

관상동맥질환의 진단에 있어서 운동부하 심초음파 검사의 유용성

경희대학교 의과대학 내과학교실

김권삼 · 강홍선 · 조정휘 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= Abstract =

Validation of Treadmill Exercise Two-Dimensional Echocardiography in Patients with Coronary Artery Disease

Kwon Sam Kim, M.D., Heung Sun Kang, M.D., Chung Whee Choue, M.D.,
Myung Shick Kim, M.D., Jung Sang Song, M.D., Jong Hoa Bae, M.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kyung-Hee University Hospital, Seoul, Korea

Background : Exercise electrocardiography(ECG) has widely accepted as a simple screening test for coronary artery disease(CAD). But this technique also has well known limitations. Recently numerous studies supports the usefulness of exercise echocardiography(ECHO) for detection of CAD.

To determine the value of exercise ECHO for detecting CAD, 54 patients without resting wall motion abnormalities were studied.

Method : Two-dimension echocardiogram of parasternal and apical view were recorded at rest and immediately after treadmill exercise. The rest and corresponding post-exercise images were analyzed side by side in a continuous loop. An abnormal exercise ECHO was defined as wall motion abnormalities after exercise. These wall motion abnormalities were used to predict the extent and distribution of CAD. Significant CAD was defined as a stenosis of luminal diameter more than 50% by coronary arteriography.

Results : In 36 patients with significant CAD, exercise ECHO had a higher sensitivity than exercise ECG(86.1% vs 55.6%, $P < 0.005$). The two test had similar specificity(88.9%, respectively). Among 19 patients with single vessel disease, exercise ECHO was significantly more sensitive than exercise ECG(84.2% vs 42.1%, $P < 0.05$). Among 17 patients with multivessel disease, the two test had similar sensitivity(88.2% vs 70.6%). The sensitivity for detection of individual vessel involvement with exercise ECHO was 82.1% for the left anterior descending artery, 76.9% for the right coronary artery and 66.7% for the left circumflex artery.

Conclusions : These results suggest that exercise ECHO is highly specific and more sensitive than exercise ECG for the detection of CAD. The inclusion of exercise ECHO improves the sensitivity of treadmill stress test and aids in localizing the region of ischemia.

KEY WORDS : Exercise echocardiography · Coronary artery disease.

서 론

관상동맥질환은 병이 진행함에 따라 합병증으로 심근경색증, 심부전증 또는 돌연사를 초래하는 중요한 질환이다. 이러한 합병증이 발생하기전에 관상동맥질환을 조기에 진단하여 치료하는것이 매우 중요하다. 관상동맥질환의 진단에는 전통적으로 운동부하 심전도 검사가 가장 널리 이용되고 있으나 예민도와 특이도가 비교적 낮고, 심근허혈 상태를 직접 관찰할수 없는 제한점이 지적되고 있다¹⁻³⁾. 이러한 단점을 보완 하고자 최근 10년간 운동부하때 심근관류스캔⁴⁻⁵⁾ 또는 방사선헤중 심실조영술을⁶⁾ 병용하여 예민도와 특이도를 개선하고 있다.

이면성 심초음파도는 국소심근벽운동을 평가하는 유용한 검사법으로 알려져있다.

1980년대 초기 운동부하심초음파 검사로 관상동맥질환을 진단하려는 연구가 시작되었으나 기술적 제한이 많았다⁷⁻¹¹⁾. 최근 심초음파 영상을 재구성하는 기술이 개발되어 부하심초음파 검사가 관상동맥질환의 진단이나^{5,12-19)} 치료효과 판정²⁰⁻²³⁾ 및 예후 평가에^{24,25)} 널리 이용되고 있으나 우리나라에서는 아직 이에 대한 연구가 미약한 실정이다. 이에 저자들은 관상동맥질환의 진단에 운동부하심초음파의 유용성을 알아보고자 관상동맥질환이 의심되어 운동부하심초음파, 운동부하 심전도 및 관상동맥조영촬영을 시행한 환자를 대상으로 그성적을 비교 분석하였다.

방 법

1. 대 상

노작성및 안정시 흉통을 주소로 내원하여 운동부하검사와 관상동맥조영촬영을 시행하였던 환자를 대상으로 하였다. 심근경색증, 판막질환, 심근증, 심장수술의 병력이있는 환자나, 운동전 심초음파도에서 심근벽운동에 이상이 있는경우는 연구대상에서 제외하였다. 대상환자는 54례이었고 남자 38례 여자 16례 이었다. 평균연령은 53세(41~67세)이었다.

