Original Articles Korean Circulation J 1998;28(5):757-767

관동맥 우회로 이식술후 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 전자선 단층 촬영을 이용한 3차원 혈관조영술의 유용성

연세대학교 의과대학 심장혈관센터 심장내과학교실,[1] 진단방사선과학교실,[2] 흉부외과학교실[3]
하종원[1] · 조승연[1] · 심원흠[1] · 정남식[1] · 이향미[2] · 최규옥[2] · 장양수[1] · 유경종[3] · 강면식[3]

Assessment of Coronary Artery Bypass Graft Patency Using Three Dimensional Coronary Angiography by Electron Beam Tomography

Jong-Won Ha, MD[1], Seung-Yun Cho, MD[1], Won-Heum Shim, MD[1], Namsik Chung, MD[1], Hyang-Mi Lee, MD[2], Kyu-Ok Choi, MD[1], Yangsoo Jang, MD[1], Kyung-Jong Yoo, MD[3] and Meyun-Shick Kang, MD[3]

[1]Cardiology Division, [2]Department of Diagnostic Radiology, [3]Cardiothoracic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Backgrounds : The development of a noninvasive, accurate imaging technique for assessing coronary artery bypass graft patency is of major clinical importance because increasing numbers of patients have undergone coronary artery bypass surgery. The electron beam tomography, by virtue of its rapid data acquisition time and good spatial resolution, may be useful in this regard. The purpose of this study is to determine the accuracy of three-dimensional coronary angiography by electron beam tomography (EBT) in the assessment of patency of coronary artery bypass grafts. **Methods** : Twenty-five patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery were included. All patients underwent EBT and conventional coronary angiography for the evaluation of the status of bypass grafts. Three dimennsional reconstruction of theheart and bypass grafts were performed and compared with selective angiography of the bypass grafts. **Results** : Fifty-seven saphenous vein grafts (SVG) and 22 left internal mammary artery (LIMA) were evaluated for occlusion or patency. The sensitivity and specificity of EBT in the evaluation of LIMA patency were 80%, 82.4%, respectively. The sensitivity and specificity of EBT in the evaluation of SVG patency were 91.7% and 91.1%, respectively. The sensitivity and specificity of EBT in the evaluation of SVG according to the coronary territory were : 1) SVG to left anterior descending artery 100%, 100% ; 2) SVG to diagonal branch 100%, 100% ; 3) SVG to left circumflex artery 100%, 88.9% ; 4) SVG to right coronary artery 75%, 85.7%. **Conclusion** : Three-dimensional coronary angiography by electron beam tomography is a promising, useful and relatively accurate diagnostic technique for the evaluation of graft patency in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery. **(Korean Circulation J 1998;28(5):757-767)**

KEY WORDS : Coronary artery bypass graft patency · Three-dimensional angiography · Electron beam tomography.

논문접수일 : 1998년 2월 21일
심사완료일 : 1998년 5월 11일
교신저자 : 하종원, 120 - 752 서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 심장혈관센터 심장내과학교실
전화 : (02) 361 - 7071 · 전송 : (02) 393 - 2041
E - mail : jwha@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

관동맥 우회로 이식술(coronary artery bypass surgery, 이하 CABG)은 좌관동맥 주간부 질환, 세혈관 질환 및 내과적 치료 혹은 경피적 관동맥 확장 성형술에도 불구하고 계속되는 협심증이 있는 경우 효과적이고 비교적 안전한 치료 방법으로 보고되고 있다.[1] 관동맥 우회로 이식술후 허혈상태의 개선 및 좌심실 기능의 유지는 우회 혈관의 개존 및 허혈 심근의 충분한 재관류 여부에 따라 결정된다.[2-4] 따라서 CABG후 우회 혈관의 개존 여부는 환자의 예후에 있어 중요한 요인이라 할 수 있다. 침습적인 관동맥 조영술은 이와 같은 환자에서 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 가장 정확한 방법으로 널리 이용되고 있다. 그러나 이와 같은 침습적 진단 방법은 검사 자체가 가지고 있는 위험성과 함께 경우에 따라 수술 부위의 입구 표식자가 없는 경우 선택적 조영술이 어려운 경우가 있다.[5] 비관혈적인 영상 진단술은 이 같은 환자에서 유용한 추적 검사 방법으로 이용될 수 있다. 운동 부하 심전도 검사,[6] 심근 관류 검사[7][8] 및 방사선 동위 원소를 이용한 심실 조영술 등[9]은 심근 허혈 여부를 관찰하여 간접적으로 우회 혈관의 개존 여부를 예측할 수 있으며 또한 도플러 초음파,[10][11] digital subtraction angiography[12] 및 자기 공명 촬영[13-18] 등을 이용한 우회 혈관의 개존 여부의 평가 역시 유용한 비침습적 방법으로 생각되나 정확도에 있어 제한점이 있는 것으로 알려져 있다.

전자선 단층 촬영(electron beam tomography, 이하 EBT)은 1980년 초 개발되어 다양한 임상연구가 진행되어 진단적 유용성이 알려져 있다.[19-25] 특히 심장박동이나 호흡과 같이 빠른 움직임도 짧은 시간에 기록할 수 있는 시간 해상력을 갖추고 있으며 이와 동시에 여러 단면을 얻을 수 있다는 장점 등을 가지고 있을 뿐 아니라 비침습적으로 관동맥 영상을 실제로 얻을 수 있는 유일한 방법이라는 점에서 높은 임상적 효용성을 가지고 있다. 따라서 최근 EBT를 이용한 관동맥 협착증의 진단적 유용성에 대한 많은 연구가 진행되고 있으나 CABG를 시행받은 환자에서 EBT를 이용한 3차원 혈관 조영술(3D angio)의 진단적 정확성에 대해서는 아직 연구가 미진한 실정이다. 본 연구의 목적은 CABG를 시행받은 환자에서 우회 혈관의 개존 여부의 평가에 있어 EBT를 이용한 3D angio의 유용성을 평가하고자 함이다.

대상 및 방법

1997년 3월부터 8월까지 연세 심장혈관센터에서 CABG를 시행받은 환자중 수술 후 추적 관동맥 조영술과 EBT를 모두 시행한 25명의 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자의 평균 연령은 60세 였으며 남자가 18명, 여자가 7명이었다. 우회 혈관 조영술의 결과를 "gold standard"로 하여 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 EBT의 진단적 정확성을 네 가지의 항목을 이용하여 분석하였다. 즉, 우회 혈관 조영술상 개존되어 있는 혈관을 EBT 상 개존되었다고 판단되었을 때를 true negative라 정의하고 우회 혈관 조영술상 폐쇄되어 있는 혈관을 EBT상 폐쇄되었다고 판단되었을 때를 true positive로 정의하여 다음과 같이 정확도를 평가하였다.

