

관상동맥조영술상 정상소견을 보인 환자에서 전산화단층촬영술(CT)를 이용한 감쇠보정이 심근관류 SPECT 의 판독에 미치는 영향

영남대학교의료원 핵의학과, 순환기 내과¹
천경아 · 조인호 · 원규장 · 이형우 · 홍그루¹ · 신동구¹ · 김영조¹ · 심봉섭¹

The Effect of Attenuation Correction with CT on the Interpretation of Myocardial Perfusion SPECT: in Patients with Normal Coronary Angiogram

Kyung Ah Chun, M.D., Ihn Ho Cho, M.D., Kyu Chang Won, M.D., Hyung Woo Lee, M.D.,
Geu Ru Hong, M.D.¹, Dong Gu Shin, M.D.¹, Young Jo Kim, M.D.¹, Bong Sup Shim, M.D.¹

Department of Nuclear Medicine and Internal Medicine¹, Yeungnam University Hospital

Purpose: There has been many reports for the effect of attenuation correction on myocardial perfusion SPECT. We studied the effect of attenuation correction with CT (computed tomography) in patients with normal coronary angiography. **Materials and Methods:** Fifteen patients with normal coronary artery on angiography and low likelihood of coronary artery disease were enrolled in this study (male: 6, female: 9, mean age: 58±8 year). Myocardial perfusion SPECT was done with Millennium VG with Hawkeye device (GE, SPECT/CT camera). A visual analysis and polar map quantification (Emory tool box) was performed. In quantitative analysis, percent uptake of each myocardial wall on polar map (percent of maximal uptake) was compared between non-corrected (NC) and corrected (AC) images. **Results:** Visual analysis showed AC images led to an increase of uptake in the inferior wall, but decrease of uptake in the anterior wall, apex and septum. Liver activity is also increased in AC images. In quantitative analysis, the percent uptake is decreased in the anterior wall, apex and septum, but increased in the inferior wall. It is helpful to interpret the images in the inferior wall after AC, but difficult in the apex and anterior wall after AC. **Conclusion:** AC is helpful in the inferior wall. But in the apex or anterior wall, AC must be carefully applied to normal perfused myocardium. (Korean J Nucl Med 39(4):246-251, 2005)

Key Words : Attenuation correction, Myocardial perfusion SPECT, Computed tomography

서 론

심근관류 스펙트에서 인공산물에 의한 광자의 감쇠로 진단의 정확도 및 영상의 질에 영향을 준다고 알려져있다.¹⁾ 이러한 감쇠에 의한 위양성결과를 줄이기 위해 ¹⁵³Gd 등의 선원을 이용한 투과스캔을 시행하여 감쇠지도를 얻어 보정하는 방법들이 사용되어 왔으나 감쇠보정의 효과에 대해서는 상반된 견해가 있다. 즉, 민감도 및 특이도를 모두 증가시킨다는 보고도 있고, 특이도만을 향상시킨다는 보고도 있다.²⁻⁴⁾

또한 일부에서는 진단에 영향을 주지 못한다는 보고도 있다.⁵⁾ 일반적으로 권고되고 있는 사항은 감쇠보정영상을 보조적으로 하여 보정하지 않은 영상과 함께 보는 것이다.^{6,7)} Hwang 등의 연구에서는 정량분석을 이용한 상용감쇠법의 임상적 유용성을 평가하였는데, 감쇠와 산란을 보정하고 해상도를 복원한 새 방법을 사용하였으나, 기존의 연구결과들과 크게 다르지 않음을 보고하였다.⁸⁾

최근의 CT 를 이용한 감쇠보정의 연구에 관한 논문⁹⁾에서는 하벽에서 특히 감쇠보정이 유용함을 보여주었는데, 저자들도 기존의 감마선원을 이용하거나 새로운 소프트웨어를 사용하지 않고 CT (SPECT/CT) 를 이용한 감쇠보정이 관상동맥조영술이 정상인 환자들을 대상으로 하였을 때 어떠한 영향을 주는지 알아보고 기존의 감쇠보정방법에 의한 결과들과 차이가 있는지를 알아보고자 하였다.

