

비심장 수술환자에서 수술전 Dobutamine 부하 심초음파도의 임상적 유용성

경희대학교 의과대학 내과학교실

강흥선 · 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= Abstract =

Usefulness of Dobutamine Stress Echocardiography for Assessment of Cardiac Risk before Noncardiac Surgery

Heung-Sun Kang, M.D., Chung-Whee Choue, M.D., Kwon-Sam Kim, 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 School of Medicine, Seoul, Korea*

Background : Two-dimensional echocardiography performed during incremental infusion of dobutamine has been shown to be a safe and accurate method for detection of coronary artery disease in patients who are unable to undergo conventional exercise testing. A significant proportion of these patients are referred for evaluation before undergoing noncardiac surgery.

Method : To assess the value of dobutamine stress echocardiography (DSE), for assessment of preoperative cardiac risk, 88 patients (male : 32, female : 56, mean age : 60 years) were evaluated. Patients records were reviewed to determine the short-term outcome of surgery. Significant cardiac events were defined as unstable angina, myocardial infarction and sudden cardiac death occurred before discharge. Intravenous dobutamine was infused in a graded fashion (10 to 45 μ g/kg/min in 3 minutes stages), with two-dimensional echocardiographic monitoring of segmental wall motion of left ventricle.

Results :

1) The major reasons underwent dobutamine stress echocardiography were abnormalities of ECG such as ST-T changes, abnormal Q wave (65% : 64 of 98 patients) and history of coronary artery disease (29% : 28 of 98 patients).

2) Of the 88 patients who underwent noncardiac surgery, 85 (97%) patients were negative response in dobutamine stress echocardiography, and no patients had cardiac events, also 3 (3%) patients who had positive response did not occur cardiac events.

3) No major adverse effects occurred with stress test in any patient.

Conclusion : These results suggest that DSE is useful preoperative diagnostic method for predicting short-term surgical outcome in patients with suspicious coronary artery disease undergoing noncardiac surgery.

KEY WORDS : Dobutamine stress echocardiography · Preoperative cardiac risk · Noncardiac surgery.

서론

비심장 수술을 받는 환자에서 심장위험도를 평가하기 위해 심장전문의나 내과 전문의들은 수술 담당의사나 마취과 의사들로 부터 자문을 받게된다. 이런 자문을 받고 정확한 평가를 한다는 것은 그리 용의한 것은 아니다¹⁾.

선진 외국에서는 관동맥 질환이 일반인 사망에 제1원인이 되고 있으며, 또한 비심장 수술을 받는 환자에서도 사망의 가장 흔한 원인이 되고 있다²⁾.

우리나라에서도 관동맥 질환이 증가하는 추세에 있기 때문에 수술전에 심장 위험도를 평가하는 방법의 체계화가 필요한 실정이다. 과거 많은 연구자들에 의해 임상적 및 검사실 소견에 의해 수술후 심장 합병증에 대해 수술전에 risk index들을 사용한 점수표로 평가하는 방법을 사용하였으나³⁻⁷⁾, 최근에는 이런 임상적인 평가방법이 위험도 평가에 민감도와 특이도가 떨어진다고 하여 새로운 특별한 검사방법들을 사용하고 있다.

이들 검사방법들로는 운동부하 검사나 홀터 검사⁸⁻¹⁰⁾, 심초음파도 검사¹¹⁻¹³⁾, 동위원소를 이용한 좌심장조영술¹⁴⁾, dipyridamole-thallium 심장스캔^{15,16)} 등이 있다.

최근 운동이나 약물부하 심초음파도를 이용한 검사로 관동맥 질환의 진단에서 민감도와 특이도가 향상되었는데, dobutamine은 심장에 선택적으로 작용하여 심장에 부하를 주는 약물로서 특히 dobutamine 부하 심초음파도는 운동을 할 수 없는 환자에서도 사용할 수 있는 검사 방법으로 이용되고 있다.

아직 국내에서는 비심장수술을 받는 환자에서 수술전 심장 위험도를 평가한 연구가 거의없는 실정이다. 그래서 본 저자들은 수술전 심장 위험도 평가를 위해 수술 담당의사들로부터 의뢰받은 환자들을 대상으로 dobutamine 부하 심초음파도를 시행하여 임상적 유용성을 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

경희대학교 부속 경희의료원에서 비심장 수술을 위해 내원하였던 환자들중 수술전 심장 위험도 평가를 위해 순환기 내과로 진료의뢰되어 dobutamine 부하 심초음파도를 시행받은 총 98명을 대상으로 하였다. 이들 중

10명은 수술을 시행하지 않아 결과 처리에서 제외되었고, 결과처리에는 88명을 대상으로 하였는데 남자는 32명, 여자는 56명 이었고, 평균 나이는 60 ± 10 세(29~78세) 이었다.