예민도(sensitivity) : true positive/true positive+false negative

특이도(specificity) : true negative/true negative+false positive

Positive predictive value(PPV) : true positive/true positive+false positive

Negative predictive value(NPV) : true negative/true negative+false negative

관동맥 조영술

Seldinger's technique으로 우측 대퇴동맥을 천자 후 5 Fr Amplatz coronary catheter 또는 5 Fr Judkin's coronary catheter를 이용하여 상행 대동맥에 위치한 우회 혈관의 입구에 삽입한 다음 여러 투사면에서 촬영하였다. 내유 동맥 조영술은 5 Fr internal mammary artery catheter 또는 5 Fr Judkin's right coronary catheter를 이용하여 내유 동맥의 입구에 삽입 후 촬영을 시행하였다.

EBT 검사

전자선 단층 촬영기(electron beam tomography, ultrafast CT, cine CT)는 가속된 열전자(전자선)를 전자기적으로 굴절 및 회전시키고 이를 검사대 밑에 있는 양극판에 충돌시켜서 X-선을 발생시키는 기본 원리를 갖고 있다. 전자선이 양극판의 한 끝에서 다른 한 끝까지 연속 충돌하며 X-선을 발생시키며 이렇게 발생된 X-선은 시준장치(collimator)를 지나 원하는 두께로 조절된 후, 환자의 몸을 투과하여 검사대 위에 있는 원주형(216°) X-선 검출장치에서 감지된다. 이 자료로부터 각 화소의 X-선 투과도를 CT 밀도(CT Hounsfield Unit)로 변환하여 이를 영상화하는 것은 기존의 CT와 같다. 음극판은 텅스텐으로 구성되며 원주모양(210°)을 하고 검사대의 아래에 4개가 나란히 위치한다. 각각의 음극판은 전자선과 충돌하여 7 mm 두께의 X-선을 발생시키며 인접한 음극판의 사이에는 4 mm의 간격이 있다. 전자선이 하나의 음극판에 충돌한 후 다음 음극판에 충돌하기까지는 8 msec의 시간 간격이 필요해서 1초동안 최고 17개의 영상을 얻을 수 있다.

X-선 검출 장치는 고형의 카드뮴 텅스텐으로 구성되는데 저해상의 영상을 만드는 검출기와 저해상 및 고해상 영상을 모두 만들 수 있는 검출기 2개가 검사대의 위에 나란히 위치한다. 음극판에서 한 번 발생된 X-선은 환자를 투과한 후 2개의 검출기에 동시에 도달하여 두개의 인접한 단면영상을 만들수 있다. 그러므로 전자선이 4개의 음극판을 차례로 충돌한 경우는 짧은 순간 동안에(224 msec) 8개의 인접한 단면 영상을 검사대의 이동없이도 만들 수가 있으며 이 때 절편두께는 7 mm이고 2 3, 4 5, 6 7번째 절편사이에는 4 mm의 간격이 있게 된다. 일반적인 전산화 단층 촬영기와 같이 검사대를 이동시키면서 여러 절편을 스캔하는 방식으로 촬영기를 운용할 수도 있는데(volume mode) 이때에는 음극판과 X-선 검출기를 각각 하나씩만 사용하며 절편두께는 1.5 10.0 mm, X-선 조사시간은 100 2000 msec범위내에서 선택할 수 있다.

조사시간을 짧게 하면 심박동이나 호흡운동에 의한 영상의 흐려짐이 없이 구조물을 정지상태로 영상화할 수 있으며 EKG triggering하면 심주기의 원하는 순간에 맞추어 영상을 얻을 수 있다. 방사선 노출량은 X-선 조사시간이 100 msec인 경우 한 절편당 1.1 cGy 정도이다. 우회혈관의 영상은 Imatron C-150XP SV 12.3 (Imatron, San Francisco, CA, USA)를 이용하여 얻었으며 모든 검사는 앙와위에서 심전도상 심주기의 80% 순간에 스캔되도록 하였고 촬영 중에는 호흡을 멈추도록 하였다. 먼저 검사할 부위를 정확히 선정하기 위해 40개의 영상을 조영제 주입없이 얻었다. 주폐동맥(main pulmonary artery)의 하연에서부터 아래로 3 mm 두께의 단면 영상을 각각 100 msec동안 얻었으며 여기에서 surgical clip의 분포, 우회혈관의 상하 문합부위, 관상동맥의 주행과 석회화 등을 살펴서 다음 스캔에서 문합 부위가 모두 포함되도록 위치를 정하였다.

비이온성 조영제(Optiray 350 320mg iodine/ml, 120 ml, 3 4 ml/sec)를 주입기(Angiomat 6000, Liebel-Flarsheim Company, Cincinnati, Ohio, USA)를 이용해 정맥주사하였다. 주입 시작 후 순환시간이 경과한 순간부터 스캔을 시행하였는데 선택한 스캔 부위를 3 mm 절편두께, 1.5 2.0 mm 테이블 이동속도, 100 msec, 512×512 matrix size, 18 cm field of view의 조건으로 40 60개의 영상을 얻었다. 이렇게 할 경우 각 화소의 크기는 약 0.12 mm^2이다. 이렇게 얻어진 영상을 ISG VRS APP ver 2.0.1(ISG Technologies Inc., Ontario, Canada)로 옮겨 편집 하였다. CT 밀도가 80 100 HU 이상인 부위를 조영 증강된 혈액으로 간주하여 이보다 높은 밀도를 갖는 구조물(우회혈관, 관동맥, 대동맥, 심실, 심방)로 3차원 다면 영상을 만들었다.

이때에 흉벽, 흉추, 폐실질은 80 HU 이상의 밀도를 갖더라도 각 단면 영상에서 삭제 편집하여 종격동 구조만을 남겼는데 좌관동맥의 기시부가 잘 보이도록 주폐동맥의 일부도 삭제하였다. 편집된 각각의 단면 영상을 합성해서 3차원 영상을 만들고 다양한 각도의 shaded surface display로 나타내었다. 여기에서 우회 혈관의 개존 여부, 문합부위 및 관동맥의 주행등을 관찰하였다. 우회 혈관의 개존 여부는 3차원 영상과 2차원 축상 영상(axial image)을 이용하여 판독하였는데 단면 영상에서 우회 혈관의 내강이 조영 증강되거나 3차원 영상에서 우회혈관이 전장에 걸쳐 관찰되는 경우 우회 혈관의 혈류가 정상인 것으로 판독하였다. 단면 영상에서 우회 혈관이 조영 증강되지 않거나 3차원 영상에서 전장이 보이지 않을 경우 우회혈관이 폐쇄된 것으로 판독하였다. 각 환자의 수술 소견은 미리 알고 검사와 판독에 임했으며 관동맥 조영술의 결과는 모르는 상태로 우

회 혈관의 개존 여부를 분석하였다.