• Received: 2005. 6. 3. • Accepted: 2005. 7. 27.
• Address for reprints: Ihn Ho Cho, M.D. Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Hospital, #317-1 Daemyung 5-dong, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel: 82-53-620-3078, Fax: 82-53-651-7415
E-mail: ihcho@medical.yu.ac.kr

대상 및 방법

1. 대상

관상동맥질환이 의심되어 심근 SPECT/CT를 시행한 환자들 중 관상동맥조영술상 전혀 문제가 없는 정상소견을 보인 25명에서, Pryor 등¹⁰⁾의 방법으로 관상동맥질환의 위험도가 5.0 % 미만인 15명의 환자를 대상으로 하였다(남 6, 여 9, 평균연령 58±8세).

2. 방법

휴식기 및 아테노신부하 ^{99m}Tc- MIBI SPECT를 시행하고 동시에 CT 영상을 얻어 감쇠지도를 구하였다. 아테노신은 6분 동안 140 µg/kg/min 의 속도로 정맥주사하였고, ^{99m}Tc- MIBI 를 아테노신 주입 시작 후 3분에 주사하였다.

SPECT 영상의 획득은 왼쪽 후방 45도에서 시작하여 두개의 카메라 헤드가 회전하여 180도 영상을 얻었으며, 영상을 획득하고 다시 회전하는 방식(step and shoot) 으로 원형회전을 하여 3도 간격으로 한 영상당 20초로하여 총 30개 영상을 얻었다. 매트릭스 크기는 64×64 에, RR 간격에 20% 창을 열어 영상을 얻었다.

투과 영상을 얻기 위해 동시장착된 CT (Millennium VG with Hawkeye device, GE) 로 2.8 rpm 의 속도로 촬영하였

으며, CT 에 장착된 X-ray tube는 140 KVp, 2.5 mA 로 고정되었다. 투과 영상은 10 mm 간격으로 얻었으며, 얻어진 투과영상을 여과후 역투사 방법을 이용하여 단층영상을 얻고 여기서 만들어진 감쇠지도를 이용하여 감쇠보정된 SPECT 영상을 얻었다.

3. 영상의 분석 및 결과처리

영상의 판독은 2명의 핵의학 전문가가 육안분석을 하고 극성지도를 이용한 정량적 분석(Emory tool box)도 시행하였다. 정량적 분석의 경우 극성지도 상에서 각 심근벽의 섭취율(최대 섭취율에 대한 %)을 구하여 감쇠보정을 하지 않

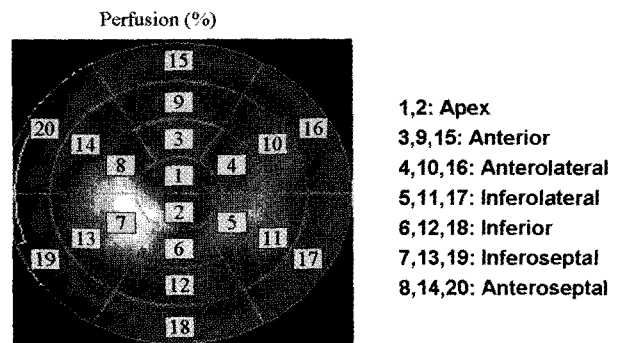


Fig. 1. Twenty segment of LV wall on polar map.