2. 방 법

1) Dobutamine 부하 심초음파도

Dobutamine은 10, 20, 30, 40 μ g/kg/min을 3분마다 증량 정맥 주입하였다. 최대용량인 40 μ g/kg/min 용량에서도 양성판정을 얻을 수 없는 경우는 45 μ g/kg/min을 6분간 다시 주입시켰고 그래도 심박수의 증가가 없을 때에는 atropine을 0.25mg에서 최대 1.0mg까지 사용하였다. 이면성 심초음파도는 기본 심초음파도 영상(흉골연 장축 및 단축 단면도와 심첨 4방 및 2방단면도)을 재구성하였다. 심초음파도의 재구성 및 양성판정은 Nova Microsonic사의 Image View System을 이용하여 on-line으로 digitized 영상으로 재구성하였는데, 하나의 영상 화면을 dobutamine부하 전, submaximal, 최대부하 그리고 회복기의 네개의 작은 영상 화면(quad screen)으로 나누어 재구성하여 개개의 영상을 자동적으로 같은 속도로 계속 반복하여 상영토록 하는 cine-loop영상으로 수축기시 좌심벽 운동의 이상을 비교 분석하였다.

검사 기간중 심한 부작용의 증상이 있거나 수축기 혈압이 220mmHg 이상인 경우 검사를 중단하였다. 검사 도중에는 역시 임상 증상과 심전도를 감시하였고 필요한 경우 베타 수용체 차단제를 정맥 주사하였다.

이면성 심초음파도에 의한 좌심실벽 구분은 각 관동맥의 관류 영역과 일치되는 분절을 16개로 나누어 분석하였다.

심초음파도 검사의 양성 판정은 부하 후에 심근벽운동의 새로운 이상이 생겨 저운동증(hypokinesia), 무운동증(akinesia), 운동실조(dyskinesia)를 보이거나 수축기에 심근벽 비후가 없었던 경우로 하였다. 2명이 각각 관찰하여 소견이 일치 되었을 때 최종결과로 이용하였고 소견이 서로 다른 때에는 제 3관찰자와 합의하여 판정하였다.

2) 수술중 및 후 심장 위험도의 평가

대상 환자들이 수술위해 입원 당시의 chart를 review 하였으며, 수술중 및 수술후 퇴원 전까지 입원중에 발생하였던 의미있는 cardiac events에 대해 알아보았다.

의미있는 cardiac events는 불안정 협심증, 심근 경

색증 그리고 돌발 심장사의 발생등으로 정의 하였다.

결 과

수술전 심장 위험도를 평가받기 위해 진료의뢰 되어 dobutamine 부하 심초음파도를 시행한 98명의 대상환자에서 부하 심초음파도를 시행한 이유는 70명이 심전도 이상 이 있어 의뢰되어 가장 많은 이유였으며, 심전도의 이상중에서도 가장 많은 이유는 ST-T 변화로 57명에서 었다. 그 다음의 이유로는 전형적 및 비전형적 협심증이 의심된 25명이었고, 다음은 3명에서는 진구성 심근 경색증이 있었던 환자였다(Table 1).

98명의 환자의 chart를 review하였는데 수술을 시행 받은 환자는 88명이었고, 혈관 수술을 받은 환자는 4명이었고, 나머지 84명은 정형외과, 일반외과, 산부인과, 및 이비인후과적 질환이 있어서 내과적 진료의뢰되어 수술을 받은 환자였다(Table 2).

수술전 시행한 dobutamine 부하 심초음파도의 혈역학적 변화는 맥박수는 기저치 69 ± 12 회/분에서 최고 122 ± 13 회/분으로, 수축기 혈압은 기저치 129 ± 21 mmHg에서 최고 158 ± 33 mmHg로 의미있게 증가되었으며, double product(맥박 \times 수축기혈압)은 기저치 8.5

$\pm 2.1(\times 10^3)$ 에서 최고 $20.9 \pm 7(\times 10^3)$ 로 의미있게 증가되어 dobutamine 부하에 의해 의미있게 심장의 수축력을 증가시켜 의미있는 검사였다(Table 3).

