

Multidetector-Row Computed Tomography (MDCT) Coronary Angiography에서 Arrhythmia Correction이 영상의 질에 미치는 영향에 관한 연구

— Evaluation of the Effect of the Arrhythmia Correction for the Image Quality in the Multidetector-Row Computed Tomography (MDCT) Coronary Angiography —

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 진단방사선과·원광보건대학 방사선과*

김현수·김궁식·김태훈 M.D·유병규*

— 국문요약 —

MDCT는 비침습적인 방법으로 관상동맥 질환을 검사하는데 유용하다고 알려져 있다. 하지만 영상의 질에 있어서 환자의 심장박동이 결정적인 영향을 주게 된다. 특히 심장박동이 불규칙하거나 조기 심실수축 환자일 경우 영상을 재구성하는데 있어 왜곡 현상이 증가하여 진단에 어려움을 초래한다.

최근 본원에서 심장박동이 불규칙한 환자에서 영상 재구성시 불규칙한 R-R 간격을 조정한 후 얻은 영상이 artifact가 감소하는 현상을 경험한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 교정 방법(disable, insert, R-R interval 교정)이 영상의 질에 어떤 영향이 있는지를 알아보려고 한다.

심박동이 불규칙한 24명의 환자에서 교정방법에 따라 영상을 재구성한 결과 R-R Interval 조정에서 통계학적으로 유의한 결과를 얻을 수 있었다($p < 0.05$).

본 연구에서는 R-R Interval 조정에서 가장 우수한 영상을 얻을 수 있었으며, 향후 심장 질환의 진단에 도움을 줄 수 있는 기초연구로서 그 가치가 충분하리라 사료된다.

I. 서 론

수년 동안 선진국에서는 질병으로 인한 입원 및 사망 원인 중에서 관상동맥 질환으로 인한 요인이 증가하고 있다^{1,2)}. 식생활 습관이 서구적으로 바뀌면서 국내에서도 관상동맥 질환자가 상당히 빠른 속도로 증가하고 있다³⁾.

지금까지 대부분의 심장질환에 대한 검사는 심도자 검사, 심초음파, 핵의학 검사가 많은 비중을 차지하였으나, 석회화 혹은 연부 조직으로 된 죽상경화반의 직접적인 평가는 거의 이루어지지 않은 상태이다. 최근 국내에 도입되어 사용되고 있는 MDCT(multi-detector row computed

tomography)는 환자가 호흡을 정지한 상태에서 심장 전체의 영상을 얻을 수 있고, 우수한 시간 분해능으로 인하여 공간해상능이 현저히 향상되어 심장계통의 검사가 가능해졌다⁴⁾.

하지만 영상의 질에 있어서 환자의 심장박동이 결정적인 영향을 주게 된다. 특히 심장박동이 불규칙하거나 조기 심실수축 환자일 경우 영상을 재구성하는데 있어 왜곡 현상이 증가하여 진단에 어려움을 초래한다. 심실의 조기흥분은 정상 전기 전도로인 방실결절외에 심방과 심실사이의 비정상적인 전기전도를 가능케 하는 우회로가 있어 발생하는 것이다⁵⁾.

최근 본원에서 심장박동이 불규칙한 환자에서 여러 가지 영상 재구성 방법을 이용하여 불규칙한 심장 박동에 의한 Artifact가 감소하는 현상을 경험한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 불규칙한 심장 박동을 가진 환자에서 다양한 심장박동 조절 인자를 이용하여 영상의 질에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

2003년 3월부터 2003년 8월까지 심장내과에서 흉통 및 심장 질환을 의심하거나, 관상동맥 우회술을 실시한 환자와 단순히 건강검진을 위하여 건강검진 센터에서 의뢰한 환자를 대상으로 하였다. 검사를 시행한 300명의 환자 중 부정맥(Arrhythmia)으로 인하여 영상 판독에 어려움이 있었던 24명을 대상으로 하였다.

