대한영상의학회지 2006;54:11 - 17

관상동맥 우회술 후 우회도관의 개통도 분석에 있어 심전도 동조 16열 단층촬영 혈관조영술의 진단적 정확도: 심박수, 우회도관의 종류, 목표혈관 및 수술방법의 영향[1]

김현주 · 서준범 · 이영경 · 도경현 · 허정남[1, 2] · 송명근[3] · 이재원[3] · 송 현[3] · 임태환

목적: 관상동맥 우회술(coronary artery bypass graft surgery, CABG) 후 우회도관의 개통성을 진단하는데 있어 심전도동조 전산화단층촬영혈관조영술(ECG - gated CT angio - graphy, CTA)의 정확도를 알아보고 그 정확도에 미치는 영향을 알아본다.

대상과 방법: 우회도관의 개통성을 파악하기 위해 16열 다절편 CT를 이용한 CTA와 고식적 관상동맥혈관조영술(CAG)을 모두 시행한 48명의 환자를 대상으로 했다. CAG 결과를 기준으로 우회도관의 예상 직경의 50% 이상의 협착이나 폐쇄를 진단하는 데 CTA의 민감도 및 특이도를 분석하였으며 심박수, 수술 방법, 이식 혈관의 종류 및 목표 혈관 등이 진단적 정확도에 미치는 영향을 평가하였다.

결과: 총 160개의 우회도관이 분석되었다. CTA의 민감도, 특이도, 정확도는 각각 83.9%, 95.4%와 93.1%였다. 피셔분석에서는 각 인자간의 정확도 차이에 통계적 유의성이 없었으나 단순 로지스틱회귀분석에서는 심박수가 높은 경우와 좌회선동맥 분지로 연결된 우회도관의 경우에 오진의 확률이 높았고 다중 로지스틱회귀분석에서는 심박수가 오진의 확률을 높이는 유일한 인자였다(odds: 5.9).

결론: CTA는 우회도관의 개통도를 파악하는 데 유용한 비침습적인 검사법이다. 심박수와 문합혈관은 진단의 정확도에 영향을 미치는 요인이다.

CABG 수술 이후 우회도관의 협착 진행 정도는 수술 후 환자에서 반복적인 흉통을 야기할 수 있고 CABG후 후기 생존율 또한 우회도관의 개통도에 달려 있기 때문에 이에 대한 검사는 수술 후 환자의 경과 추적에 있어 매우 중요한 것으로 알려져 있다(1). 최근까지는 고식적인 관상동맥 조영술(conventional coronary angiography, CAG)이 CABG 후 우회도관의 협착 정도를 파악하는데 있어 가장 정확한 검사로 여겨져 왔다. 그러나 이 검사는 환자에게 있어 매우 침습적인 검사이며 동시에 병원비용을 늘릴 수 있는 단점이 있고 또한 급성 심근 경색이나 뇌졸중, 심부정맥 등이 합병증으로 생길 수 있다(2). 이로 인해 전자선 CT(3, 4)이나 나선식 CT(5), 도플러 심초음파(6), 동위원소 자기공명영상 검사(7) 및 자기공명혈관조영술(8) 등을 이용해 우회도관을 보거나 혈류를 파악하기 위한 시도가 있었으나 모두 정확한 진단 방법이 되지는 못했다. 그러나 최근에 발전한 다절편 CT(Multislice CT, MDCT)의 경우에는 겐트리 회전 시간이 0.37 - 0.5초까지 짧아졌고 이로 인해 한번의 호흡정지 시간 동안 관상동맥뿐 아니라 상행대동맥 및 심장 전체의 영상을 짧은 시간 내에 얻을 수 있게 되었다. 이를 이용하여 CABG후 환자들의 우회도관 개통도를 진단해 보고자 하는 시도가 최근 들어 보고되고 있다(9 - 11). 이 연구 중 심박수 및 우회도관의 종류가 다절편 CT의 진단적 정확도에 미치는 영향에 대한 분석(10, 11) 및 목표혈관이 미치는 영향에 대한 분석(12)이 일부 보고되고 있으나 4열 다절편 CT를 사용한 결과가 많으며 저자들이 아는 한 수술방법에 따른 차이에 대한 분석은 시도된 바가 없었다. 또한 이러한 다양한 인자들 모두에 대한 분석은 함께 시도된 바 없으며 국내에 보고한 바도 없다.

본 논문에서는 CABG 후 우회도관의 협착 정도를 진단하는데 있어 16열 다절편 심전도 동조 CTA의 정확도를 파악하고 이에 심박수, 수술 방법, 이식 혈관의 종류 및 목표 혈관 등이 미치는 영향을 알아보고자 한다.

[1]울산대학교 의과대학, 서울아산병원 방사선과학교실, 방사선의학연구소
[2]한양대학교 의과대학, 구리병원, 진단방사선과학교실
[3]울산대학교 의과대학, 서울아산병원, 흉부외과학교실
*본 연구는 아산생명과학연구소의 연구비 지원에 의하여 이루어졌음. (2003 - 337)
이 논문은 2005년 4월 1일 접수하여 2005년 9월 6일에 채택되었음.