결 과

대상 환자 25명에서 57개의 복재 정맥(saphenous vein)과 22개의 내유 동맥(left internal mammary artery, 이하 LIMA)이 사용되었다. CABG 후 EBT 검사 까지의 기간은 평균 26개월(1 139개월)이었으며 EBT 시행 후 우회 혈관 조영술사이의 기간은 평균 7.5일이었다. 삽입된 57개의 복재 정맥의 혈관별 분포를 살펴 보면 좌전하행동맥이 7예, diagonal branch 10예, 좌회선동맥 22예, 우관동맥 18예였다. 22개의 LIMA중 19개는 좌전하행동맥의 재관류에 사용되었으며 3개는 diagonal branch의 재관류에 사용되었다(Table 1). EBT 3D angio 상 22개의 LIMA중 15개가 개존되어 있었으며 7개가 폐쇄되어 있는 것으로 판단되었다.

그러나 혈관 조영술 결과 22개의 LIMA중 17개가 개존되어 있었으며 5개가 폐쇄되어 있었다. 따라서 관혈적 우회 혈관 조영술상의 혈관 개존 여부를 gold standard로 기준하였을 때 EBT 3D angio의 LIMA 개존율의 정확도는 예민도 80%, 특이도 82.4%, 양성 예측도 57.1%, 음성 예측도 93.3%였다. 57개의 복재 정맥에 대한 EBT 3D angio 결과 42개는 개존되어 있었으나 15개는 폐쇄된 것으로 판단되었다. 관혈적 우회 혈관 조영술 결과 57개의 복재 정맥중 45개가 개존되어 있었으며 12개가 폐쇄되어 있었다. 따라서 복재 정맥의 개존율에 대한 EBT 3D angio의 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도는 각각 91.7%, 91.1%, 73.3%, 97.6%이었다(Table 2, 3).

복재 정맥이 삽입된 혈관부위에 따라 관찰한 결과 좌전하행동맥의 경우 삽입된 7개중 1개에서 폐쇄가 관찰되었으며 혈관조영술상 동일한 결과를 보여 이에 대한 EBT 3D angio의 정확성은 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도가 각각 100%, 100%, 100%, 100%이었다. Diagonal branch의 경우 10개중 3개가 혈관 조영술상 폐쇄되어 있었으며 이에 대한 EBT 3D angio의 정확성은 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도가 각각 100%, 100%, 100%, 100%이었다. 좌회선동맥의 경우 22개 중 혈관조영술상 4개가 폐쇄되어 있었으나 EBT 3D angio상 22개 중 6개가 폐쇄된 것으로 판단되어 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도가 각각 100%, 88.9%, 66.7%, 100%이었다. 우관동맥의 경우 혈관조영술상 18개 중 4개가 폐쇄되어 있었으며 EBT 3D angio상 false positive 2예, false negative가 1예 있어 EBT 3D angio의 정확성은 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도가 각각 75%, 85.7%, 60%, 92.3%이었다(Table 4).

Table 1. Distribution of grafts according to coronary territory

Graft types	Coronary territory			
	LAD	DIAG	LCX	RCA
SVG (N=57)	7	10	22	18
LIMA (N=22)	19	3		

DIAG : diagonal branch, LAD : left anterior descending artery, LCX : left circumflex artery, LIMA : left internal mammary artery, RCA : right coronary artery, SVG : saphenous vein graft

Table 2. Graft patency shown by coronary angiography

Graft types	Patent	Occluded
SVG (N=57)	45	12
LIMA (N=22)	17	5

Abbreviations as in Table 1.

Table 3. Grafts correctly shown as patent or occluded by electron beam tomography

Graft type	EBT (Coronary angiography)	
	Patent	Occluded
SVG (N=57)	42 (45)	15(12)
LIMA (N=22)	15 (17)	7 (5)

EBT : electron beam tomography, other abbreviation as in Table 1

Table 4. Diagnostic accuracy of electron beam tomography according to coronary territory

	SEN (%)	SPE (%)	PPV (%)	NPV (%)
LIMA (N=22)	80	82.4	57.1	93.3
LAD (N=7)	100	100	100	100
DIAG (N=10)	100	100	100	100
LCX (N=22)	100	88.9	66.7	100
RCA (N=18)	75	85.7	60	92.3

SEN : sensitivity, SPE : specificity, PPV : positive predictive value, NPV : negative predictive value. Other abbreviations as in Table 1.

고 안

CABG후 우회 혈관의 개존 여부는 환자의 예후에 있어 중요한 요인이다.[2-4] 이와 같은 우회 혈관의 개존 여부를 평가하기 위하여 이제까지 여러 진단 방법이 이

용되어 왔다. 방사선 핵종 심실 조영술(radionuclide ventriculography)은 심실의 국소적 운동 장애나 좌심실의 구혈율 감소 등을 관찰하여 우회 혈관의 폐쇄나 협착을 간접적으로 평가할 수 있다.[10] 또한 thallium-201 심근 관류 스캔은 우회 혈관 부위의 심근 허혈 여부 뿐만 아니라 다른 관동맥의 동맥 경화의 진행으로 인한 심근 허혈까지 평가할 수 있는 장점이 있다.[7][8]

Pfisterer 등[7]은 CABG를 시행받은 55명의 환자에서 CABG 수술전, 수술 1개월 후 및 수술 1년 후에 thallium-201 심근 관류 스캔을 시행하여 우회 혈관