대상 환자의 심장박동률은 46~95 BPM이었으며, 평균 심장박동률은 80.1 BPM이었다. 대상자의 연령분포는 45세에서 77세 사이로 평균연령은 47세였으며, 이 중 남자가 14명이었고 여자는 10명이었다.

2. 연구방법

검사를 위해 사용된 장비는 16채널 MDCT(SOMATOM Sensation16, Siemens, Germany)를 이용하였다. 검사 조건은 Eff.mAs 500, KVp 120, Rotation time 0.42s, Detector collimation 0.75 mm, Table Feed/Rotation 2.7 mm, Algorithm B35f smooth Kernel, Reconstruction thickness 1.0 mm, Increment 0.5 mm로 장비 회사에서 제공하는 검사방법을 이용하였다. 환자는 최소 4~6시간의 금식을 하였으며, 검사 전 호흡조절과 급속 조영제 주입에 의한 신체 반응에 대해 환자에게 충분히 설명하였다. 조영제는 비이온성 조영제 100 ml (Omnipaque, 350 mg/ml, Amersham)를 생리식염수 50 ml와 혼합하여 전완정맥(Antercubital vein)에 주사하고 3.5 ml/sec로 주입하였다. 이때 관상 동맥에 조영제의 농도가 가장 최적화되었을 때 영상을 얻기 위하여 상행대 동맥에 ROI를 설정하고, 조영제 농도가 100 HU에 도달한 후 7초 후에 검사를 시작하였다. 검사는 위에서 아래 방향으로 좌우 관상동맥구 위 약 10 mm에서부터 심장저부 PDA(Posterior descending artery)가 충분히 포함되는 영역까지 19~22초 동안 영상을 얻었다. 최초의 재구

성 영상은 R-R interval 65%에서 축상 영상을 얻어 VRT(volume rendering technique) 영상과 MIP(maximum intensity projection)기법으로 슬라이스 두께 4 mm, 슬라이스 간격 2 mm로 하여 RCA(right coronary artery)와 LCX(left circumflex branch)가 함께 보이도록 25개 정도의 관상면 영상, PDA(posterior descending artery) 25개 정도의 축상 영상, LM(left main stem)과 pLAD(proximal left anterior descending artery) 그리고 pRCA(proximal right coronary artery)가 나타나게 20개 정도의 축상 영상을 얻고, LAD(left anterior descending artery)만 25개 정도의 영상을 얻어 관상동맥을 관찰하였다(Fig. 1-a). 최초 삼차원 영상에서 부정맥으로 인하여 영상의 왜곡현상이 심하여 판독에 어려움이 있거나 심혈관이 끊어져 보이는 현상이 나타나면 추가로 다음의 방법을 이용하여 영상을 재구성하였다.

첫째, 부정맥 발생으로 인하여 R-R Interval이 길어진 구간에 재구성창(Reconstruction window)을 삽입(insert)함으로써 불규칙한 심장박동의 간격을 보상한다(Fig. 1-b).

둘째, 불규칙한 심장박동으로 인하여 늘어난 R-R Interval은 앞뒤의 좁아진 부위에 대해서 재구성창의 이용을 제한(Disable)한다(Fig. 1-c).

셋째, 부정맥으로 인하여 좁아지거나 넓어진 구간의 R-R Interval을 수정함으로써 각각의 재구성창을 재배열한다(Fig. 1-d).

영상에 대한 평가는 경험 있는 심장 방사선과 전문의 1명과 영상 재구성을 담당하였던 방사선사 1명이 합의하여 영상의 질을 평가하여 점수화 하였다. 영상의 질은 excellent 4점(영상의 질이 현저히 좋아지고 진단에 문제가 되지 않은 경우), good 3점(영상의 질이 개선되기는 하나 진단에 불충분한 경우), fair 2점(영상의 질이 개선되기는 하나 진단에 도움이 안되는 경우), poor 1점(영상의 질이 개선되지 않는 경우)으로 구분하였다. 통계분석은 ANOVA를 이용하여 각각의 교정방법에 따라서 95% 신뢰도를 기준으로 통계적 의의를 평가하였다.

