

관상동맥 컴퓨터 단층 촬영술과 운동부하 심전도 검사의 실제임상에서의 검사 정확도 비교

경상대학교 의학전문대학원 ¹내과학교실 순환기내과, ²영상진단학교실, ³경상대학교 건강과학연구원

윤성은^{1*} · 강영란^{1*†} · 김계환¹ · 최영민¹ · 최정우¹ · 고진신^{1,3} · 박정량^{1,3} · 박용휘^{1,3}
황석재^{1,3} · 정영훈^{1,3} · 곽충환^{1,3} · 최호철^{2,3} · 전경녀^{2,3} · 황진용^{1,3}

Comparison of Computed Tomography Coronary Angiography and Exercise ECG Test for Diagnostic Accuracy in Real-World Practice

Seongeun Yun^{1*}, Young Ran Kang^{1*†}, Kyehwan Kim¹, Young Min Choi¹, Jungwoo Choi¹, Jin-Sin Koh^{1,3},
Jeong Rang Park^{1,3}, Yongwhi Park^{1,3}, Seok-Jae Hwang^{1,3}, Young Hoon Jung^{1,3}, Choong Hwan Kwak^{1,3},
Hocheol Choi^{2,3}, Kyung Nyeo Jeon^{2,3}, and Jin-Yong Hwang^{1,3}

*Division of ¹Cardiology, Departments of Internal Medicine, and ²Radiology, Gyeongsang National University Hospital,
Gyeongsang National University School of Medicine; ³Institute of Health Science,
Gyeongsang National University, Jinju, Korea*

Background/Aims: The exercise ECG test (XECG) and computed tomography coronary angiography (CTCA) have been used widely in initial evaluations of coronary artery disease (CAD) in real-world practice. In this study, we compared the diagnostic power of CTCA and XECG, based on conventional coronary angiography (CCA).

Methods: We enrolled 589 consecutive patients retrospectively who had been examined with both XECG and CTCA for the evaluation of CAD in outpatient clinics. Significant stenosis was defined as more than 50% diameter stenosis. Triage to CCA and/or revascularization treatment (RT) by the results of XECG and CTCA and the diagnostic accuracy of both exams, based on CCA, were investigated.

Results: In the 589 patients, 107 (19%) were triaged to CCA for further evaluation; in 77 (12.8%) significant stenosis was detected on CCA. Also, 65 (11%) patients underwent RT. In the CTCA results, 120 patients had significant stenosis. Of them, 58 (48%) and 75 (62%) patients were triaged to RT and CCA, respectively. Based on the XECG, 115 positive patients were triaged to RT and CCA (23 [20%]/41 [35%]). Among 107 patients with CCA, the sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value for significant stenosis on CCA of CTCA were 89.9%, 74.0%, 90.6%, and 71.4%, respectively, and those of

Received: 2014. 1. 7

Revised: 2014. 2. 7

Accepted: 2014. 5. 3

Correspondence to Jin-Yong Hwang, M.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Gyeongsang National University Hospital, 79 Gangnam-ro, Jinju 660-702, Korea

Tel: +82-55-750-8064, Fax: +82-55-758-9122, E-mail: jyhwan@gnu.ac.kr

*Co-first authors; Both authors had contributed equally to this study.

†Current Address: Hanil Hospital, Jinju 660-902, Korea

Copyright © 2014 The Korean Association of Internal Medicine

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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

XECG were 50.0, 67.9, 78.0, and 37.3, respectively. The kappa value of CCA and CTCA was 0.62 ($p < 0.001$) and that of CCA and XECG was 0.145 ($p = 0.113$).

Conclusions: In real-world practice, CCA was decided on more frequently, based on CTCA. CTCA showed better diagnostic accuracy than XECG. (Korean J Med 2014;87:165-172)

Keywords: Computed tomography coronary angiography; Exercise ECG test; Coronary artery disease

서 론

임상에서 흉통을 호소하는 환자에서 다른 질환과 관상동맥 질환을 감별 진단하는 것은 매우 중요한 문제이다. 현재까지 흉통의 선별 검사로 운동이 가능한 환자에서 저비용의 운동부하 심전도 검사(exercise ECG test, XECG)가 널리 사용되었고 운동이 불가능한 환자에서는 약물부하 영상 검사가 널리 사용되어 왔다[1-5]. 그러나 XECG는 낮은 민감도와 특이도를 보이고 약물부하 영상검사로 널리 사용되는 핵의학 관류 검사의 경우는 검사를 위해 많은 시간이 소요되며 약물부하 심전도 검사는 훈련된 전문가가 필요하다는 점에서 선별 검사로서 제한점이 있다[6-8].