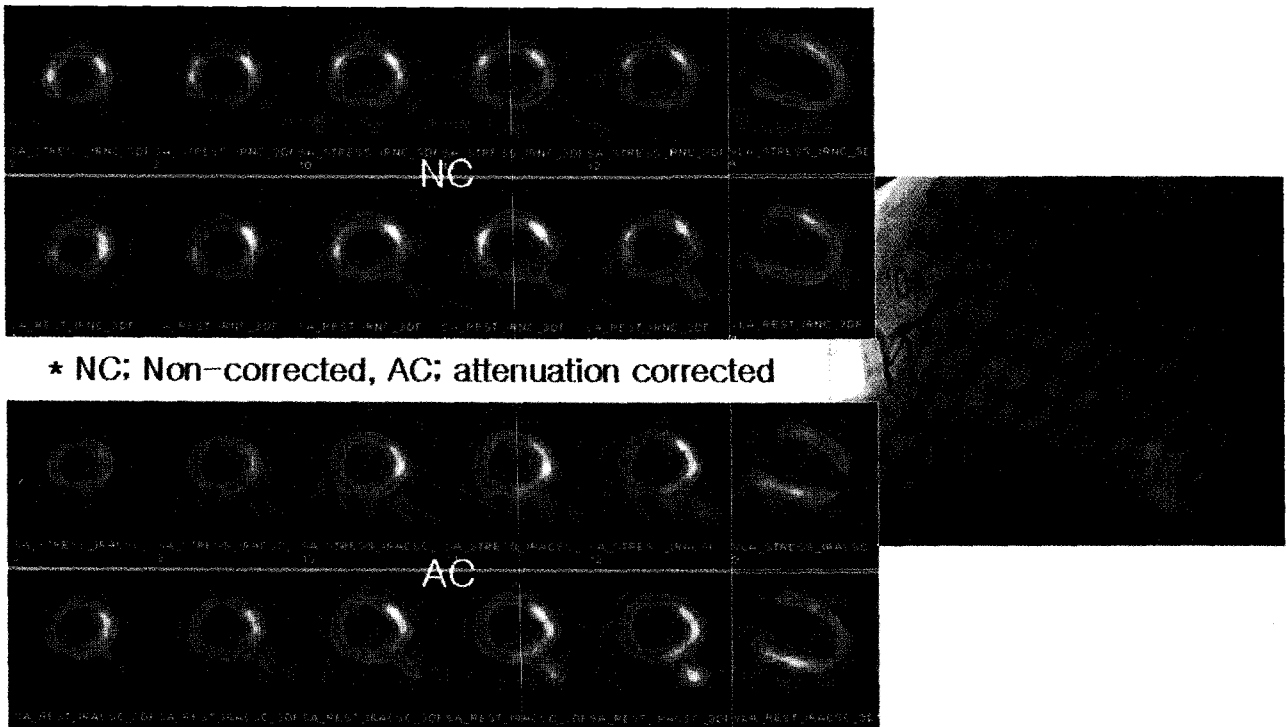


Fig. 2. In 72 year old male patient, Attenuation non-corrected image showed decreased perfusion in inferior wall, where as coronary angiography showed normal right coronary artery.