대상과 방법

2003년 2월부터 2004년 3월까지 CABG 수술을 시행 받은 후 우회도관의 협착 정도를 진단하기 위해 CTA 및 고식적 관상동맥혈관조영술을 모두 시행한 48명의 환자를 대상으로 하였다. 이중 40명은 남성이었고 8명은 여성이었으며 연령분포는 46세에서 77세로 평균 연령은 61세였다. 모든 환자는 별다른 부작용 없이 CTA를 시행하였다. 총 160개의 우회도관 분절을 분석하였고 이중 동맥혈관은 119개, 정맥 혈관은 41개였다. 수술 후 CTA 시행까지의 기간은 1일에서 1578일로 다양했으며 중간값은 180일이었다 CTA와 고식적 관상동맥혈관조영술 시행간의 간격은 최소 0일에서 최대 19일이었으며 평균 3일이었다. 환자들의 분당 심박수는 45 - 100회였으며 평균 심박수는 71회였다. CT 촬영 전에 베타 차단제등을 이용한 전처치는 시행하지 않았다.

16열 다절편 CT (Sensation 16, Siemens, Germany)를 이용하였으며, 검출기 폭조절은 0.75 mm, 겐트리 회전시간은 0.37 - 0.42 sec, 360도 회전당 table feed 는 2.8 mm였다. 100 ml의 비이온성 조영제 (Ultravist 370, Iopramide, Schering, Germany)를 초당 3.5 - 4 ml의 속도로 주입한 후 이어서 50 ml의 생리 식염수를 동일한 속도로 주입하였고 상행 대동맥에서 bolus tracking을 실시하여 100 HU이 되는 시점으로부터 10 - 13초 후 영상을 얻기 시작하였고 호흡 정지 후 대동맥 궁의 하방으로부터 횡격막까지 단면 영상을 얻었다. 호흡 정지 시간은 15 - 20초였고 모든 검사는 심전도 동조 하에 진행되었다.

영상의 재구성 간격은 분당 심박수가 70회 미만인 경우 이완기 중기 (mid - diastolic phase)에 영상을 얻었고 70회 이상인 경우에는 수축기 말기 (end - systolic phase)에 영상을 얻었다. 상업적인 심장 재구성 소프트웨어 및 컴퓨터 워크스테이션 (Wizard, Siemens)를 이용하여 영상의 재구성을 시행했다. 위와 같은 방법을 통해 얻어진 축단면 영상을 이용해 단면 및 관상면 그리고 선택적인 부위의 최대강도 투사영상 (maximum intensity projection image, MIP) 및 용적재구성 영상 (volume rendered image, VRT)를 얻었으며 이를 판독에 이용하였다.

