

다절편 전산화단층촬영에서 복합성 관상동맥 경화판 분석: 고식적 관상동맥 혈관조영술과의 비교¹

김동훈 · 방덕원² · 석은하³ · 조운행⁴

목적: 관상동맥 전산화단층촬영 혈관조영술(coronary CT angiography, 이하 관상동맥 CTA)을 이용하여 안정형 협심증에서 보이는 복합적 경화판의 특성을 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 안정형 협심증의 전형적인 흉통으로 관상동맥CTA를 촬영한 환자 중 고식적인 혈관조영술(conventional coronary angiography, 이하 CAG)로 경화판이 확진된 36명을 대상으로 하였다. 혈관내초음파(intravascular ultrasonography, 이하 IVUS)는 14명(16명)에서 시행되었다. 경화판 형상에 대해 CTA 결과를 CAG와 비교하였으며 혈관 단절, 혈관 내 결손, 혈전의 비정형성, 혈전폐양을 분석하였다. 또한, CTA에서 혈전의 음영을 조사하였다. **결과:** CAG 와 CTA상 각각 44예, 34예의 복합적인 경화판(100%, 77%)이 진단되었으며 혈관 단절(27 vs. 16%, $\kappa = 0.57$), 혈관 내 결손(32 vs. 30%, $\kappa = 0.77$), 경계의 비정형성(75 vs. 52%, $\kappa = 0.52$), 폐양(16 vs. 11%, $\kappa = 0.60$)이 확인되었다. 관상동맥CTA에서 경화판의 평균 음영은 66 ± 21 HU 였다.

결론: 관상동맥CTA는 전형적인 협심증 환자에서 복합적인 경화판을 검사하는 정확하고 유용한 비침습적인 영상법이다.

급성관상동맥증후군의 혈관학적인 중요 병태생리는 복합적인 위험 경화판이다. 이들은 혼탁한 음영을 보이거나, 경계가 불분명하고, 내부에 폐양이 형성되어 있으나 경화판 내로 조영제가 들어 있을 때, 혈관 내경에 결손병변으로 나타나거나 혈류 장애가 보일 때 의심할 수 있다(1-3). 이와 같은 혈관 형태학적 변화는 혈관내초음파(intravascular ultrasound, 이하 IVUS)를 이용한 연구를 통하여 경화판의 파열과 연관성이 높은 것으로 알려져 있다(2, 3). 최근까지 침습적인 고식적인 관상동맥 혈관조영술(conventional coronary angiography, 이하 CAG)이 표준방법으로 사용됐지만, 해상도 향상과 여러 기술적인 발전을 토대로 관상동맥 전산화단층촬영 혈관조영술(coronary CT angiography, 이하 관상동맥CTA)이 비침습적으로 관상동맥의 형태와 협착 정도를 명확하게 표현할 수 있게 되었다(4-6). 관상동맥CTA를 이용한 파열성 복합적 경화판에 대한 연구가 알려져 있지만(7, 8), 아직 국내에서 보고된

적이 없다. 따라서 저자들은 흉통 환자에서 CT를 이용한 복합적인 경화판에 대한 연구를 통하여 관상동맥CTA가 임상에서 유용하게 사용될 수 있는지 살펴보았다.

대상과 방법

환자 및 임상소견

급성으로 발생한 흉통을 보이면서 CAG에서 복합적인 경화판이 흉통의 원인으로 확진된 환자 중 CAG 전 60일(15.5 ± 15.7 일) 이내에 관상동맥CTA를 시행받은 36명을 후향적으로 조사하였다. 모든 환자에게서 CAG와 관상동맥CTA를 시행하기 전에 검사 동의서를 받았다. 위험 인자는 흡연이 27명(75%), 고혈압 24명(67%), 당뇨 15명(42%), 고지혈증이 18명(50%)이었다. 환자는 안정형 협심증 또는 유사 흉통으로 외래에서 관상동맥CTA가 의뢰되었고, 응급실에 방문한 유사 증상 환자도 포함하였다. 안정형 협심증의 정의는 안정기에 흉골 후방으로의 전이성 통증이 있으면서, 압박감이나 쥐어짜는 듯한 통증이 2~10분간 지속하는 흉통으로 하였다. 관상동맥CTA를 시행 받은 환자들은 모두 초기 정상 심전도, 심장관련 혈액인자 음성, 이전 관상동맥질환이 없는 협심증 진단의 저위험군과 고위험군을 배제한 중간 위험군이었다. 배제할 고위험

¹순천향대학교 부천병원 영상의학과

²순천향대학교병원 심장내과

³서울아산병원 마취통증의학과

⁴순천향대학교 부천병원 심장내과

이 연구는 2007년도 세명 영상의학 연구기금과 한국방사선연구재단의 지원으로 이루어졌음.