Dobutamine 부하 심초음파도를 시행받고 수술을 시행받지 않은 환자는 10명으로 이중 2명은 dobutamine 부하 심초음파도상 양성소견을 보여 관동맥 조영 촬영과 성공적인 경피적 경혈관 관동맥 확장술을 시행받았으나 수술을 시행받지는 않았고, 나머지 8명은 dobutamine 부하 심초음파도상 음성소견 이었으나 수술을 시행하지 않았다. 총 88명에서 수술을 시행받았는데 이중 dobutamine 부하 심초음파도상 양성소견은 3명이었는데 2명에서는 관동맥 조영촬영상 정상소견을 보여 수술을 시행하였고 관동맥 조영촬영을 시행하지 않은 1명을 포함한 이들 3명에서 cardiac events가 발생되지 않았다.

Dobutamine 부하 심초음파도에서 음성소견을 보인 85명에서 정확한 협심증 유무를 알기위해 5명에서 관동맥 조영촬영을 시행하였는데 4명에서는 관동맥 질환이 없었고 1명에서는 관동맥 질환이 있었으나 모두 수술을 시행받았고, 이들 85명에서 cardiac events는 발생되지 않았다(Table 4).

고 안

관동맥 질환은 심한 질환이되기 전까지는 무증상으로

Table 1. Reasons of dobutamine stress echo(n=98)

ECG abnormality	
Complete RBBB	1
ST-T changes	57
Abnormal Q-wave	7
Arrhythmias	5
Angina pectoris	25
Previous MI	3

MI : myocardial infarction

Table 2. Causes of surgical procedures(n=88)

Bone fracture	22
Arthritis	14
HIVD	13
GB and CBD stone	9
Cancer	8
Arteriosclerosis obliterans	4
Acute appendicitis	3
Avascular necrosis	3
Uterine prolapse	3
Chronic otitis media	2
Others	7

Table 3. Hemodynamic changes during dobutamine stress echocardiography

	Baseline	Peak
Heart rate(beats/min)	69 ± 12	$122 \pm 13^*$
Systolic BP(mmHg)	129 ± 21	$158 \pm 33^*$
Double product($\times 10^3$)	8.5 ± 2.1	$20.9 \pm 7^*$

* : $p < 0.001$ vs. baseline

Mean dobutamine dosage : $39 \pm 7 \mu\text{g/kg/min}$

Table 4. Flow sheet of cardiac events

		cardiac events	
98	op(+): 88	DES(+): 3	→ No
		angio(2): normal	
	op(-): 10	DSE(-): 85	→ No
		angio(5): normal	4
		CAD 1	
2: angio and PTCA			
	8: angio(-): op refuse		

op : operation,

DES : dobutamine stress echocardiography

(+)/(-) : positive/negative, angio : angiography

CAD : coronary artery disease

진행되기 때문에 비심장수술을 시행받는 환자들에서 관동맥 질환의 유무를 알아내는 것은 수술중이나 후에 일어난 cardiac events를 예측하고 또한 수술적 치료방법을 변형하거나 수술외에 비수술적 치료로 전환할 것인가를 판단하는데 중요하다²⁾. 특히 비심장 수술을 할 의사들이나 미취과 의사들은 환자의 치료에 있어서 수술중이나 수술후 심장의 위험도를 미리 평가 받기를 원하고 이들 관동맥 질환이 의심되는 환자는 내과의사의 진료를 의뢰하게 된다. 진료를 의뢰 받은 내과의사는 어떻게 이들 환자의 심장 위험도를 어떻게 평가하느냐에 대해 고민하게 되는데, 즉 적합한 평가방법이 있으면 하게된다.

수술전에 심근경색증이 없었던 환자들에서 수술후 심근경색증의 발생은 0.1~0.66%(평균 0.15%)¹⁷⁻¹⁹⁾, 심근경색증이 있었던 환자들에서는 2.8~17.7%(평균 6%)^{4,19-20)}로 알려져 있다. 또한 수술후 심근경색증의 발생 위험도는 전구성 심근경색증 발생과 수술할 당시까지의 시간사이에 역비례 관계를 갖는데¹⁷⁻²¹⁾, Steen등¹⁹⁾에 의하면 심근경색증 발생후 3개월 미만에 수술을 시행받은 경우 수술후 심근경색증의 발생율이 27%, 3개월과 6개월사이인 경우 11%, 6개월 이상인 경우 4~5%라고 하여 심근경색증 발생후 6개월이상 지난후 비심장 수술을 하는 것이 심장 위험도를 줄일 수 있다고 하고있다.

