

# Cardiac Multidetector Row CT before Percutaneous Coronary Intervention as a Treatment Guide for Chronic Total Occlusion<sup>1</sup>

## 관상동맥 만성 완전폐쇄의 치료술인 관상동맥 성형술 전에 시행하는 관상동맥 CT 조영술<sup>1</sup>

Dong Hun Kim, MD<sup>1</sup>, Dong Hyun Choi, MD<sup>2</sup>, Jon Suh, MD<sup>3</sup>, Nae Hee Lee, MD<sup>3</sup>

Departments of <sup>1</sup>Radiology, <sup>2</sup>Internal Medicine, Chosun University Hospital, Gwangju, Korea

<sup>3</sup>Department of Internal Medicine, Soonchunhyang University Bucheon Hospital, Bucheon, Korea

**Purpose:** The goal of this study was to investigate imaging results from a coronary CT angiography (CCTA) in chronic coronary total occlusion (CTO) before percutaneous coronary intervention (PCI).

**Materials and Methods:** In 74 patients with CTO, 34 patients was evaluated by using a 64-row multidetector CT scanner prior to the PCI and 40 control subjects with CTO, who only took PCI, were included. The multiplanar reformation of the heart chambers and three-dimensional CT images were used for determining an optimal view. We analyzed and evaluated the success rates of PCI, length of occluded vessel, calcified plaques, occluded side-branches, tapered occlusion, > 45° angulation of occluded artery, and myocardial density < 50 Hounsfield unit (HU).

**Results:** Success rates of PCI in the two groups, the control group and the experimental group, were not statistically different ( $p > 0.05$ ). The mean length of occluded arteries was measured as  $25 \pm 11$  mm and 26 cases (74%) had an occlusion length > 2 cm. Calcified plaques proximal to occlusion were detected in 19 cases (54%). Occluded side branches, tapered occlusion, > 45° angulation of occluded artery, and myocardial density < 50 HU were in 11 cases (32%), 9 cases (27%), 6 cases (18%), and 5 cases (15%), respectively.

**Conclusion:** Although there was no correlation between the CCTA findings before PCI and the success rate of PCI, common findings of CCTA in CTO included an occlusion length > 2 cm and calcified plaques proximal to occluded arteries.

### Index terms

Computed Tomography, Angiography  
Coronary Vessels, Obstruction  
Chronic Total Occlusion

Received September 17, 2014; Accepted December 2, 2014

**Corresponding author:** Dong Hun Kim, MD  
Department of Radiology, Chosun University Hospital,  
365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-717, Korea.  
Tel. 82-62-220-3543 Fax. 82-62-228-9061  
E-mail: dhk1107@hanmail.net

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

This work was supported by a grant from the Clinical Medicine Research Institute of the Chosun University Hospital (2012).

## 서론

조영증강 다절편 CT는 관상동맥 질환을 진단하는 비침습적 영상검사로 유용하게 사용되어 왔다. 특히 관상동맥 협착 정도를 진단하는 데 고식적 혈관조영술과 비교하여 높은 진단율과 정확도를 보인다(1-4). 최근에 빠른 캔트리 회전속도와 넓은 절편으로 시간분해능과 공간분해능이 향상된 CT들에 관한 많은 보고가 있으며(5-9), 다절편 CT를 이용한 관상동맥 동맥경화반의 형태 및 혈전의 음영에 대한 많은 연구가 알려져 있다(10-13). 또한, 다절편 CT는 관상동맥질환에 대해 비침습적으로 검사할 수 있는 장점과 함께 침습적 검사 및 치료를 시행하기 전 계획 및 예후 결정에 이용될 수 있다(14, 15). 관상동맥의

만성 완전폐쇄(chronic total occlusion; 이하 CTO)는 폐쇄혈관 내 혈류가 없으며 3개월 이상의 폐쇄가능성이 임상적으로 또는 영상학적으로 의심될 때 진단할 수 있는데 병변의 길이나 석회경화반의 동반, 분지 혈관들의 폐쇄 등은 중재적 시술의 성공률에 영향을 준다(16-18). 여러 관상동맥들의 복합병변들과 마찬가지로 CTO에서 시술 전 영상을 이용한 시술계획이 중요하며 CT를 이용한 영상검사가 매우 유용하게 사용될 수 있다(19-22). 그러나 국내 영상의학회지에는 이에 대한 연구가 드물다. 따라서, 저자들은 한 병원에서 시행된 CTO 시술 및 임상적인 특징을 알아보고, 시술 전 시행된 관상동맥 CT 조영술을 통해 CTO의 영상학적 특징을 분석하고 CT 사용의 유용성이 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

### 환자군

본 연구는 기관생명윤리위원회의 승인과 영상검사 동의서를 얻은 후 진행되었다. 3년간 CTO로 경피적 중재 방사선 시술을 시행받은 74명을 대상으로 하였다. 관상동맥 CT 조영술(coronary CT angiography; 이하 CCTA)을 시행하고 폐쇄병변을 의심하였던 36명(37개 폐쇄병변) 중에서 34명 환자(남자:여자 = 26명:8명,  $64 \pm 11$ 세)에서 35개의 폐쇄병변이 관상동맥 조영술로 확인되었으며 임상적으로 CTO로 진단되었다. 관상동맥 혈관조영술에서 동맥 내 혈류가 없음이 확인되었을 때 CTO로 확진하였다. 대조군은 CT를 시행받지 않은 40명의 CTO로 진단된 환자였다. 환자군과 대조군에 포함된 환자들은 임상적 특징을 포함한 별도의 선별기준 없이 무작위로 순차적으로 포함하였다(Table 1).

CT 촬영 후 시술은 평균  $8.7 \pm 11.6$ 일이었다. 시술을 받은 24명은 모두 3개월 이상된 흉통과 이전에 관상동맥 질환으로 약물치료(18명) 및 관상동맥 성형술(6명)을 시행받은 과거력이 있었다. 시술을 시행하지 않은 10명에서 6명은 최근에 흉통이 없었고 4명은 시술을 거부하였다.

