

삼중 에너지창 산란 보정 방법 (TEW)에 따른 Tc-99m, I-131의 산란 계수율 평가

이 영 섭^{1,2}·김 진 수¹·김 경 민¹·김 희 중²·임 상 무¹

한국 원자력 의학원 분자영상 연구부¹

연세대학교 방사선학과²

E-mail: jskim@kirams.re.kr

중심어 : 삼중 에너지창 산란 보정, 감마 카메라, Tc-99m, I-131, 산란 계수율

서 론

핵의학 영상은 의학적으로 이용되는 방사성 동위원소를 체내에 주입 후 일정 장거나 조직에서 방사성 동위원소 방출 하는 감마선을 검출하여 영상화 하는 것을 말한다.

감마 카메라 (Gamma camera)를 이용한 핵의학 영상의 방사성 동위원소는 사이클로트론 (Cyclotron)으로 가속시킨 양성자를 표적에 충돌시켜 핵반응에 의해 생성되거나 원자로를 사용하여 생성한다. 감마 카메라용 방사성 동위원소로 주로 사용하는 것은 Tc-99m (Technetium-99m), I-123, 131 (Iodine-123, 131), Tl-201 (Thallium-201)등이 있다. 이런 동위원소들은 체내의 조직 또는 장기들과 반응을 일으켜 콤프턴 산란 (Compton scatter)과 조준기 (Collimator)와의 반응으로 산란선을 방출한다. 이러한 산란선들은 영상의 화질 저하의 문제점이 되기도 한다. 삼중 에너지창 보정방법 (Triple Energy window, TEW)은 부가적인 산란 에너지창 (Sub-energy window)에서 획득한 데이터에 선형 회귀분석을 실행 광봉우리의 에너지창 (Photopeak energy window)에 있는 산란성분을 추정 후 보정하는 방법으로, 임상적으로 산란보정이 상대적으로 정확하다고 알려져 있다. [1] 하지만 임상에서는 각기 다른 에너지창 넓이를 사용하며, 산란 보정을 위하여 선택하는 부가 에너지창의 넓이 또한 달라 본 연구에서는 감마 카메라 영상에서 상대적으로 많이 사용하는 Tc-99m과 I-131의 방사성 동위원소에서 주 에너지창과 부 에너지창 넓이의 설정에

따른 산란 계수율을 구하였다.

재료 및 방법

감마카메라에서 획득된 데이터에 대해 조사하기 위하여 GATE (Geant4 Application for Tomographic Emission) 시뮬레이션을 이용하였다. GATE는 총 광자, 일차광자 그리고 산란 광자를 정확하게 구분하여 산란 보정의 정확도를 평가할 수 있다.

1. GATE 시뮬레이션

Siemens Symbia SPECT/CT 스캐너의 조건으로 시뮬레이션 하였으며, Tc-99m에 대하여 저에너지 범용성 조준기 (Low energy all purpose, LEAP)를 사용하였고, I-131에 대하여 고에너지 조준기 (High energy, HE)를 사용하였다. 매트릭스 크기는 256 x 256 이었고, 화소 크기는 0.904 mm 이었다.

2. 산란 보정

본 연구에서는 주 에너지창의 넓이를 광봉우리의 10%, 15%, 20%를 설정 하였으며, 부 에너지창은 3 keV, 5 keV를 설정하였다.

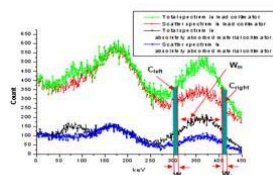


Fig. 1. Schematic of triple energy window setting

산란 계수 (Cs)를 추정하기 위하여 부 에너지창의 저에너지 (C_{left})와 부 에너지창의 고에너지 (C_{right})로부터 주 에너지창의 넓이 (W_m), 부 에너지창의 넓이 (W_s)를 사용하여 윗변과 아랫변으로 이루어진 사다리꼴의 면적으로부터 아래식을 사용하여 산란 계수를 추정 할 수 있다. [2]

$$Cs \cong \left(\frac{C_{left}}{W_s} + \frac{C_{right}}{W_s} \right) \cdot \frac{W_m}{2}$$

결과 및 고찰

Tc-99m의 선원과 I-131의 점 선원을 이용하여 삼중 에너지창 보정 방법을 평가하였다. 또한 실린더 팬텀 내에서 X, Y, Z축 방향으로 Tc-99m, I-131 점 선원의 위치를 변화 시켜가면서 삼중 에너지창 보정 방법에 의한 산란 계수율과 보정을 하지 않았을 때의 산란 계수율에 대한 비교 평가를 하였다.