이 논문은 2010년 6월 3일 접수하여 2011년 3월 6일에 채택되었음.

군은 다음 7가지 요인 중 5가지 이상을 포함하는 경우로 하였다(9). 60세 이상, 관상동맥질환의 위험인자가 3가지 이상, 이전에 관상동맥에 50% 이상의 협착이 있을 때, 현재 심전도상에서 ST분절 상승이 있는 경우, 24시간 내에 두 번 이상의 협심증이 있는 경우, 7일 이내 아스피린을 사용한 경우, 심장 관련 혈액 인자가 상승한 경우였다.

관상동맥CTA

영상은 64 절편 CT(Sensation 64, Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany)를 이용하여 획득하였다. 환자는 검사 30분에서 1시간 전에 1회에 한해서 베타 차단제(Propranolol HCl 80mg, 대웅제약, 서울, 대한민국)를 복용하였으며 이후 심박 수 측정에 따른 검사 제한은 하지 않았다. 조영 검사 5분 전에 관상동맥 확장제를(니트로글리세린 설하 정 0.6 mg, 명문제약, 서울, 대한민국) 설 하 투여하였다. 조영 후 검사는 10~15초의 호흡정지 동안에 촬영되었다. 환자의 평균 심박 수는 65 ± 12 회/분이었으며 관상동맥의 협착과 동맥벽 평가가 불가능한 경우는 제외하였다. 검사 조건은 조준 점 1.0 mm, 피치 1.5, 120 Kvp, 550 mAs, 갠트리 회전 시간 420 ms였으며, 조영제는 비이온성 조영제(Iopromide, Ultravist 370®, Bayer Schering Pharma, Berlin, Germany) 80 cc를 이중 조영 주입장치(CT 9000ACV, Liebel-Flarsheim Co., Ohio, USA)를 이용하여 초당 4 cc의 속도로 주입한 후 40 cc의 생리식염수를 초당 4 cc 속도로 연달아 주입하였다. 이때 심전도 동기화를 통해 영상을 얻은 후, CT 심전도상 QRS를 포함하는 시기를 이완기로, T 파를 포함하는 시기를 수축기로 정하고 전용 프로그램(Volume Wizard, Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany)을 이용하여 기본 영상 자료를 모은 후 다방면 재구성(multiplanar reformation, MPR) 영상, 최대 강조 투사 영상(maximal intensity projection, MIP), 3차원 영상(3-dimensional image)으로 재구성하였다. 단축 영상(short-axis view), 2-방 영상(2-chamber view), 4-방 영상(4-chamber view)으로 재구성된 MPR 영상과 3차원 CTA에서 혈전에 의한 관상동맥 단절 및 혈관 내 결손음영 여부를 살펴 보았고, 혈전의 형태, 궤양 형성 여부를 한 명의 심장혈관 영상의학과 전문의가 분석하였다.

경화판 파열이 의심되는 50% 이상의 직경 감소가 있는 병변을 분석하였으며 다음 중 두 가지 이상이 있는 경우 복합적인 경화판(complex plaque)으로 결정하였다(8, 9): 혈관의 단절이 있거나, 혈관 내 조영제의 충만 결손이 보이는 경우, 주변에 조영제로 차있는 비정형적 경계를 보이는 경우(궤양, 내막 파관, 동맥류 또는 톱니 모양을 보이는 경우를 포함한다), 혈전 내로 조영제가 차는 궤양을 동반하거나 혈전 내 조영제가 지속적으로 남아 있는 경우가 포함된다. 또한, $1.61\text{--}2\text{ mm}^2$ 크기의 관심영역 크기(region of interest, 이하 ROI)로 3번의 측정 평균으로 경화판의 음영 정도를 측정하였다. CAG진단을 표준으로 CTA 진단의 예민도, 특이도, 양성 및 음성 예측도를 구하였다.

CAG

침습적인 관상동맥 혈관조영술은 선택적인 혈관조영법에 따라 양측 관상동맥을 표준 다방면 영상으로 촬영하였다. 복합적인 경화판에 대한 분석은 이전에 알려진 방법을 이용하였고(1, 10, 11), 50% 이상의 내경 협착을 보이는 병변을 분석하였고, 다음 중 두 개 이상의 병변이 있을 때 복합적인 병변으로 평가하였다(1): 혈관의 단절이 있거나, 혈관 내 조영제의 충만 결손이 보이는 경우, 주변에 조영제로 차있는 비정형적 경계를 보이는 경우, 혈전 내로 조영제가 차는 궤양을 동반하거나 혈전 내 조영제가 지속적으로 남아있는 경우이다. 관상동맥 혈관 조영술은 한 명의 심장내과 의사가 분석하였다.