최근에 임상에 도입된 관상동맥 컴퓨터 단층 촬영술(coronary CT angiography, CTCA)은 관상동맥의 협착을 진단하는 데 높은 특이도를 보이며 관상동맥의 동맥경화반을 관찰할 수 있어서 환자의 심혈관계 위험도를 평가하는 데 유용하다[9-15]. 또한 응급실로 내원한 고위험군의 급성 흉통의 진단 및 치료판단에 도움이 된다는 보고들이 있었다[16-18]. 미국심장학회의 권고안에서는 중간위험도를 가진 환자에서 CTCA의 진단적 사용이 권장되고 있다[19]. 그러나 외래를 내원하는 비교적 저위험군에서 CTCA와 현재까지 널리 사용되고 있는 XECG를 선별 검사로 사용하였을 때 두 검사의 진단적 유용성의 비교 연구는 많지 않다. 본 연구는 외래에서 관상동맥 질환을 진단하기 위해 CTCA와 XECG 검사를 같이 시행한 환자를 대상으로 각각의 검사를 첫 번째 선별 검사로 선택했을 때 고식적 관상동맥 조영술(conventional coronary angiography, CCA) 및 재관류 시술(revascularization therapy, RT)로 진행되는 비율과 CCA를 기준으로 한 검사의 진단 정확도를 비교 분석하여 선별적 검사로서의 역할을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

연구대상

2006년 1월부터 2010년 3월까지 경상대학교병원 외래에서 관상동맥 질환을 평가하기 위해 CTCA와 XECG 검사를 같이 시행한 환자를 대상으로 후향적으로 분석하였다. 두 가지 검사를 모두 시행한 환자들 중 스텐트를 삽입하였거나 관상동맥 우회술(coronary artery bypass graft surgery)을 시행한 환자, 두 가지 검사의 시행일자가 3개월 이상의 간격을 보이는 자는 제외하였다. 최종적으로 두 가지 검사를 모두 시행한 사람 636명의 환자 중 38명을 제외하고 모두 598명의 환자가 포함되었다. 이 환자들 중 CCA를 시행한 107명에서 CCA 협착 50% 이상을 기준으로 CTCA와 XECG의 진단능을 비교 분석하였다. 본 연구는 경상대학교병원 Internal Review Board의 승인을 득하여 진행하였다.

연구방법

운동부하 심전도 검사

운동부하 심전도 검사는 목표 심박수를 연령으로 보정한 최대 심박수의 85% 이상을 적정 수준으로 설정해 Bruce protocol로 시행하였다. 심근의 허혈성 변화가 있는 것으로 판단하는 ST절의 변화는 12유도 심전도에서, J point로부터 60 msec 후에 1 mm 이상의 수평형 혹은 하향형 ST절 하강이 있는 경우, J point에서 80 msec 후에 2 mm 이상의 상향형 ST절의 하강이 있는 경우로, 연속된 2유도 이상, 연속된 2 beats 이상에서 확인될 때로 정의하였다. 검사 결과에 따라 심근의 허혈성 변화를 나타내는 경우를 “양성(positive)”, 변화가 없는 경우를 “음성(negative)”으로 나타내었고 목표 심박수까지 시행하지 못하고 중단한 경우나 판단이 어려운 경우를 “미결정(uninterpretable)”으로 분류하였다.

64열 다중검출 관상동맥 컴퓨터 단층 촬영술

64열 컴퓨터단층촬영기(Brilliance, Philips Medical Systems, Cleveland, Ohio)의 검출기 폭 조절은 Pitch 0.2, Collimation은 64×0.625 mm, 회전시간은 0.4초였고 두께는 0.67 mm로 기관 분지부부터 횡격막까지 영상을 얻었다. 전체 촬영 시간은 9.187초로 설정되었다. 사용된 조영제는 Iomeprol (Iomeron 400, Bracco, Milan, Italy)로, 초당 5 cc로 조영제 80 mL를 주입 후 같은 속도로 생리 식염수 50 mL를 정맥으로 주입하였다. 심박수가 70회/분이 초과하는 경우 1시간 전에 propranolol 40 mg을 복용시킨 후 심박수가 70회/분 이하일 때 검사를 시행하였다.

영상의 분석은 동일 회사의 workstation에서 분석하였다. 후향적 동조화 기법(retrospective gating technique)을 사용하여 75% RR 간격에서 영상을 재구성하여 평가한 뒤, 최적의 영상이 아닐 때는 다른 RR 간격에서 재구성하여 평가하였다. 재구성된 모든 영상은 숙련된 영상의학과 전문의가 평가하였다. 평가된 결과를 토대로 모두 5그룹으로 분류하였다. Group I은 이상소견이 없이 정상 관상동맥인 경우, group II는 석회화에 의해 협착의 정도나 경화반의 판단이 어려워 분석이 힘든 경우, group III은 심근교(myocardial bridge, MB)만 있는 경우, group IV는 50% 이하의 관상동맥협착이 있거나 경화반이 있는 경우(경화반은 감쇠계수가 130 HU 이하이면서 관상동맥벽의 두께가 1 mm 이상으로 두꺼워진 부분으로 정의함), group V는 50% 이상의 의미 있는 관상동맥협착이 있는 경우로 분류하였다. 관상동맥 협착의 분절위치는 Modified American Heart Association coronary artery model [20]을 기준으로 분류하여 기록하였다.