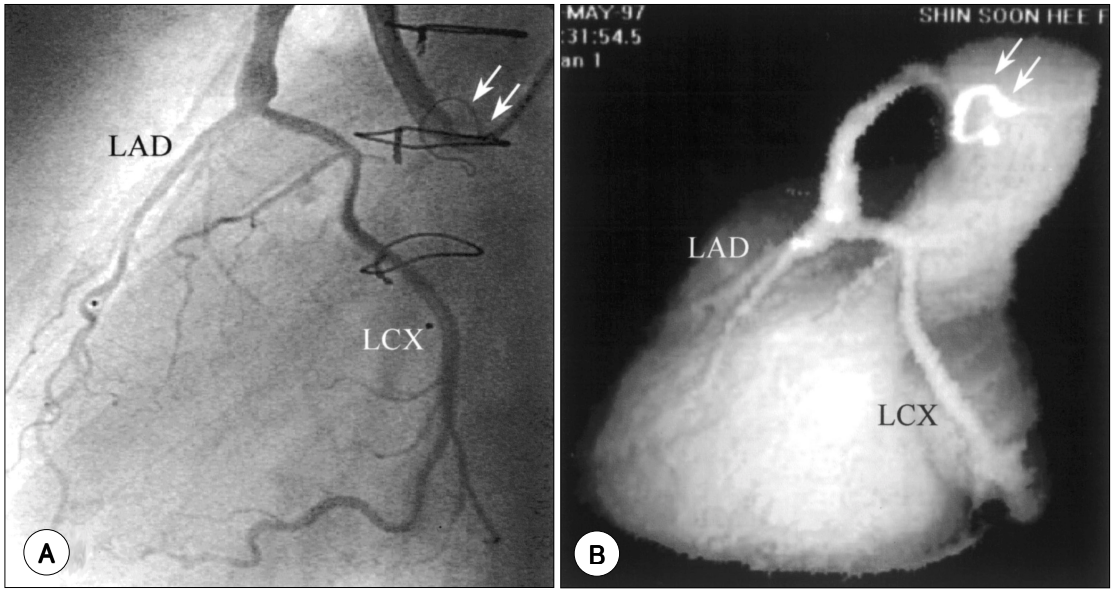

Fig. 1. A : coronary angiographic finding of a 57 year-old female patient with patent coronary bypass graft to the left anterior descending artery. B : Three-dimensional angiography of EBT revealed similar findings with coronary angiography. Note the graft marker at the ascending aorta(indicated by arrow). EBT denotes electron beam tomography ; LAD, left anterior descending artery ; LCX, left circumflex artery.

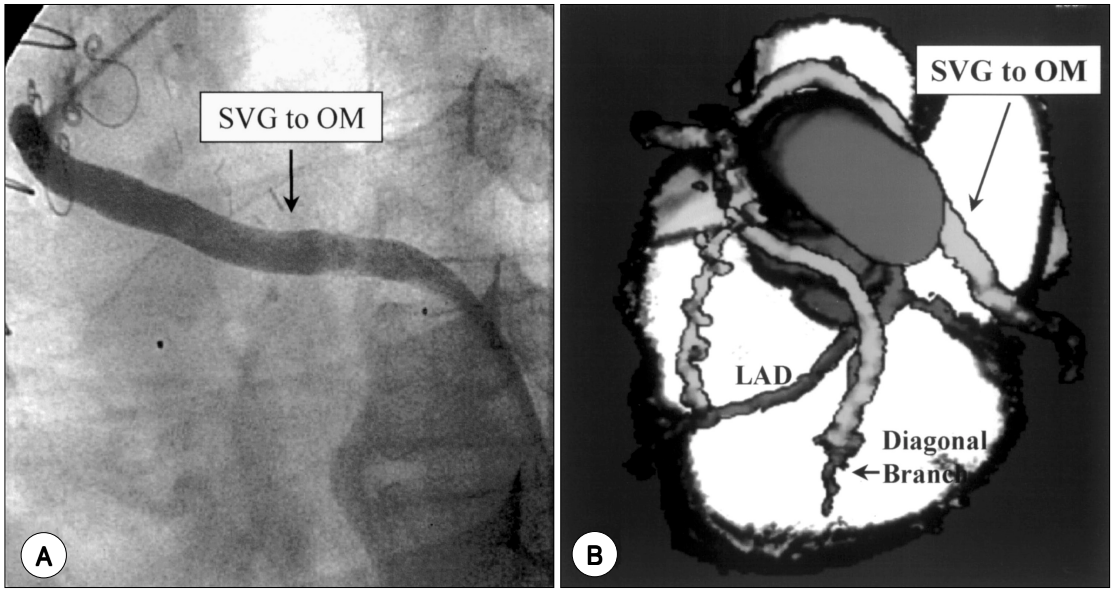

Fig. 2. A : coronary angiographic finding of a patient with patent bypass graft to the obtuse marginal branch. B : Three-dimensional angiography of EBT revealed similar findings with coronary angiography. SVG denotes saphenous vein graft ; OM, obtuse marginal branch. Other abbreviation as in previous figure.

의 폐쇄 여부를 판별하는데 예민도가 80%, 특이도가 88%, 정확도가 86%라 보고하여 thallium-201 심근관류 스캔이 CABG후 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 유용한 검사라 하였다. 또 다른 비침습적 방법으로 경피적 도플러 초음파 검사가 있는데 이를 이용하여 내유동맥의 수축기 및 이완기 혈류 양상을 정성적 및 정량적으로 측정 가능하여 내유 동맥의 개존율 평가에 유용하게 이용될 수 있다. De Bono 등[10]은 최소한 1개 이상의 내유동맥을 포함한 CABG를 시행받은 26명의 환자에서 도플러 초음파 검사를 시행하여 이식된 좌

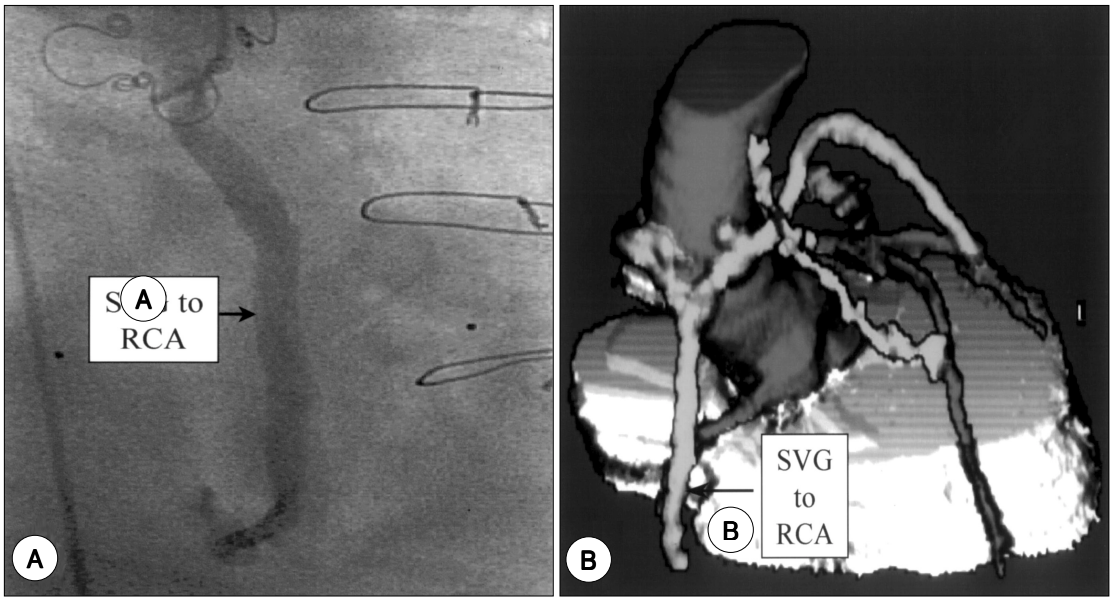

Fig. 3. A : coronary angiographic finding of a patient with patent bypass graft to the right coronary artery. B : Three-dimensional angiography of EBT revealed similar findings with coronary angiograpy. RCA denotes right coronary artery. Other abbreviation as in previous figure.