IVUS

14명의 환자가 고식적 혈관조영술에서 파열성 경화판 병변이 의심되었던 좌전하 관상동맥(left anterior descending coronary artery, 이하 LAD)에서 중재적 시술 전에 IVUS (Galaxy II system; Atlantis 40 MHz Catheter, Boston Scientific/Scimed, Inc., Maple Grove, Minnesota)를 시행받았고 CTA의 경화판 파열 여부와 비교하였다. IVUS는 0.2 mg의 나이트로 글리세린(nitroglycerin)을 주입하면서 초음파 유도자(transducer)를 후방으로 빼면서(0.5 mm/s) 검사하였다. 유도자는 360도 회전이 가능한 30-MHz 주파수를 가지고 있으며 파열된 경화판 분석은 미국 심장학회의 보고 방법(12)에 따라 기술하였다. 파열된 경화판은 내부에 혈관 내면과 연결된 공간을 포함하며, 한 혈관 내의 서로 다른 경화판은 최소한 5 mm이상 떨어져 있는 경우로 하였다(13).

통계분석

통계적 처리는 EXCEL 2003(Microsoft Corporation, Washington, USA) 버전을 사용하였으며 통계 값은 평균± 표준오차로 표기하였고 $p < 0.05$ 를 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 관상동맥 CTA와 침습적인 관상동맥조영술의 결과의 일치도(agreement)를 kappa 통계 기법으로 분석하였다($\kappa < 0.21$, poor agreement; $\kappa = 0.21\text{--}0.40$, fair; $\kappa = 0.41\text{--}0.60$, moderate; $\kappa = 0.61\text{--}0.80$, good; and $\kappa > 0.80$, excellent). 협착의 정도는 이표본 t-검정 검사로 확인하였다. 경화판 파열에 대한 관상동맥CTA에 대한 참고 기준은 침습적인 관상동맥조영술로 하였으며, 병변 발견의 예민도, 특이도, 양성 및 음성 예측도를 구하였다.

Table 1. Complex Plaque Features in CTA and CAG

	CTA	CAG	Common κ	95% CI
Vessel cutoff	7 (16%)	11 (27%)	0.57	0.27-0.87
Intraluminal FD	13 (30%)	15 (32%)	0.77	0.56-0.98
Irregularity	23 (52%)	33 (75%)	0.52	0.29-0.75
Ulceration	5 (11%)	7 (16%)	0.60	0.25-0.95

Note.— CTA = CT angiography; CAG = Conventional coronary angiography; FD = filling defect; “ κ ” means interrater (two imaging modalities) reliability; CI = confidence interval.

결 과

CAG로 진단된 1개 이상의 복합성 경화판을 갖고 있으면서 CTA를 시행 받은 36명을 분석하였다. 평균 연령은 65 ± 14 세였고 이중 남성과 여성은 각각 27명, 9명이였다. 환자 대부분(32명, 89%)은 초기에 흉통을 호소하였지만 모두 저위험군으로 분류되어 관상동맥CTA를 촬영하게 되었다. 나머지 4명(11%)은 최근에 발생한 흉통으로 선택적으로 관상동맥CTA를 촬영하였다. 침습적인 CAG는 CT 촬영 후 2달 이내(15.5 ± 15.7 일)에 이루어졌다.

관상동맥CTA 결과

관상동맥CTA에서 복합성의 경화판을 보인 경우는 34예(77%)로 침습적인 관상동맥 혈관조영술에서 보인 44예(100%)와 조금의 차이를 보였다. 또한, 이들 병변을 가지고 있는 혈관 내경 협착은 $62 \pm 20\%$ 로 고식적인 혈관조영술 평균($72 \pm 16\%$)과 비교하여 10% 정도 작게 측정되었다($p=0.0016$). 복합성 경화판의 특성을 분석한 결과 혈관 단절이 7예(16%), 혈관내 결손 13예(30%), 경계의 비정형성 23예(52%), 궤양 5예(11%)가 확인되었다(Table 1) (Figs. 1-4). 복합성 경화판은 100 HU미만(66 ± 21 Hounsfield Units)을 보였다. 28예(64%)에서 편측성을 보였다. 혈관내초음파와 침습적인 CAG와 비교하여 관상동맥 CTA의 과열성 경화판의 진단 예민도와 특이도, 양성 및 음성 예측도는 각각