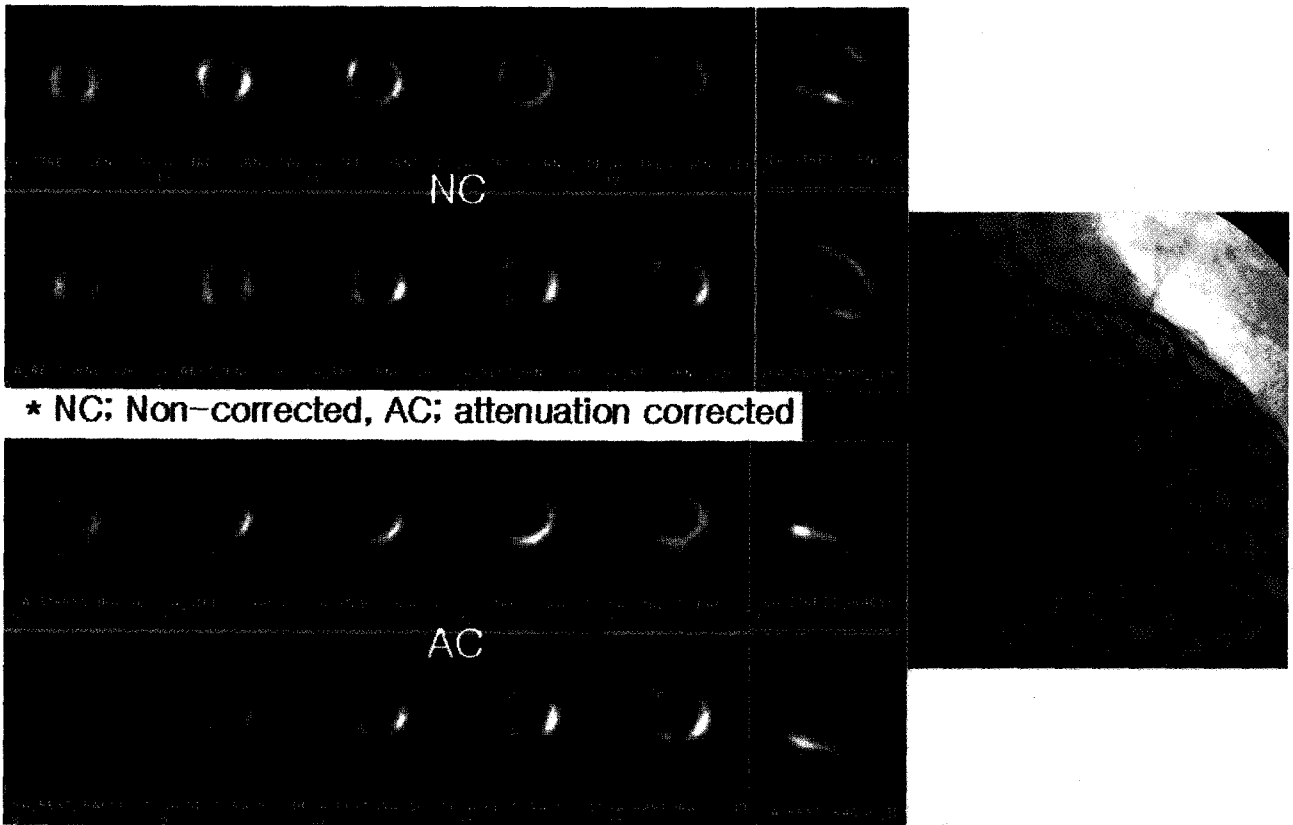


Fig. 3. In 44 year old female patient, Attenuation correction image showed decreased perfusion in anterior wall whose coronary angiography showed normal left coronary artery.

은 영상과 감쇠보정을 한 영상을 비교하였다. 좌심실의 섭취율은 Fig. 1. 과 같이 극성지도 상에서 구해진 20개의 영역에서 감쇠보정전과 후의 각 영역별 섭취율을 비교하였다.

통계 처리는 각 영역에서 정규분포를 하는 지를 검정한 후(Shapiro-Wilk test), 정규분포를 따르는 영역에서는 paired T-test를 실시하고, 정규분포를 따르지 않는 영역에서는 Wilcoxon 부호순위 검정을 하여 휴식기 및 부하기 각각에서 감쇠보정 전과 후의 섭취율 차이를 검정하였고, p 값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

육안분석에서 감쇠보정을 한 경우 부하기와 휴식기 모두 하벽의 섭취는 증가한 반면, 심첨부, 전벽 및 격벽의 섭취는 감소하였다. 간에서의 섭취도 감쇠보정을 한 경우에 증가하였다. 정량분석에서 통계상의 유의성에는 차이가 있었으나 부하기와 휴식기 모두 중 하벽 및 기저 하벽의 섭취율은 증가한 반면, 심첨부, 심첨 전벽 및 중 전벽, 그리고 전격벽의 경우 감쇠보정 후 섭취율이 감소하였다(Table 1, 2). 남, 여

간에는 감쇠보정전과 후에 통계적 유의성에 차이가 있는 부분이 있었으나, 대체적인 섭취변화는 유사하였다. 그러나 일부 영역에서 통계적 유의성은 없으나 감쇠보정전과 후의 섭취변화가 반대로 나타난 경우도 있었다. 하벽의 경우 육안분석에서 감쇠보정 전 섭취감소로 보이는 경우가 많아서 판독에 어려움이 있었으나, 감쇠보정을 하여 도움을 받을 수 있었다(Fig. 2). 반면 전벽이나 심첨부의 경우 감쇠보정 후 섭취가 감소하여 판독에 어려움이 있었다(Fig. 3).