영상의 판독은 고식적 관상동맥혈관조영술의 결과를 알지 못하는 세 명의 방사선과 의사가 협의 하에 분석하였다. 우회도

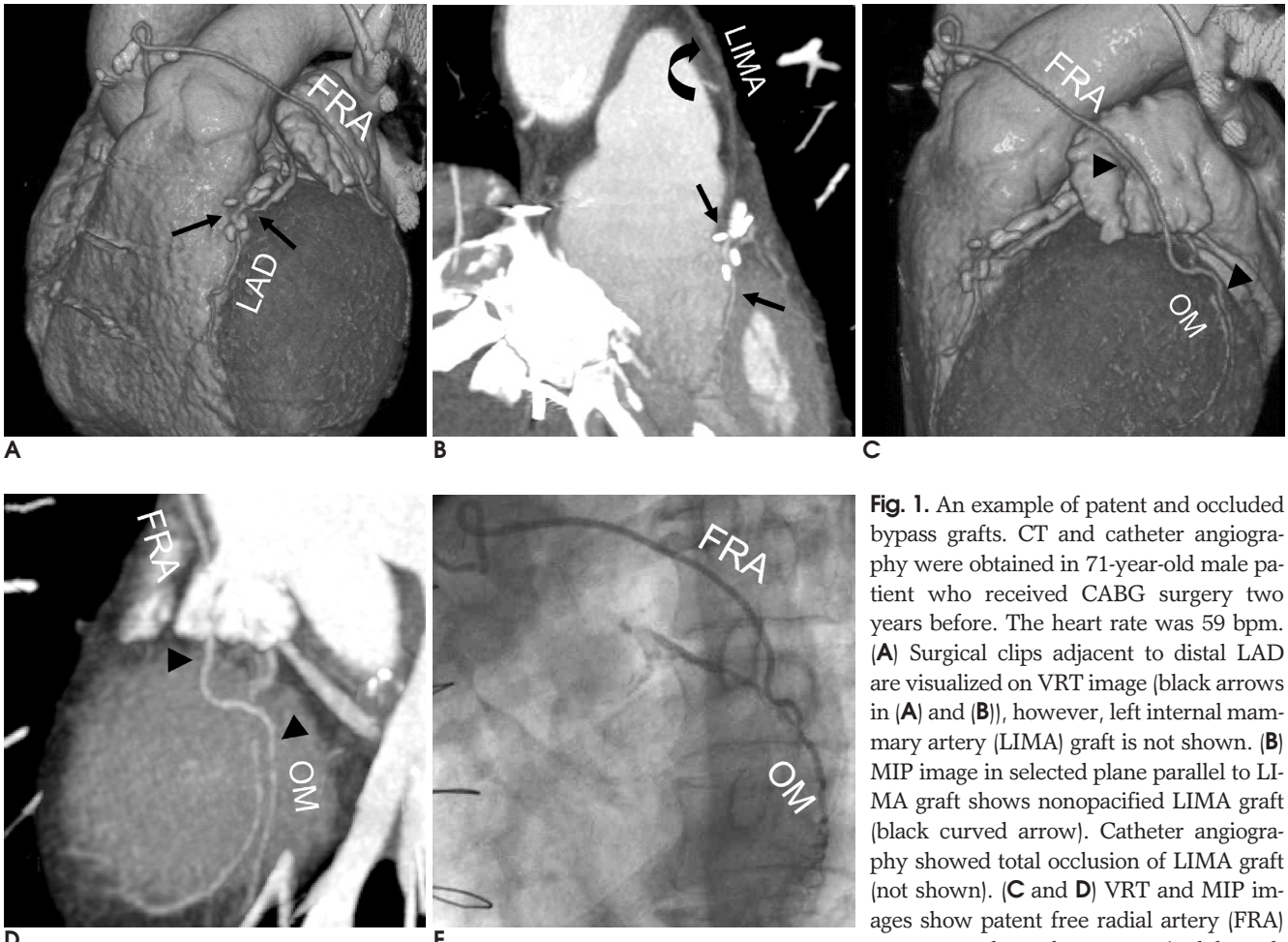

Fig. 1. An example of patent and occluded bypass grafts. CT and catheter angiography were obtained in 71-year-old male patient who received CABG surgery two years before. The heart rate was 59 bpm. (**A**) Surgical clips adjacent to distal LAD are visualized on VRT image (black arrows in (**A**) and (**B**)), however, left internal mammary artery (LIMA) graft is not shown. (**B**) MIP image in selected plane parallel to LIMA graft shows nonopacified LIMA graft (black curved arrow). Catheter angiography showed total occlusion of LIMA graft (not shown). (**C** and **D**) VRT and MIP images show patent free radial artery (FRA) anastomosed to obtuse marginal branch (OM) (black arrowheads) (**E**).CAG shows patent graft and anastomosed vessel.

관을 각각의 분절 별로 분석하였고 한 개의 우회도관에 여러 개의 관상동맥이 연결되어 있는 경우에는 각각을 다른 분절로 구분하였다. 우회도관은 우회도관의 종류에 따라 정맥도관 및 동맥 도관으로, 목표혈관에 따라 우측 관상동맥(right coronary artery, RCA) 분지, 좌전하행 관상동맥(left anterior descending artery, LAD) 분지 및 좌회선 관상동맥(left circumflex artery, LCx) 분지로, 그리고 수술방법에 따라 복잡 도관(composite graft), 자유 도관(free graft) 및 in situ 도관(in situ graft)으로 분류하였다. 각각의 분절에 대해 개통도를 분석하여 도관이 완전히 막힌 경우에는 완전 폐쇄로 분류하였고 원위부 도관의 직경과 비교하여 50% 이상의 폐쇄가 있는 경우에는 협착으로 분류하였다.

고식적 관상동맥혈관조영술의 결과가 진단의 기준으로 사용되었다. 숙련된 심장 전문의들이 우회도관에 대한 혈관 조영술을 시행하였고 여러 방향에서 얻어진 영상을 우회도관의 분절별로 폐쇄 및 협착의 정도를 평가하였다.

CTA 상에서 협착 및 완전폐쇄를 진단한 경우 이를 고식적 관상동맥혈관조영술의 결과와 비교하여 민감도, 특이도, 정확도 및 양성예측도와 음성예측도를 계산하였다. 또한 심박수, 수술 방법, 이식 혈관의 종류 및 목표 혈관 등이 진단에 미치는 영향을 보기위해 다음과 같이 분류한 후 각각의 인자에 대해서 민감도, 특이도, 정확도를 피셔분석을 통해 계산하였고 각각의 인자들이 오진의 위험률을 증가시키는지의 여부를 알기 위해 단순 및 다중 로지스틱회귀분석을 이용해 분석하였다 (SPSS version 11.5 for Windows, SPSS INC., Chicago, IL, U.S.A.).

