

# 관상동맥조영술과 MDCT를 이용한 관상동맥 이식편의 비교평가

유병수\* · 신윤철\* · 김건일\* · 김응중\*\* · 지현근\*\*\*

## Comparison of Multidetector Computed Tomography with Coronary Angiography for Evaluation of Coronary Artery Bypass Grafts

Byung Su Yoo, M.D.\*, Yoon Cheol Shin, M.D.\*,  
Kun Il Kim, M.D.\*, Eung Jung Kim, M.D.\*\*, Hyun Keun Chee, M.D.\*\*\*

**Background:** The new Multidetector Computed Tomography (MDCT) is useful in visualization of complex coronary artery anatomy. We investigated usefulness comparing of invasive coronary angiography with noninvasive MDCT in judgment of functional degree of coronary arteries grafts after coronary artery bypass graft operation. **Material and Method:** We analyzed the patency of 52 conduits from 15 patients whom consented to take both 32 Channel MDCT and coronary angiography from November 2003 to November 2004. Comparisons were performed for sensitivity, specificity, positive prediction value and negative prediction value between coronary angiography and 3 dimensional reconstruction image using MDCT. **Result:** The average graft used was  $3.4 \pm 0.5$  per patient. Average heart rate during MDCT was 86/minute (Range, 60~110/minute) without administration of  $\beta$ -blocker. All patients could hold breath as much as necessary. The average graft patency obtained through coronary angiography was 96.2%. In MDCT group, the sensitivity, the specificity, the positive predictive value and the negative predictive value for diagnosis was 100%, 98.0%, 100% and 66.6% respectively. **Conclusion:** The effectiveness of 32 Channel MDCT may be compared to coronary angiography in grasping about patency and bloodstream of graft conduits after coronary artery bypass graft. Also MDCT has the advantage of noninvasiveness and inexpensiveness compared to coronary angiography.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2006;39:42-47)

**Key words:** 1. Coronary artery bypass  
2. Computed tomography  
3. Vascular patency

### 서 론

관상동맥우회로술 후 이식편의 기능적 상태는 이식편의 생존성을 통해 판단되며 이는 기존의 관상동맥조영술로

확인할 수 있다. 관상동맥조영술은 관상동맥 이식편 평가의 기준이지만 침습적이며 잠재적으로 위험한 시술로 드물게 부정맥, 뇌중풍, 관상동맥 박리, 사망 등의 합병증이 있다. 비용면에서 관상동맥조영술은 다절편 전산화흉부단