고 찰

심근관류 스펙트의 판독에 영향을 주는 여러 가지 인자들로는 감쇠, 컴프턴 산란, 환자의 움직임 등이 있으나, 이들 중 감쇠와 산란은 영상의 질에 영향을 주는 주요 인자이다. 감쇠에 의한 인공산물을 해결하고자 투사영상을 영화모드(cine mode)에서 보는 방법, 게이트 스펙트의 획득 그리고 투과영상을 이용한 감쇠 보정 등 여러 가지 방법들이 시도되었으나 이에 대한 진단성능의 효과에 대해서는 논란이 있어왔다. 또한 최근에는 산란을 같이 보정한 결과를 비롯하여

Table 1. Percent uptake in each territory of stress image. In attenuation corrected images, the percent uptake is decreased in the apex and anterior wall, but increased in the inferior wall.

segment	female (%)		male (%)	
	NC	AC	NC	AC
1(anteroapical)	70.0±12.7	60.4±12.0*	72.6±10.7	59.5±7.3*
2(inferoapical)	71.1±12.2	60.5±8.7*	70.0±8.4	59.3±4.6*
3(apical anterior)	71.2±12.2	66.2±12.5	64.1±6.2	64.1±6.2
4(apical anterolateral)	77.3±8.1	75.2±6.7	78.3±12.8	72.5±8.5
5(apical inferolateral)	82.4±7.3	82.2±6.4	79.6±8.6	78.0±8.8
6(apical inferior)	73.7±7.8	72.2±5.1	69.1±8.1	70.5±6.8
7(apical inferoseptal)	84.7±8.5	76.7±8.0	82.6±7.2	78.1±9.2*
8(apical anteroseptal)	83.3±10.0	73.0±9.2*	87.6±4.2	76.5±8.8*
9(mid anterior)	71.8±10.0	70.0±9.8	75.3±3.8	72.8±8.4
10(mid anterolateral)	83.1±8.4	86.4±5.3	82.8±7.4	84.3±6.4
11(mid inferolateral)	82.4±8.6	88.4±3.0	78.5±5.0	86.6±3.8*
12(mid inferior)	73.2±10.9	79.4±6.2*	65.8±6.0	77.1±5.2*
13(mid inferoseptal)	77.5±8.7	78.0±2.9	72.1±6.7	76.8±8.3*
14(mid anteroseptal)	80.2±7.9	74.8±7.7	81.8±5.8	79.8±9.5
15(basal anterior)	60.3±12.3	61.4±10.6	63.5±6.1	70.0±5.5
16(basal anterolateral)	63.7±11.4	69.5±8.5*	65.1±9.4	75.5±8.8*
17(basal inferolateral)	63.1±9.2	73.4±8.5*	64.0±4.0	79.6±2.7*
18(basal inferior)	60.2±9.0	70.4±7.8*	55.6±4.6	72.8±4.5*
19(basal inferoseptal)	58.2±9.0	62.1±7.1	51.6±5.7	59.8±3.5*
20(basal anteroseptal)	55.5±14.0	53.0±14.2	56.6±8.2	60.1±7.4

*NC; Non-corrected, AC; attenuation corrected
(; p<0.05)

Table 2. Percent uptake in each territory of rest image. In attenuation corrected images, the percent uptake is decreased in the apex and anterior wall, but increased in the inferior wall.