2. 답차운동부하검사

Bruce protocol에 준해 운동부하검사를 하였으며 검사 1일전 투여중이던 약제는 중단 하였으며, 증상이 생기면 nitroglycerin 설하제를 사용하였다.

운동부하심전도는 3개의 양극유도(CM₃, CC₃, CL)에서 기록하였다. 연령에 따른 목표심박수의 85%이상 도달되거나, ST분절이 현저하게 저하되거나, 수축기혈압이 10mmHg이상 저하되거나, 흉통이 심해지거나, 운동부하를 계속할수 없는 증상이 생길때 운동부하를 중지 하였다. 운동부하심전도의 양성 판정기준은 1개유도 이상에서 ST분절이 수평형, 하향형으로 1mV이상 저하되거나, 상향형으로 1.5mV이상 저하된 경우로 하였다.

3. 운동부하심초음파도

이면성심초음파도는 IREX system과 Advanced Technology Laboratory 사의 UM-9을 이용하여 기록하였다. 운동부하 직전에 좌와위 자세에서 흉골연장축, 단축단면도와 심첨부 4방, 2방 단면도를 기록하였고, 각단면도가 잘보이는 지점을 표시해 두었다. 운동부하가 끝난직후 3분 이내에 표시해 놓은 지점에서 동일한 방법으로 각각의 단면도를 video tape에 녹화 하였다.

4. 운동부하심초음파도의 분석

운동부하 전.후의 심초음파 각단면도를 Microsonics PreVue system을 이용하여 영상을 재구성하였다. 이system은 1개의 심주기를 취해 ECG-triggering 기작으로 QRS시작부터 50msec 간격으로 8개의 영상을 cine-loop로 재구성 할수있다. 녹화된 운동부하 전.후의 심초음파 각단면도로 부터 좋은 영상을 보인 심주기를 취해 cine-loop영상을 만들었다. quad screen에 각각 단면도의 운동부하 전·후의 cine-loop 영상을 양옆으로(side-by-side) 배열하여 심근벽 운동성의 변화를 분석하였다(Fig. 1). 운동부하심초음파 검사에서 양성판정은 운동부하후에 심근벽운동의 이상이 생기거나, 수축기에 심근벽 비후(thickening)가 없었던 경우로 하였다.

2명이 각각 관찰하여 소견이 일치되었을때 결과로 이용하였고 소견이 서로 다른때에는 제 3 관찰자와 합의하여 판정하였다.