\*한림대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Hallym University

\*\*동국대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Dongguk University

\*\*\*건국대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Konkuk University

논문접수일 : 2005년 7월 1일, 심사통과일 : 2005년 10월 23일

책임저자 : 지현근 (142-729) 서울시 광진구 화양동 4-12 건국대학교병원 흉부외과

(Tel) 02-2224-2241, (Fax) 02-473-8101, E-mail: chechk@hanmail.net

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

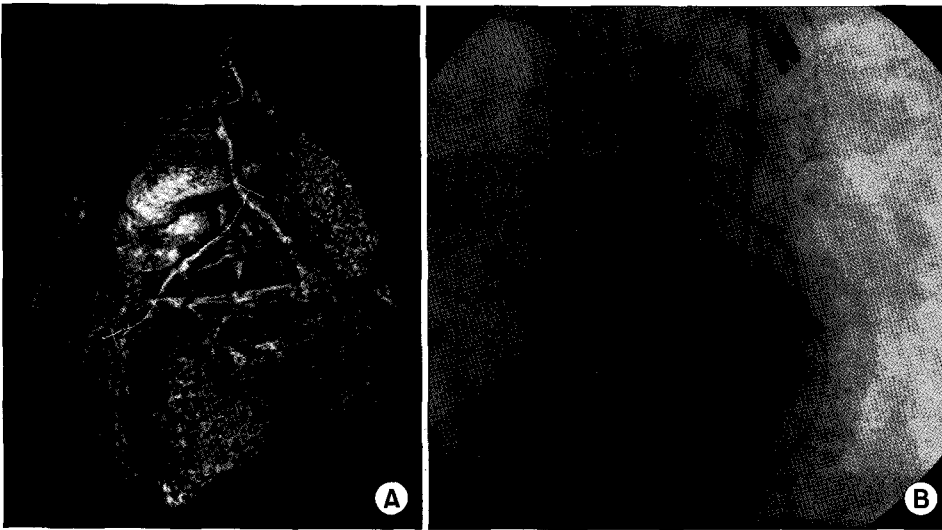


Fig. 1. Light anterior oblique projection with cranial angulation by MDCT coronary angiography (A) and conventional coronary angiography (B). Show good patent Left internal mammary artery (LIMA) graft.

층촬영(Multidetector Computed Tomography: MDCT)에 비해 고가이다. 관상동맥조영술의 이러한 단점 때문에 비침습적인 대체방법이 선호되는데 최근 MDCT가 도입되어 보다 덜 침습적으로 관상동맥 이식편의 해부학적 상태를 영상화하여 이식편의 개존성을 확인할 수 있다[1,2]. 처음 MDCT는 4 Channel이었으나 지금은 64 Channel까지 개발된 상태이며 이러한 Channel 증가에 따라 이식편의 형태뿐만 아니라 환자자신의 관상동맥 병변도 진단이 가능하게 되어 술 전 진단에 크게 기여하고 있다[3]. 이번 연구 목표는 관상동맥우회로술 후 이식편의 기능적 상태에 대한 MDCT의 진단적 정확성의 검증을 위한 기존의 관상동맥조영술과의 직접비교이다.

### 대상 및 방법

2003년 11월부터 2004년 11월까지 관상동맥우회로술을 받은 환자 31명 중 비침습적 검사인 16 Channel MDCT와 침습적 검사인 관상동맥조영술 모두에 동의한 15명의 환자를 대상으로 관상동맥우회로술의 개존성을 조사하였다. 15명의 환자에게 총 52개의 이식편이 사용하였다. 환자 중 남자가 9명, 여자가 6명이었으며 평균 연령은 남자가  $58.0 \pm 7.1$ 세, 여자가  $65.0 \pm 8.3$ 세였다. 대부분의 환자가 삼혈관 질환이었으며 평균 이식 개수는  $3.4 \pm 0.5$ 개이었다. 이식편은 좌내흉동맥(Left internal mammary artery) 14개, 요골동맥(Radial artery) 15개, 복재정맥(Saphenous vein) 23개를 사용하였다.