고식적 관상동맥 조영술

고식적 관상동맥 조영술(conventional coronary angiography, CCA)은 일반적인 Judkin's method로 시행하였고 관상동맥조영촬영기(ALLURA Xper FD 20, Phillips, Netherland)에서 협착의 정도는 quantitative coronary angiography에 의해 분석하였고 관상동맥의 협착 정도는 50% 이상 내강이 좁아진 경우를 의미 있는 협착 병변으로 분류하였다. 이를 CTCA와 XECG와 비교 분석하였다. 또한 관상동맥 협착 정도 70% 이상을 기준을 하여 XECG와 비교하였다.

통계 및 분석

모든 자료의 통계학적 비교분석은 SPSS 17.0프로그램(SPSS

Inc, Chicago, Illinois, USA)을 이용하였고, 연속변수는 평균 $\pm$ 표준편차로 표시하였고 two-side student *t*-test로 검정하였고 범주형 변수는 숫자와 전체에 대한 백분율로 표시하고 Pearson Chi-square test로 검정하였다. *p* value가 0.05 이하인 경우를 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 처리하였다.

결 과

환자의 특징

598명의 환자에서 남자는 404명(64.6%), 여자는 194명(31.4%) 이었고, 평균 연령은 55세(17-79세)였으며 관상동맥 질환의 위험연령으로 45세 이상의 남자와 55세 이상의 여자는 454

Table 1. Patient characteristics (n = 598)

Characteristics	Value
Age, yr	56.0 $\pm$ 1.1
Gender	
Men	404 (67.6)
Women	194 (31.4)
Body Mass Index, kg/m ²	24.7 $\pm$ 3.52
Reason for study	
Chest pain	542 (90.2)
Operability	15 (2.5)
Dyspnea	30 (5.0)
Screening	11 (1.8)
Risk factors	
Diabetes Mellitus	116 (19.4)
Hypercholesterolemia	75 (12.5)
Hypertension	243 (40.6)
Smoking	219 (36.6)
Age (men > 45 and women > 55 yr old)	454 (75.9)
Family history of CAD	16 (2.6)
Conventional coronary angiography	107 (17.8)
> 50% stenosis, any vessel	77 (12.8)
Single-vessel disease	51 (8.5)
Two-vessel disease	15 (2.5)
Three-vessel disease	9 (1.5)
Lt main disease	2 (0.3)
Revascularization	69 (11.5)
Percutaneous coronary intervention	65 (10.8)
Bypass graft surgery	4 (0.6)

Values are presented as mean $\pm$ SD or number (%).

명(75.9%)이었다. 관상동맥 질환의 위험인자가 없는 환자는 81명(13.5%), 위험인자 1개를 가진 환자는 153명(25.6%), 위험인자 2개인 환자는 201명(33.6%), 3개 이상을 가진 환자는 163명(27.3%)이었다. 대부분의 환자(542명, 90.2%)는 외래에서 흉통의 원인으로 관상동맥 질환을 진단하기 위해 검사를 시행하였다. CCA를 시행한 107명(17.8%)의 환자에서 단일 혈관질환이 77명(72%)으로 가장 많았고 69명(64%)에서 재관류 치료를 받았다(Table 1).

선별 검사로서 XECG와 CTCA의 비교

XECG의 결과로는 598명 중 양성인 115명(19.2%), 음성인 413명(69.1%), 미결정군이 70명(11.7%)이었다(Fig. 1A). CTCA 검사는 120명(20.1%)에서 50% 이상의 의미 있는 관상동맥의 협착 병변이 관찰되었고 석회화와 인공물 효과 등으로 판독이 어려운 경우는 21명(3.7%)이었다. 두 검사에서 일치하는 결과를 나타낸 환자는 384명(64.2%)이었다(Fig. 1B).

XECG 결과를 기준으로 XECG 양성, 음성 및 미결정일 때 CTCA 양성(group V)의 비율은 각각 45/115 (39.1%), 58/413 (14%), 17/70 (24.2%)이었다(Fig. 1A). CCA 시행률은 각각 41/115 (35.6%), 51/413 (12%), 15/70 (21.4%)로 XECG 음성이나 미결정인 경우에서도 14% 환자가 정확한 진단을 위해 CCA가 시행되었다. RT시행은 XECG 양성 26.1%, 음성6.8%, 미결정 18.6%에서 행해졌다(Fig. 1A).