5. 관상동맥조영 촬영

관상동맥 조영촬영은 Judkin법으로 하였다. 여러

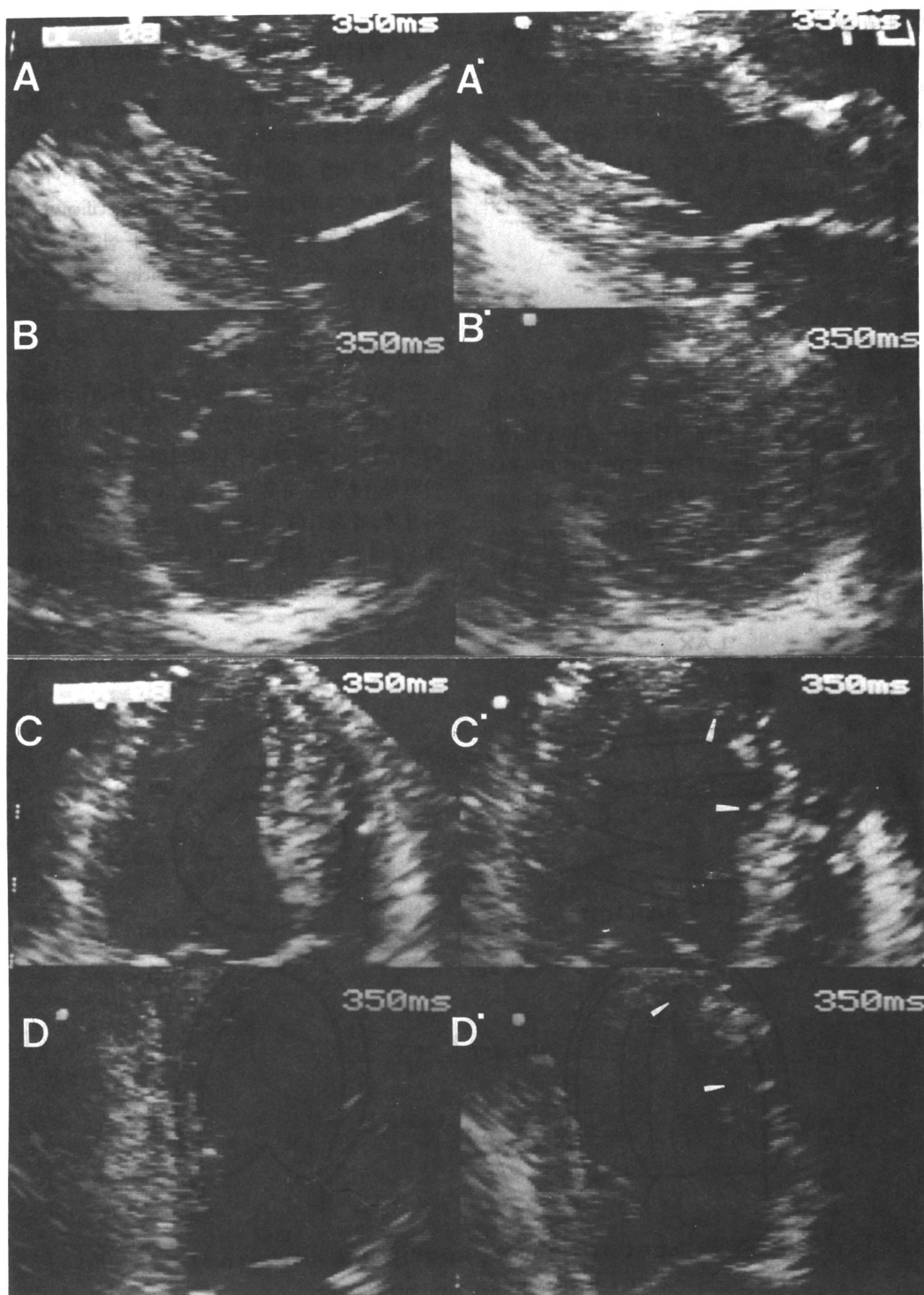


Fig. 1. Quad screen display of rest (A-D) and corresponding postexercise (A'-D') systolic images in a patient with stenosis of the left anterior descending artery. A-A' : parasternal long axis views, B-B' : parasternal short axis views, C-C' : apical four chamber views, D-D' : apical two chamber views. Arrows indicate development of wall motion abnormality.

각도에서 촬영하여 가장 협착이 심한 단면도에서 협착부의 내경을 측정하고 협착된 정도를 백분율로 표시하였다. 50% 이상 협착이 있을때 의미있는 관상동맥질환으로 정하였고, 단일혈관질환, 2혈관질환, 3혈관질환으로 구분하였다. 각관상동맥의 심근관류영역은 Sawada등²⁶⁾이 제시한 방법에 준하여 구분하였다(Fig. 2).

결 과

1. 운동부하검사소견

54명 환자에서 운동부하 시간은 574 ± 161 초 (240~840초) 이었고 최대심박수는 149 ± 16 /분, rate pressure product는 27138 ± 6709 (13700~34400)이었다. 검사중 흉통만 생긴례는 8례, ST절의 변화만 생긴 경우는 6례, 흉통과 ST절 변화가 같이 생긴례는 16례이었고, 흉통과 ST절 변화가 없었던 경우는 24례 이었다.

2. 운동부하심전도와 운동부하심초음파도 결과

1) 관상동맥 질환이 없는 환자군

18명(33%) 환자는 관상동맥조영촬영에서 의미 있는 협착이 없었다. 이중 답차운동부하 검사로 ST절 저하가 없었던 례는 16례로 specificity는 88.9% 이었다. 운동부하심초음파검사에 심근벽운동에 이상이 없었던 경우는 16례로 specificity는 88.9% 이었다 (Table 1).

2) 관상동맥질환 환자군

36례(67%)의 환자에서 1개이상의 관상동맥에 50% 이상의 협착소견이 있었다. 운동부하심전도에서 ST절 저하는 20례에서 관찰되어 sensitivity는 55.6% 이었다. 운동부하후 31례에서 국소심근벽 운동이 이상이 관찰되어 운동부하심초음파의 sensitivity는 86.1%이었고, 운동부하심전도에 비해 유의한 차이가 있었다($P < 0.005$) (Table 1).