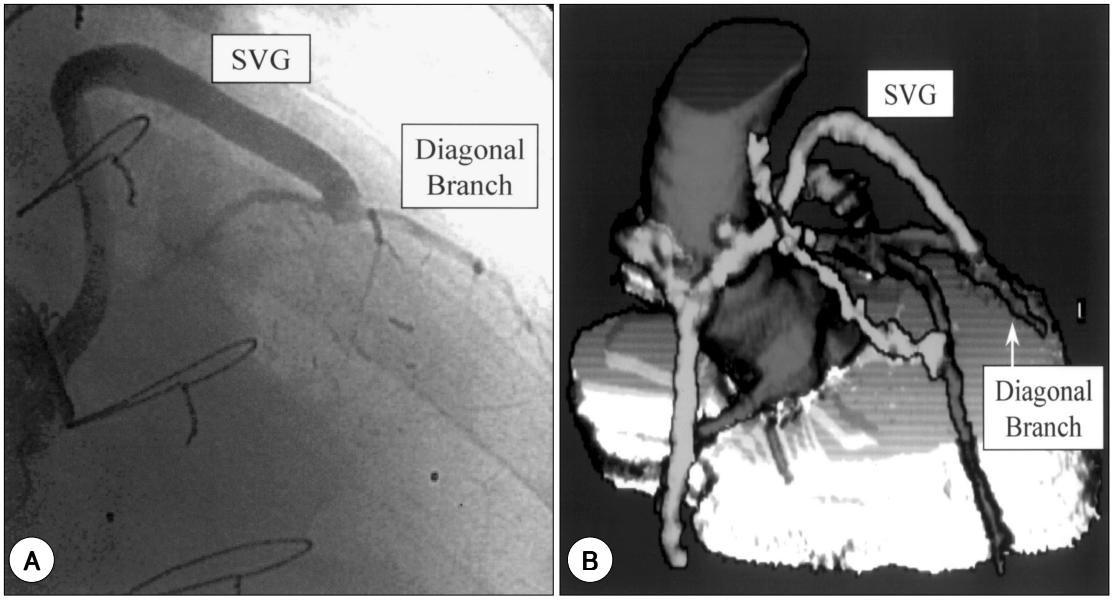

Fig. 4. A : coronary angiographic finding of a patient with patent bypass graft to the diagonal branch. B : Three-dimensional angiography of EBT revealed similar findings with coronary angiography. Abbreviation as in previous figures.

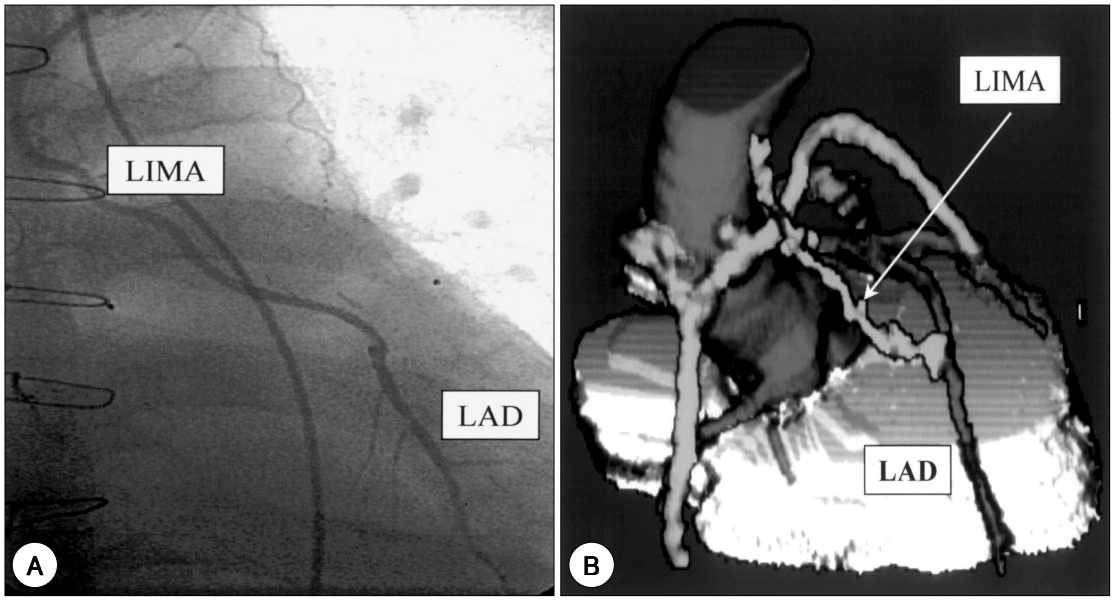

Fig. 5. A : coronary angiographic finding of a patient with patent left internal mammary artery graft to the left anterior descending artery. B : Three-dimensional angiography of EBT revealed similar findings with coronary angiography. LIMA denotes left internal mammary artery graft. Other abbreviation as in previous figures.

측 내유동맥의 62%, 이식된 우측 내유동맥의 43%에서 혈류 측정이 가능하였으며 이와 같이 우회 혈관내의 혈류를 정량적으로 측정함으로써 CABG를 시행받은 환자에서 수술후 추적 관찰하는데 유용한 진단 방법이라 보고한 바 있다.