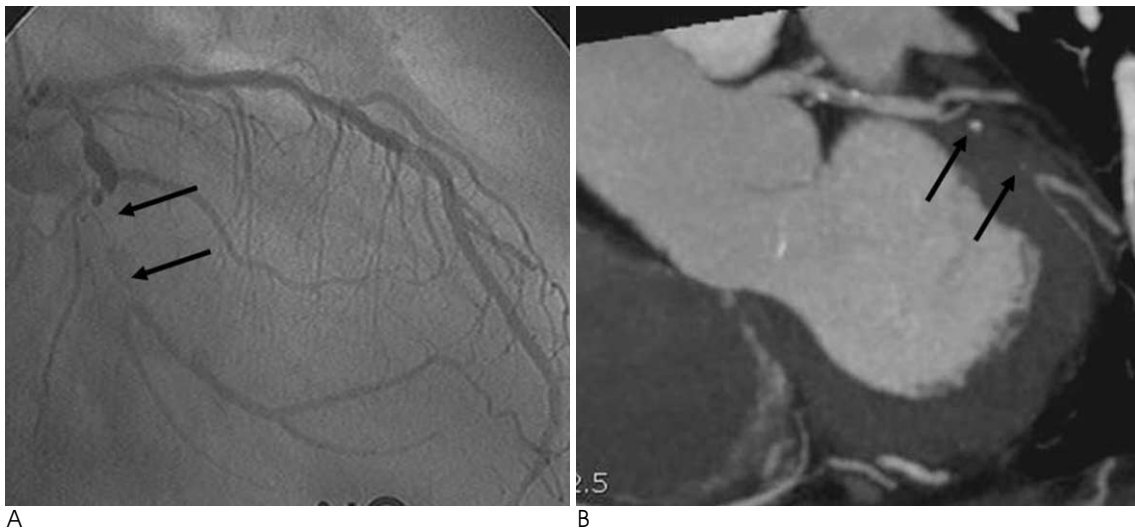


Fig. 1. A 71-year-old man with chest pain. Invasive coronary angiography (A) shows LCX plaque characterized by bulky, lucent lesion with occlusion of distal LCX (arrows). CTA image (B) reveals similar morphology characterized by a bulky, hypodense plaque (arrows) with contrast filling distally in distal segment of LCX.

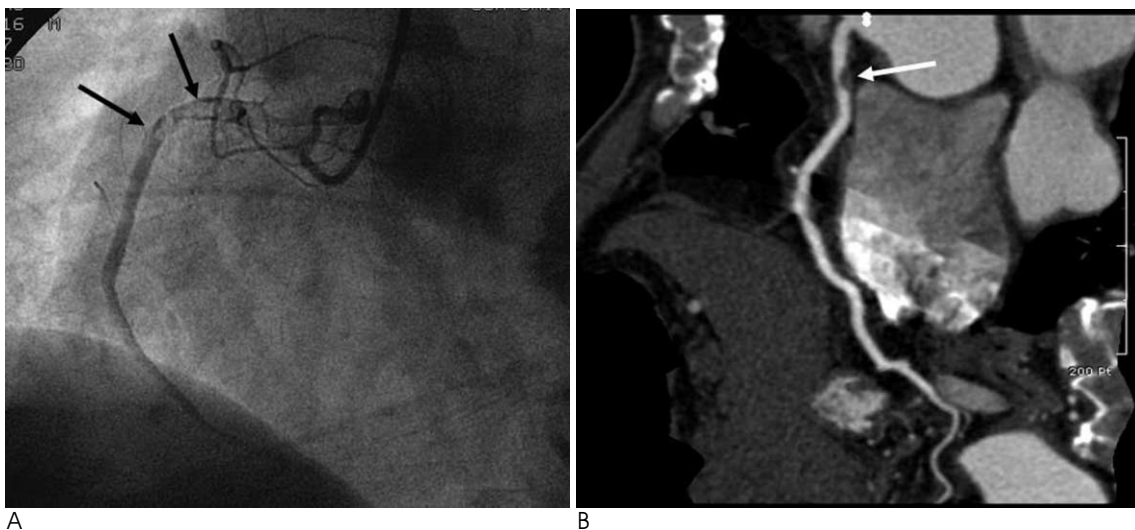


Fig. 2. A 63-year-old man with unstable ruptured RCA lesion. Invasive coronary angiography (A) documents filling defect, complex plaque severely narrowing the proximal segment of RCA (arrows). CTA image (B) shows a concordant bulky, eccentric and hypodense filling defect in proximal segment of RCA (arrow).

Table 2와 같았다.

CAG 결과

모든 36명 환자에서 50% 이상의 협착이 확인되었고, 8예에서 다발적인 복합성 경화판이 확인되었다. 혈관 단절이 11예(27%), 혈관내 결손 15예(32%), 경계의 비정형성 33예(75%), 폐양 7예(16%)가 확인되었다(Figs. 1-4).

IVUS 결과

CAG를 시행한 환자 중 일부인 14명의 LAD에서 IVUS를 시행하였으며 모두 파열성 경화판으로 진단되었다.