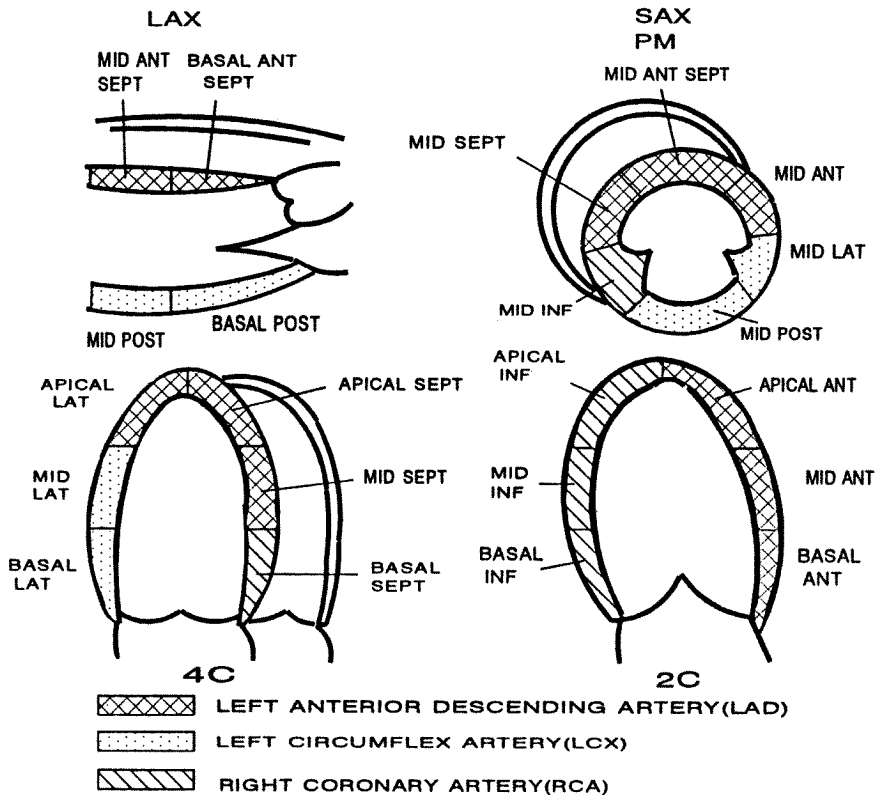


Fig. 2. Diagram of regional wall segments and distribution of coronary perfusion.

Table 1. Results of treadmill exercise test by electrocardiography and echocardiography

	CAD (N=36)	No CAD (N=18)
Electrocardiography		
Positive	20	2
Negative	16	16
	Sensitivity = 55.6 %	
	Specificity = 88.9 %	
Echocardiography		
Positive	31	2
Negative	5	16
	Sensitivity = 86.1 % *	
	Specificity = 88.9 %	

*P<0.005 vs ECG

Table 2. Sensitivity of treadmill exercise test by electrocardiography and echocardiography for the detection of the extent of coronary artery disease

No of vessel involved	Electrocardiography(%)	Echocardiography(%)
1	8/19(42.1)	16/19(84.2)*
2	6/11(54.5)	9/11(81.8)
3	6/ 6(100)	6/ 6(100)

*P<0.05 vs ECG

Table 3. Results of treadmill exercise echocardiography for the detection of involved vessel in coronary artery disease

	Sensitivity(%)	Specificity(%)
LAD	22/29(82.1)	23/25(92.0)
LCX	12/18(66.7)	33/36(91.7)
RCA	10/13(76.9)	38/41(92.7)

관상동맥질환 범위에 따른 운동부하심전도와 심초음파 결과는 Table 2와 같다. 단일혈관질환 환자 19례중 운동부하심전도로 8례(42.1%), 심초음파도로 16례(84.2%)가 양성이었다(P<0.05). 다혈관질환은 17례이었으며 이중 운동부하심전도로 12례(70.6%) 운동부하심초음파로 15례(88.2%)가 양성으로 유의한 차이는 없었다.

운동부하심초음파에서 음성 이었던 5례중 3례는 운동부하심전도에서 양성이었다. 이중 2례는 단일혈관질환 이었고 1례는 2혈관질환 이었다. 나머지 2례는 단일혈관질환으로 좌전하행지에 90%의 협착이 있었고, 1례는 2혈관질환 이었으며 모두 측부혈행이 발달되어 있었다.