III. 결 과

Fig. 2는 부정맥(Arrhythmia)이 있었던 환자의 심전도(EKG)사진이다. 이런 환자는 삼차원영상에서 계단 모양의 stair step artifact가 나타나고, MIP에서는 관상동맥이 단절되어 보인다(Fig. 3-a). 대상 환자 24명 중

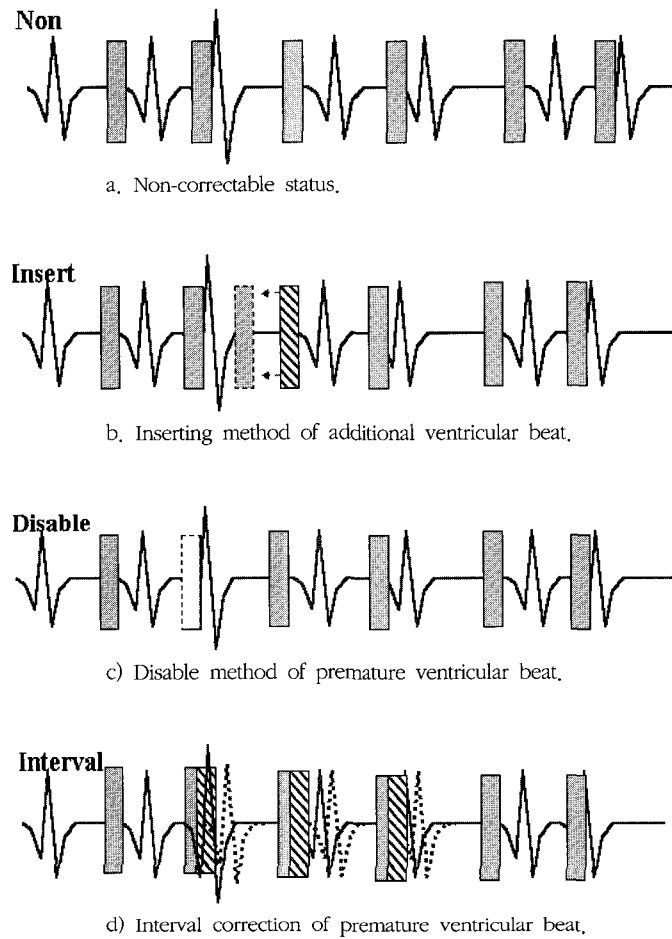


Fig. 1. Various methods for arrhythmia correction on Electrocardiogram

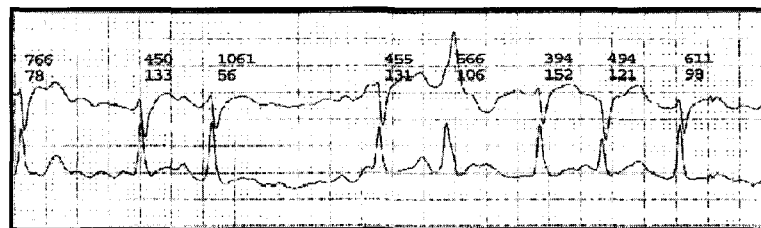


Fig. 2. Electrocardiogram in patient with arrhythmia, (Male/57, Mean heart rate : 92 Beat per minute, Minimum : 51, Maximum : 148)