### CCTA 촬영과 영상 재구성

분당 65회 이상의 심박수를 갖는 환자에서는 CT 촬영 1시간 전에 베타 차단제를 복용하였다. 모든 촬영은 64절편 CT (Light-Speed VCT XTe, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)를 이용하였다. 0.35초 회전 속도와 절편 두께는  $64 \times 0.625$  mm, 피치 0.2, 관전압 100 Kvp로 촬영하였다. 평균 선량길이 발생량(dose length product)은  $299.9 \pm 24.6$  mGycm ( $5.1 \pm 0.42$  mSv)였다. 조영증강을 위한 관심영역은 상행 대동맥에

위치시켰으며 자동 조영 추적체계(automated bolus tracking system)를 이용하였고 조영제는 4 cc/초로 60 cc를 주입하고 이어서 조영제와 생리식염수를 반씩 섞은 20 cc를 같은 속도로 주입하였다. 후향적 심전도 동조화를 통해 적절한 영상을 선택하였으며 모든 영상은 적응 통계적 반복 재구성(adaptive statistical iterative reconstruction) 60%를 적용하였다.

촬영 후 영상 재구성을 위한 전용 영상 재구성 장비(GE AW Volume Share 2, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)로 기본 자료를 이송한 후 기본 단축영상, 2-방 및 4-방 영상 및 관상동맥의 굴곡 다평면 재구성(curved multiplanar reformation; 이하 CMPR) 영상 및 3차원 체적 영상을 제작하였다. 폐쇄 부위의 묘사를 위하여 필요시 최대 투시강조영상(maximal intensity projection)을 제작하였고 각각의 관상동맥 해부학적 특징에 따라 다양한 재구성 영상을 추가하였다. 폐쇄혈관 길이 측정을 위해 3차원 재구성 장비(Aquarius iNtuition, TeraRecon, Foster City, CA, USA)를 이용하여 CMPR 상태에서 측정하였다.

### CCTA 분석

재구성된 영상을 가지고 폐쇄부위의 형태적 특징에 따라 분류하였다. 분류방법은 American College of Cardiology/American Heart Association (이하 ACC/AHA)에서 나눈 경피적 관상동맥 중재술의 고위험군 6개 항목 중 만성 폐쇄항목을 제외한 병변 길이가 20 mm 이상인지, 근위부의 여러 굴곡이 있는지(2군데 이상으로 정의함), 45도 이상의 구부러짐이 있는지에 따라 분류하였고 시술시간과 시술 후 합병증 등을 분석하였다(23). 폐쇄 근위부의 석회경화반은 130 Hounsfield unit (이하 HU) 이상의 고음영으로 정의하였고 혈관 단면의 50% 이상을 차지하면 심한 협착이 있는 석회화로 분석하였다. 혈관의 수직 단면에서 원주의 반 이상을 침범한 경우 중심성 경화반으로 그

Table 1. Baseline Clinical Characteristics

Variable	CTO without CT (n = 40)	CTO with CT (n = 34)	p-Value
Age (years)	$64 \pm 12$	$64 \pm 11$	0.888
Male:female	30 (75%):10 (25%)	26 (76.5%):8 (23.5%)	
Hypertension	25 (62.5%)	25 (73.5%)	0.183
Smoking	12 (30.0%)	10 (29.4%)	0.834
Diabetes mellitus	15 (37.5%)	14 (41.2%)	0.903
Hypercholesterolemia	2 (5.0%)	4 (11.8%)	0.340
CTO vessels (RCA:LAD:LCX)	15:16:9	18:9:6	
Unstable angina	34 (85.0%)	28 (82.4%)	0.713
Previous PCI:CABG	4:0	6:0	
Ejection fraction (%)	$50.0 \pm 8.3$	$55.8 \pm 11.5$	0.014

Note.—CTO without CT means CTO patient with only coronary angiography. CTO with CT means CTO patient with coronary angiography and CT scan.

CABG = coronary artery bypass graft, CTO = chronic total occlusion, LAD = left anterior coronary artery, LCX = left circumflex coronary artery, PCI = percutaneous coronary intervention, RCA = right coronary artery

외는 편측성으로 정의하였다.

## 결과

### 경피적 관상동맥 시술

두 명의 경험있는 중재시술자가 함께 시술하였으며 CT를 시행받은 환자에서는 시술하는 동안 시술 공간 내의 다른 모니터에 제공된 CT영상을 참고하였다. 영상 해석이 필요한 경우 시술 중 영상의학과 전문의의 자문을 받으며 시술을 진행하였다. 폐쇄를 해결하기 위해 평행도선기법(parallel wire technique)(Fig. 1), 스타기법(STAR technique), 결분지기법(side branch technique), 혈관내초음파 유도기법[intravascular ultrasonogram (이하 IVUS) guided wiring technique](Fig. 2), 전방진행기법(antegrade wiring technique), 후방도선-교차기법(retrograde wire crossing technique)(Fig. 3)은 병변의 위치와 길이에 따라 시술자가 방법을 결정하였다. 즉각적인 시술의 성공은 30% 이내의 협착이 남는 경우로 정하였고 최종적인 시술 성공은 시술 후 증상 소실과 함께 입원 중에 사망, 심근경색, 응급 관상동맥 우회술, 새로운 뇌경색 발생과 같은 중요 합병증 발생이 없는 것으로 정의하였다.