segment	female (%)		male (%)	
	NC	AC	NC	AC
1(anteroapical)	72.2±14.8	61.8±12.9*	70.3±11.4	60.0±9.0*
2(inferoapical)	74.1±14.8	62.5±11.4*	70.3±11.0	60.3±9.3*
3(apical anterior)	72.8±12.3	67.5±11.0*	74.1±9.1	64.5±6.3*
4(apical anterolateral)	80.7±7.9	77.7±6.4*	79.6±8.1	71.5±5.4
5(apical inferolateral)	84.6±8.9	81.4±6.8	84.5±5.7	79.1±7.2
6(apical inferior)	74.4±10.0	70.6±6.2	71.0±9.2	69.8±6.2
7(apical inferoseptal)	85.5±6.7	77.2±7.2*	79.8±7.5	72.2±6.2*
8(apical anteroseptal)	81.5±8.2	72.0±9.5*	85.6±5.3	66.8±7.9*
9(mid anterior)	76.1±7.4	74.7±7.5	76.6±4.5	71.6±5.0
10(mid anterolateral)	86.6±7.6	89.6±5.3	85.8±3.8	85.1±2.1
11(mid inferolateral)	84.5±8.9	88.8±5.0	81.1±6.0	85.0±4.1
12(mid inferior)	74.5±9.6	79.6±7.2	69.6±6.1	77.5±5.1*
13(mid inferoseptal)	80.1±6.5	79.4±4.7	73.1±6.9	69.8±8.9
14(mid anteroseptal)	80.5±6.5	76.5±6.0	81.1±3.6	69.8±9.7*
15(basal anterior)	61.4±8.1	66.6±4.6*	64.8±3.6	68.8±7.3
16(basal anterolateral)	66.3±8.3	74.4±2.8*	67.0±4.8	76.8±10.1
17(basal inferolateral)	66.4±8.0	76.4±4.7*	64.8±4.3	75.3±6.7*
18(basal inferior)	61.8±9.1	72.2±8.0*	58.6±4.6	75.0±6.9*
19(basal inferoseptal)	60.8±7.0	65.5±5.1	56.0±4.9	58.5±5.0
20(basal anteroseptal)	55.8±11.4	57.8±10.7	59.5±3.2	55.8±5.8

*NC; Non-corrected, AC; attenuation corrected
(; p<0.05)

정량적 평가 방법 등 여러 가지 방법이 시도되고 있으나, 이러한 방법들도 기존의 연구결과들과 큰 차이가 없다고 보고되었다.^{7,8)} 최근 미국심장학회와 미국핵의학회는 감쇠보정영상은 심근관류 영상의 진단에 있어서 보조적으로 사용할 것을 권고하였다.⁶⁾

Ficaro 등의 연구 이후 일반적으로 의견의 일치가 되고 있는 사항은 감쇠보정을 함으로써 산란의 보정과 상관없이 진단의 특이도 및 normalcy rate 가 향상된다는 것이다.^{3,4)} 본 연구에서는 감쇠지도 작성을 위한 투과선원으로 기존의 감마선원이 아닌 CT를 이용하여 기존의 결과들과 비교하여