결 과

분석한 총 160개의 우회도관 분절 중 31개의 우회도관에서 고식적혈관조영술상 완전폐쇄 혹은 협착이 의심되었고 유병률은 19.4%였으며 이중 동맥혈관은 23개, 정맥혈관이 8개였다. CTA의 전체적인 민감도, 특이도, 양성예측도 및 음성예측도와 정확도는 각각 83.9%(26/31; 95% confidence interval 66.9 - 93.4%), 95.4%(123/129; 90.0 - 98.1%), 81.3%(26/32; 63.7 - 92.8%), 96.1%(123/128; 91.1 - 98.7%), 93.1%(149/160; 88.0 - 96.2%)였다(Fig. 1 and 2).

본 연구에서 우회도관의 협착 및 폐쇄를 진단하지 못한 경

Table 1. Influence of Heart Rate, Type of Bypass Grafts, Target Vessels and Surgical Techniques for Detection of Stenosis or Obstruction in Bypass Graft with ECG-gated CTA

	Heart Rate		Bypass Graft		Target Vessel			Surgical Technique		
	≤70 bpm	>70 bpm	arterial graft	venous graft	RCA territories	LAD territories	LCx territories	composite graft	in situ graft	free graft
Sensitivity	90 (18/20)	72.7 (8/11)	78.3 (18/23)	100 (8/8)	100 (7/7)	73.3 (11/15)	88.9 (8/9)	83.3 (10/12)	66.7 (4/6)	92.3 (12/13)
Specificity	98.6* (69/70)	91.5* (54/59)	94.8 (91./96)	97 (32/33)	97.0 (32/33)	98.5 (64/65)	87.1 (27/31)	90.6 (29/32)	97.7 (43/44)	96.2 (51/53)
Accuracy	96.7** (87/90)	88.6** (62/70)	91.6 (109/119)	97.6 (40/41)	97.5 (39/40)	93.8 (75/80)	87.5 (35/40)	88.6 (39/44)	94.0 (47/50)	95.45 (63/66)

* $p = 0.0926$
** $p = 0.0596$

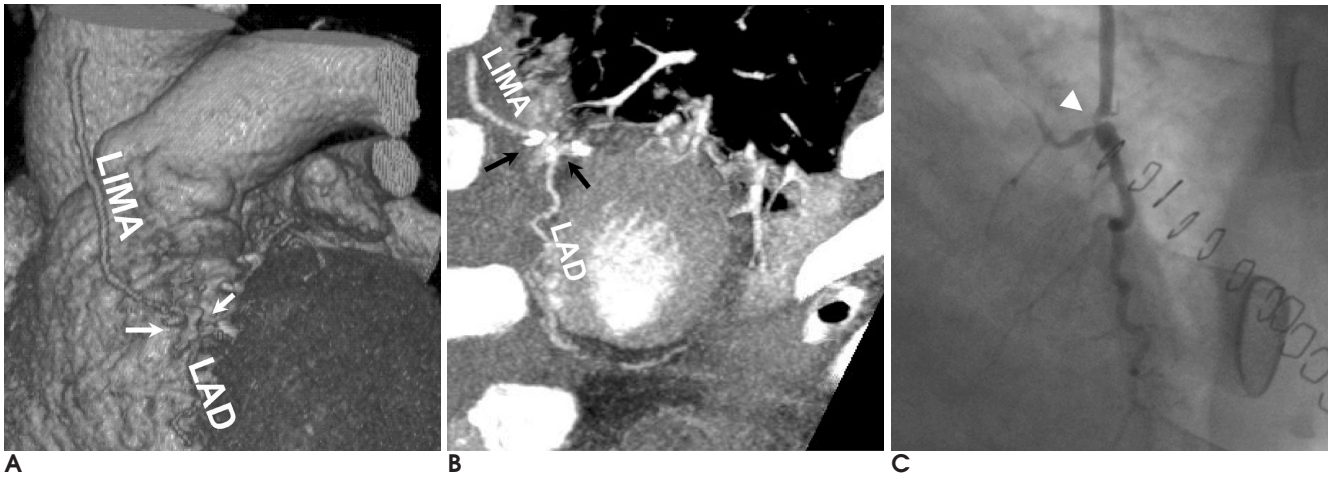

Fig. 2. An example of false negative diagnosis. A 67-year-old male patient received CABG surgery, 10 days before coronary CTA and CAG. The heart rate was 71 bpm. Graft vessels are interpreted as patent even though the anastomosis site between LIMA and LAD (arrows) is not clearly visualized due to adjacent surgical clips and beam hardening artifacts on both VRT (**A**) and selected MIP (**B**) images. However, on CAG (**C**), there is significant stenosis in anastomosis site (arrowhead).

우는 31개 분절 중 5개 분절이었고 이들은 모두 협착이 있는 분절이었다. 이중 3개의 분절(60%)은 고식적 혈관 조영술에서 근위부 혹은 원위부 문합부에 협착이 있는 경우였다(Fig. 2). 모두 문합 부위에 있는 클립으로 인해 인공음영이 생겨 문합부를 직접 확인할 수 없었지만 근위부 우회도관 및 문합된 관상동맥의 조영증강이 정상적이어서 협착이나 폐쇄는 없을 것으로 진단하였던 경우이다.