수술후 심근경색증의 발생은 대부분 초기에 발생되는데 von Knorring등²⁰⁾에 의하면 수술후 87% 환자가 3일 이내에 발생하였으며 수술후 2일에 최고 발생율을 나타낸다고 하였으며, 다른 보고들도 수술후 2일 이내에 대부분 심근경색증이 발생한다고 하고 있다²²⁻²⁴⁾.

수술후 심근경색증의 발생시기를 인식하고 있는 것은 중요한데 그 이유는 수술후 심근경색증의 발생이 돌발적으로 발생하기 때문이다. 수술후 심근경색증 발생당시 대부분 환자에서 흉통 보다는 심근경색증을 의심하지 못할 비특이적인 증상을 호소하는데 새로 발생하거나 점증 악화되는 심부전, 저혈압, 상심실성 부정맥²⁵⁾, 의식의 변화나 구토²⁶⁾ 등이다.

또한 수술후 무증상 심근경색증의 발생은 20%에서 70%이상으로 보고 되고 있는데^{18-20,22-25)}, 이들의 이유는 마취제의 잔존효과나 수술초기에 사용되는 진통제나 진정제를 때문이라고 여겨지며 또한 수술부위의 통증이 심근경색증의 전형적인 증상을 감지못하게 한다. 결국 수술후 심근경색증이 발생하였을때는 초기에 치료를 시작하여야 하는데 심근경색증 발생의 증상이 비전형적이거

나 무증상으로 나타나기 때문에 수술후 심근경색증이 발생하였을때 사망율은 높아 26~70%(평균50%)라고 한다^{17-21,25)}.

수술의 형태에 따라서도 수술후 cardiac events의 발생이 달라지는데 대동맥, 말초혈관 질환 및 정형외과 수술시 높은 위험도를 갖는다고 한다. 대동맥 및 말초혈관 질환 수술의 경우 29% 이상 발생된다고 한다²⁶⁻³⁰⁾. 심장사, 심근경색증, 불안정 협심증, 허혈성 폐부종이 대동맥 및 말초혈관 질환 환자의 경우는 심하고 임상적으로 불분명한 관동맥 질환을 같이 갖는 경우가 많기 때문인데 특히 혈관질환 수술의 경우 혈액손실이 많고 수술중 저혈압의 발생 및 혈관 내외의 fluid shift의 위험도 때문이다. 정형외과 수술의 경우는 환자의 나이가 고령이고, 쇠약화된 상태에서 수술시간이 길기 때문이라고 한다²⁾.

1960년대와 1970년대초 대부분 수술후 심장위험도의 평가에 사용되었던 위험요소로는 최근 심근경색증 유무와 최근 심부전 등의 2가지 요소 였는데¹⁾ 그 후는 일반적인 임상소견 및 검사소견들 중 심장 event를 야기시킬수 있는 요소들을 사용하여 많은 변형된 multi-factorial indices를 사용하였다⁴⁻⁷⁾.

그러나 최근에는 이들 indices를 이용한 방법들이 여러 연구에 의해 예측력이 떨어 진다고하여 현재는 잘 사용되고 있지는 않다.

최근에는 다른 특수 검사법의 발달로 특수 검사를 시행하여 수술후 위험도를 평가하고 있다. 운동부하 심전도를 이용한 연구들에^{8,29,31-33)} 의한 결과를 분석하면 운동부하 검사중 exercise tolerance가 생기기 때문에 운동부하 심전도 검사는 안정형 협심증 환자에서는 routinely 검사할 것이 아니라, 새로운 설명할 수 없는 흉통이 발생한 환자나 관동맥 질환의 현상태가 병력만으로는 확실하지 않은 경우 시행하는 것이 좋다고 한다. 홀터 심전도의 경우 무증상인 상태에서 변하는 심전도 소견이 수술후 심장 event발생의 의미있는 independent predictor 라고는 하나^{9,34,35)}, low-risk group 환자에서는 예민도가 떨어진다고 한다¹⁰⁾. Radionuclide ventriculography를 이용하여 ejection fraction을 이용한 연구에서 이런 ejection fraction은 수술후 심근경색증 발생을 예측하는데 유용하지 않다고 한다^{31,36)}. Thallium scintigraphy의 경우 예민도가 89~100%, 특이도가 53~80%로 병력이나 운동부하 검사보다 유용하다고 하나^{3,28,37-40)}, 일부 보고에서는 유용성이 없다고하여 Thallium scintigraphy는 비용이

비싸기 때문에 운동을 할 수 없는 환자나 다른 임상적 요소들만으로는 위험도 평가를 할 수 없는 경우 등 제한적으로 사용될 수 있다.