관상동맥우회로술 시행 평균 10일 후 MDCT를 시행하

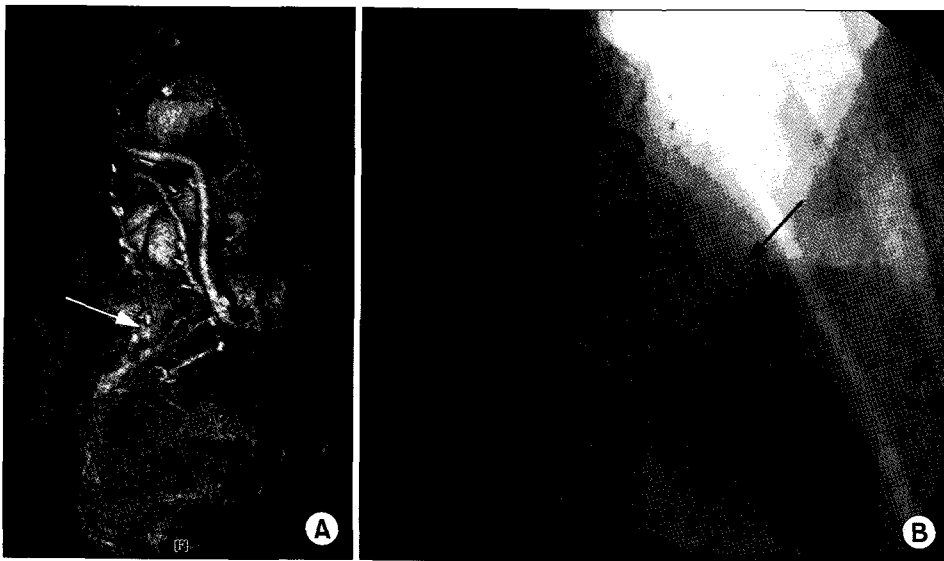
였다. MDCT시행 도중 환자들의 평균 심박동수는 86회/분(60~110)이었으며 모든 환자들이 필요한 시간만큼 호흡을 참을 수 있었다. MDCT 회전시간은 0.42초였으며 관전압은 140 kV, 절편두께는 0.4 mm이었다. 스캔길이는 기관용골(carina)에서부터 심장의 횡경막면까지 22~30 cm이었으며 스캔시간은 27~37초였다. 조영제는 4 ml/s 속도로 100 ml를 연속으로 주입하였다. 축절편(axial slices)은 운동인공음영(motion artifacts) 억제를 위해 중간확장기에서 말기확장기 사이에 얻은 CT의 용적측정자료(volumetric computed tomographic data)를 이용하여 재구성하였다. 관상동맥과 이식편을 3차원으로 재조합하여 얻은 영상은 모든 방향으로 회전이 가능하여 이식편의 3차원적 평가가 가능하였다. 이식편 상태는 방사선과 전문의가 FitzGibbon 분류에 따라 등급 A: 손상되지 않은 흐름을 가진 경우, 등급 B: 이식편의 근위 혹은 원위 연결부분나 줄기에 직경의 50% 이상의 협착이 있는 경우, 등급 O: 폐색된 경우로 분류하였다[4].

침습적 관상동맥조영술은 MDCT 시행 7일 후(관상동맥우회로술 시행 평균 17일 후) 시행하였다. 관상동맥조영술 결과는 맹검법에 의해 심장내과 전문의가 평가하였다.

모든 데이터는 SPSS 한글 12.0 프로그램을 이용해서 분석하였고 연속변수는 평균±표준편차로 나타냈다.

### 결 과

MDCT를 이용하여 3차원으로 재조합한 영상을 관상동맥조영술의 영상과 비교하였다(Fig. 1). 관상동맥조영술로



**Fig. 2.** Right anterior oblique projection with cranial angulation by MDCT coronary angiography (A) and conventional coronary angiography (B) Occlusion (black arrow) of the left anterior descending artery (LAD) with collateral filling of the distal LAD.

**Table 1.** Conduits and Anastomoses Studied

Grafts	LAD		D		RI		OM		PDA		PL		Patency rate	
	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT
LIMA	12/13 (92.3%)	12/13 (92.3%)	1/1 (100%)	1/1 (100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	13/14 (92.6%)	13/14 (92.6%)
RA	0	0	7/7 (100%)	7/7 (100%)	3/3 (100%)	3/3 (100%)	4/4 (100%)	3/4 (75.0%)	1/1 (100%)	1/1 (100%)	0	0	15/15 (100%)	14/15 (93.3%)
SVG	2/2 (100%)	2/2 (100%)	2/2 (100%)	2/2 (100%)	1/1 (100%)	1/1 (100%)	6/7 (85.7%)	6/7 (85.7%)	10/10 (100%)	10/10 (100%)	1/1 (100%)	1/1 (100%)	22/23 (95.7%)	22/23 (95.7%)
Total	14/15 (93.3%)	14/15 (93.3%)	10/10 (100%)	10/10 (100%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)	10/11 (90.9%)	9/11 (81.8%)	11/11 (100%)	11/11 (100%)	1/1 (100%)	1/1 (100%)	50/52 (96.2%)	49/52 (94.2%)

CAG=Coronary angiography; MDCT=Multidetector Computed Tomography; LIMA=Left internal mammary artery; RA=Radial artery; SV= Saphenous vein; LAD=Left anterior descending branch; D=Diagonal artery; RI=Radius intermedius branch; OM=Obtuse marginal artery; PL=Posterolateral branch.