이식 혈관의 각 분절을 심박수, 수술 방법, 이식 혈관의 종류 및 목표 혈관 등에 따라 민감도, 특이도, 정확도를 분석하였을 때 결과는 다음과 같았다(Table 1). 심박수에 따른 특이도 및 정확도의 경우 분당 70회를 기준으로 하여 분석하였을 때 p 값이 0.0926과 0.0596으로 통계학적인 유의성은 없었으나 심박수가 높은 경우가 낮은 경우에 비해 특이도 및 정확도가 떨어지는 경향을 보였다. 그 외의 인자들에 대한 분석에 있어서도 각 인자간의 민감도, 특이도 및 정확도의 차이는 통계학적인 유의성은 없었으나 각각 동맥 우회도관인 경우, 좌회선 분지에 문합을 시행한 경우 및 복잡 도관인 경우에 그렇지 않은 경우들과 비교해 진단적 민감도, 특이도 및 정확도가 떨어지는 경향을 보였다.

각각의 인자가 오진의 위험률을 증가시키는지의 여부를 알기 위해 단순 및 다중 로지스틱회귀분석을 시행하였고 결과는 다음과 같았다(Table 2). 단순 로지스틱회귀분석에서는 좌회선 분지에 문합된 경우(Fig. 3)와 심박수가 높은 경우에 그렇지 않은 경우에 비해 오진할 위험률이 높아진다는데 통계학적

Table 2. Influence of Various Factors for Increasing Chance of Misdiagnosis for Detection of Stenosis or Obstruction in Bypass Graft with ECG-gated CTA

Variable	Simple Logistic Regression Analysis		Multiple Logistic Regression Analysis	
	Odds Ratio* (Odds/Odds of making a misdiagnosis)	p value	Adjusted Odds Ratio* (Odds/Odds of making a misdiagnosis)	p value
Heart Rate				
≥71/≤70	5.41	.012†	5.9	.011‡
Type of Graft Vessel				
Artery/Vein	4.9	.131	4.2	.247
Surgical Techniques				
Composite /In situ	2.94	2.94	.134	.103
Composite/Free	1.67	1.25	.627	.808
Target Vessel				
LCx /LAD	3.70	10.0	.030†	.036†
LCx /RCA	3.33	5.0	.157	.158

* Variables with P values less than .25 on univariate simple logistic regression analysis were chosen as the variables for multiple logistic regression analysis. In both univariate simple and multiple logistic regression analysis, a p value less than .05 was considered statistically significant.

† Simple logistic regression test revealed increasing the risk of misdiagnosis in left circumflex territories and high heart rate.

‡ Multiple logistic regression tests disclosed statistical significance of high heart rate, only.

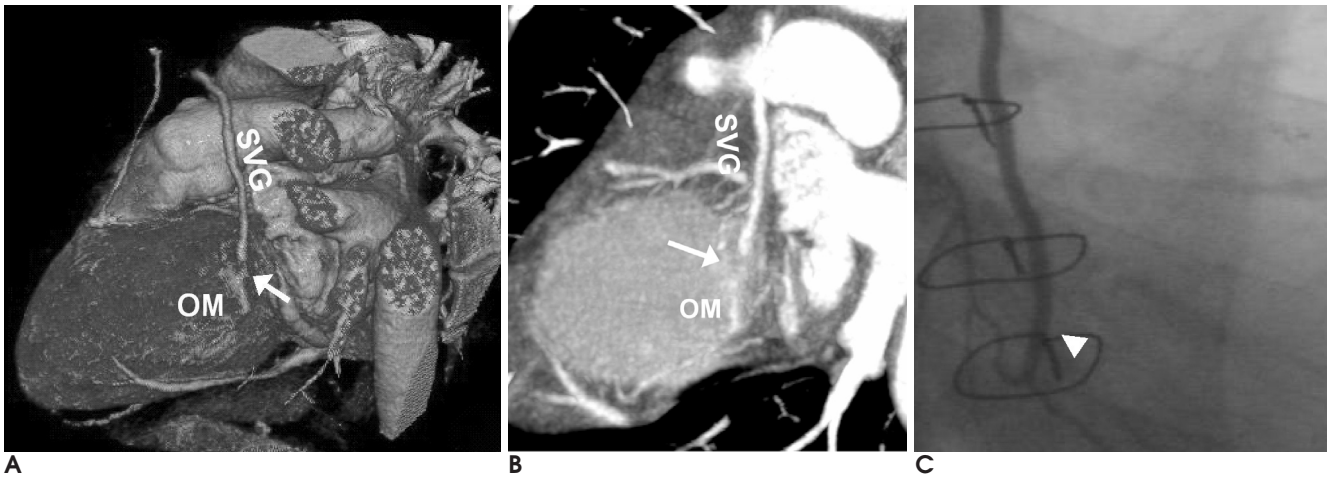

Fig. 3. An example of false positive diagnosis. A 60-year-old male patient received CABG, two months before CTA and CAG. The heart rate was 90 bpm. On VRT (**A**) and selected MIP (**B**) images, anastomosis site between saphenous vein graft (SVG) and OM branch (arrows) is blurred, mimicking stenosis. However, CAG (**C**) shows patent anastomosis site (arrowhead).