관상동맥질환 범위에 따른 운동부하 심초음파도 소견은 Table 3과 같다. 좌전하행지가 협착된 경우는 29례중 22례(82.1%), 좌회선지 18례중 12례

(66.7%), 우관상동맥 협착 13례중 10례(76.9%)에서 운동부하후에 각각 관상동맥 관류영역의 국소 심근벽 운동이상을 관찰할수 있었다.

고 안

관상동맥질환에 의한 합병증이나 사망을 방지하기 위해서는 조기에 진단하는것이 중요하다. 일부 환자는 안정시에도 심근허혈에 의한 증상이 있어 진단이 되지만 대부분의 환자들은 부하검사로 심근허혈을 유발시켜 진단하고있다. 그러나 심근허혈이 유발되어도 전형적 증상은 50% 환자에서만 생긴다고 한다³⁾. 이미 오래전부터 운동부하 심전도가 관상동맥질환의 진단에 가장 많이 이용되고 있으나 그 예민도와 특이도가 비교적 낮고 동반된 심장질환이나 약물사용에 의해 영향을 받기 때문에 관상동맥질환의 진단에 많은 제한이 있다.

Battler등²⁷⁾은 관상동맥을 결찰한 동물실험에서 심근허혈에 의한 국소심근운동의 이상이 ST절 변화보다 먼저 생기거나 또는 ST절 변화가 없이도 발생한다고 보고하였다. Sugishita등²⁸⁾ 운동부하로 심근허혈을 유발한 협심증환자에서 이면성 심초음파로 같은 결과를 확인한바 있다. 1979년

Wann등²⁷⁾이 운동부하 심초음파검사를 관상동맥 질환의 screening 검사법으로 제시하였고 그이후 이검사를 임상에 이용하려는 많은 시도가 있었으나 기술적 제한으로 초기 성적은 좋지 않았다⁸⁻¹¹⁾.

Feigenbaum과 Armstrong등의 기술개발로²⁻¹⁴⁾ 1개의 심주기 영상을 digitize하여 연속 cine-loop 영상을 만들고 운동부하 전후의 영상을 한화면에서 동시에 side-by-side로 비교 할수있게 되었다. 그결과 부하전후에 국소심근운동성의 변화를 정확히 평가할수 있어 최근에는 관상동맥질환의 진단뿐아니라^{5, 12-19)} 혈전용해술²³⁾, 경피적 혈관확장술²¹⁻²²⁾ 및 관동맥우회로수술후 치료효과의 판정과 경과추시에도 이용되고 있다.

저자들의 연구결과에서는 전체 54례 환자에서 운동부하 심초음파도의 예민도는 86.1%, 특이도는 88.9% 이었는데 이는 최근 외국의 연구 결과에서도 예민도 83~92%, 특이도 88~92%를 보고하고 있어¹²⁻¹⁷⁾ 유사한 결과 이었다. 운동부하 심전도의 예민도는 50~65%로 보고되고 있으며¹³⁻¹⁶⁾ 본 연구의 결과도 예민도는 55.6%로 낮았다. 운동부하 심초음파도의 전체예민도(overall sensitivity)가 부하심전도의 예민도에 비해 높은것은 특히 단일혈관 질환의 진단 예민도가 높아진 결과로 생각되며 Linda등¹⁵⁾ Ryan등도¹³⁾ 같은 결과를 보고하고 있다. 관상동맥질환 환자중 5례가 운동부하 심초음파 검사에 위음성소견 이었는데 3례는 단일혈관 질환, 2례는 2혈관질환 이었다. 최근 협착정도^{17,18)}와 측부혈행의 발달정도가 부하검사의 결과에 영향을 주는 인자로 알려지고있어 앞으로 이에 대한 연구가 필요할것이다.

본연구에서 운동부하후 심초음파도 좌전하행지와 우관상동맥의 관류 영역의 국소 심근운동 변화를 정확하게 관찰할수 있어 협착 혈관을 예측하는데도 유용하리라 생각되었다.