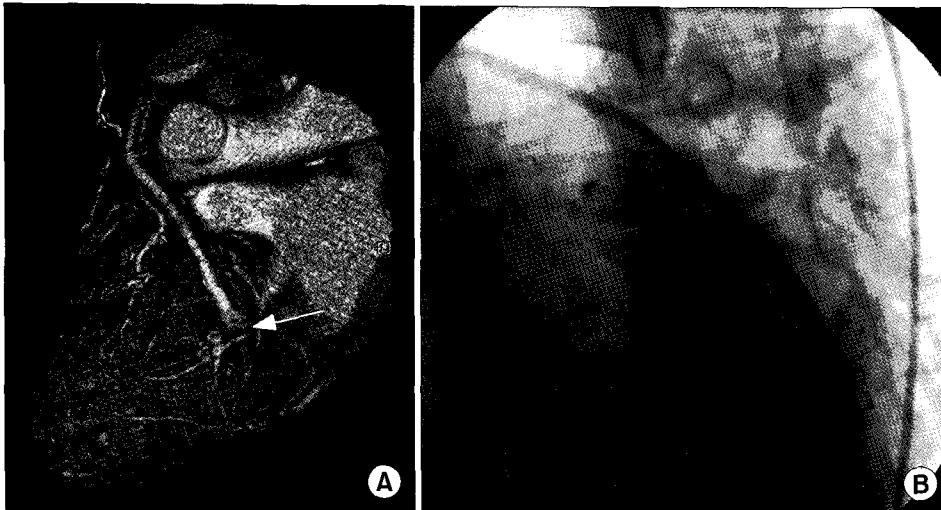
확인한 이식편 개존성을 보면 좌내흉동맥은 주로 좌전하행지(Left anterior descending branch)에 연결하였으며 1개가 폐색되어 92.6%의 개존율을 보였다(Fig. 2) (Table 1, 2). MDCT에서 2개의 좌내흉동맥은 부행지에 의한 경쟁혈류(competition flow)로 혈류감소가 있음이 판독되었다. 요골동맥은 주로 대각동맥(Diagonal artery)과 둔각변연동맥(Obtuse marginal artery)에 연결되었으며 100%의 개존율을 보였다. MDCT에서 1개의 요골동맥은 폐색으로 판독되었으나 관상동맥조영술에서는 80% 이상의 협착으로 판독되었다(Fig. 3). 복재정맥은 주로 우관상동맥에 연결되었으며

95.7%의 개존율을 보였다. MDCT에서 2개의 복재정맥은 혈류감소로 판독되었고 3개는 혈전이 있음이 판독되었으나 관상동맥조영술에서는 특별한 이상소견이 없었다.

MDCT와 관상동맥조영술의 판독결과를 비교하여 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치를 계산하였다(Table 3). 관상동맥조영술에 대한 MDCT의 진단력은 민감도 100%, 특이도 98.0%, 양성 예측치 100%, 음성 예측치 66.6%였다.

## 고 찰

관상동맥우회로술 후 이식편의 단기 및 장기 평가에는



**Fig. 3.** Left anterior oblique projection with cranial angulation by MDCT coronary angiography (A) and conventional coronary angiography (B). (A) Occlusion (black arrow) of the radial artery (RA) anastomosis site (B) 80% stenosis of the RA anastomosis site. (arrow head).

**Table 2.** Coronary Angiogram Findings and Multidetector Computed Tomography Findings

Grafts	Grade A+B		Grade O		Patency Rate	
	CAG	MDCT	CAG	MDCT	CAG	MDCT
LIMA	13	13	1	1	92.9%	92.9%
RA	15	14	0	1	100%	93.3%
SVG	22	22	1	1	95.7%	95.7%
Total	50	49	2	3	96.2%	94.2%

CAG=Coronary angiography; MDCT=Multidetector Computed Tomography; LIMA=Left internal mammary artery; RA=Radial artery; SV=Saphenous vein.