유의성을 보인 반면 각각의 인자들의 영향을 고려해 다중 로지스틱회귀분석을 시행한 경우에는 높은 심박수만이 통계학적 유의성을 보였다.

고 찰

다절편 CT가 상용화되기 이전에도 다른 영상기법을 이용해 비침습적으로 CABG후 우회도관의 개통도를 알아보고자 하는 시도들이 있었다(3 - 8). 여러 가지 방법 중 전자선 CT(3, 4) 및 자기공명혈관조영술(8)이 우회도관의 협착 및 폐쇄를 진단하는데 있어 비교적 높은 민감도와 특이도를 보였다. 전자선 CT는 영상을 얻는 시간이 100 msec로 짧은 검사이다. 전자선 CT를 이용해 우회도관의 개통도를 보고자 하는 시도들은 여러 차례 있었고 이중 Ha(3)등과 Achenbach 등(4)의 연구가 비교적 높은 민감도와 특이도를 보였다. 그러나 전자선 CT는 평면 내 공간 해상도가 다중절편 CT에 비해 떨어지고 단면영상을 40개까지 밖에 얻을 수 없다는 단점이 있다. 더구나, 우회도관의 근위부 및 원위부 주행경로가 절단되는 것을 방지하기 위해 매우 조심스럽게 영상들을 배열해야 한다는 단점도 있다. 자기공명혈관조영술의 경우 방사선 피폭을 피할 수 있고 조영제를 사용하지 않아도 된다는 장점이 있으나 공간 해상능이 떨어지고 영상 획득 시간이 길며 CABG 및 심혈관 질환이 있는 환자들이 주로 가지고 있는 스텐트 및 흉골철사(sternal wire) 등은 인공음영을 만들어 혈관조영술의 해상도를 떨어뜨린다는 점과 폐쇄공포증, 인공심박기 등의 자기공명영상술의 금기 대상인 환자에서는 시행할 수 없다는 단점이 있다.

최근 수년간 다절편 CT를 이용하여 관상동맥 우회수술 후 우회도관의 개통도 및 협착 정도를 보기위한 연구들이 있어 왔다(9 - 12). 본 연구에서도 이전 보고와 마찬가지로 우회도관의 협착 및 폐쇄를 진단하는데 있어 다절편 CT가 비교적 높은 민감도(83.9%)와 특이도(95.4%)를 보였다. 다른 연구들(9 - 12)에 비해 민감도가 다소 떨어지는 것은 본 연구에서 대상으로 한 분절 중 폐쇄 및 협착을 보인 분절이 19.4%(31/160)로 다소 적었고 이전 연구들과 달리 완전 폐쇄뿐 아니라 협착도 대상에 포함하여 분석했기 때문으로 생각된다. Ropers 등(9)과 Marano등(12)의 연구에서도 우회도관의 협착에 대한 다절편 CT의 민감도 및 특이도가 75 - 80% 및 92 - 96%로 비교적 낮았다.