Fusejima 등[11]은 좌전하행동맥에 관동맥 우회로 이식술을 시행받은 39명의 환자에서 이면성 및 도플러 초음파 검사를 시행한 결과 내유동맥의 혈류 양상과 복재 정맥을 통한 혈류 양상이 다르다는 사실을 관찰한 바 있다. 그러나 이제까지 열거한 방법들은 우회 혈관의 개존 여부를 간접적 혹은 평면적으로 분석한다는 제한점을 가지고 있으며 우회 혈관 조영술과 같이 혈관의 혈류 양상이나 형태를 유사하게 영상화 하지 못하고 있다. 자기 공명 영상(MRI)은 이런 면에서 관동맥을 영상화하는데 효과적인 비침습적 진단 방법이라 할 수 있다. Jenkins 등[12]은 22명의 환자에서 MRI를 시행하여 60개의 우회 혈관의 개존율을 평가한 결과 관동맥 조영술과 비교시 약 90%의 정확도를 나타내었다고 하였다. White 등[13]은 25명의 환자에서 multiphasic ECG-gated MRI를 시행하여 우회 혈관의 개존율을 관찰한 결과 우회 혈관의 개존을 예측하는데는 91%, 우회 혈관의 폐쇄를 예측하는데는 72%의 정확도를 보였다고 하였으며 10%의 환자에서는 우회 혈관의 개존 상태를 평가할 수 없었다고 하였다.

Rubinstein 등[14]도 20명의 환자에서 MRI를 시행하여 우회 혈관의 개존율 평가에 있어 MRI의 예민도 및 특이도가 각각 92%, 85%라 보고하였다. 그러나 이와 같은 자기 공명 영상 역시 공간 해상력에 한계가 있으며 검사에 많은 시간이 소요될 뿐 만 아니라 정확성에 있어 아직은 여러 제한점이 있는 것으로 알려져 있다. 최근 Vrachliotis 등[15]은 contrast-enhanced breathhold MR angiography를 이용하여 CABG후 우회 혈관의 개존 여부를 관찰한 결과 예민도 및 특이도가 각각 93%와 97%로 높은 정확도를 보였으며 검사 시간을 단축시킬 수 있다고 하였다.

Electron beam tomography(EBT)는 1980년 초 Boyd 등[25]에 의해 개발된 이래 다양한 임상연구가 진행되어 그 진단가치를 인정받아 왔다. 이 기기는심장박동이나 호흡과 같이 빠른 움직임도 짧은 시간(50 msec)에 기록할 수 있는 시간해상력(temporal resolution)을 갖추고 있으며, 거의 동시에(200 msec 동안) 여러 단면(8 slice)을 얻을 수 있도록 개발되었다. 이 기기의 능력은 전자총에서 전자선(electron beam)을 발사시키고 이를 전자기적으로 굴절시켜 테

이블 밑에 있는 4개의 양극판에 차례로 조준하여서 X-선을 발생시켜며, 2개의 X-선 검출기가 부착되어 있어서 이를 4개의 양극판고 조합하여 사용하면, 테이블의 이동이 없는 상태에서 8개까지의 단층영상의 역동적(dynamic) 영상을 짧은 시간안에 얻을 수가 있다. 스캔 속도는 400 msec, 100 msec, 50 msec를 선택할 수 있으며, 17 frames/sec의 속도로 심박동이나 호흡운동에 따른 장기의 변화, 관절의 움직임 등을 촬영할 수가 있다. 또한 기존의 CT와 같은 방식으로 영상을 얻을 경우 40단면을 영상화하는데에 최소 18초가 소요되기 때문에 단한번 숨을 참는 시간내에 검사를 끝낼 수 있다. 따라서 EKG-gating을 하여 같은 심장박동 주기마다 촬영할 경우 심장박동, 호흡, 혈관 맥박(pu-lsation)에 의한 영상 흔들림을 최소화 할 수 있다. 영상의 질에 있어서는 시간해상력이 월등하며 공간해상력(spatial resolution)과 대조해상력(contrast res-olution)은 기존의 CT와 비슷하나 영상의 흔들림이 없어 더 좋은 편이다.

이 방법은 심막외층 관동맥을 관찰할 수 있는 반면에 심근내 분지를 볼수 없고 partial volume averaging effect에 의하여 매우 짧은 협착은 관찰하지 못하거나 협착 정도를 과소평가 할 수 있다. 또한 심부정맥이나 관동맥의 심한 석회 침착 등에 영향을 받을 수 있다는 등의 단점이 있다. 그러나 실제 임상에 쉽게 적용할 수 있다는 점에서 또한 비침습적으로 관동맥 영상을 실제로 얻을 수 있는 유일한 방법이라는 점에서 임상적 유용성이 높다 할 수 있다.

CABG후 우회 혈관의 개존 여부의 평가에 있어 EBT의 유용성에 대한 연구는 이미 1986년부터 보고된 바 있다.[26)27)] Stanford 등[28)]은 multicenter study에서 CABG를 시행받은 62명의 환자에서 127개의 우회 혈관에 대한 ultrafast computed tomography의 유용성을 연구한 결과 우회 혈관의 개존 여부 예측도가 93.4%, 우회 혈관의 폐쇄 여부를 예측하는 특이도가 88.9%였으며 결과적으로 overall accuracy는 92.1%라고 하였다. 그러나 이제까지의 연구에서 우회 혈관의 개존 여부에 이용되었던 EBT의 영상은 일차원적 단면상이었기 때문에 관동맥 조영술과 유사한 영상을 제공할 경우 훨씬 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. Achenbach 등[29)]은 CABG를 시행받은 25명의 환자에서 우회 혈관 조영술과 EBT 3D angio를 시행하여 우회 혈관의 폐쇄를 예측하는데 EBT 3D angio의 예민도 및 특이도가 각각 100%, 100%라 보고하였다.

또한 이식 혈관의 심한 협착을 판별하는데 있어 EBT 3D angio의 예민도 및 특이도가 각각 100%, 97%라고 하여 EBT 3D angio의 높은 진단적 정확성을 보고한 바 있다. 그러나 이 들 연구에서는 LIMA의 개존율에 대한 분석이 시행되지 않았을 뿐 만 아니라 이식 혈관의 부위에 따른 EBT 3D angio의 진단적 정확성에 대해서는 평가되지 않았다. LIMA는 복재 정맥에 비하여 CABG후 장기 혈관 개존율이 높은 것으로 알려져 있어 선호되고 있는 이식 혈관이며 따라서 LIMA의 개존율에 대한 평가는 임상적으로 중요하다 하겠다. 본 연구 결과 LIMA 개존율 평가에 있어 EBT의 정확도는 예민도 80%, 특이도 82.4%, 양성 예측도 57.1%, 음성 예측도 93.3%로서 복재 정맥에 비해 상대적으로 낮은 정확도를 보였다.