**Table 3.** Diagnostic Power of MDCT Compared to CAG

	MDCT A+B	MDCT O
CAG A+B	49	1
CAG O	0	2

sensitivity=49/(48+1)=100%; specificity=48/(48+1)=98.0%; positive predictive value=49/(49+0)=100%; negative predictive value=2/(2+1)=66.6%; CAG=Coronary angiography; MDCT=Multidetector Computed Tomography.

관상동맥조영술이 표준이지만 침습성 때문에 환자들이 기피하고, 또한 내과외에게 전적으로 의존해야 하므로 흉부외과의 입장에서 환자관리를 연속적으로 할 수 없는 문제점이 있다. 관상동맥조영술을 대체하기 위한 MDCT의 역할은 2001년 네덜란드의 Nieman에 의해 논의되기 시

작되었다[1]. 그들은 이러한 새로운 기술이 아직 시작단계이며 기술개선과 빠른 자료처리가 가능한 컴퓨터 시스템 개발이 비침습적 관상동맥조영술이 임상적으로 충족되는 시기를 앞당길 수 있다고 하였다. 최근 개발되는 MDCT는 Channel 수가 4, 8, 16, 64로 증가하면서 영상의 해상도가 좋아질 뿐만 아니라 이식편은 물론 환자 자신의 혈관의 병변까지 정확히 보여준다[6,7]. 영상의 질을 높이기 위해서 심장박동의 조절이 필요한데 이에선 베타차단제의 전처치가 중요한 역할을 한다[8]. 다양한 방사선적 영상기법이 심장의 기능평가를 가능하게 하여 관상동맥질환 진단에 새로운 장이 열리고 있다[3]. 16 Channel MDCT의 경우 이식편의 개존성은 잘 보여주나 아직까지는 환자 자신의 관상동맥의 해부학적 영상이 잘 보이지 않는 점, 경쟁적 혈류가 있는 경우 이식편이 보이지 않는 점, 혈관의 크기에 따라 조영제의 충분한 투입량이 달라 동맥편 영상이

정맥편 영상보다 해상도가 떨어지는 점 등의 문제점이 있으나, 향후 Channel 수가 40이나 64로 증가되면 술 후 추적관찰뿐만 아니라 관상동맥질환 진단도 가능할 것으로 기대된다[8]. 최근 GE사에서 개발하여 현재 상용화된 64 Channel MDCT의 경우 환자 자신의 관상동맥 병변을 입체적으로 완벽하게 재구성하여 술 전에 침습적인 관상동맥조영술이 불필요하게 되어 수술이 필요한 관상동맥중후군의 환자나 관상동맥 재수술이 필요한 환자에게 향상된 진단기술을 제공하고 있다고 한다[9]. Herzog 등은 개선된 MDCT가 흉부외과의에게 혁신적인 정보를 제공할 수 있다고 하였는데, 광범위한 해부학적 영역을 고해상도로 3차원 재구성하여 수술 전 관상동맥의 병변, 판막의 병변, 흉강내 대혈관의 모양, 심장중양의 병기 확인, 최소 침습수술시나 재수술시 사전 계획의 수립 등에 유용한 정보를 제공하며 술 후 조기 도관폐쇄 등과 같은 합병증을 발견하는데 유용한 진단방법임을 강조하였다[3]. Song 등은 관상동맥우회로술 후 MDCT의 3가지 유용성을 주장하였다[10,11]. 첫째, 이식편 상태식별에 MDCT가 관상동맥조영술 정도의 정확성을 보인다. 둘째, MDCT는 관상동맥조영술처럼 침습적이지 않으며 경제적인 이점이 있다. 셋째, 8 Channel MDCT는 직경 1.0 mm 이하의 작은 혈관 영상화에 부적합하다. Herzog 등은 MDCT가 관상동맥조영술보다 요골동맥 연축과 내막중식의 감별에 우수하며 좌관상동맥 입구질환의 경우 관상동맥조영술은 도관끝이 입구를 지나 위치하게 되므로 이를 놓칠 수 있으나 MDCT는 입구이상을 명확히 알 수 있어 MDCT가 내시경 관상동맥우회로술이나 최소침습 관상동맥우회로술 등의 복잡한 최소침습 수술에 이상적인 추적방법이라고 하였다[12].