### 통계분석

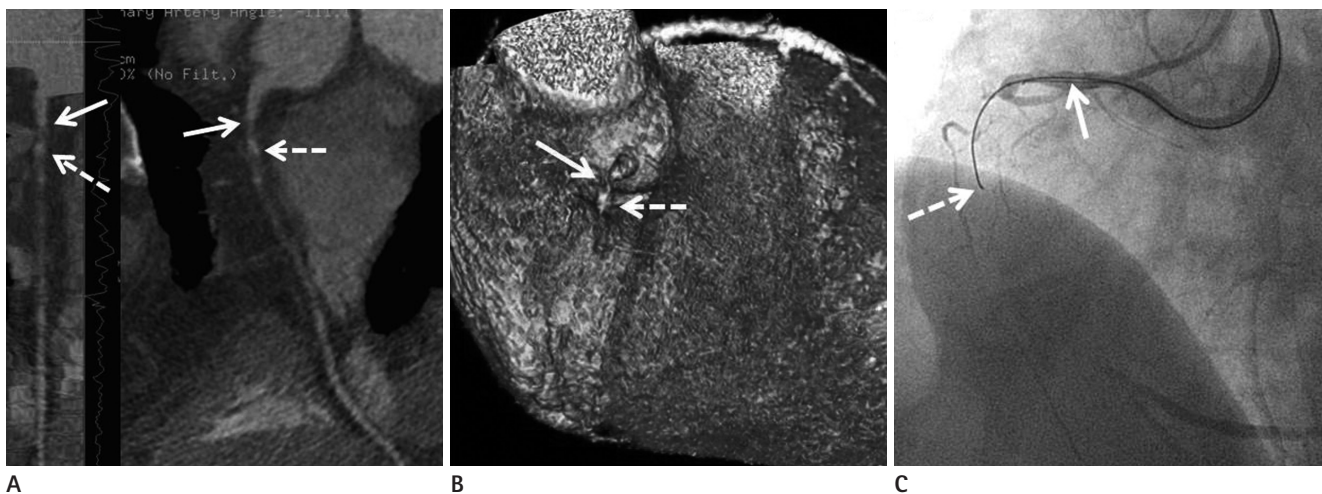
통계분석은 상용화된 소프트웨어(SPSS, version 15.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 통계 값은 평균  $\pm$  표준편차로 표기하였으며  $p < 0.05$ 를 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 두 군의 임상변수들의 평균값의 비교를 위해 독립 표본 t-검정법을 사용하였다.

CCTA를 촬영한 34명의 환자에서 35예의 폐쇄병변이 발견되었고(좌주동맥이 1예, 좌전하관상동맥이 10예, 좌회선관상동맥이 6예, 우관상동맥이 18예), CCTA와 관상동맥 혈관조영술에서 모든 병변은 완전 폐쇄가 있었으며 ACC/AHA 분류상(23) 모두 type C로 분류된 병변이었다. CCTA를 촬영한 환자 중 경피적 관상동맥 시술은 10명(10개 폐쇄병변)에서 시행되지 못했는데 6명은 최근에 악화된 흉통 등의 증상이 없고 여러 이학적 검사에서 급성 심허혈 및 심근경색이 의심되지 않아 시술하지 않았다(Table 1). 증상이 있었던 4명 중 3명은 시술을 거부하였으며 1명은 심한 석회경화반으로 시술하지 않고 바로 약물치료를 시행하였다. 시술을 시행한 환자( $n = 24$ ) 중 4명에서 시술에 실패하였는데(4/24, 16.7%), 2예는 석회경화반이 없는 폐쇄, 1예는 석회경화반에 의한 폐쇄, 1예는 시술 중 장비 고장으로 시술을 중지하였다.

관상동맥 조영술만을 시행받은 40명의 환자(남자 30명, 여자 10명, 평균연령  $64 \pm 12$ 세)에서는 2명이 유도선이 관통하지 못해서 시술에 실패하였다(2/40, 5%).

두 군 사이에 나이, 흡연력, 고혈압, 당뇨, 고지혈증 병력 및 불안정성 흉통 발생 정도와 같은 임상소견에서 의미있는 차이가 없었다(Table 1). 전체적인 시술 시간은 CT를 촬영한 후 시술을 시행받은 경우와 비교해서 의미있게 길었지만 각각의 시술 방법들 간에 시술 시간의 비교에서는 차이가 없었다(Table 2).

CT에서 확인된 평균 폐쇄혈관 길이는  $25 \pm 11$  mm였으며



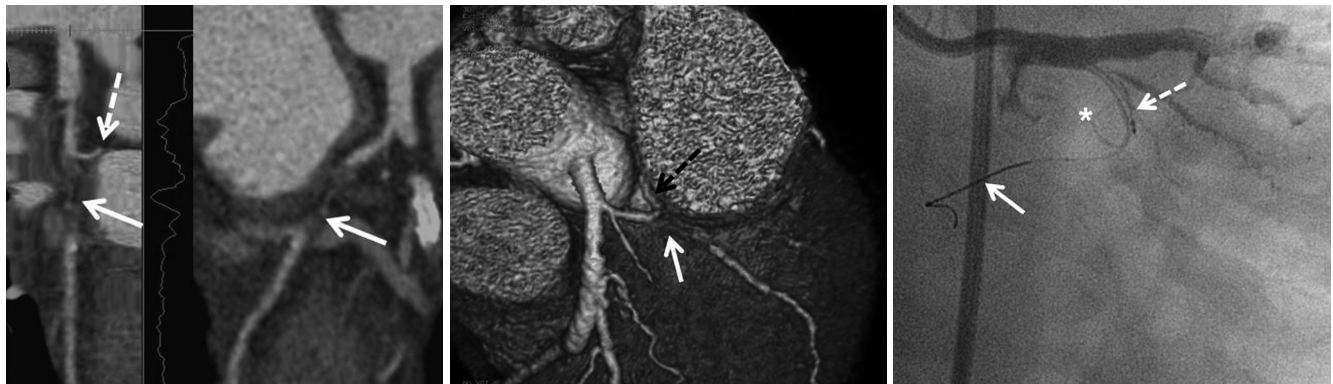
**Fig. 1.** A 54-year-old male with chronic total occlusion in right coronary artery (RCA) and procedure by parallel wire technique.