그 이유로 LIMA는 혈관의 직경이 복재 정맥에 비해 작고 surgical clip의 수가 많기 때문에 많은 artifact를 만들어 낼 수 있는 점 등을 원인으로 생각할 수 있다. 그러나 Stanford 등[27)28)]의 연구 결과를 살펴 보면 LIMA에 대한 정확성이 약 90.9%로 본 연구에 비해 높은 경향을 보였으며 복재정맥의 정확성(92.2%)과 비교해도 유의한 차이가 없었다. 복재 정맥의 개존율에 대한 EBT 3D angio의 예민도 및 특이도는 본 연구의 경우 각각 91.7%, 91.1%로 achenbach 등[29)]의 보고와 유사하게 높은 진단적 정확성을 관찰할 수 있었다. 또한 복재 정맥의 혈관 분포에 따른 개존율의 경우 본 연구 결과 좌전하행동맥과 diagonal branch의 경우 높은 정확성을 보인 반면 좌회선동맥과 우관동맥의 경우 상대적으로 정확성이 약간 떨어 지는 것으로 생각된다. 이 같은 본 연구의 결과는 Stanford 등[27)28)]의 보고와 유사하며 이 들 연구의 결과는 좌전하행 동맥의 경우 정확도가 96.1%로 가장 높았으며 좌회선동맥이 92%, 우관동맥이 85.7%의 순서였다.

CABG 후 우회 혈관의 개존 여부와 함께 중요한 것은 우회 혈관의 협착의 정도이다. 특히 우회 혈관의 협착 정도의 평가 및 이로 인한 심근 허혈의 여부는 향후 치료 방침의 결정에 있어 중요한 결정 요인이라 할 수 있다. Achenbach 등[29)]은 혈역학적으로 심근 허혈을 일으킬 만큼 심한 협착을 판별하는데 있어 EBT 3D

angio의 예민도 및 특이도가 각각 100%, 97%라고 하여 우회 혈관의 개존 여부와 함께 협착의 정도 판정에 있어서도 EBT 3D angio가 높은 진단적 정확성을 가지고 있다고 보고 한 바 있다.

그러나 본 연구의 경우 대상 환자에서 우회 혈관에서 50%이상의 협착을 보인 경우가 없어 우회 혈관의 협착 정도를 판별하는데 EBT 3D angio의 정확성에 대한 결과를 관찰할 수 없었으나 관동맥의 협착을 평가하는데 있어 EBT 3D angio의 정확성이 예민도 70%, 특이도 91%로 보고되고 있어 향후 우회 혈관의 협착에 대한 EBT 3D angio의 유용성에 대한 연구가 기대된다 하겠으나 이를 위해서는 좀 더 향상된 영상을 얻기 위한 기술적 발전이 있어야 할 것으로 생각된다.

우회 혈관 조영술은 우회 혈관의 협착 정도나 개존 여부 등을 평가하는데 있어 가장 정확한 방법으로 알려져 있다. 그러나 복재 정맥을 삽입한 경우 대동맥의 접합 부위가 fluoroscopy 상 보이지 않기 때문에 대동맥에 표식자를 하지 않은 경우 종종 선택적으로 우회 혈관의 입구에 도자를 삽입하기가 용이하지 않아 검사 시간이 지연되는 경우가 있으며 또한 이럴 경우 조영제의 사용량이 증가하게 되며 또한 환자가 방사선에 노출되는 시간 역시 증가하게 되는 단점이 있다.[5] 향후 EBT의 기계적 발전과 함께 영상의 3차원적 재구성을 위한 컴퓨터 소프트 웨어 등의 발전 등으로 조금 더 정확하며 선명한 영상을 얻을 수 있게 될 경우 우회 혈관 조영술이 가지고 있는 제한점을 보완 할 수 있는 비침습적 영상 진단 방법으로 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 관동맥 우회로 이식술을 시행받은 환자에서 EBT 3D angio는 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 유용한 비관혈적 영상 진단 방법으로 사료되나 내유동맥 및 우관동맥으로의 이식 혈관 개존율 평가에는 제한점을 가지고 있으며 향후 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

배경 및 목적 :

관동맥 우회로 이식술(CABG)후 우회 혈관의 개존 여부는 환자의 예후에 있어 중요한 요인이다. 따라서 비관혈적인 영상 진단술은 이 같은 환자에서 유용한 추적 검사 방법으로 이용될 수 있다. 최근 관동맥 협착증의 진단에 전자선 단층 촬영(EBT)을 이용한 3차원 혈관 조영술(3D angio)의 유용성이 보고되고 있으나 CABG를 시행받은 환자에서의 정확성에 대해서는 아직 연구가 미진한 실정이다. 본 연구의 목적은 CABG를 시행받은 환자에서 우회혈관의 개존 여부의 평가에 있어 EBT를 이용한 3D angio의 유용성을 평가하고자 함이다.

대상 및 방법 :

1997년 3월부터 8월까지 연세 심장혈관센터에서 CABG를 시행받은 환자중 수술후 추적 관동맥조영술과 EBT를 모두 시행한 25명의 환자를 대상(평균 연령 60세, 남/여 : 18/7)으로 하였다. 대상환자에서 CABG후 평균 26개월후에 EBT를 시행하였으며 EBT와 관동맥 조영술사이의 기간은 평균 7.5일이었다. 우회 혈관 조영술의 결과를 " gold standard "로 하여 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 EBT의 진단적 정확성을 분석하였다. 우회 혈관 조영술상 개존되어 있는 혈관을 EBT상 개존되었다고 판단되었을 때를 true negative라 정의하고 우회 혈관 조영술상 폐쇄되어 있는 혈관을 EBT상 폐쇄되었다고 판단되었을 때를 true positive로 정의하여 예민도, 특이도 등을 평가하였다.

결 과 :

관혈적 관동맥 조영술상의 혈관 개존율을 gold standard로 기준하였을 때 EBT 3D angio의 LIMA 개존율의 정확도는 예민도 80%, 특이도 82.4%, 양성 예측도 57.1%, 음성 예측도 93.3%였다. 복재정맥의 개존율 평가에 있어서는 예민도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도는 각각 91.7%, 91.1%, 73.3%, 97.6%이었다. 우회 혈관 부위에 따른 정확도를 분석한 결과 diagonal branch의 경우 예민도 및 특이도가 각각 100%였으며, 좌회선동맥은 100%, 88.9%, 우관동맥은 75%, 85.7%, 좌전하행동맥은 100%, 100%였다.

결 론 :

관동맥 우회로 이식술을 시행받은 환자에서 EBT 3D angio는 우회 혈관의 개존 여부 평가에 있어 유용한 비관혈적 영상 진단 방법으로 사료되나 내유동맥 및 우관동맥으로의 우회 혈관의 개존율 평가에 제한점을

가지고 있으며 향후 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

중심 단어 : 우회혈관의 개존 여부 · 전자선 단층 촬영.

본 연구는 1997년도 연세대학교 의과대학 교수연구비의 일부보조에 의해 이루어졌음.