저자들의 이번 연구는 심근운동성의 변화를 정확히 평가하고자 안정시에 심근운동이 정상 이었던 환자만을 대상으로 하였기 때문에 앞으로 심근운동에 이상이 있는 환자에서도 연구가 필요하겠다. 또한 녹화된 tape을 이용한 영상을 재구성하는데 시간이 많이 소요되었다. 앞으로 검사때 즉시 영상을 구성하는 on-line 방법이나 약물부하방법으로^{19,23,25,26)} 안정된 영상을 충분히 기록하는 방법으로

개선하는 것이 좋을것으로 생각되었다.

요 약

연구배경 :

운동부하 심전도가 관상동맥질환의 진단에 첫단계 검사로 널리 이용되고 있으나 그 예민도와 특이도 낮은 제한점이 있다. 이를 보완하기위해 여러검사들이 제시되고 있다. 저자들은 관상동맥질환의 진단에 있어 운동부하 심초음파도의 진단적 가치와 유용성을 알아보고자 하였다.

방 법 :

관상동맥 질환이 의심되었던 54례에서 답차운동부하를 시행하여 얻은 운동부하심전도와 운동부하 심초음파도의 소견을 관상동맥조영촬영 결과와 비교하였다.

결 과 :

1) 전체환자에서 운동부하 심초음파도가 심전도의 예민도에 비해 유의하게 높았다(86.1% vs 51.6%, $P<0.005$). 특이도는 양검사 사이에 유의한 차이가 없었다(88.9%, 88.9%).

2) 단일혈관 질환 19례에서 운동부하 심초음파의 예민도가 운동부하 심전도에 비해 유의하게 높았다(84.2% vs 42.1%, $P<0.05$).

3) 각각의 관상동맥 질환에 대한 운동부하 심초음파의 예민도는 좌전하행지 82.1%, 우관상동맥 76.9%, 좌회선지 66.7% 이었다.

결 론 :

관상동맥질환의 진단에 운동부하 심초음파도가 운동부하 심전도에 비해 유의하게 예민도가 높았으며 운동부하 심초음파도가 관상동맥질환의 비관혈적 진단에 유용한 검사방법의 하나로 생각되었다.

References

- 1) Ahnve S, Savvides M, Abouantoun S, Atwood JE, Froelicher V : Can myocardial ischemia be recognized by the exercise electrocardiogram in coronary disease patients with abnormal resting Q wave ? *Am Heart J* 111 : 909, 1986
- 2) Melin JA, Wijns W, Vanbutsele RJ : Alternative diagnostic strategies for coronary artery disease in women : demonstration of the usefulness and effi-