고 찰

관상동맥CTA는 CAG와 비교하여 복합성 파열 경화판의 형태적 변화를 잘 보여줄 수 있는 비침습적 영상법이다. 두 검사의 기본적인 차이를 이해하는 것이 두 영상을 비교하는 기본이 된다. CAG는 혈관 내부, 즉 조영제가 채워지는 부분만을 분석할 수 있다. 따라서, IVUS 등을 보조적으로 사용할 때 혈관벽의 경화판을 분석할 수 있게 된다(2, 3). 관상동맥CTA 역시 유사한 혈관 조영 방법을 취하는데, 같은 정도의 해상도를 구현할 수는 없다. 하지만, 조직간의 음영대조도를 이용하여 혈관벽의 구조형태와 병변을 분석할 수 있게 되었고, IVUS와 비

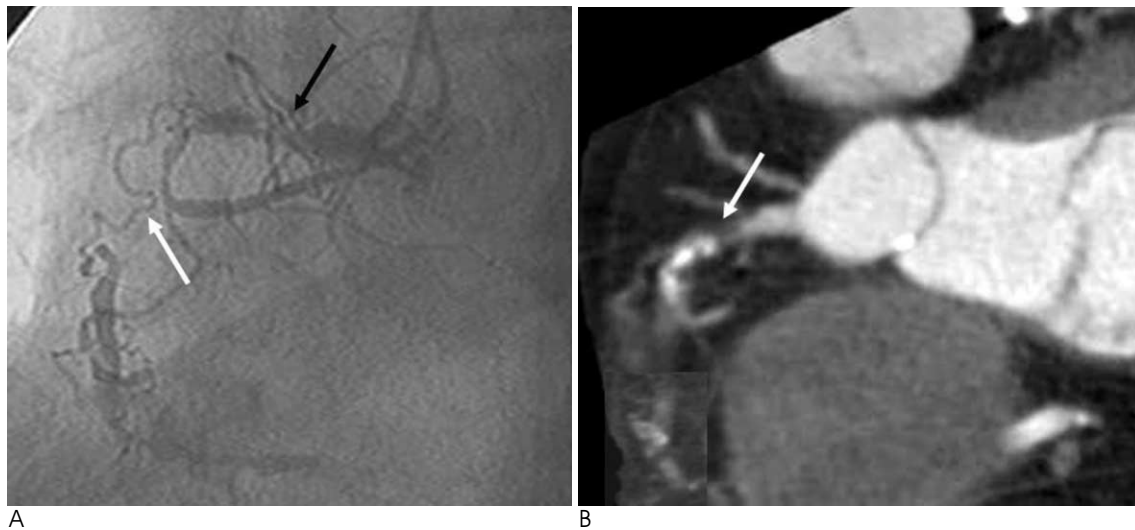


Fig. 3. A 78-year-old man with acute chest pain. Coronary angiogram (A) demonstrates severely irregular, stenotic lesion (black arrow) and occlusion (white arrow) in the proximal and middle segment of RCA, respectively. The CTA image (B) shows eccentric and hypodense plaque with irregular margin (arrow) compared to invasive coronary angiography.

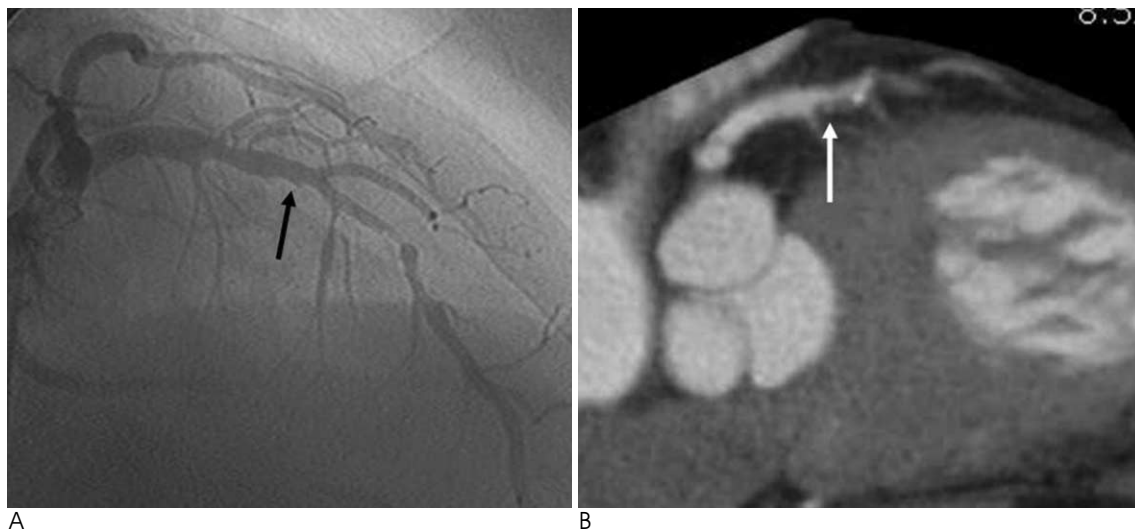


Fig. 4. A 69-year-old man with atypical chest pain over 7 days duration. Invasive coronary angiography (A) shows hazy irregular lesion (dark arrow), with punctuate zone of ulceration (arrow) in middle segment of LAD. CTA (B) demonstrates the LAD lesion as irregular and eccentric low density plaque with intra-plaque contrast penetration indicative of ulceration (arrow).