**A.** A curved multiplanar reconstruction image of CT angiography shows occlusion of the proximal RCA (solid arrows) with concentric plaque (dashed arrows).

**B.** Volume rendering image shows easily occluded segment of RCA (solid arrow) and calcified plaque (dashed arrow).

**C.** Right coronary angiography shows two wires well. One wire (solid arrow) is placed in the dissection plane as guide marker and a second wire (dashed arrow) is a passing wire with the same path parallel to the first wire (solid arrow).

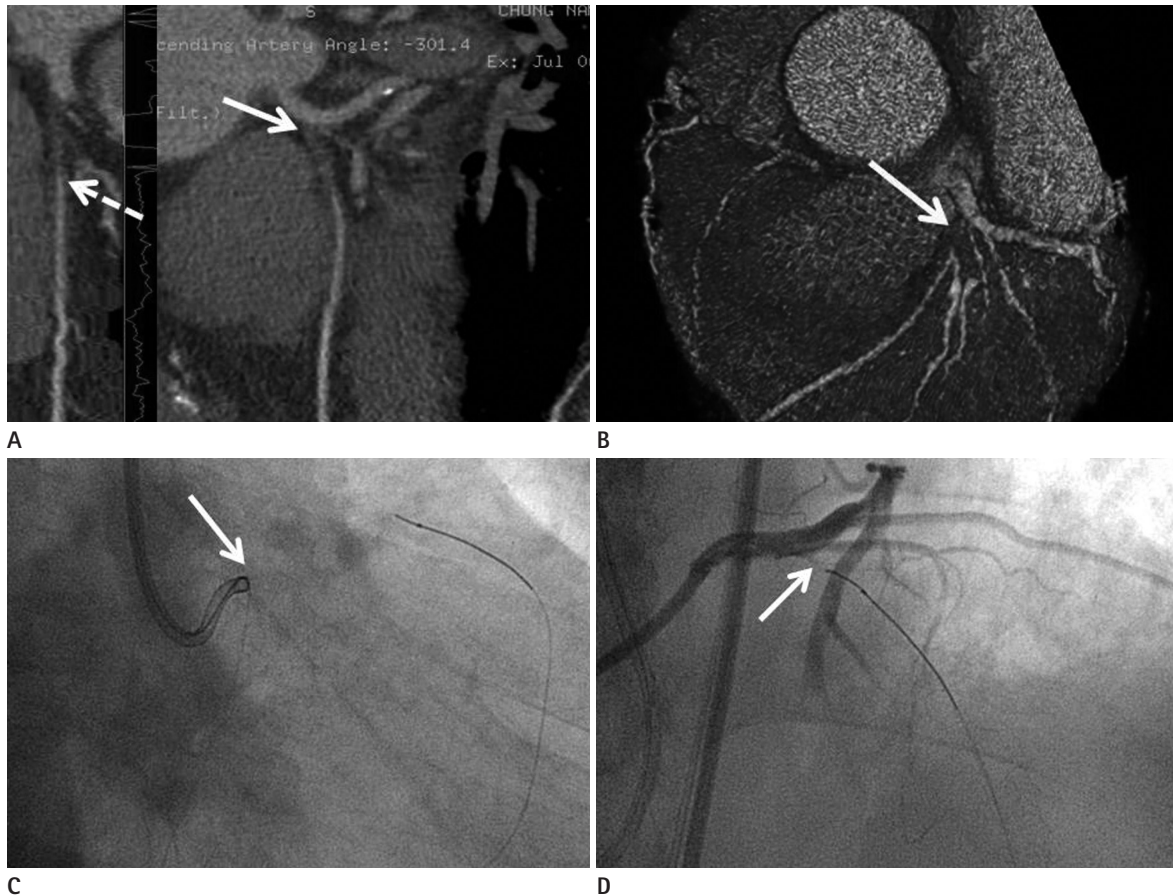




**Fig. 2.** A 43-year-old male with chronic total occlusion in left circumflex coronary artery (LCX) and recanalization by intravascular ultrasonogram (IVUS) guided wiring technique.

**A, B.** In a curved multiplanar reconstruction image of CT angiography **(A)** and volume rendering image **(B)**, there are short occluded segment (solid arrows) and nodal branch of LCX, just proximal to occlusion (dashed arrows). In this situation such as blunt stump with side branch, failure of guide wire crossing is common. Therefore, IVUS use can be very helpful for completing the procedure.

**C.** Left coronary angiography shows main wire (solid arrow) and IVUS probe (dashed arrow), well. Asterisk indicates nodal branch of LCX.



**Fig. 3.** A 78-year-old male with chronic total occlusion in the proximal left anterior coronary artery (LAD) and procedure by retrograde wire crossing technique. A curved multiplanar reconstruction image **(A)** and volume rendering image **(B)** show occlusion of the proximal LAD (solid arrows). LAD os has blunt stump and reverse tapered opacification is seen in the distal segment of occlusion (dashed arrow). Right coronary angiography showed collaterals from the right coronary artery (RCA) to the LAD via septal channels (not shown). The retrograde (solid arrow indicates the RCA os) guidewire through septal branch is located in the LAD, just distal to occluded segment **(C)**. During drilling occluded segment, left coronary angiography shows short occluded LAD segment (solid arrow in **D**). Finally, the guidewire passed through the occluded segment (not shown).