Table 1. Result of triple energy window method

| | Tc-99m | | | | | |
|------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | 10% | | 15% | | 20% | |
| | TEW Correct | Scatter ratio | TEW Correct | Scatter ratio | TEW Correct | Scatter ratio |
| 3keV | 58.66% | | 35.34% | | 26.95% | |
| 5keV | 48.49% | 26.92% | 30.97% | 30.03% | 26.80% | 32.91% |
| | I-131 | | | | | |
| | TEW Correct | Scatter ratio | TEW Correct | Scatter ratio | TEW Correct | Scatter ratio |
| | 3keV | 85.62% | 59.07% | 74.59% | 62.30% | 62.57% |
| 5keV | 75.59% | | 65.10% | | 63.18% | |

Table 2. Results of triple energy window method in cylinder phantom.

| | Sub | Tc-99m | | | | | | I-131 | | | | | |
|-------------------|------|--------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
| | | Scatter correction | | | Original scatter ratio | | | Scatter correction | | | Original scatter ratio | | |
| | | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% |
| Air Center | 3keV | 71.37 | 51.76 | 33.39 | 14.70 | 14.66 | 14.58 | 68.84 | 50.89 | 40.70 | 61.57 | 63.78 | 66.44 |
| | 5keV | 63.26 | 44.29 | 27.61 | | | | 52.97 | 47.65 | 40.30 | | | |
| Phantom Center | 3keV | 83.67 | 70.75 | 59.80 | 49.08 | 51.04 | 53.49 | 77.24 | 68.73 | 67.54 | 74.47 | 73.40 | 76.64 |
| | 5keV | 77.67 | 67.64 | 54.94 | | | | 77.14 | 63.95 | 63.06 | | | |
| Z ₋ +* | 3keV | 80.96 | 66.91 | 55.28 | 41.94 | 43.63 | 45.98 | 70.46 | 63.95 | 59.34 | 68.40 | 71.16 | 74.40 |
| | 5keV | 74.77 | 61.36 | 51.22 | | | | 69.03 | 61.34 | 57.79 | | | |
| Z ₊ +* | 3keV | 80.53 | 66.94 | 54.59 | 41.60 | 43.98 | 46.56 | 75.53 | 60.53 | 54.87 | 68.73 | 71.72 | 74.66 |
| | 5keV | 74.29 | 61.29 | 50.49 | | | | 71.33 | 58.67 | 55.07 | | | |
| X ₋ +* | 3keV | 82.44 | 70.79 | 59.94 | | | | 75.37 | 65.92 | 53.28 | 71.53 | 74.99 | 78.20 |
| | 5keV | 77.26 | 65.02 | 56.19 | 55.16 | 57.20 | 59.57 | 76.68 | 64.71 | 56.08 | | | |
| X ₊ +* | 3keV | 80.40 | 66.35 | 54.29 | 37.40 | 39.19 | 41.52 | 72.03 | 62.01 | 55.98 | 69.02 | 71.73 | 74.80 |
| | 5keV | 74.03 | 60.58 | 49.91 | | | | 69.92 | 59.28 | 57.13 | | | |
| Y ₋ +* | 3keV | 80.03 | 64.92 | 56.30 | 45.39 | 47.19 | 49.50 | 75.53 | 61.05 | 51.35 | 68.00 | 70.82 | 73.83 |
| | 5keV | 75.04 | 62.99 | 51.86 | | | | 70.67 | 56.07 | 53.96 | | | |
| Y ₊ +* | 3keV | 80.13 | 70.03 | 55.20 | 45.96 | 47.72 | 49.99 | 80.81 | 56.52 | 53.84 | 67.80 | 70.81 | 73.44 |
| | 5keV | 74.78 | 63.29 | 50.31 | | | | 74.77 | 53.49 | 52.87 | | | |

결론

주 에너지창의 넓이 10% ~ 20%에서 부 에너지창의 넓이를 3 keV, 5 keV를 선택하여 산란 계수율을 평가를 한 결과 Tc-99m의 경우 10%, 15%의 주 에너지창의 넓이를 선택하였을 때 약 150%, 110%, I-131의 경우 130%, 110%의 산란 계수의 과보정이 일어났다. 이는 실제 산란이 일어난 계수보다 더 많은 계수를 보정 해주어 총 광자의 개수에 영향을 주게 된다. 그로인하여 영상의 화질 저하 원인이 된다고 판단된다. 반면 20%의 주 에너지 창을 선택을 하였을 때 Tc-99m의 경우 실제 산란 계수의 약 80%, I-131의 경우 약 97%의 산란 보정율을 보였다.

또한 Tc-99m, I-131 점선원을 각각 X, Y, Z축 방향으로 위치를 변화시켜가면서 산란 계수율을 비교 평가 한 결과, 팬텀 내 각 위치에서도 위치에 따른 산란의 영향이 달라지고 다양한 위치 변화에 따른 산란 정도와 산란 보정을 통한 산란 보정이 된 영상은 영상의 화질 향상에 기인 할 수 있고, 좀 더 정량적 분석이 가능해진다. 각 주 에너지 창에 따른 산란 계수율을 추정하여 평가 해본 결과 산란 계수율에 의한 적합한 주 에너지 창 선택이 영상 화질의 향상에 기여 할 수 있을 것이라 생각 되며, 불감 시간 (Dead time)을 고려하여 스캔 시간을 결정하여야 한다. 이에 따른 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

1. I. Buvat, M.R. Villafuerte, A.T Popropek, et al "Comparative assessment of nine scatter correction methods based on spectral analysis using simulations" *J. Nucl. Med.*, 36(8), 1476-1488(1995)
2. Y. Dewaraja, J. Li, K. Koral, "Quantitative I-131 SPECT with Triple Energy Window Compton Scatter Correction" *IEEE*, 8(2) 1644-1648(2002)