Table 2. Predictive Accuracy of Complex Plaque Features by CTA

	Sensitivity	Specificity	Ppred	Npred
Vessel cutoff	6/11 (42%)	32/33 (97%)	6/7 (86%)	32/37 (86%)
Intraluminal FD	12/15 (80%)	28/29 (96%)	12/13 (92%)	28/31 (90%)
Irregularity	21/33 (64%)	9/11 (82%)	21/23 (91%)	9/21 (43%)
Ulceration	4/7 (57%)	36/37 (97%)	4/5 (80%)	36/39 (92%)

Note.— Ppred = positive predicted value; Npred = negative predicted value.

교하는 많은 연구 결과들이 보고되고 있다(14-19). 최근까지 많은 보고는 혈관 내경 협착과 관상동맥경화증의 존재를 확인하는 CTA의 유용성에 대한 것들이 많았지만(4-8), 관상동맥 CTA는 그 외에도 경화판의 특성을 분석할 수 있는 유용성이 있다(17). 이전 보고들에서 IVUS와의 비교를 통해서 CTA가 경화판의 음영 정도와 형태를 분석할 수 있음이 알려져 있었지만 파열성 경화판에 대한 보고는 많지 않았다. 알려진 바로는 불안정형 경화판은 저음영과 편측성을 보이고, 혈관의 양성 재형성이 있다(20, 21). 하지만, 이전의 많은 보고는 16-절편 CT를 사용한 보고들이었고, 두 영상법을 이용해서 복합성 병변을 분석하거나 특징을 묘사하지 못하였다. 저자들의 연구에서는 64-절편 CT를 이용한 CTA가 CAG로 확진된 복합성 병변과 유사한 형태학적 특징을 잘 묘사함을 알 수 있었고, 제한적으로 시행된 IVUS지만 CTA의 경화판 파열이 재차 확인되었다.

경화판 파열은 급성관상동맥증후군의 중요한 원인이며 흔탁한 음영과 비정형적 경계를 갖고, 폐양을 동반하는 복합성 경화판이 중요한 소견으로 혈관 내벽의 결절상 변형과 혈류이상을 가져오게 된다(22, 23). 저자들의 연구에서 복합성 경화판은 경계의 비정형, 동맥의 단절, 결손 음영, 폐양 등이 중요한 진단 소견으로 CAG의 결과와 비침습적인 관상동맥 CTA가 유사한 결과를 보여 관상동맥CTA가 보조적 영상법으로 임상적인 활용도가 클 것으로 기대된다. IVUS의 다른 보고들(5, 17, 21)과 같이 관상동맥CTA에서 복합성 경화판은 66 ± 21 HU를 보였고, 64%에서 편측성을 보였다. CT를 이용한 경화판 음영에 대한 보고는 보고자간의 차이가 있는데, Sun 등(15)은 연성 경화판(soft plaque), 섬유성 경화판(fibrous plaque), 석회성 경화판(calcified plaque)이 각각 72 ± 36 HU, 90 ± 27 HU, 772 ± 251 HU로 나타났다고 보고 했다. Schroeder 등(24)과 Leber 등(25)은 14 ± 26 H, 91 ± 21 H, 419 ± 194 H과 49 ± 22 H, 91 ± 22 H, 391 ± 156 H로 보고 하였다. 이와 같은 차이는 지방 및 섬유조직과 신생혈관 및 혈전 등의 다양한 조직성분이 혼합되어 다르게 나타나는 것으로 추정된다.