이전의 4열 다절편 CT를 이용하여 연구된 바에 의하면 관상동맥이나 우회도관을 영상화하는데 있어 심박수에 따라 영상의 질이 좌우된다고 보고되어 왔다(11, 13 - 15). 즉 영상의 질은 심박수와 반비례하는 관계이고 주로 분당 70회를 기준으로 심박수가 이보다 높은 경우 낮은 경우에 비해 심장의 운동과 관련된 인공음영의 발생이 증가하면서 영상의 질이 떨어지고 진단적 정확도에도 영향을 미치게 된다는 것이다. 그래서 심박수가 높은 환자의 경우에는 베타 차단제 등을 이용하여 심박수를 떨어뜨려 좋은 질의 영상을 얻을 필요가 있다고도 하였다(15). CABG 후 우회도관의 개통도를 CT로 보고자 하는 경우에는 관상동맥을 대상으로 하는 경우에 비해 심박수의 영향을 덜 받는 것으로 알려져 있다. 우회도관으로 사용한 혈관은 원래의 관상동맥과 비교하여 심장과 약간의 거리를 두고 있기 때문에 심장의 박동에 의한 영향을 덜 받으며, 혈관의 내경도 정상인의 관상동맥에 비해서 굵기 때문이다(16). 그러나 관상동맥과의 원위 문합부의 경우에는 심장에 연해 있어 심장의 운동에 따른 움직임에 직접적인 영향을 받게 된다(9). 그렇기 때문에 관상동맥에 대한 검사 시보다는 영향이 적다 하더라도 우회도관에 대한 다절편 CT 검사 시에도 심박수가 높은 경우에는 베타 차단제 등을 투여해 심박수를 낮출 필요가 있다는 연구도 있었다(11). 본 연구에서도 분당 71회 이상의 심박수를 지닌 경우 70회 이하인 경우에 비해 전반적인 영상의 질이 떨어지면서 우회도관의 개통도를 분석하는데 있어 진단적 정확도 등이 떨어지는 경향을 보였고(Table 1) 로지스틱회귀분석에서는 심박수의 증가가 오진의 확률을 높인다는 결과를 보였다(Table 2). 이러한 결과는 이전의 연구 결과들과 일맥상통하는 것이며 이를 근거로 할 때 심박수가 높은 환자에서는 다절편 CT를 이용한 CTA를 시행하기 전에 심박수 조절이 필요할 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서는 좌회선동맥 분지에 문합된 우회도관의 경우 우관상동맥이나 좌전하행동맥 분지에 연결된 경우와 비교해 진단적 정확도가 떨어지는 경향을 보였다. 이는 좌회선 분지의 경우 방실구(atrioventricular groove)에 위치하고 있어 이완기 말기에 일어나는 심방수축에 의해 영향을 받으므로 좌전하행분지에 비해 이완기말기에 혈관의 움직임이 커서 심장의 움직임에 따른 영향을 많이 받고(17, 18), 수술 직후 우회도관의 개통도를 파악하기 위해 다절편 CT를 시행할 경우에는 좌회선 분지와 연한 폐에 수술 후 무기폐가 잘 발생하여 무기폐와 좌회선 분지의 혈관들이 잘 구분되지 않아 우회도관의 개통도를 파악하기 어렵기 때문이기도 하다. 또한 주로 문합되는 좌회선 분지의 관상동맥인 둔각변연분지(obtuse marginal branch, OM)의 경우 방실구 내의 관상정맥과 나란히 주행하면서 관상정맥의 조영 증강과 둔각변연분지의 조영 증강을 잘 구분할 수 없게 되는 것도 좌회선 분지의 진단적 정확도를 떨어뜨리는 이유가 될 수 있다.

동맥 도관의 경우 정맥 도관의 경우보다 진단적 정확도가 떨어지는 경향을 보였는데 이는 정맥 도관에 비해 동맥도관의 직경이 가늘고 동맥 도관의 특성상 연축(spasm) 등이 발생하여 협착으로 오인될 수 있기 때문이다. 복잡 도관이 다른 우회도관에 비해 진단적 정확도가 떨어지는 경향은 여러 가지 원인에 의한 것으로 추측된다. 우선 복잡도관에 주로 이용되는 도관은 동맥 도관이고 이미 대동맥이나 내유동맥 등과 연결된 도관에 다시 문합을 하여 연결되는 도관이기 때문에 자유도관이나 in situ 도관에 비해 혈역학적으로 혈류가 느리거나 약한 상태이다. 또한 복잡도관은 주로 좌회선 분지의 혈관들을 목표혈관으로 하는 경우가 많다. 이러한 여러 가지 원인으로 인하여 복잡도관이 다른 형태의 도관에 비해 진단적 정확도가 떨어지는 것으로 생각된다.

결론적으로 이전의 여러 연구들과 마찬가지로 다절편 CT를 이용하여 CABG 후 환자들의 우회도관 개통도를 보는 것은 민

감도 및 특이도가 높은 검사이며 고식적 관상동맥혈관조영술과 같은 침습적인 검사법을 대신할 수 있는 유용한 비침습적 검사법임을 알 수 있었다. 또한 심박수가 높은 경우에 우회도관이라 하더라도 영상의 질이 떨어지고 민감도 및 특이도의 감소를 야기할 수 있으므로 심박수가 높은 환자의 경우에는 선택적으로 베타 차단제 등을 전처치하는 것을 고려할 수 있겠다.