최근 국내에서도 MDCT를 이용한 관상동맥 이식편 연구가 발표되고 있으나 저자들의 연구와 같이 관상동맥조영술과 MDCT의 직접비교를 시행하여 양성 예측치, 민감도, 특이도를 계산한 보고는 없었다[6,9]. 환자들의 순응도가 낮아 전 환자를 직접 비교하지는 못했지만 양성 예측치 100%, 민감도 100%, 특이도 98.0%는 MDCT가 이식편 평가에 관상동맥조영술처럼 정확하다는 것을 의미한다.

이식편의 열림(patency)과 흐름(flow)은 별개의 문제이다. 열려 있더라도 혈류량은 적을 수 있다. 관상동맥조영술에서는 조영제를 밀어서 주입하므로 이식편 본래의 혈류흐름 상태보다 잘 흐르는 것으로 판독될 수 있다(Fig. 3). 이식편이 열려 있더라도 경쟁적 혈류가 있는 경우나 혈전(thrombus)이 있는 경우 관상동맥조영술에서는 혈류흐름이 있는 것으로 판독되나 MDCT에서는 혈류흐름이

적어진 것이 판독된다. 저자들의 연구에서도 관상동맥조영술에서는 열려 있었으나 MDCT에서 혈류이상이 판독된 경우가 좌내흉동맥에서 2개, 요골동맥에서 2개, 복재정맥에서 5개 있었다. 이식편의 혈류흐름 상태에 대한 평가로 MDCT가 더 유용함을 알 수 있다.

관상동맥우회로술 후 이식편 기능평가에는 아직까지 관상동맥조영술이 절대표준이지만 MDCT가 비침습적이고 혈류흐름상태 판단에 더 유용하다. 현실적으로 비용면에서도 보험적용을 받을 수 있는 MDCT가 더 저렴하며 수술 직후 환자들의 이식편 상태를 평가할 수 있다는 점에서 더 효율적일 것이다.

## 결 론

저자들은 2003년 11월부터 2004년 11월까지 관상동맥우회로술을 시행 받은 후 16 Channel MDCT와 관상동맥조영술 모두에 동의한 환자 15명을 대상으로 MDCT의 술 후 이식편 평가에 대한 유용성을 분석한 결과 만족할 만한 결과를 얻었다. 본 연구는 기존의 관상동맥조영술과 MDCT를 직접비교하여 양성 예측치, 민감도, 특이도를 계산한 것에 그 의미가 있다. 본 연구의 한계는 MDCT의 명확한 효과를 추론하기에는 대상 환자의 수가 적어 MDCT의 관상동맥조영술에 대한 우위성을 결론짓기는 곤란하다는 것이다. 그러나 적은 연구대상에도 불구하고 높은 민감도와 특이도를 보였다. 향후 많은 환자를 대상으로 결과가 쌓이고 64 Channel MDCT 같은 향상된 기종을 사용한다면 비침습적이고 혈류상태 판독에 더 정확하고 더 저렴한 MDCT가 술 후 추적검사 뿐만 아니라 수술이 필요한 환자의 술 전 진단 및 흉강내의 다양한 정보를 제공하게 되어 관상동맥조영술을 대체할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Nieman K, Oudkerk M, Rensing BJ, et al. *Coronary angiography with multi-slice computed tomography*. Lancet 2001; 357:599-603.
2. Choi JB, Lee MK, Ryu DW, Choi SH. *Determination of Early Graft Patency Using ct Angiography after Coronary Artery Bypass Surgery*. Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2004;37:570-7.
3. Herzog C, Wimmer-Greinecker G, Schwarz W, et al. *Progress in CT imaging for the cardiac surgeon*. Semin Torac Vardiovasc Surg 2004;16:242-8.
4. FitzGibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD,