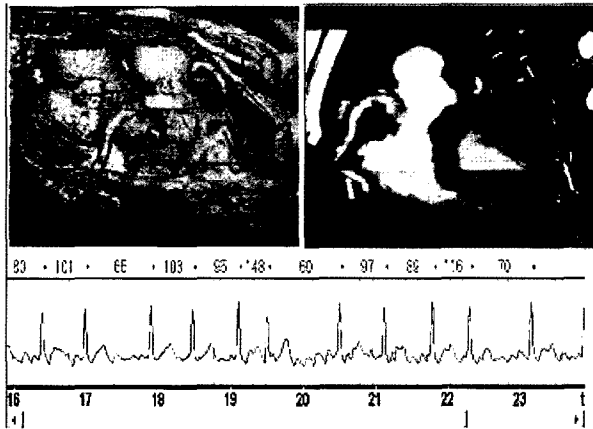
교정을 하지 않은 상태에는 영상의 질을 평가하였을 때 fair가 12명, poor가 12명이었다(Table 1). 재구성창을 삽입하는 교정 방법은 영상의 질이 개선되는 경우가 2명이 있었지만 대부분의 환자에서는 오히려 영상이 질이 저하되었다(Table 1, Fig. 3-b). 영상의 질이 개선되었던 2명에서도 영상 해석에 도움이 될 정도의 개선 효과는 없었다. R-R Interval이 좁아져 있는 부위에서 재구성창

을 Disable하는 방법에서는 3점이 2명, 4점이 1명으로 영상의 질이 개선되었으나 여전히 poor 6명, fair 15명으로 평가되었다 (Table 1, Fig. 3-c). R-R Interval을 조정하는 교정 방법은 4점이 6명, 3점이 5명으로 non-Correction, insert, disable등의 교정 방법에 비해서 영상의 질 개선 효과에 있어서 통계학적으로 유의한 결과를 얻었다(Table 1, Fig. 3-d).

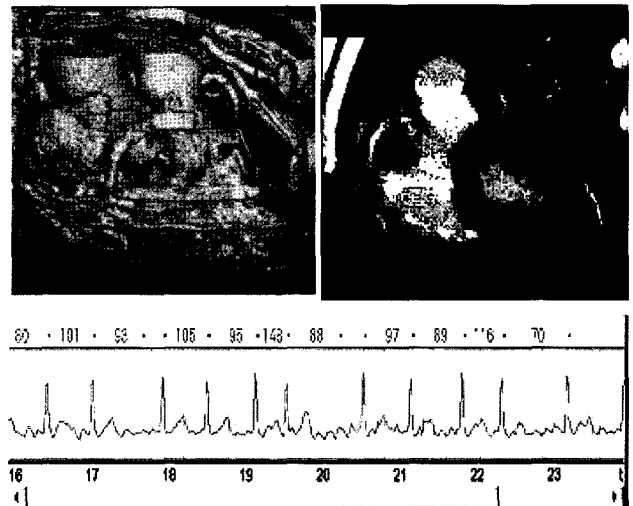
Table 1. Variables by arrhythmia correction methods

Grade	Method	Correcton method(n=24)			
		Non	Insert	Disable	Interval
Excellent				1	7
Good			2	2	5
Fair		12	1	6	3
Poor		12	21	15	9
Mean +/- SD		1.50±0.51	1.21±0.59	1.54±0.83	2.37±1.24
p-value		> 0.05	> 0.05	> 0.05	< 0.05