CTCA 결과를 자세히 분류하면 각각 Group I 302명(50.5%), Group II 22명(3.7%), Group III 30명(5.0%), Group IV 124명(20.7%), Group V 120명(20.1%)이었다. CTCA 분류에 따른

XECG 양성률은 Group I, II, III, IV, V에서 각각 35/302 (11.6%), 4/22 (19%), 8/30 (26.7%), 23/124 (18.4%), 45/120 (37.5%)이었다. CTCA에서 협착이 판명된 group V에서도 40% 미만의 낮은 양성을 보였고 정상 관상동맥으로 판독된 group I과 III에서도 13%에서 XECG 양성을 보였다. CTCA 그룹마다 CCA가 시행된 환자의 경우를 분석해 보았을 때, 각 그룹별로 6/302 (1.9%), 4/22 (19%), 1/30 (3%), 20/124 (16.1%), 75/120 (62%)이었다. 정상 관상동맥으로 판독된 group I과 III에서 CCA 시행률은 2%로 극히 낮았으며 RT가 시행된 환자도 group I의 1/302 (0.3%)에 비해 group V에서 64/120 (53.3%)로 뚜렷한 차이를 보여 주었다(Fig. 1B).

CCA는 107명의 환자에서 진행되었으며 XECG 양성이거나 CTCA에서 의미 있는 협착이 판명된 group V에서 74명, XECG 미결정이며 CTCA group V인 경우 15명, XECG 음성 이면서 CTCA group II, III, IV의 경우가 15명이었다. 15명 중 13명은 CTCA의 병변을 확인하고 치료를 결정하기 위해 CCA를 시행하였으며 2명은 변이형 협심증의 확인을 위해 시행되었다. CTCA에서 정상 관상동맥을 보이면서 XECG 음성인 환자는 3명으로 각각 기저 심전도의 심근허혈 의심소견을 보인 환자, XECG에서 심전도의 변화를 동반하지 않았으나 흉통을 호소한 환자 마지막으로 CTCA에서 관상동맥 동-정맥루가 발견되어 치료 방법을 결정하기 위해 시행한 경우였다. 3명의 환자 모두 관상동맥의 의미 있는 협착은 보이지 않았다.

CTCA 양성일 경우 CCA 시행률과 RT 시행률이 XECG 양성일 경우보다 유의하게 높았으며($p < 0.001$), CTCA 음성일

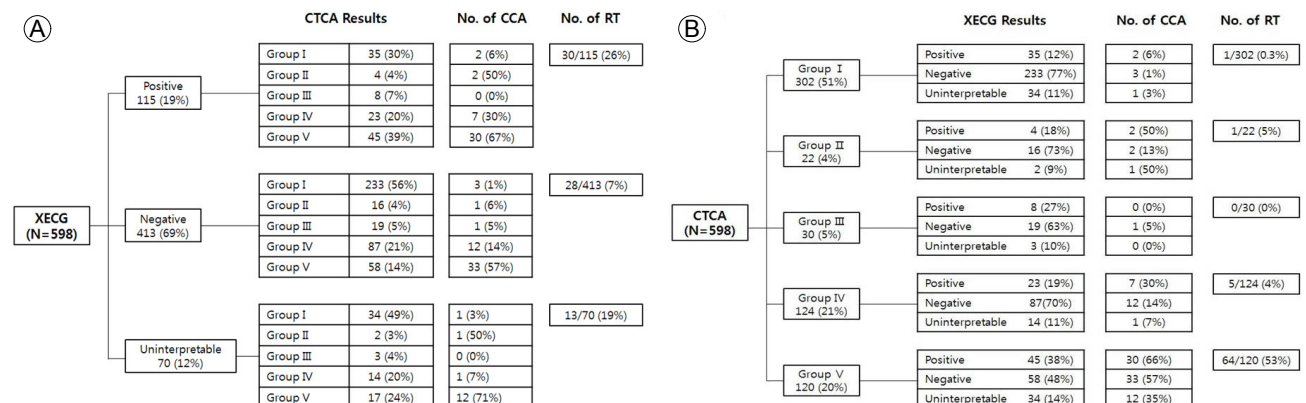


Figure 1. Virtual flow chart of exercise ECG (XECG) followed by CT coronary angiography (CTCA) (A), and CTCA followed by XECG (B). CTCA Group I: normal, Group II: uninterpretable, Group III: myocardial bridge only, Group IV: plaque or mild stenosis (< 50%), Group V: significant stenosis ($\geq 50\%$).