- Burton JR. *Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years.* J Am Coll Cardiol 1996;28:616-26.
5. Sabiston DC Jr. *Direct surgical management of congenital and acquired lesion of the coronary artery.* Prog Cardiovasc Dis 1963;6:229.
  6. Ko YG, Choi DH, Jang YS, et al. *Assesment of coronary artery bypass graft patency by multislice computed tomography.* Yonsei Med J 2003;44:438-44.
  7. Song MH, Ito T, Watanabe T, Nakamura H. *Multidetector computed tomography versus coronary angiography in evaluation of coronary artery bypass grafts.* Ann Thorac Surg 2005;79:585-8.
  8. Shim SS, Kim Y, Lim SM. *Improvement of image quality with [beta]-blocker premedication in ECG-Gated 16-MDCT coronary angiography.* Am J Roentgenol 2005;184:649-54.
  9. Burgstahler C, Kuettner A, Kopp AF, et al. *Non-invasive evaluation of coronary artery bypass grafts using multi-slice computed tomography: Initial clinical experience.* Int J Cardiol 2003;90:275-80.
  10. Lee CJ, Kang JK, Kim HT, Park ID, Chung YM. *Effectiveness of MDCT for the followup of CABG patients with LIMA to LAD and saphenous veins to others.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2005;38:410-4.
  11. Song MH, Watanabe T, Nakamura H. *Successful off-pump coronary artery bypass for Behcet's disease.* Ann Thorac Surg 2004;77:1451-4.
  12. Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. *Multi-detector row CT versus coronary angiography: preoperative evaluation before totally endoscopic coronary artery bypass grafting.* Radiology 2003;229:200-8.

=국문 초록=

배경: 새로 나온 다절편 전산화흉부단층촬영(Multidetector Computed Tomography: MDCT)은 관상동맥 영상화에 유용하다. 본 교실에서는 관상동맥우회로술을 시행한 환자에서 술 후 관상동맥 이식편의 평가를 위하여 비침습적 MDCT와 기존의 침습적 관상동맥조영술의 유용성을 비교하였다. 대상 및 방법: 2003년 11월부터 2004년 11월까지 관상동맥우회로술을 시행한 후 16 Channel MDCT와 관상동맥조영술 모두에 동의한 15명을 대상으로 52개의 이식편의 개존성을 분석하였다. MDCT를 이용하여 3차원으로 재조합된 영상과 관상동맥조영술을 통해 얻은 영상을 비교하여 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치 등을 계산하였다. 결과: 환자당 평균  $3.4 \pm 0.8$ 개의 도관을 사용하였다. MDCT 도중 환자들의 평균 심박동수는 86회/분(범위, 60~110회/분)이어서 베타차단제는 사용하지 않았다. 모든 환자들이 필요한 시간만큼 호흡을 참을 수 있었다. 관상동맥조영술을 통해 얻은 전체 이식편 개존율은 96.2%였다. MDCT의 진단력은 민감도 100%, 특이도 98.0%, 양성 예측치 100%, 음성 예측치 66%였다. 결론: 관상동맥우회로술 후 16 Channel MDCT는 기존의 관상동맥조영술과 비교하여 이식편의 개존상태와 혈류 정도 파악에 신뢰할 수 있는 수준이며, 비침습적이며 저렴하므로 관상동맥조영술을 대체할 수 있을 것이다.

- 중심 단어 : 1. 관상동맥우회술  
2. 전산화흉부단층촬영  
3. 혈관 개존