이 연구의 제한점은 첫째로 작은 수의 후향적 연구로 관상동맥CTA가 CAG로 확진된 복합성 파열 경화판을 진단하는데 유용한지 알아보는 것인데, 확진된 환자군을 대상으로 하였기 때문에 상대적으로 높은 진단율과 양성예측도를 보일 수 있는 선택적 오류가 있다. 따라서, 본 연구가 파열성 경화판을 진단하고 예측하는데 CTA가 유용한 검사임을 밝혔다고 하더라도 전향적 임상적용에는 주의가 필요하다. 둘째로, 침습적인

CAG를 파열성 경화판과 복합성 병변의 진단 기준으로 삼았지만(26), 이들 영상적 진단은 기본적으로 환자의 임상증상과 다른 검사결과들을 종합적으로 검토하여 결정된 사항으로, 보는 사람의 관점에 따라 다를 수 있다. 따라서, 저자들은 이와 같은 제한점을 극복하기 위해 직접 혈관벽을 관찰할 수 있는 IVUS를 시행하였다. 하지만, 이 검사 역시 고가의 검사로 14명(39%)의 환자에게서만 시행되었다. 셋째로, 관상동맥 CTA 역시 아직 혈관벽을 명확히 분석할 수 있는 해상도를 보이지 못하기 때문에 CAG나 IVUS의 결과들을 토대로 비교해야 하는 한계가 있고, 조직병리학적 결과와의 일치도에 대한 연구가 미비하다는 제한점이 있다. 또한, 혈관벽의 석회화나 촬영시 발생한 허상 등으로 결과를 분석할 수 없었던 경우를 제외하였다. 넷째, 대부분 환자에서 흉통을 주소로 내원하였으나 이들 증상이 실제 의심되는 복합성 경화판의 파열로 인한 것인지 명확하지 않다. 따라서, CTA를 통한 파열성 경화판의 진단이 절대적인 임상적 효용성과 유용성을 갖는지에 대한 연구가 좀 더 필요할 것으로 보인다. 결론적으로 관상동맥CTA는 CAG와 비교하여 협심증 환자에서 복합적인 경화판을 검사하는 정확하고 유용한 비침습적인 영상법이다.

참 고 문 헌

1. Lee SG, Lee CW, Hong MK, Kim JJ, Park SW, Park SJ. Change of multiple complex coronary plaques in patients with acute myocardial infarction: a study with coronary angiography. *Am Heart J* 2004;147:281-286
2. Hong YJ, Mintz GS, Kim SW, Okabe T, Bui AB, Pichard AD, et al. Impact of plaque rupture and elevated C-reactive protein on clinical outcome in patients with acute myocardial infarction: an intravascular ultrasound study. *J Invasive Cardiol* 2008;20:428-435
3. Hong MK, Mintz GS, Lee CW, Kim YH, Lee SW, Song JM, et al. Comparison of coronary plaque rupture between stable angina and acute myocardial infarction: a three-vessel intravascular ultrasound study in 235 patients. *Circulation* 2004;110:928-933
4. Hoffmann MH, Shi H, Schmitz BL, Schmid FT, Lieberknecht M, Schulze R, et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA* 2005;293:2471-2478
5. Herzog C, Zwerner PL, Doll JR, Nielsen CD, Nguyen SA, Savino G, et al. Significant coronary artery stenosis: comparison on per-patient and per-vessel or per-segment basis at 64-section CT angiography. *Radiology* 2007;244:112-120
6. Meijboom WB, Weustink AC, Pugliese F, van Mieghem CA, Mollet NR, van Pelt N, et al. Comparison of diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in women versus men with angina pectoris. *Am J Cardiol* 2007;100:1532-1537
7. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, Ross MA, O'Neil BJ,