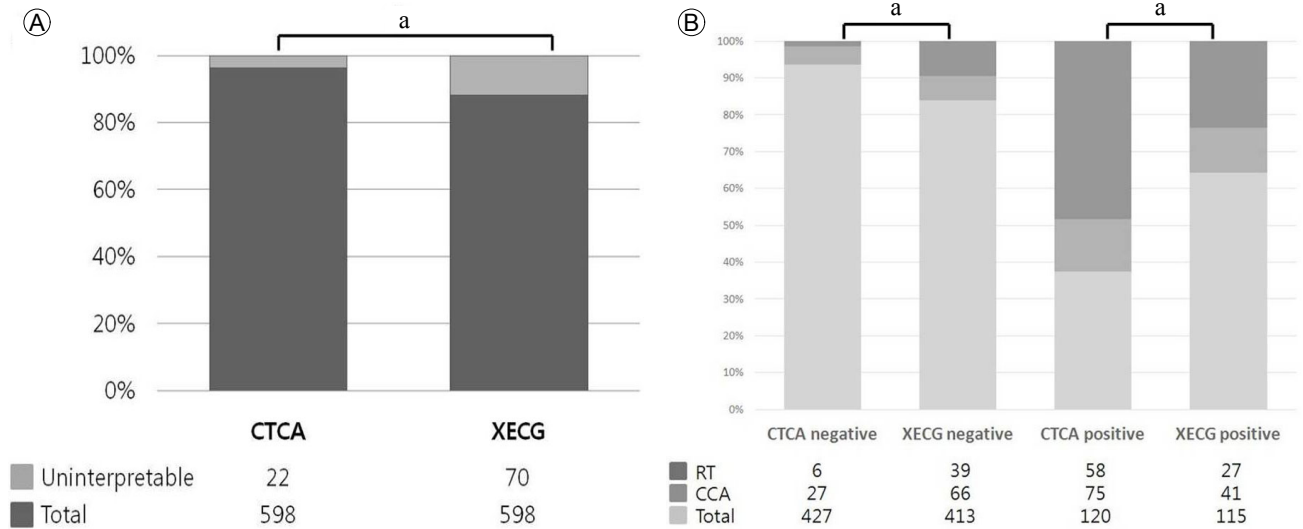


Figure 2. A. Comparison of uninterpretable results of CT coronary angiography (CTCA) and exercise ECG test (XECG). B. Triage rate of conventional coronary angiography (CCA) and revascularization treatment (RT) by CTCA and XECG.

^a $p < 0.05$.

Table 2. Diagnostic performance of computed tomography coronary angiography and exercise ECG test for detection of coronary stenosis ($\geq 50\%$) on conventional coronary angiography (n = 107)

Analysis Per patient with CCA stenosis $\geq 50\%$	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	kappa	p value ^a
CTCA (stenosis $\geq 50\%$)						
Uninterpretable as negative	88.3	76.7	90.7	71.9	0.637	< 0.001
Uninterpretable as positive	90.1	66.7	87.5	74.1	0.594	< 0.001
Exclusion of uninterpretable	90.7	74.1	90.7	71.4	0.647	< 0.001
Exercise ECG test						
Uninterpretable as negative	41.6	70.0	78.0	31.8	0.085	0.269
Uninterpretable as positive	58.4	63.3	80.3	46.3	0.179	0.043
Exclusion of uninterpretable	50.0	67.9	78.0	37.3	0.145	0.113

CCA, conventional coronary angiography; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value; CTCA, computed tomography coronary angiography.

^ap value was obtained by reliability test, kappa value.

경우일 경우에는 CCA 및 RT 시행률이 XECG 음성의 경우보다 유의하게 적었다($p < 0.001$) (Fig. 2). 그러나 두 검사에서 모두 미결정군일 경우 차이는 보이지 않았다.

관상동맥 조영술 결과에 따른 XECG와 CTCA의 진단율

107명 환자에서 CCA가 시행되었고 그 중 77명(72.0%) 환자에서 의미 있는 협착을 보였다. 이 107명의 환자에서 관상동맥 조영술 결과를 기준으로 CTCA와 XECG의 진단율을 비교하였다(Table 2). 50% 이상의 의미 있는 협착을 진단하기 위한 CTCA와 XECG의 민감도는 각각 88.3%, 41.6%, 특

이도는 76.7%, 70.0%, 양성예측률은 90.7%, 78%, 음성예측률은 71.9%, 31.7%, 정확도는 85%, 49.5%였다. XECG에서 미결정군을 양성으로 분류하여 재분석하였을 때 XECG의 진단의 정확도가 향상되는 경향을 보였으나 CTCA의 정확도 정도에는 미치지 못하였다. CTCA와 CCA 결과의 일치율은 kappa value 0.6으로 높았으나($p < 0.001$) XECG와 CCA 협착의 일치율은 낮아서 통계적 의미가 없었다(Table 2). CCA 검사에서 의미 있는 협착의 정도를 70%으로 정의하여 CTCA와 XECG의 검사 정확도를 재분석하여 보았을 때도 유사한 결과를 얻을 수 있었다(Table 3).