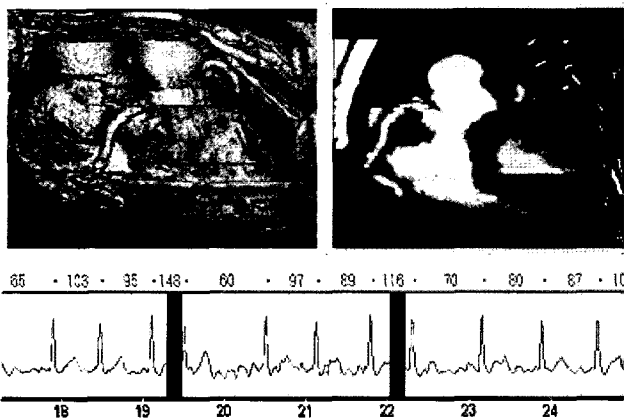
※SD = Standard deviation



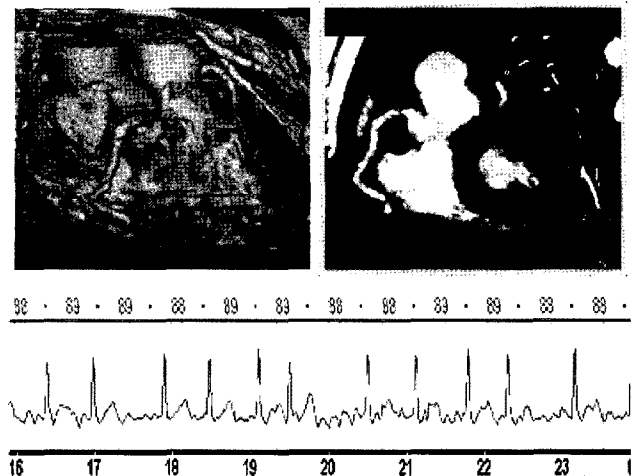
a. Non-Correctable status method ; VR(left) and MIP(right) images.



b. Insert method ; VR(left) and MIP(right) images.



c. Disable method ; VR(left) and MIP(right) images.



d. Interval-Correction method ; VR(left) and MIP(right) images.

Fig. 3. Maximum intensity projection(MIP) and volume rendering images(VR) of the heart by variable correction methods.

IV. 고 찰

심실 조기흥분(Ventricular pre-excitation)은 1944년 Ouhnell⁶⁾이 정상 전도계를 통한 전기자극보다 빨리 전도된 심방의 자극에 의해 심실의 일부가 빨리 활성화됨을 가리켜 사용한 것으로, 심장을 영상화하는데 심실의 조기 수축은 MDCT를 이용한 심장검사에서 높은 심장박동률과 더불어 영상의 아티팩트를 형성하는데 중요한 요소로 작용한다. 따라서 심장박동률이 높거나 불규칙하면 심장박동률이 낮은 환자에 비해서 영상의 질이 저하된다.

심장박동률의 변화가 일정하면서 높으면 β -Blocker 등을 이용하여 심장박동률을 감소시킴으로써 영상의 질을 개선할 수 있다. 그러나 불규칙한 심장박동은 재구성창이 어느 한 구간에서 R-R interval에 대한 심장의 움직임이 다른 Phase에 놓이게 되고 이로 인해서 이 부분에 영상의 왜곡이 일어난다. 이러한 환자는 전체적인 재구성창의 이동보다는 부분적인 교정 방법을 사용하여 영상을 재구성하는 것이 유리하다.

Insert 방법은 부정맥 발생시 R-R Interval이 길어진 부위에 사용하는데, 불규칙한 심실 수축으로 인하여 부분적으로 한 개의 R-R Interval이 좁아지면 이어서 오는 R-R interval은 길어지게 되고 이런 현상으로 인해 각기 다른 시기의 영상이 재구성됨으로써 VRT 및 MIP에서 stair-step artifact가 나타난다. 이 경우 또 다른 재구성창을 삽입하여 R-R interval을 재조정함으로써 영상의 질을 개선할 수 있다. Disable 방법은 부정맥에 의하여 R-R Interval 사이가 짧아진 부위, 즉 심장박동이 갑자기 증가한 부위의 재구성창을 영상재구성에 이용하지 않음으로써 영상의 질을 개선할 수 있다. 하지만 이러한 부위가 반복적으로 생기거나 여러 부위에서 생기는 경우는 disable 방법만으로는 영상의 질을 개선하는데 한계가 있었다.