- Raff GL. A randomized controlled trial of multi-Slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:863-871
8. Hoffmann U, Nagurnev JT, Moselewski F, Pena A, Ferencik M, Chae CU, et al. Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation* 2006;114:2251-2260
9. Noda M, Takagi A, Kuwatsuru R, Mitsuhashi N, Kasanuki H. Prognostic significance of multiple-detector computed tomography in conjunction with TIMI risk score for patients with non-ST elevation acute coronary syndrome. *Heart Vessels* 2008;23:161-166
10. Rehr R, Disciascio G, Vetrover G, Cowley M. Angiographic morphology of coronary artery stenosis in prolonged rest angina: evidence of intracoronary thrombosis. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1429-1437
11. Qiao JH, Fishbein MC. The severity of coronary atherosclerosis at sites of plaque rupture with occlusive thrombosis. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:1138-1142
12. Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ, et al. American College of Cardiology clinical expert consensus document on standards for acquisition, measurement and reporting of intravascular ultrasound studies (IVUS): a report of the American College of Cardiology task force on clinical expert consensus documents. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1478-1492
13. Kotani J, Mintz GS, Castagna MT, Pinnow E, Berzinger CO, Bui AB, et al. Intravascular ultrasound analysis of infarct-related and non-infarct-related arteries in patients who presented with an acute myocardial infarction. *Circulation* 2003;107:2889-2893
14. Raff G, Goldstein JA. Coronary angiography by computed tomography: coronary imaging evolves. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:1830-1833
15. Sun J, Zhang Z, Lu B, Yu W, Yang Y, Zhou Y, et al. Identification and quantification of coronary atherosclerotic plaques: a comparison of 64-MDCT and intravascular ultrasound. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:748-754
16. Dragu R, Kerner A, Gruberg L, Rispler S, Lessick J, Ghersin E, et al. Angiographically uncertain left main coronary artery narrowings: correlation with multidetector computed tomography and intravascular ultrasound. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008;24:557-563
17. Pohle K, Achenbach S, Macneill B, Ropers D, Ferencik M, Moselewski F, et al. Characterization of non-calcified coronary atherosclerotic plaque by multi-detector row CT: comparison to IVUS. *Atherosclerosis* 2007;190:174-180
18. Komatsu S, Hirayama A, Omori Y, Ueda Y, Mizote I, Fujisawa Y, et al. Detection of coronary plaque by computed tomography with a novel plaque analysis system, 'Plaque Map', and comparison with intravascular ultrasound and angiography. *Circ J* 2005;69:72-77
19. Achenbach S, Moselewski F, Ropers D, Ferencik M, Hoffmann U, MacNeill B, et al. Detection of calcified and noncalcified coronary atherosclerotic plaque by contrast-enhanced, submillimeter multi-detector spiral computed tomography: a segment-based comparison with intravascular ultrasound. *Circulation* 2004;109:14-17
20. Kunimasa T, Sato, Y, Sugi K, Moroi M. Evaluation of multislice computed tomography of atherosclerotic coronary artery plaques in non-culprit, remote coronary arteries of patients with acute coronary syndrome. *Cir J* 2005;69:1346-1351
21. Caussin C, Ohanessian A, Ghostine S, Jacq L, Lancelin B, Dambrin G, et al. Characterization of vulnerable nonstenotic plaque with 16-slice computed tomography compared with intravascular ultrasound. *Am J Cardiol* 2004;94:99-104
22. Goldstein JA, Demetriou D, Grines CL, Pica M, Shoukfeh M, O'Neill WW. Multiple complex coronary plaques in patients with acute myocardial infarction. *NEJM* 2000;343:915-922
23. Little WC, Applegate RJ. The shadows leave a doubt-the angiographic recognition of vulnerable coronary artery plaques. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1362-1364
24. Schroeder S, Kopp AF, Baumbach A, Meisner C, Kuettner A, Georg C, et al. Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1430-1435
25. Leber AW, Knez A, Becker A, Becker C, von Ziegler F, Nikolaou K, et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1241-1247
26. Klein LW, Calvin JE. Unstable angina: pathogenetic mechanisms, coronary angiographic observations, risk stratification, and therapeutic implications. *Heart Dis* 1999;1:19-28

Analysis of Complex Coronary Plaque in Multidetector Computed Tomography: Comparison with Conventional Coronary Angiography¹

Dong Hun Kim, M.D., Duk-Won Bang, M.D.², Eun Ha Suk, M.D.³, Yoon Haeng Cho, M.D.⁴

¹Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital Bucheon

²Department of Internal Medicine, Soonchunhyang University Hospital

³Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Asan Medical Center

⁴Department of Internal Medicine, Soonchunhyang University Hospital Bucheon

Purpose: To delineate complex plaque morphology in patients with stable angina using coronary computed tomographic angiography (CTA).

Materials and Methods: 36 patients with complex plaques proven by conventional coronary angiography (CAG), who had taken CTA for evaluation of typical angina, were enrolled in this study. Intravascular ultrasonography (IVUS) was performed in 14 patients (16 lesions). We compared CTA with CAG for plaque features and analyzed vascular cutoff, intraluminal filling defect in a patent vessel, irregularity of plaque, and ulceration. Also, the density of plaque was evaluated on CTA.

Results: CAG and CTA showed complex morphology in 44 cases (100%) and 34 cases (77%), respectively, with features including abrupt vessel cutoff (27 vs. 16%, $\kappa = 0.57$), intraluminal filling defect (32 vs. 30%, $\kappa = 0.77$), irregularity (75 vs. 52%, $\kappa = 0.52$), and ulceration (16 vs. 11%, $\kappa = 0.60$). CTA indicated that the complex lesions were hypodense (mean = 66 ± 21 Hounsfield Units).

Conclusion: CTA is a very accurate and useful non-invasive imaging modality for evaluating complex plaque in patients with typical angina.

Index words : Tomography, X-Ray Computed
Angiography
Coronary Vessels

Address reprint requests to : Dong Hun Kim, M.D., Ph.D., Department of Radiology, Soonchunhang University Bucheon Hospital,
1174 Jung-dong, Wonmi-gu, Bucheon, Gyeonggi-do 420-853, Korea.
Tel. 82-32-621-5851 Fax. 82-32-621-5874 E-mail: dhk0827@schmc.ac.kr