진단에 어떠한 영향을 주는 지와 감쇠보정을 하지 않은 영상을 대신 할 수 있는지 알아 보고자 하였다. 본 연구에서는 관상동맥 조영술이 정상인 환자들만을 대상으로 하였는데, 감쇠보정을 한 경우 하벽의 섭취는 증가한 반면, 전벽과 심첨부, 전격벽의 섭취는 감소하였다. 이는 최근의 CT 를 이용한 감쇠보정의 연구에 관한 논문⁹⁾과 유사하였으나, 본 연구결과에서는 심첨부위의 벽들에서 모두 섭취감소를 보여 약간의 차이가 있었다. 이러한 결과는 극성지도를 만드는 과정에서 생긴 차이로 생각된다. Banzo 등⁷⁾의 연구에서도 전벽의 경우 혈류 결손의 양상을 보여 주었다. 남, 여 간에는 감쇠보정전과 후에 통계적 유의성에 차이가 있는 부분이 있었으나, 대체적인 섭취변화는 유사하였다. 그리고 일부 영역에서 남, 여 간에 감쇠보정전과 후에 통계적 유의성은 없었으나 섭취변화가 반대로 나타난 경우가 있었는데 이는 남,여 간의 인공산물에 의한 감쇠의 차이에 일부 기인한 것으로 생각된다. 하벽의 경우 육안분석에서 감쇠보정 전 섭취감소로 보이는 경우가 많아서 판독에 어려움이 있었으나, 감쇠보정을 하여 도움을 받을 수 있었고, 반면 전벽이나 심첨부의 경우 감쇠보정 후 섭취가 감소하여 판독에 어려움이 있었다. 이러한 결과로 볼때 CT 보정영상은 하벽의 관류이상유무 판단에는 감쇠보정을 하지 않은 영상에 비해 확실히 특이도를 향상시키는 것으로 생각되며, 심첨부나 전벽의 경우 오히려 특이도를 감소시킬 것으로 추측된다. Savi 등¹¹⁾은 이러한 전벽의 섭취 감소양상은 하벽의 섭취를 과측정(overestimation) 함으로써 생긴 결과로 설명하였으며, 이는 횡격막하부의 방사능 섭취가 하벽의 섭취증가와 전벽의 섭취 감소를 유발한 것이라고 설명하였다.

이러한 연구결과들에서 보는 것처럼, 감쇠보정을 하지 않은 영상에서 하벽에 결손이 의심되는 경우 감쇠보정을 한 영상은 특이도를 향상시키는 등 도움이 되나, 전벽의 경우 오히려 특이도를 감소시킬 수 있으므로, 전벽의 이상이 있는 경우나, 감쇠보정을 하지 않은 영상에서 이상소견이 없는 경우 감쇠보정을 한 영상은 임상적으로 도움이 되지 않을 것으로 생각된다. Banzo 등⁷⁾도 감쇠보정을 하지 않은 영상에서 심근관류가 정상소견을 보일 때 감쇠보정을 한 영상에서 관류 결손을 찾는 것은 임상적 의미가 없다고 하였다.

이상의 결과에서 CT 로 감쇠보정을 한 영상은 기존의 감마선원을 사용한 감쇠 보정영상과 유사한 결과를 보여서, 감쇠보정 영상은 보조적으로 사용되어야 할 것으로 생각되며, 비정상 관상동맥조영술 소견을 보인 환자에 대해서도 진단능에 대한 추가적인 조사가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 볼 때 하벽의 경우 CT를 이용한 감쇠보정을 한 경우 판독에 도움이 되었으며, 감쇠보정전 영상이

정상인 경우 심첨부나 전벽 등의 판독시에는 주의가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

목적: 심근관류 스펙트 검사에서 감쇠의 영향을 보정하기 위해 여러 가지 방법들이 사용되어 왔다. 본 연구는 CT 를 이용한 감쇠보정이 관상동맥조영술이 정상인 환자들을 대상으로 하였을 때 어떠한 영향을 주는지 알아보고 기존의 감쇠보정방법들과 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. **대상 및 방법:** 관상동맥질환이 의심되어 심근 SPECT/CT를 시행한 환자들 중 관상동맥조영술상 정상소견을 보인 25명에서, Pryor 등¹⁰⁾의 방법으로 관상동맥질환의 위험도가 5.0% 미만인 15명의 환자를 대상으로 하였다 (남 6, 여 9, 평균 연령 58±8세). CT 가 장착된 Millennium VG (GE) 카메라로 감쇠보정을 하였으며, 영상의 판독은 육안분석과 극성지도를 이용한 정량적 분석을 시행하였다. 정량적 분석의 경우 극성지도 상에서 각 심근벽의 섭취율(최대 섭취율에 대한%)을 구하여 감쇠보정을 하지 않은 영상과 감쇠보정을 한 영상을 비교하였다. **결과:** 육안분석에서 감쇠보정을 한 경우 하벽의 섭취는 증가한 반면, 전벽과 심첨부 및 격벽의 섭취는 감소하였다. 간에서의 섭취도 감쇠보정을 한 경우에 증가하였다. 정량분석에서는 심첨부의 경우 감쇠보정 후 섭취율이 감소하였고, 하벽의 경우 증가하였다. 하벽의 경우 감쇠보정을 하여 판독에 도움을 받을 수 있었고, 반면 전벽이나 심첨부의 경우 감쇠보정 후 판독에 어려움이 있었다. **결론:** 하벽의 경우 CT를 이용한 감쇠보정을 한 경우 판독에 도움이 되었으며, 감쇠보정전 영상이 정상인 경우 심첨부나 전벽등의 판독시는 주의가 필요하다.