참 고 문 헌

1. Bourassa MG, Fisher LD, Campeau L, Gillespie MJ, McConney M, Lesperance J. Long-term fate of bypass grafts: the coronary artery surgery study (CASS) and Montreal Heart Institute experiences. *Circulation* 1985;72:V71-78
2. Aruny JE. *Complications of coronary arteriography*. In: Baum S, editor. *Abrams' angiography: vascular and interventional radiology*, 4th ed. Boston: Little, Brown and Company. 1997:572-582
3. Ha JW, Cho SY, Shim WH, Chung N, Jang Y, Lee HM, et al. Noninvasive evaluation of coronary artery bypass graft patency using three-dimensional angiography obtained with contrast-enhanced electron beam CT. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172:1055-1059
4. Achenbach S, Moshage W, Ropers D, Nossen J, Bachmann K. Noninvasive, three-dimensional visualization of coronary artery bypass grafts by electron beam tomography. *Am J Cardiol* 1997;79:856-861
5. Ueyama K, Ohashi H, Tsutsumi Y, Kawai T, Ueda T, Ohnaka M. Evaluation of coronary artery bypass grafts using helical scan computed tomography. *Catheter Cardiovasc Interv* 1999;46:322-326
6. de Bono 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;339:379-381
7. Gomes AS, Lois JF, Drinkwater DC Jr, Corday SR. Coronary artery bypass grafts: visualization with MR imaging. *Radiology* 1987;162:175-179
8. Langerak SE, Vliegen HW, de Roos A, Zwinderman AH, Jukema JW, Kunz P, et al. Detection of vein graft disease using high-resolution magnetic resonance angiography. *Circulation* 2002;105:328-333
9. Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Baum U, Giesler T, Derlien H, et al. Investigation of aortocoronary artery bypass grafts by multislice spiral computed tomography with electrocardiographic-gated image reconstruction. *Am J Cardiol* 2001;88:792-795
10. Ko YG, Choi DH, Jang YS, Chung NS, Shim WH, Cho SY, et al. Assessment of coronary artery bypass graft patency by multislice computed tomography. *Yonsei Med J* 2003;44:438-444
11. Nieman K, Pattynama PMT, Rensing BJ, van Geuns R-JM, de Feyter PJ. Evaluation of patients after coronary artery bypass surgery: CT angiographic assessment of grafts and coronary arteries. *Radiology* 2003;229:749-756
12. Marano R, Storto ML, Maddestra N, Bonomo L. Non-invasive assessment of coronary artery bypass graft with retrospectively ECG-gated four-row multi-detector spiral computed tomography. *Eur Radiol* 2004;14:1353-1362
13. Giesler T, Baum U, Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Mennicke M, et al. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrast-enhanced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179:911-916
14. Schroeder S, Kopp AF, Kuettner A, Burgstahler C, Herdeg C, Heuschmid M, et al. Influence of heart rate on vessel visibility in noninvasive coronary angiography using new multislice computed tomography: experience in 94 patients. *Clin Imaging* 2002;26:106-111
15. Hong C, Becker CR, Huber A, Schoepf UJ, Ohnesorge B, Knez A, et al. ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: effect of varying trigger delay on image quality. *Radiology* 2001;220:712-717
16. 김동훈, 최상일, 이경원, 장혁재, 정우영, 채인호 등. 다절편 전산화 단층촬영을 이용한 관상동맥영상: 2부-임상적 측면. *대한영상의학회지* 2004;51:409-416
17. Wang Y, Vidan E, Bergman GW. Cardiac motion of coronary arteries: variability in the rest period and implications for coronary MR angiography. *Radiology* 1999;213:751-758
18. Achenbach S, Ropers D, Holle J, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W. In-plane coronary arterial motion velocity: measurement with electron-beam CT. *Radiology* 2000;216:457-463

J Korean Radiol Soc 2006;54:11 - 17

ECG-gated CT Angiography for the Assessment of Coronary bypass Graft Patency: the Influence of Heart Rate, Type of bypass Graft, Target Vessel and Surgical Technique on the Diagnostic Accuracy[1]

Hyun-Joo Kim, M.D., Joon Beom Seo, M.D., Young Kyung Lee, M.D., Kyung-Hyun Do, M.D., Jeong-Nam Heo, M.D.[1,2], Meong Gun Song, M.D.[3], Jae Won Lee, M.D.[3], Hyun Song, M.D.[3], Tae-Hwan Lim, M.D.

[1]Department of Radiology, Research Institute of Radiology, University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center
[2]Department of Radiology, Hanyang University Guri Hospital
[3]Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center

Purpose: We wanted to evaluate the accuracy of using ECG-gated CT angiography (CTA) for the assessment of coronary bypass graft patency.

Materials and Methods: This study included 48 patients who underwent both CTA and conventional angiography to evaluate coronary bypass graft patency. CTA was performed with a 16-detector row multislice CT scanner. We calculated the sensitivity and specificity of CTA to detect occlusion of bypass graft that was equal to or greater than 50% of the expected diameter. Conventional angiography served as a gold standard. A total 160 grafts were evaluated. The diagnostic accuracy was evaluated according to a variety of factors (heart rate, types of bypass graft, target vessel, and surgical techniques).

Results: The overall sensitivity, specificity and accuracy of CTA were 83.9%, 95.4% and 93.1%, respectively. There was no significant statistical difference for each factor according to Fisher 's exact test. Although the grafts anastomosed to the left circumflex arterial branches and a high heart rate showed a statistically significant high risk of misdiagnosis on the simple logistic regression test, a high heart rate was the only significant factor on the multiple logistic regression test (odds, 5.9).

Conclusion: CTA provides for good noninvasive evaluation of the coronary bypass graft patency. The heart rate and the anastomosed vessel are factors that can influence the accuracy.

Index words : Coronary vessels, CT
Coronary artery bypass surgery, CT

Address reprint requests to : Joon Beom Seo, M.D., Department of Radiology, Research Institute of Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, 388-1, Pungnap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea.
Tel. 82-2-3010-4400 Fax. 82-2-476-4719 E-mail: seojb@amc.seoul.kr