또한 MIP영상에서 재구성창이 disable된 부위에서의 자료 손실로 인하여 영상의 흐려짐 효과가 일부에서 관찰되었다. R-R Interval 교정방법은 심장 검사 동조화 ECG Curve의 R-R Interval을 움직여 재구성창을 인접 구간의 trigger delay와 비슷한 부위에 위치하도록 조정하여 좋은 영상을 얻을 수 있었다. 그러나 이 방법은 현재 장비 회사가 제공하는 프로그램 상에서는 R-R Interval의 움직임에 의하여 재구성창은 움직이지 않고 ECG Curve의 간격이 조정됨으로 재구성창이 심장의 박동에 민감하게 적응하지 못하는 경우가 있어 교정을 필요로 하지 않는 인접한 구간에도 영향을 미치는 한계점

이 발견되었다. 따라서 부분적인 R-R interval 조정이 가능한 프로그램 개발이 필요할 것으로 사료된다. 이런 문제를 극복하기 위한 방법으로 Insert, disable 및 R-R Interval 간격조정 등의 방법을 적절히 혼합하여 이용함으로써 보다 나은 심장 영상을 얻을 수 있으리라 기대 된다.

V. 결 론

MDCT를 이용한 비침습적 관상동맥 혈관촬영술은 심장박동에 영향을 많이 받고, 특히 불규칙한 심장박동으로 인하여 영상의 왜곡이 더욱 심하게 나타날 수 있다. 하지만 여러 가지 교정 방법을 이용하여 진단에 도움을 줄 수 있는 영상을 얻을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었으며, 향후 심장 질환의 진단에 도움을 줄 수 있는 기초연구로서 그 가치가 충분하리라 사료된다.

1. 재구성창의 Insert, Disable 및 R-R Interval 조정 등의 방법에서 R-R Interval 조정이 통계학적으로 가장 우수한 영상을 얻을 수 있었다.
2. 여러 방법을 병행 또는 응용하여 심장영상의 구현이 가능한 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Hill MN. New targeted AHA program, cardiovascular care and outcomes. *Circulation* 97: 1221-1222. 1998.
2. Windecker S, Maier-Rudolph W, Bonzel T et al. Interventional cardiology in Europe 1995. *Eur Heart J* 20:484-495. 1999.
3. 사망원인 통계연보(Annual report on the cause of death statistics), 통계청.
4. 고인호외. *Text of Computed Tomography*. 청구문화사, 2003.
5. Wolff, Parkinson J, White PD. Bundle branch block with short P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. *Am Heart J* 5:685~704. 1930.
6. Ouhnell RF. Preexcitation a cardiac abnormality. *Acta Med Scand(Suppl)* 152: 1-16, 1944.

• Abstract

Evaluation of the Effect of the Arrhythmia Correction
for the Image Quality in the Multidetector-Row
Computed Tomography (MDCT) Coronary Angiography

Hyun Soo Kim · Keung Sik Kim · Tae Hoon Kim M.D · Beong Gyu Yoo

Dept. of Radiology, Yong Dong Sevrance Hospital, Yonsei University Medical College

Dept. of Radiotechnology, Wonkwang Health Science College

MDCT is a useful, non-invasive, diagnostic tool in the evaluation of coronary artery disease. However, the image quality is affected by an irregular heart rhythm of the patients. Especially, premature ventricular contraction induced stair-step artifacts in the reconstruction of 2-D or 3-D images of the heart including coronary arteries. In recent, we experienced some improving of the image quality after correcting the PVC. Accordingly, the purpose of our study was to evaluate the effectiveness of the arrhythmia correction method, which was commercially available software, in improving the quality of the reconstruction images of the heart.

Image analysis was performed, in consensus, by two radiologists. The scores for image quality were ranked as follows; excellent is 4 (image quality is markedly improved and is helpful in the image evaluation), good is 3 (image quality is mildly improved, but is somewhat helpful in the image evaluation), fair is 2 (image quality is improved and is not helpful in the image evaluation), and poor is 1 (image quality is not improved). We used ANOVA method to evaluate the statistical significant differences in the image qualities among the correction methods of the arrhythmia with below 0.05 of p-value.

The method of moving the R-R interval showed statistically significant differences in improving of the image quality in patients with arrhythmia.

We concluded that the regulation of R-R interval in patients with arrhythmia was an effective method to improve the image quality in the reconstructions of the MDCT coronary angiograms.