Table 3. Diagnostic performance of computed tomography coronary angiography and exercise ECG test for detection of coronary stenosis ($\geq 70\%$) on conventional coronary angiography (n = 107)

Analysis Per patient with CCA stenosis $\geq 70\%$	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	kappa	p value ^a
CTCA (stenosis $\geq 50\%$)						
Uninterpretable as negative	88.7	66.7	84.0	75.0	0.570	< 0.001
Uninterpretable as positive	90.1	58.3	81.0	72.4	0.513	< 0.001
Exclusion of uninterpretable	90.0	63.6	84.0	72.4	0.559	< 0.001
Exercise ECG test						
Uninterpretable as negative	42.3	69.4	73.1	37.9	0.097	0.240
Uninterpretable as positive	59.1	61.1	75.0	43.1	0.184	0.047
Exclusion of uninterpretable	50.8	66.7	73.1	43.1	0.156	0.105

CCA, conventional coronary angiography; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value; CTCA, computed tomography coronary angiography.

^ap value was obtained by reliability test, kappa value.

고 찰

본 연구는 실제 임상에서 흉통의 원인으로 관상동맥 질환의 진단을 위해 XECG와 CTCA를 같이 시행한 동일 환자군에서 두 검사의 임상경로와 진단능을 직접 비교 관찰한 연구이다. 임상이가 확진 검사인 관상동맥 조영술을 결정하는데 XECG보다 CTCA의 결과를 더 신뢰하였고 CCA를 시행한 환자에서 50% 협착율의 진단율을 비교하였을 때 판독불가인 결과를 제외하였을 때 XECG와 CTCA의 특이도는 각각 74%, 68%로 비슷하였으나 민감도 50%, 90%, 음성 예측률이 37%, 71%로 CTCA가 월등히 우수하였다.

임상에서 흉통은 아주 흔하며 흉통에서 관상동맥 질환을 진단하는 것은 아주 중요한 일이다. 실제로 관상동맥이 있다고 진단된 경우 3년간 심혈관 사고로 인한 사망률이 16.5%이지만 비심장성 흉통인 경우 2.7%로 낮은 것으로 볼 때 정확한 진단의 중요성은 매우 높다[21]. 흉통의 원인으로 관상동맥 질환의 협착을 진단하는 데는 일반적으로 환자의 흉통의 양상과 위험인자와 함께 XECG를 우선적인 선별 검사로 사용하고 있으나 XECG의 진단능력에는 제한점이 많다. 그 이유로 첫째, 관상동맥협착을 진단하는 데 CCA와 비교한 XECG 검사의 일반적인 민감도와 특이도는 68%와 77%로 알려져 있으나 저위험군이 많을 경우 민감도가 판독 불가한 경우를 제외하면 50%로 더 감소한다[22]. 이에 비해 높은 민감도를 가지고 있는 CTCA는 90% 이상의 민감도를 가지고 있으며 경화반과 혈관석회화의 유무에 따르면 거의 100%의

민감도를 보이므로 관상동맥 질환을 선별하는 데 우수하다[23-25]. 실제로 본 연구에서도 CTCA 양성인 환자에서 CCA 시행률이 높은 것으로 미루어볼 때 임상의를 XECG 결과 보다는 주로 CTCA의 결과에 따라 CCA를 결정한 것을 알 수 있었다.

둘째, XECG는 환자의 운동부하를 충분히 줄 수 없는 경우가 많기 때문에 판독 불가능한 경우가 많다. 본 연구에서도 CTCA 3.7% 환자에 비해 XECG는 11.7%에서 검사 결과를 판독할 수 없었다. 이로 인해 XECG 검사만으로는 CCA를 진행해야 할지 결정하기 어려워 선별 검사로는 제한이 있었다.

XECG는 기능적인 면을, CTCA는 관상동맥의 해부학적 변화를 감지한다는 장점이 있어 두 가지 검사를 같이 하면 상호보완적일 것이다. 특히 XECG는 Bayes' theorem에 의해 검사 전 양성 가능성이 높은 환자에서 민감도와 특이도가 높아진다[26]. 흥미롭게도 적은 예이지만 CTCA에서 50% 이하 협착 및 동맥경화반이 발견된 환자(19예)에서 XECG를 시행하면 결과의 일치도가 CTCA에서 50% 이상 협착을 가진 환자군(63예)에서 보다 일치율이 더 높았다(kappa value 0.5, $p < 0.02$ vs. 0.04, $p = 0.59$). 흉통 환자에서 관상동맥을 진단하기 위한 첫 번째 선별 검사로 CTCA를 시행하여 먼저 환자를 분류한 후에 XECG를 선별적으로 사용하는 것이 효율적임을 암시하며 더 많은 환자에서 연구가 필요하다. 물론 CTCA는 선별 검사로 사용하기는 조영제 부작용 및 방사선 피폭에 대한 우려, 비용 등으로 사용하기에는 논란이 있다.