26예(74%)에서 2 cm 이상의 폐쇄를 보였다. CTO와 연관된 석회경화반을 56%에서 확인할 수 있었다. 19예(56%)에서 폐쇄 혈관 입구에 석회경화반이 있었으며 13예가 혈관벽에 넓게, 6예가 일부벽에 국한되어 있었다. CT를 촬영했던 군에서 촬영된 고식적 관상동맥 조영술은 일부에서만 석회경화반이 의심되었다(8예, 24%). CT를 시행하지 않고 관상동맥 조영술만 시행한 경우에도 유사한 결과를 보였다(11예, 28%). 분지 혈관과 함께 중심 관상동맥이 폐쇄된 경우가 11예였고 CT에서 쉽게 분지 혈관들을 확인할 수 있었다(Figs. 1-3). 그 외에도 점진적 혈관 폐쇄, 폐쇄혈관의 45도 이상 굴곡을 CT에서 확인할 수 있었으며 심근경색으로 추정되는 50 HU 미만의 좌심실 심근 음영감 소가 5예(15%)에서 확인되었다(Table 2).

## 고찰

CTO는 일반적으로 3개월 이상의 폐쇄가 임상학적으로 의심되고 혈관조영술상에 폐쇄가 확인되었을 때로 정의한다. 70% 이상의 관상동맥의 폐쇄질환이 있는 환자군의 52%에서 완전 폐쇄가 발견될 만큼 드물지 않은 질환이다(24).

CTO는 수술 또는 중재적 시술에 의한 개통술로 증상의 호전과 예후를 좋게 할 수 있는데(25), 성공적인 시술성공은 협심증의 호전, 심기능의 정상화, 좌심실 기능 회복 및 관상동맥 우회술을 줄일 수 있다고 알려져 있다(26). 치료하지 않는 관상동맥의 CTO는 사망률이나 이후 급성 심장관련 합병증의 발생률을 3배 이상 증가시킬 수 있다(27). 관상동맥 CTO는 비교적 흔히

발견되는데 고식적 관상동맥 조영술에서 시술이 필요한 CTO가 15~30%에 이르는 것으로 알려져 있으며(24, 28) 지속적인 협심증이나 비침습적인 허혈검사상 심한 허혈이 의심될 때 개통술이 필요하다.

관상동맥 CTO 시술방식은 여러 형태가 있는데 가장 기본적인 방법이 유도선을 반시계-시계방향으로 반복하여 돌려줌으로써 폐쇄부위를 뚫고 지나가는 전방 진행기법(antegrade wiring technique)이다. 응용방법으로 한 개의 유도선을 박리된 가성내면에 두고 두 번째 유도선으로 같은 경로로 접근시켜 먼저 유도선을 기준선으로 삼아 시술을 진행하는 평행 도선기법(parallel wire technique)이 있다. 시술 전에 어떤 방법을 사용할지 미리 예측하기는 어렵다. 다만, CT를 시술 전에 시행해서 막힌 분지 혈관이 있으면 혈관내 초음파(IVUS) 유도하에 시술을 진행(IVUS guided wiring technique)할 계획을 세울 수 있고 폐쇄 혈관 근위부의 석회경화반 또는 섬유화 등에 의한 협착이 진단되면 전방 또는 후방 접근의 내막하 경로(STAR technique 또는 retrograde wire crossing technique)를 확보하는 시술을 계획할 수 있다. 본 연구에서도 CCTA에서 정확하게 진단된 근위부 폐쇄부위에 석회가 동반되어 있던(총 19예) 환자 중 시술을 시도한 15명 중 14명(93%, 심한 석회화 4명)에서 전방 진행기법이 성공하지 못하자 CT에서 확인하였던 석회화를 이유로 바로 후방 접근법 또는 STAR 기법을 사용하여 시술에 성공할 수 있었다.

최근에 관상동맥 시술 전에 폐쇄병변의 진단과 시술을 위한 여러 정보를 사전에 얻기위해 시행하는 CCTA 검사가 늘고 있다

**Table 2. Lesion Characteristics on CTA and Procedural Characteristics (Recanalization)**

Variable	CTO without CT (n = 40)	CTO with CT (n = 34)	p-Value
CT angiography			
Length in occluded segments (mm)		25 ± 11	
< 10		n = 2	
10-19		n = 7	
20-29		n = 16	
30-39		n = 6	
≥ 40		n = 3	
Calcified plaque (centric:eccentric) in CT		13 (38.2%):6 (17.6%)	
Decreased myocardial perfusion (< 50 HU)	11 (27.5%)	5 (14.5%)	
Conventional coronary angiography			
Calcified plaque		8 (23.5%)	
Occluded side branch	15 (37.5%)	11 (32.4%)	
Tapered occlusion	12 (30%)	9 (26.5%)	
≥ 45° angulation of the target artery	5 (12.5%)	6 (17.6%)	
Percutaneous coronary intervention	n = 40	n = 24	
Successful recanalization	38 (95.0%)	20 (83.3%)	0.125
Procedure time (minutes)	55 ± 28	40 ± 23	0.037

Note.—CTA = CT angiography, CTO = chronic total occlusion, HU = Hounsfield unit

(1-8). 이들 CCTA 검사는 동맥경화반의 분석(10-13)과 여러 방향에서 관상동맥을 살펴보는 것과 같은 유용한 정보를 제공한다(29). 시술자가 시술 전 병변의 해부학적 구조와 석회경화반 동반 등의 사전 정보를 얻을 수 있으므로 시술에 영향을 줄 수 있다. CCTA는 불완전폐쇄병변에서 완전폐쇄병변을 감별할 때도 이용될 수 있다(30). 완전폐쇄가 있을 때 주변 부행혈관을 통해서 폐쇄부위 이후에 조영증강이 보이는데 불완전폐쇄 때와 달리 근위부보다 원위부에서 더 높은 조영증강을 보인다. 또한, CCTA는 복합적인 CTO를 진단할 수 있다. 복합적인 CTO (type C 병변)는 혈관 직경이 3 mm 이내, 폐쇄길이가 20 mm 이상, 석회경화반 폐쇄가 심하고 혈관굴곡이 있고 폐쇄입구가 급작스럽고 원위부 혈관 조영이 안되며 혈관분지 입구부터 폐쇄를 보이는 경우를 의미하는데 개통률에 현저한 차이를 보인다. 단순한 만성폐쇄는 90% 이상의 개통 성공을 보이지만 복합적인 CTO는 50~60%의 개통률을 보인다(31). 관상동맥의 협착 정도나 폐쇄 여부는 시술 전 시행하는 고식적인 관상동맥 조영술을 통해서도 알 수 있지만(32) 혈관벽 상태나 폐쇄 부위보다 원위부 혈관의 상태는 CCTA에서 좀 더 명확히 알 수 있으며 CT에서는 3차원 영상 등을 제공하여 공간적인 이해를 돕기도 한다.