REFERENCES

1) Special Report. *ACC/AHA guidelines and indications for coronary artery bypass graft surgery. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Subcommittee on coronary artery bypass graft surgery). Circulation 1991; 83:1125-73.*
2) Lipton MJ, Takaro T, Clayman J, Maley T. *Factors associated with long-term graft patency after coronary bypass surgery. Prog Cardiovasc Dis 1986;28:301-8.*
3) Assad-Morrell JL, Frye RL, Connolly DC, Davis GD, Pluth JR, Wallace RB, Barnhorst DA, Elveback LR, Danielson GK. *Aorta-coronary artery saphenous vein bypass surgery. Clinical and angiographic results. Mayo Clin Proc 1975;50:379-85.*
4) Loop FD. *Progress in surgical treatment of coronary atherosclerosis (part I). Chest 1983;84:611-22.*
5) Eisenhauer MD, Collier HE, Eisenhauer TL, Cambier PA. *Beneficial impact of aorto-coronary graft markers on post-operative angiography. Cathet Cardiovasc Diagn 1997;40:249-53.*
6) Hollenberg M, Wisneski JA, Gertz EW, Ellis RJ. *Computerderived treadmill exercise score quatifies the degree of revscularization and improved exercise performance after coronary artery bypass surgery. Am Heart J 1983; 106:1096-104.*
7) Pfisterer M, Emmenegger H, Schmitt HE, Muller-Brand J, Hasse J, Gradel E, Laver MB, Burckhardt D, Burkart F. *Accuracy of serial myocardial perfusion scintigraphy with thallium-201 for prediction of graft patency early and late after coronary artery bypass surgery: a controlled prospective study. Circulation 1982;66:1017-24.*
8) Khoury AF, Rivera JM, Mahmarian JJ, Verani MS. *Adenosine thallium-201 tomography in evaluation of graft patency late after coronary artery bypass graft surgery. J Am Coll Cardiol 1997;29:1290-5.*
9) Kent KM, Borer JS, Green MV, Bacharach SL, McIntosh CL, Conkle DM, Epstein SE. *Effects of coronary artery bypass on global and regional left ventricular function during exercise. N Engl J Med 1978;298:1434-9.*
10) DeBono DP, Samani NJ, Spyt TJ, Hartshorne T, Thrush AJ, Evans DH. *Transcutaneous ultrasound measurement of blood-flow in internal mammary artery to coronary artery grafts. Lancet 1992;339:379-81.*
11) Fusejima K, Takahara Y, Sudo Y, Murayama H, Masuda Y, Inagaki Y. *Comparison of coronary hemodynamics in patients with internal mammary artery and saphenous vein coronary artery bypass grafts: a noninvasive approach using combined two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Coll Cardiol 1990;15:131-9.*
12) Guthaner DF, Wexlex L, Bradley B. *Digital subtraction angiography of coronary grafts: optimization of technique. 1985;145:1185-90.*
13) Jenkins JPR, Love HG, Foster CJ, Isherwood I, Rowlands DJ. *Detection of coronary artery bypass graft patency as assessed by magnetic resonance imaging. Br J Radiol 1988;61:2-4.*
14) White RD, Caputo GR, Mark AS, Modin GW, Higgins CB. *Cornary artery bypass graft patency: noninvasive evaluation with MR imaging. Radiology 1987;164:681-6.*
15) Rubinstein RI, Askenase AD, Thickman D, Feldman MS, Agarwal JB, Helfant RH. *Magnetic resonance imaging to evaluate patency of aortocoronary bypass grafts. Circulation 1987;76:786-91.*
16) Gomes AS, Lois JF, Drinkwater DC, Corday SR. *Coronary artery bypass grafts: visualization with MR imaging. Radiology 1987;162:175-9.*
17) Aurigemma GP, Reichek N, Axel L, Schiebler M, Harris C, Kressel HY. *Noninvasive determination of coronary artery bypass graft patency by cine magnetic resonance imaging. Circulation 1989;80:1595-602.*
18) Vrachliotis TG, Bis KG, Aliabadi D, Shetty AN, Safian R, Simonetti O. *Contrast-enhanced breath-hold MR angiography for evaluating patency of coronary artery bypass grafts. AJR 1997;168:1073-80.*
19) Napel S, Rutt BK, Pflugfelder P. *Three-dimensional images of the coronary arteries from ultrafast computed tomography: method and comparison with two-dimensional arteriography. Am J Cardiac Imaging 1989;3:237-43.*
20) Kauffmann RB, Peyser PA, Sheedy PF, Rumberger JA, Schwartz RS. *Quantification of coronary artery calcium by electron beam computed tomography for determination of severity of angiographic coronary artery disease in younger patients. J Am Coll Cardiol 1995;25:626-32.*
21) Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, Schwartz RS. *Coronary calcium, as determined by electron beam computed tomography, and coronary disease on arteriogram. Effects of patient's sex on diagnosis. Circulation 1995;91:1363-7.*
22) Moshage WE, Achenbach S, Seese B. *Coronary artery stenoses: three-dimensional imaging with electrocardiographically triggered, contrast agent-enhanced, electron-beam CT. Radiology 1995;196:707-14.*
23) Achenbach S, Moshage W, Bachmann K. *Coronary angiography by electron beam tomography. Herz 1996;21: 106-17.*
24) Schmermund A, Baumgart D, Gorge G, Seibel R, Gronemeyer D, Erbel R. *Non-invasive visualization of coronary arteries with and without calcification by electron beam computed tomography. Herz 1996;21:118-26.*
25) Boyd DP, Lipton M. *Cardiac computed tomography. Proc Inst Elec Eltron Eng 1983;71:298-307.*
26) Bateman TM, Gray RJ, Whiting JS, Matloff JM, Berman DS, Forrester JS. *Cine computed tomographic evaluation of aortocoronary bypass graft patency. J Am Coll Cardiol 1986;8:693-8.*
27) Stanford W, Krachmer M, Galvin JR. *Ultrafast computed tomography in assesing coronary bypass grafts. Am J Cardiac Imaging 1991;5:21-8.*
28) Stanford W, Brundage BH, McMillan R, Chomka EV, Bateman TM, Eldredge J, Lipton MJ, White CW, Wil-

son RF, Johnson MR, Marcus ML. *Sensitivity and specificity of assessing coronary bypass graft patency with ultrafast computed tomography: results of a multicenter study. J Am Coll Cardiol 1988;12:1-7.*

29) Achenbach S, Moshage W, Ropers D, Nossen J, Bachman K. Noninvasive, *three-dimensional visualization of coronary artery bypass grafts by electron beam tomography. Am J Cardiol 1997;79:856-61.*