그러나 조영제 부작용은 대상 환자를 잘 선별하는 것으로 극복이 가능하고, 방사선 피폭은 기술적 발전으로 보다 적은 량의 방사선으로도 CTCA가 가능하리라 전망된다[27]. 그리고 XECG가 진단율이 떨어지지만 비용이 매우 적은 검사이기 때문에 비용효과적인 면에서의 연구가 필요하겠다.

이 연구의 제한점은 단일센터 연구로 환자에서 CCA 여부 결정이 임상치의 개인적인 성향과 환자의 선호도가 많이 반영된 측면이 있다. 이 결과를 전체로 확대 해석할 수는 없으나, 본 연구에 포함된 임상치는 총 6명으로 심한 편중을 보이지는 않을 것으로 생각한다. 두 번째로 환자의 선택 편견이 포함되어 있다는 것이다. CTCA와 XECG 검사를 동시에 진행한 환자만을 선택하여 연구하였기 때문에 두 검사를 비교하기에는 유용하였다고 판단했으나 CTCA 또는 XECG 중 어느 한 가지 검사를 먼저 시행하고 그 결과를 추가 판단하기 위해 두 번째 검사를 시행한 경우 또 한 가지 검사만을 시행하고 치료 결정을 한 경우는 본 연구에 포함되지 않았다는 제한점이 있다. 모든 경우에 대한 분석을 해 보았다면 CTCA와 XECG 검사의 정확도에 대한 실제 임상에서의 신뢰도에 대한 더 많은 정보를 얻을 수 있었을 것이다. 세 번째로 이 연구는 후향적인 관찰연구이므로 CCA 진행에 대하여 환자측면과 의료진 측면에서의 자세한 정보를 획득하기 힘들었다. 이로 인해 연구에 포함된 환자들의 임상적 위험도 및 관상동맥 질환을 가지고 있을 가능성을 정확하게 평가하지 못한 것이 제한점이다.

결론적으로 비교적 저위험군에서 관상동맥 질환을 평가하기 위해 처음으로 시행한 선별 검사로서 XECG와 CTCA를 직접적으로 비교하였을 때 임상치들은 XECG의 결과보다 CTCA의 결과에 따라 임상경로를 결정하였고 CTCA의 CCA 50% 협착의 진단능에서 민감도, 양성예측도와 음성예측도가 XECG보다 더 우수하였다.

요 약

목적: 운동부하 심전도 검사(XECG)와 관상동맥 컴퓨터 단층 촬영술(CTCA)은 현재 임상에서 관상동맥 질환의 초기 진단법으로 널리 사용하고 있다. 본 연구는 CTCA와 XECG를 동시에 시행한 환자에서 각 검사의 결과에 따른 고식적 관상동맥 조영술(CCA) 및 재관류시술(RT)의 시행률을 관찰하였고 CCA가 진행된 환자에서 각 검사의 진단능을 비교 분

석하여 선별 검사에서 각 검사의 역할과 제한점을 비교하고자 하였다.

방법: 2006년 1월부터 2010년 3월까지 경상대학교병원 외래에서 관상동맥 질환을 평가하기 위해 CTCA와 XECG 검사를 같이 시행한 환자 598명의 임상자료들을 후향적으로 분석하였다

결과: 전체 589명 중 107명(19%)에서 보다 정확한 검사 및 RT를 위해 CCA가 진행되었으며 77명(12.8%) 환자에서 한 가지 이상의 혈관에서 의미 있는 협착($\geq 50\%$)이 발견되었고, 65명(11%)의 환자에서 RT이 시행되었다. CTCA에서 의미 있는 협착($\geq 50\%$)을 보인 120명에서는 RT/CCA가 58 (48%)/75 (62%)명에서 시행되었지만, XECG에서 양성을 보인 115명 중 RT/CCA 23 (20%)/41 (35%)명에서 시행되었다($p < 0.05$). 정상 CTCA를 보인 302명 중에는 RT/CCA가 1 (0.8%)/6 (5%)명에서 진행된 반면, XECG 음성이었던 413명 중 RT/CCA가 27 (6.5%)/51 (12%)명에서 진행되었다($p < 0.05$). XECG에서 진단이 불가능한 환자가 CTCA보다 많았다(11.7% vs. 5%, $p < 0.05$). CCA로 진행되었던 107명에서 의미 있는 관상동맥협착($\geq 50\%$)의 CTCA와 XECG의 민감도 89.9%, 50.0%, 특이도 74.0%, 67.9%, 양성예측도 90.6%, 78.0% 및 음성예측도 71.4%, 37.3%로 CTCA의 진단율이 더 우수하였다. CCA와 CTCA진단의 일치율은 0.62로 통계적인 의미가 있었으나($p < 0.001$), CCA와 XECG의 일치율은 0.145로 통계적으로 유의하지 않았다($p = 0.113$).