최근에는 심초음파도의 발전으로 인해 좌심실 기능 부전, 심장판막 질환이나 진구성 심근경색증 등을 미리 파악하여 수술전에 위험도를 평가할 수 있게 되었다. 그러나, 휴식시 경흉부나 경식도 심초음파도가 임상적으로 심장 위험도를 평가하는데 큰 도움이 되지않으나 운동이나 dipyridamole 또는 dobutamine을 이용한 약물 부하 심초음파도를 시행하여 수술전 위험도 평가에 도움을 주고 있다¹¹⁻¹³⁾. 본 연구에서도 수술전 dobutamine 부하 심초음파도를 하여 88명중 85(97%)명은 음성이었고, 3(3%)는 양성소견이었는데 이들 모두에서 수술후 cardiac events가 발생하지 않아 수술전 심장 위험도 평가방법으로 도움을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

그러나, 수술후 cardiac events는 여러 다른 병태 생리학적 기전들 즉, 심근의 산소 소모량증가, 혈액응고 기전의 변화, 혈관 tone이나 혈관내막 기능의 변화들 등에 의해 발생되기 때문에¹⁾ 한가지 검사로 만으로는 모든 위험요소들을 평가 할 수는 없다.

그래서, 수술전 위험도 평가로 중요하지만 수술중에 사용되는 마취제, 진통제, 진정제 등을 교감 신경 반응이 적은 약제를 사용하거나, 수술중 심전도를 multiple lead 심전도를 사용하거나, 수술중 폐동맥압을 monitoring하거나 경식도 초음파도를 사용함으로써 심장 위험도를 낮출 수 있는 방법이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 관동맥 질환이 있는 환자가 그리 많지 않아 좋은 결과를 나타낸 것으로도 생각이 되는데 앞으로 좀더 많은 환자를 대상으로 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

결론적으로 비심장 수술환자에서 수술전 심장위험도를 평가함에 있어서 dobutamine 부하 심초음파도는 임상적으로 유용한 비관혈적인 검사방법이 될 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

비심장 수술을 받는 환자에서 심장위험도를 정확한 평가를 한다는 것은 그리 용이한 것은 아니다. 최근 운동이나 약물부하 심초음파도를 이용한 검사로 관동맥 질환의 진단에서 민감도와 특이도가 향상되었는데 dobutamine은 심장에 선택적으로 작용하여 심장에 부하를

주는 약물로서 특히 dobutamine 부하 심초음파도는 운동을 할 수 없는 환자에서도 사용할 수 있는 검사 방법으로 이용되고 있다.

방 법 :

비심장 수술을 위해 심장 위험도 평가를 위해 진료의뢰되어 dobutamine 부하 심초음파도를 시행받은 총 98명을 대상으로 하였다. 이들 중 10명은 수술을 시행하지 않아 결과 처리에서 제외되었고, 결과처리에는 88명을 대상으로 하였다.

Dobutamine 부하는 3분 간격으로 10 μ g/kg/min부터 시작하여 10 μ g/kg/min씩 증량하였고, 좌심실을 16분 절로 나누어 심실벽 운동이상을 분석하였다.

결 과 :

1) Dobutamine 부하 심초음파도를 시행받은 이유로는 심전도상 ST-T 분절의 이상소견이나 Q파가보인 경우가 98명중 64명으로 65%로 제일 많았으며, 그다음으로는 관동맥질환이 있거나 의심된 경우로 98명중 28명으로 29%를 차지하였다.

2) Dobutamine 부하 심초음파도를 시행받고 수술을 시행받은 환자는 88명으로 이들중 85(97%)명은 음성이었고, 3명은(3%) 양성소견이었는데 이들모두에서 수술후 cardiac events가 발생하지 않았다.

3) Dobutamine부하 심초음파도 시행시 임상적으로 의미있는 부작용은 발생되지 않았다.