혈관 내 시술에 대한 CT의 유용성은 앞서 언급되었듯이 CT 검사를 통해 더 잘 이해할 수 있는데 병변의 위치, 길이, 석회경화반 동반여부, 굴곡정도나 혈전의 동반 등을 확인할 수 있는데 대동맥 스텐트 삽입술에 대한 많은 연구에서 재차 확인되었다(33-35). 본 연구와 같은 CTO에서의 CCTA 이용에 관한 많은 최근의 보고들이 있다(19-22, 36-38). Mollet 등(35)은 CT 영상에서 보여주는 15 mm 이상의 폐쇄나 심한 석회화가 시술 실패를 가늠할 수 있는 인자로 소개하였지만 저자들의 연구에서는(4예 시술 실패) 폐쇄의 길이가  $25 \pm 17$  mm, 혈관벽에 미만성으로 넓게 석회화가 동반된 경우가 13예, 편측성인 경우가 6예였고 석회경화반의 범위나 동반여부는 시술 성공에 영향이 없었다. 결과적으로 각 연구의 보고들은 시술자의 술기 능력에 크게 좌우되며 수치적으로 일반화된 결론을 내릴 수 없음을 알 수 있었다. Sianos 등(39)도 최근 유럽 CTO 모임에서 합의한 CT 이용에 대한 보고를 통해 CT가 CTO의 형태, 폐쇄병변 길이 및 성분 등을 잘 보여주지만 성공률을 증가시키는 데 도움을 준다는 증거는 없다고 하였다. 또한, CTO 시술 전 CT를 관례적으로 촬영할 근거는 없으며 단지 초기 CTO 시술 실패 후 재시술을 하거나 기대 성공률이 50% 이내인 복합적인 CTO 병변에서 촬영할 수 있다고 보고하였다. 저자들의 연구에서도 CT 촬영 후 기본적인 영상 분석은 가능하였지만 어떤 임상적인 중요 결정을 내릴 수 있는 결과는 확인할 수 없었다. 최근 많은 새로운 시술법이 개발되고 시술장비의 향상과 술기 능력이 좋아

지는 상황에서 CT의 유용성을 찾기 위한 좀 더 많은 연구가 진행되어야 한다. 우선, 본 연구에서와 같이 기본적인 CT 영상의 활용부터 시작되어야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 첫째, 한 병원에서 조사된 연구로 포함된 증례가 많지 않다. 둘째, 두 명의 시술자들이 모든 증례에서 시술을 시행하였는데 각각의 숙련 정도에 따라 시술 시간의 차이가 있을 수 있었고 객관화 할 수 없는 요소들이 있었다. 또한, 본 연구에서 CT 시행여부에 따른 차이가 시술시간에 국한된 결과를 보인 것 역시 시술자들이 숙련된 연구 후반부터 CT 촬영이 이루어졌다는 제한점을 설명해 줄 수 있다. 셋째로 시술 후 임상적인 효과에 대한 연구가 포함되어 있지 않다. 본 연구는 예비검사의 형태로 시술 전 시행한 CT에서 보여지는 CTO의 형태적인 분석과 다양한 시술 방법이 사용됨을 소개하고자 하였다. 추후 추적 검사를 통한 임상학적 의미를 확인할 필요가 있겠다. 넷째, 본 연구에서 폐쇄병변은 조영증강이 되지 않는 부위를 육안으로 확인하는 방법을 사용하였는데 좀 더 객관화 할 수 있는 영상 기록 방법이 연구되어야 하겠다. 다섯째, 본 연구는 64절편 CT를 사용하였다. 최근의 저선량 CT 촬영이 가능한 장비나 방법을 사용한 연구가 덧붙여질 수 있겠다(40, 41).

관상동맥 질환의 진단과 예측 결정을 위한 관상동맥 CT 촬영은 보편화 되어 있고 많은 연구들이 소개되고 있다. 상대적으로 CTO에 대한 CT 연구는 그 보고가 적는데 병변의 해부학적 구조와 특성에 대한 영상학적 정보 제공이 가능하기 때문에 시술 전 계획을 세우고 예후를 예측하는 데 유용하며 앞으로 보다 많은 연구가 진행되어야 하고 임상 결과와의 비교가 필요하겠다.

결론적으로 본 연구에서는 CTO의 시술 전 CCTA에서 2 cm 이상의 폐쇄와 폐쇄혈관 입구의 석회경화반이 흔한 소견이었다. 비록 CT가 시술자에게 시술 전 병변의 길이, 형태, 분지혈관의 이환여부, 굴곡 정도, 석회경화반 동반여부 등 많은 영상학적 자료를 제공하지만 이들이 시술의 용이성과 시술 성공률을 높인다는 증거는 찾을 수 없었다.