결론: 비교적 적은 위험도를 가진 환자에서 관상동맥 질환의 선별 검사로 CTCA의 결과를 XECG보다 더 신뢰하여 임상경로를 결정하고 있었으며 실제 진단율이 CTCA가 XECG보다 우수하였다.

중심 단어: 관상동맥 컴퓨터 단층 촬영술, 운동부하 심전도 검사, 관상동맥 질환

REFERENCES

1. Chaitman BR. The changing role of the exercise electrocardiogram as a diagnostic and prognostic test for chronic ischemic heart disease. J Am Coll Cardiol 1986;8:1195-1210.
2. Marwick TH. Current status of non-invasive techniques for the diagnosis of myocardial ischemia. Acta Clin Belg 1992; 47:1-5.
3. Fletcher GF, Mills WC, Taylor WC. Update on exercise

- stress testing. *Am Fam Physician* 2006;74:1749-1754.
4. Elhendy A, Valkema R, van Domburg RT, et al. Safety of dobutamine-atropine stress myocardial perfusion scintigraphy. *J Nucl Med* 1998;39:1662-1666.
5. Kisacik HL, Ozdemir K, Altinyay E, et al. Comparison of exercise stress testing with simultaneous dobutamine stress echocardiography and technetium-99m isonitrile single-photon emission computerized tomography for diagnosis of coronary artery disease. *Eur Heart J* 1996;17:113-119.
6. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001;104:1694-1740.
7. Anagnostopoulos C, Harbinson M, Kelion A, et al. Procedure guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging. *Heart* 2004;90(Suppl 1):i1-10.
8. Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JR. Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:595-606.
9. Herzog C, Zwerner PL, Doll JR, 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.
10. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008;359:2324-2336.
11. Mühlenbruch G, Seyfarth T, Soo CS, Pregalathan N, Mahnken AH. Diagnostic value of 64-slice multi-detector row cardiac CTA in symptomatic patients. *Eur Radiol* 2007;17:603-609.
12. Nikolaou K, Knez A, Rist C, et al. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:111-117.
13. Vanhoenacker PK, Heijenbroek-Kal MH, Van Heste R, et al. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology* 2007;244:419-428.
14. Pundziute G, Schuijf JD, Jukema JW, et al. Evaluation of plaque characteristics in acute coronary syndromes: non-invasive assessment with multi-slice computed tomography and invasive evaluation with intravascular ultrasound radio-frequency data analysis. *Eur Heart J* 2008;29:2373-2381.
15. Kitagawa T, Yamamoto H, Ohhashi N, et al. Comprehensive evaluation of noncalcified coronary plaque characteristics detected using 64-slice computed tomography in patients with proven or suspected coronary artery disease. *Am Heart J* 2007;154:1191-1198.
16. Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T, et al. Usefulness of 64-slice cardiac computed tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation* 2007;115:1762-1768.
17. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1642-1650.
18. White CS, Kuo D. Chest pain in the emergency department: role of multidetector CT. *Radiology* 2007;245:672-681.
19. Greenland P, Bonow RO, Brundage BH, et al. ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document on Electron Beam Computed Tomography). *Circulation* 2007;115:402-426.
20. Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation* 1975;51(4 Suppl):5-40.
21. Sekhri N, Feder GS, Junghans C, Hemingway H, Timmis AD. How effective are rapid access chest pain clinics? prognosis of incident angina and non-cardiac chest pain in 8762 consecutive patients. *Heart* 2007;93:458-463.
22. Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease: a meta-analysis. *Circulation* 1989;80:87-98.
23. Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR, et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:1469-1475.
24. Miller JM, Dewey M, Vavere AL, et al. Coronary CT angiography using 64 detector rows: methods and design of the multi-centre trial CORE-64. *Eur Radiol* 2009;19:816-828.
25. Cademartiri F, Maffei E, Palumbo A, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography coronary angiography in patients with a zero calcium score. *Eur Radiol* 2010;20:81-87.
26. Gill CJ, Sabin L, Schmid CH. Why clinicians are natural bayesians. *BMJ* 2005;330:1080-1083.
27. Earls JP, Berman EL, Urban BA, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology* 2008;246:742-753.