결 론 :

비심장 수술을 시행받게되는 환자에서 수술전 심장 위험도를 평가하는데 있어서 dobutamine부하 심초음파도는 임상적으로 유용한 비관혈적인 검사방법이라고 생각된다.

References

- 1) Mangano DT : Perioperative cardiac morbidity. *Anesthesiology* 72 : 1 53-84, 1990
- 2) Abraham SA, Coles NA, Coley CM, Strauss HW, Boucher CA, Eagle KA : Coronary risk of non-cardiac surgery. *Pro Cardiac Dis* 34(3)205-234, 1991
- 3) Drips RD, Lamont A, Eckenhoff JE : The role of anesthesia in surgical mortality. *JAMA* 178 : 261-266, 1961
- 4) Goldman L, Caldera DL, Nussbaum SR : Mul-

- tifactorial index of cardiac risk in noncardiac surgical procedures. *N Engl J Med* 297 : 845-50, 1977
- 5) Zeldin RA : Assessing cardiac risk in patients who undergo noncardiac surgical procedures. *Can J Surg* 27 : 402-4, 1984
 - 6) Larsen SF, Olesen KH, Jacobsen E : Prediction of cardiac risk in noncardiac surgery. *Er Heart J* 8 : 179-85, 1987
 - 7) Detsky AS, Abrams HB, McLaughlin JR : Predicting cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery. *J Gen Intern Med* 1 : 21 1-9, 1986
 - 8) Cutler BS, Wheeler HB, Paraskos JA, Cardullo PA : Applicability and interpretation of electrocardiographic stress testing in patients with peripheral vascular disease. *Am J Surg* 141 : 501-6, 1981
 - 9) Ruby KE, Goldman L, Creager MA : Correlation between preoperative ischemia and major cardiac events after peripheral vascular surgery. *N Engl J Med* 321 : 1296-300, 1989
 - 10) Mangano DT, Browner WS, Hollenberg M : Association of perioperative myocardial ischemia with cardiac morbidity and mortality in men undergoing noncardiac surgery. *N Engl J Med* 323 : 1781-1788, 1990
 - 11) Poldermans D, Arnesen M, Fioretti PM : Improved cardiac risk stratification in major vascular surgery with dobutamine-atropine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 26 : 648-53, 1995
 - 12) Langan EM, Youkey JR, Franklin DP, Elmore JR, Costello JM, Nassef LA : Dobutamine stress echocardiography for cardiac risk assessment before aortic surgery. *J Vasc Surg* 18 : 905-13, 1993
 - 13) Tischler MD, Lee TH, Hirsch AT : Prediction of major cardiac events after peripheral vascular surgery using dipyridamole echocardiography. *Am J Cardiol* 68 : 593-597, 1991
 - 14) Pasternack PF, Imparato AM, Bear G : The value of radionuclide angiography as a predictor of perioperative myocardial infarction in patients undergoing abdominal aortic aneurysm resection. *J Vasc Surg* 1 : 320-325, 1984
 - 15) Botcher CA, Brewster DC, Darling RC, Okada RD, Strauss HW, Pohost GM : Determination of cardiac risk by dipyridamole-thallium imaging before peripheral vascular surgery. *N Engl J Med* 312 : 389-94, 1985
 - 16) Cutler BS, Leppo JA : Dipyridamole-thallium 201 scintigraphy to detect coronary artery disease before abdominal aortic surgery. *J Vasc Surg* 5 : 91-100, 1987
 - 17) Topkins MJ, Artusio JF : Myocardial infarction and surgery. *Anesth Analg* 43 : 716-720, 1964
 - 18) Tarhan S, MotFitt EA, Taylor WF : Myocardial infarction after general anesthesia. *JAMA* 220 : 1451-1454, 1972
 - 19) Steen PA, Tinker JH, Tarhan S : Myocardial reinfarction after anesthesia and surgery. *JAMA* 239 : 2566-2570, 1978
 - 20) von Knorring J : Postoperative myocardial infarction : prospective study in a risk group of surgical patients. *Surgery* 90 : 55-60, 1981
 - 21) Arkins R, Smessaert AA, Hicks RG : Mortality and morbidity in surgical patients with coronary artery disease. *JAMA* 190 : 485-488, 1964
 - 22) Jeffrey CC, Kinsman J, Cullen DJ : A prospective evaluation of cardiac risk index. *Anesthesiology* 58 : 462-464, 1983
 - 23) McCann RL, Clements FM : Silent myocardial ischemia in patients undergoing peripheral vascular surgery : Incidence and association with perioperative cardiac morbidity and mortality. *J Vasc Surg* 9 : 583-587, 1989
 - 24) Pasternak PF, Imparato AM, Riles TS : The value of the radionuclide angiogram in the prediction of perioperative myocardial infarction in patients undergoing lower extremity revascularization procedures. *Circulation* 72 : 11-13, 1985(supply)
 - 25) Goldman L, Caldera DL, Southwick FS : Cardiac risk factors and complications in non-cardiac surgery. *Medicine* 57 : 357-370, 1978
 - 26) Becker RC, Underwood DA : Myocardial infarction in patients undergoing noncardiac surgery. *Cleve Clin J Med* 54 : 25-28, 1987
 - 27) Jeffrey CC, Kunsman J, Cullen DJ, Brewster DC : A prospective evaluation of cardiac risk index. *Anesthesiology* 58 : 462-464, 1983
 - 28) Wang T, Detsky AS : Preoperative cardiac risk assessment for patients having peripheral vascular surgery. *Ann Intern Med* 116 : 743-753, 1992
 - 29) McPhail N, Calvin JE, Shariatmadar A, Barber GG, Scobie TK : The use of preoperative exercise testing to predict cardiac complications after arterial