## REFERENCES

- Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, Chou ET, Woodard PK, Nagurney JT, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med* 2012;367:299-308
- Vliegenthart R, Henzler T, Moscariello A, Ruzsics B, Bastarrika G, Oudkerk M, et al. CT of coronary heart disease: Part 1, CT of myocardial infarction, ischemia, and viability. *AJR Am*



- J Roentgenol* 2012;198:531-547
3. Ko BS, Cameron JD, Leung M, Meredith IT, Leong DP, Antonis PR, et al. Combined CT coronary angiography and stress myocardial perfusion imaging for hemodynamically significant stenoses in patients with suspected coronary artery disease: a comparison with fractional flow reserve. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:1097-1111
  4. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pflederer T, Anders K, Daniel WG, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation* 2006;114:2334-2341; quiz 2334
  5. Hou Y, Yue Y, Guo W, Feng G, Yu T, Li G, et al. Prospectively versus retrospectively ECG-gated 256-slice coronary CT angiography: image quality and radiation dose over expanded heart rates. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012;28:153-162
  6. Xia Y, Junjie Y, Ying Z, Bai H, Qi W, Qinhua J, et al. Accuracy of 128-slice dual-source CT using high-pitch spiral mode for the assessment of coronary stents: first in vivo experience. *Eur J Radiol* 2013;82:617-622
  7. Westwood ME, Raatz HD, Misso K, Burgers L, Redekop K, Lhachimi SK, et al. Systematic review of the accuracy of dual-source cardiac CT for detection of arterial stenosis in difficult to image patient groups. *Radiology* 2013;267:387-395
  8. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 2005;112:2318-2323
  9. Pelliccia F, Pasceri V, Evangelista A, Pergolini A, Barillà F, Viceconte N, et al. Diagnostic accuracy of 320-row computed tomography as compared with invasive coronary angiography in unselected, consecutive patients with suspected coronary artery disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2013;29:443-452
  10. Dey D, Achenbach S, Schuhbaeck A, Pflederer T, Nakazato R, Slomka PJ, et al. Comparison of quantitative atherosclerotic plaque burden from coronary CT angiography in patients with first acute coronary syndrome and stable coronary artery disease. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2014;8:368-374
  11. Lehman SJ, Schlett CL, Bamberg F, Lee H, Donnelly P, Shturman L, et al. Assessment of coronary plaque progression in coronary computed tomography angiography using a semiquantitative score. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:1262-1270
  12. Maurovich-Horvat P, Ferencik M, Voros S, Merkely B, Hoffmann U. Comprehensive plaque assessment by coronary CT angiography. *Nat Rev Cardiol* 2014;11:390-402
  13. Hoffmann U, Moselewski F, Nieman K, Jang IK, Ferencik M, Rahman AM, et al. Noninvasive assessment of plaque morphology and composition in culprit and stable lesions in acute coronary syndrome and stable lesions in stable angina by multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1655-1662
  14. Lev EI, Tayyan N, Raizner AE, Solomon SL, Simmons D, Kleiman NS. Initial impact of drug-eluting stent use on the spectrum of patients undergoing percutaneous coronary intervention. *Coron Artery Dis* 2006;17:379-384
  15. Saia F, Piovacari G, Manari A, Santarelli A, Benassi A, Aurier E, et al. Clinical outcomes for sirolimus-eluting stents and polymer-coated paclitaxel-eluting stents in daily practice: results from a large multicenter registry. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1312-1318
  16. Galassi AR, Tomasello SD, Reifart N, Werner GS, Sianos G, Bonnier H, et al. In-hospital outcomes of percutaneous coronary intervention in patients with chronic total occlusion: insights from the ERCTO (European Registry of Chronic Total Occlusion) registry. *EuroIntervention* 2011;7:472-479
  17. Barlis P, Kaplan S, Dimopoulos K, Tanigawa J, Schultz C, Di Mario C. An indeterminate occlusion duration predicts procedural failure in the recanalization of coronary chronic total occlusions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2008;71:621-628
  18. Dong S, Smorgick Y, Nahir M, Lotan C, Mosseri M, Nassar H, et al. Predictors for successful angioplasty of chronic totally occluded coronary arteries. *J Interv Cardiol* 2005;18:1-7
  19. Takimura H, Muramatsu T, Tsukahara R. CT coronary angiography-guided percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion combined with retrograde approach. *J Invasive Cardiol* 2012;24:E5-E9
  20. Poulter RS, Nicolaou S, Hoole SP, Seddon MD, Buller CE, Mayo J, et al. Comprehensive assessment of a chronic total occlusion by dual-energy cardiac CT angiography with