- ciency of probability analysis. *Circulation* 71 : 535, 1985
- 3) Mark DB, Hlatky MA, Califf RM : Painless exercise ST deviation on the treadmill : long-term prognosis. *J Am Coll Cardiol* 14 : 885, 1989
- 4) Depasquale EE, Nody AC, Depuey EG, Garcia EV, Pilcher G, Bredloul C, Gober A, Gruntzing A, D'Amato P, Berger HJ : Quantitative rotational thallium-201 tomography for identifying and localizing coronary artery disease. *Circulation* 77 : 316, 1988
- 5) Galanti G, Sciagra R, Comeglio M, Taddei T, Bonichi F, Giusti F, Manfanti P, Bisi G : Diagnostic accuracy of peak exercise echocardiography in coronary disease : comparison with thallium-201 myocardial scintigraphy. *Am Heart J* 122 : 1609, 1991
- 6) Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, Green MV, Rosing DR, Seides SF, Epstein SE, Johnston GS : Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease. Comparison with exercise electrocardiography. *Circulation* 60 : 572, 1979
- 7) Wann LS, Faris JV, Childress RH, Dillon JC, Weyman AE, Feigenbaum H : Exercise cross-sectional echocardiography in ischemic heart disease. *Circulation* 60 : 1300, 1979
- 8) Robertson WS, Feigenbaum H, Armstrong WF, Dillon JC, O'Donnell J, McHenry PW : Exercise echocardiography : a clinically practical addition in the evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2 : 1085, 1983
- 9) Crawford MH, Amon KW, Vance WS : Exercise 2-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* 51 : 1, 1983
- 10) Morganroth J, Chen CC, David D : Exercise cross-sectional echocardiographic diagnosis. *Am J Cardiol* 53 : 42, 1984
- 11) Maurer G, Nanda NC : Two dimensional echocardiographic evaluation of exercise-induced left and right ventricular asynergy : correlation with thallium scanning. *Am J Cardiol* 48 : 720, 1981
- 12) Armstrong WF, O'Donnell J, Dillon JC, McHenry PL, Morris SN, Feigenbaum H : Complementary value of two-dimensional exercise echocardiography to routine treadmill exercise testing. *Ann Intern Med* 105 : 829, 1986
- 13) Ryan T, Vasey CG, Presti CF, O'Donnell JA, Feigenbaum H, Armstrong WF : Exercise echocardiography : detection of coronary artery disease in patients with normal left ventricular wall motion at rest. *J Am Coll Cardiol* 11 : 993, 1988
- 14) Sawada S, McHenry PL, Armstrong WF, Ryan T, Feigenbaum H : Exercise echocardiographic detection of coronary disease in women. *J Am Coll Cardiol* 14 : 144, 1989
- 15) Crouse LJ, Harbrecht JJ, Vacek JL, Rosamond TL, Kramer PH : Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery disease and correlation with coronary arteriography. *Am J Cardiol* 67 : 1213, 1991
- 16) Marwick TH, Nemec JJ, Pashkow FJ, Stewart WJ, Salcedo EE : Accuracy and limitation of exercise echocardiography in routine clinical setting. *J Am Coll Cardiol* 19 : 74, 1992
- 17) Sheikh KH, Bengtson JR, Helmy S, Juarez C, Burgess R, Bashore TM, Kisslo J : Relation of quantitative coronary lesion measurement to the development of exercise-induced ischemia assessed by exercise echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 15 : 1043, 1990
- 18) Agati L, Arata L, Luongo R, Lacoboni C, Rezi M, Vizza CD, Penco M, Fedele F, Dagianti A : Assessment of severity of coronary narrowings by quantitative exercise echocardiography and comparison with quantitative arteriography. *Am J Cardiol* 67 : 1201, 1991
- 19) Armstrong WF : Stress echocardiography for detection of coronary artery disease. *Circulation* 84 : Suppl I 43, 1991
- 20) Sawada SG, Judson WE, Ryan T, Armstrong WF, Feigenbaum H : upright bicycle exercise echocardiography after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* 64 : 1123, 1989
- 21) Broderick T, Sawada S, Armstrong WF, Ryan T, Dillon J, Bourdillon PDV, Feigenbaum H : Improvement in rest and exercise-induced wall motion abnormalities after coronary angioplasty : An exercise echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 15 : 591, 1990
- 22) Aboul-Enein H, Bengtson JR, Adams DB, Mostafa MA, Ibrahim MM, Hifny AA, Sheikh K : Effect of the degree of effort on exercise echocardiography

- for the detection of restenosis after coronary artery angiography. *Am Heart J* 122 : 430, 1991
- 23) Steven CS, Sawada SG, Ryan T, Atherton L, Segar DS, Bourdillon PDV, Armstrong WF, Feigenbaum H : *Dobutamine echocardiography predicts recovery after thrombolysis in myocardial infarction. Circulation* 84 : supp III 75A, 1991
 - 24) Ryan T, Armstrong WF, O'Donnell JA, Feigenbaum H : *Risk stratification after acute myocardial infarction by means of exercise two-dimensional echocardiography. Am Heart J* 114 : 1305, 1987
 - 25) Sawada SG, Segar DS, Ryan T, Williams R, Dohan AM, Radtke N, Smart SC, Feigenbaum H : *Dobutamine stress echocardiography : Assessment of prognosis after myocardial infarction. Circulation* 84 : supp III 75A, 1991
 - 26) Sawada SG, Segar DS, Ryan T, Brown SE, Dohan AM, Williams R, Feinberg NS, Armstrong WF, Feigenbaum H : *Echocardiographic detection of coronary artery disease during dobutamine infusion. Circulation* 83 : 1605, 1991
 - 27) Battler A, Froelicher VF, Gallagher KP : *Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during ischemia in the conscious dog. Circulation* 62 : 735, 1980
 - 28) Sugishita Y, Koseki S, Matsuda M, Tamura T, Yamaguchi I, Ito I : *Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during myocardial ischemia induced by exercise in patients with angina pectoris. Am Heart J* 106 : 1, 1983
 - 29) Presti CF, Armstrong WF, Feigenbaum H : *Comparison of echocardiography at peak exercise and after bicycle exercise in evaluation of patients with known or suspected coronary artery disease. J Am Soc Echo* 1 : 119, 1988