- reconstruction. *J Vasc Surg* 7 : 60-68, 1988
- 30) Golden MA, Whittemore AD, Donaldson MC, Mannick JA : Selective evaluation and management of coronary artery disease in patients undergoing repair of abdominal aortic aneurysms : a 16-year experience. *Ann Surg* 212 : 415-423, 1990
 - 31) Person MC, Hurst JM, Hertzberg VS : Cardiac prognosis in noncardiac geriatric surgery. *Ann Intern Med* 103 : 832-837, 1985
 - 32) Person MC, Hurst JM, Hertzber VS, Baughman R, Rouan GW, Ellis K : Prediction of cardiac and pulmonary complications related to elective abdominal and non-cardiac thoracic surgery in geriatric patients. *Am J Med* 88 : 101-107, 1990
 - 33) Carliner NH, Fisher ML, Plotnick GD : Routine preoperative exercise testing in patients undergoing major non cardiac surgery. *Am J Cardiol* 56 : 51-58, 1985
 - 34) Pasternack PF, Grossi EA, Baumann G : The value of silent myocardial ischemia monitoring in the prediction of perioperative myocardial infarction in patients undergoing peripheral vascular surgery. *J Vasc Surg* 10 : 617-625, 1989
 - 35) Ouyang P, Gerstenblith G, Furman WR, Golueke PJ, Gottlieb SO : Frequency and significance of early postoperative silent myocardial ischemia in patients having peripheral vascular surgery. *Am J Cardiol* 64 : 1113-1116, 1989
 - 36) Kazmers A, Cerqueira MD, Zierler RE : Perioperative and late outcome in patients with left ventricular ejection fraction of 35% or less who require major vascular surgery. *J Vasc Surg* 8 : 307-15, 1988
 - 37) Hendel RC, Whitfield SS, Villegas BJ, Cutler BS, Leppo JA : Prediction of late cardiac events by dipyridamole thallium imaging in patients undergoing elective vascular surgery. *Am J Cardiol* 70 : 1243-1249, 1992
 - 38) Eagle KA, Coley CM, Newell JB : Combining clinical and thallium data optimizes preoperative assessment of cardiac risk before major vascular surgery. *Ann Intern Med* 110 : 859-66, 1989
 - 39) Brown KA, Rowen M : Extent of jeopardized viable myocardium determined by myocardial perfusion imaging best predicts perioperative cardiac events in patients undergoing noncardiac surgery. *J Am Coll Cardiol* 21 : 325-323, 1993
 - 40) Lotte J, Waters D, Czarina M, Picard M, Champagne P, Lapointe J : Preoperative coronary artery disease risk stratification based on dipyridamole imaging and a simple three-step, three-segment model for patients undergoing noncardiac vascular surgery or major general surgery. *Am J Cardiol* 69 : 1553-1558, 1992
 - 41) Baron JF, Mundler O, Bertrand M : Dipyridamole-thallium scintigraphy and gated radionuclide angiography to assess cardiac risk before abdominal aortic surgery. *N Engl J Med* 330 : 663-669, 1994