- adenosine stress prior to retrograde percutaneous recanalization. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2011;12:513-515
21. Ueno K, Kawamura A, Onizuka T, Kawakami T, Nagatomo Y, Hayashida K, et al. Effect of preoperative evaluation by multidetector computed tomography in percutaneous coronary interventions of chronic total occlusions. *Int J Cardiol* 2012;156:76-79
22. García-García HM, van Mieghem CA, Gonzalo N, Meijboom WB, Weustink AC, Onuma Y, et al. Computed tomography in total coronary occlusions (CTTO registry): radiation exposure and predictors of successful percutaneous intervention. *EuroIntervention* 2009;4:607-616
23. Smith SC Jr, Dove JT, Jacobs AK, Kennedy JW, Kereiakes D, Kern MJ, et al. ACC/AHA guidelines for percutaneous coronary intervention (revision of the 1993 PTCA guidelines)-executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee to revise the 1993 guidelines for percutaneous transluminal coronary angioplasty) endorsed by the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *Circulation* 2001;103:3019-3041
24. Christofferson RD, Lehmann KG, Martin GV, Every N, Caldwell JH, Kapadia SR. Effect of chronic total coronary occlusion on treatment strategy. *Am J Cardiol* 2005;95:1088-1091
25. Silber S, Albertsson P, Avilés FF, Camici PG, Colombo A, Hamm C, et al. Guidelines for percutaneous coronary interventions. The Task Force for Percutaneous Coronary Interventions of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005;26:804-847
26. Sirnes PA, Myreng Y, Mølsted P, Bonarjee V, Golf S. Improvement in left ventricular ejection fraction and wall motion after successful recanalization of chronic coronary occlusions. *Eur Heart J* 1998;19:273-281
27. Moreno R, Conde C, Perez-Vizcayno MJ, Villarreal S, Hernandez-Antolin R, Alfonso F, et al. Prognostic impact of a chronic occlusion in a noninfarct vessel in patients with acute myocardial infarction and multivessel disease undergoing primary percutaneous coronary intervention. *J Invasive Cardiol* 2006;18:16-19
28. Kinoshita I, Katoh O, Nariyama J, Otsuji S, Tateyama H, Kobayashi T, et al. Coronary angioplasty of chronic total occlusions with bridging collateral vessels: immediate and follow-up outcome from a large single-center experience. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:409-415
29. Schmid M, Achenbach S, Ludwig J, Baum U, Anders K, Pohle K, et al. Visualization of coronary artery anomalies by contrast-enhanced multi-detector row spiral computed tomography. *Int J Cardiol* 2006;111:430-435
30. Li M, Zhang J, Pan J, Lu Z. Obstructive coronary artery disease: reverse attenuation gradient sign at CT indicates distal retrograde flow--a useful sign for differentiating chronic total occlusion from subtotal occlusion. *Radiology* 2013;266:766-772
31. Di Mario C, Werner GS, Sianos G, Galassi AR, Büttner J, Dudek D, et al. European perspective in the recanalisation of Chronic Total Occlusions (CTO): consensus document from the EuroCTO Club. *EuroIntervention* 2007;3:30-43
32. Gomes MN, Davros WJ, Zeman RK. Preoperative assessment of abdominal aortic aneurysm: the value of helical and three-dimensional computed tomography. *J Vasc Surg* 1994;20:367-375; discussion 375-376
33. Wolf YG, Tillich M, Lee WA, Rubin GD, Fogarty TJ, Zarins CK. Impact of aortoiliac tortuosity on endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: evaluation of 3D computer-based assessment. *J Vasc Surg* 2001;34:594-599
34. Fukuhara R, Ishiguchi T, Ikeda M, Ota T, Takai K, Satake H, et al. Evaluation of abdominal aortic aneurysm for endovascular stent-grafting with volume-rendered CT images of vessel lumen and thrombus. *Radiat Med* 2004;22:332-341
35. Mollet NR, Hoyer A, Lemos PA, Cademartiri F, Sianos G, McFadden EP, et al. Value of preprocedure multislice computed tomographic coronary angiography to predict the outcome of percutaneous recanalization of chronic total occlusions. *Am J Cardiol* 2005;95:240-243
36. Yokoyama N, Yamamoto Y, Suzuki S, Suzuki M, Konno K, Kozuma K, et al. Impact of 16-slice computed tomography in percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006;68:1-7
37. Kaneda H, Saito S, Shiono T, Miyashita Y, Takahashi S, Domae H. Sixty-four-slice computed tomography-facilitated percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion. *Int J Cardiol* 2007;115:130-132
38. Smits PC, Pasterkamp G, de Jaegere PP, de Feyter PJ, Borst



- C. Angioscopic complex lesions are predominantly compensatory enlarged: an angioscopy and intracoronary ultrasound study. *Cardiovasc Res* 1999;41:458-464
39. Sianos G, Werner GS, Galassi AR, Papafakis MI, Escaned J, Hildick-Smith D, et al. Recanalisation of chronic total coronary occlusions: 2012 consensus document from the EuroCTO club. *EuroIntervention* 2012;8:139-145
40. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M, Huber E, Zankl M, Martinoff S, et al. Radiation dose estimates from cardiac multislice computed tomography in daily practice: impact of different scanning protocols on effective dose estimates. *Circulation* 2006;113:1305-1310
41. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Hendel RC, Carr JC, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1475-1497

## 관상동맥 만성 완전폐쇄의 치료술인 관상동맥 성형술 전에 시행하는 관상동맥 CT 조영술<sup>1</sup>

김동훈<sup>1</sup> · 최동현<sup>2</sup> · 서 존<sup>3</sup> · 이내희<sup>3</sup>

**목적:** 관상동맥 만성 완전폐쇄(chronic total occlusion; 이하 CTO)의 시술 전에 시행한 관상동맥 CT 조영술(coronary CT angiography; 이하 CCTA)의 영상학적 특징을 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 74명의 CTO 환자 중 관상동맥 성형술 전에 64열 다절편 스캐너(Light-Speed VCT XTe, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)로 촬영한 34명의 CTO 환자와 CT를 시행하지 않은 40명의 CTO 환자 대조군을 대상으로 하였다. 시술 성공률을 비교하였고 심장 다평면 재구성(multiplanar reformation) 영상과 3차원 CT 영상들로 폐쇄부위와 관상동맥들을 잘 볼 수 있는 방향을 설정하였다. 폐쇄혈관의 길이, 석회경화반 동반여부 및 위치, 분지혈관의 폐쇄, 점진적인 폐쇄, 45도 이상의 굴곡여부, 심근 음영 감소 여부(< 50 Hounsfield unit)를 알아보았다.

**결과:** CT 시행군(83.3%, 20/34)과 시행하지 않은 환자 대조군(95%, 38/40)에서 시술 성공률은 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 폐쇄혈관 길이와 석회경화반 위치는 CT를 시행한 군에서만 확인되었다. CT에서 확인된 평균 폐쇄혈관 길이는  $25 \pm 11$  mm였고, 26예(74%)에서 2 cm 이상의 폐쇄를 보였다. 19예에서 폐쇄혈관 입구에 석회경화반이 있었으며(54%), 분지혈관 폐쇄(32%), 점진적인 혈관폐쇄(27%), 45도 이상의 굴곡(18%), 심근 음영 감소(15%)가 확인되었다.

**결론:** CTO 시술 전 시행한 CCTA 소견과 시술 성공률 간에 연관성은 없으나 2 cm 이상의 폐쇄혈관과 폐쇄혈관 입구의 석회경화반이 흔하게 발견된다.

조선대학교병원 <sup>1</sup>영상의학과, <sup>2</sup>심장내과, <sup>3</sup>순천향대학교 부천병원 심장내과