References

1. DePuey EG. How to detect and avoid myocardial perfusion SPECT artifacts. *J Nucl Med* 1994;35:699-702.
2. Slart R, Que T, Veldhuisen D, Poot L, Blanksma P, Piers A. et al. Effect of attenuation correction on the interpretation of ^{99m}Tc-sestamibi myocardial perfusion scintigraphy: the impact of 1 year's experience. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003;30:1505-9.
3. Ficaro EP, Fessler JA, Shreve PD, Kritzman JN, Rose PA, Corbett JR. Simultaneous transmission/emission myocardial perfusion tomography. Diagnostic accuracy of attenuation-corrected Tc-99m Sestamibi single photon emission computed tomography. *Circulation* 1996;93:463-73.
4. Hendel RC, Berman DS, Cullum SJ, Follansbee W, Heller GV, Kiat H, et al. Multicenter clinical trial to evaluate the efficacy of correction for photon attenuation and scatter in SPECT myocardial perfusion imaging. *Circulation* 1999;99:2742-9.
5. Lee DS, So Y, Cheon GJ, Kim KM, Lee MM, Chung JK, Lee MC. Limited incremental diagnostic values of attenuation-noncorrected

- gating and ungated attenuation correction to rest/stress myocardial perfusion SPECT in patients with an intermediate likelihood of coronary artery disease. *J Nucl Med.* 2000;41:852-9.
- Hendel RC, Corbett JR, Cullum SJ, DePuey G, Garcia EV, Bateman TM. The value and practice of attenuation correction for myocardial perfusion SPECT imaging: a joint position statement from the American society of nuclear cardiology and the society of nuclear medicine. *J Nucl Med* 2002;43:273-80.
 - Banzo I, Pena F, Allende R, Quirce R, Carril J. Prospective clinical comparison of non-corrected and attenuation- and scatter-corrected myocardial perfusion SPECT in patients with suspicion of coronary artery disease. *Nucl Med Commun* 2003;24:995-1002.
 - Hwang KH, Lee DS, Paeng JC, Lee MM, Chung JK, Lee MC. Effect of attenuation correction, scatter correction and resolution recovery on diagnostic performance of quantitative myocardial SPECT for coronary artery disease. *Korean J Nucl Med* 2002;36:288-98.
 - Fricke E, Fricke H, Weise R, Kammeier A, Hagedorn R, Lotz N, et al. Attenuation correction of myocardial SPECT perfusion images with low-dose CT: Evaluation of the method by comparison with perfusion PET. *J Nucl Med* 2005;46:736-44.
 - Pryor DB, Harrell FE Jr, Lee KL, Califf RM, Rosati RA. Estimating the likelihood of significant coronary artery disease. *Am J Med* 1983;75:771-80.
 - Savi A, Rossetti C, Gilardi MC, Landoni C, Rizzo G, Ippolito M, et al. Correction measured by attenuation in tomographic heart studies with single photon emission with thallium 201. Comparison with positron-emission tomographic studies with single photon emission studies with ammonium marked with nitrogen. *Radiol Med (Torino)* 1999;98:36-42.