

'98 추계학술발표회 논문집

한국 원자력학회

단일광자 방출촬영술에서 조준기의 특성이 미치는 영향
Effect of Collimator Characteristics on Image
in Single Photon Emission Computed Tomography

김경민, 김영진

한양대학교

서울특별시 성동구 행당동

백미영, 이동수, 정준기, 이명철

서울대학교

서울특별시 종로구 연건동 28

요약

SPECT촬영에서 조준기는 기기의 계수율과 공간해상도에 영향을 준다. 이 연구에서는 조준기들에 대해 조준기의 설계특성이 기기의 계수율과 공간해상도, 그리고 SPECT영상의 질과 정량적 평가에 미치는 영향을 알고자 하였다. 결과적으로 조준기의 설계사양으로부터 계산된 조준기 효율은 계수율, 공간해상도, 백분율 불확정도와 밀접한 관계를 보였다. 따라서, 최적화된 촬영방법을 찾기 위해서는 조준기의 특성을 고려하는 것이 중요하다.

Abstract

In SPECT acquisition, collimator influence on the count rate and spatial resolution of SPECT system. In this study, we attempt to know the effect of the design characteristics of collimator on count rate, spatial resolution, image quality, and image quantitation. Consequently, collimator efficiency calculated from collimator specification

has the close relation with count rate, spatial resolution, and percentage uncertainty. Therefore, considering the collimator characteristics is important in setting the optimized imaging protocol.

1. 서론

단일광자 방출촬영술(single photon emission computed tomography, SPECT)은 인체에 방사성 동위원소를 주사한 후 체외로 방출되는 방사능을 계측하여 영상을 재구성한다. 따라서 방사능 계측성능을 의미하는 계수율은 SPECT 카메라의 중요한 성능 평가지표로 계수율이 좋을수록 양질의 SPECT영상을 얻을 수 있다. SPECT 카메라의 성능을 평가하는 또 다른 중요한 평가지표인 공간분해능은 높을수록 영상의 식별능력이 높아진다. 그러나, 계수율과 공간분해능은 서로 상보적인 관계를 가지기 때문에 어느 한쪽이 높아지면 다른 한쪽은 떨어진다. 따라서, 좋은 SPECT 영상을 얻기 위해서는 두 평가지표의 조합이 최적이 되는 조건을 찾는 것이 중요하다. SPECT 카메라에서 이러한 조건을 결정하는데 큰 영향을 주는 것이 조준기(collimator)이다. 조준기는 체외로 방출된 방사능이 Na(Tl)결정에 도달하기 전에 통과하는 SPECT 카메라의 중요한 구성 중의 하나이다. 조준기는 사용목적에 따라 조준기 구멍의 모양과, 구멍의 배열, 조준기 격막(septum)의 두께, 구멍의 깊이 등과 같은 설계가 다른 여러 가지 모양과 내부구조를 가지게 되고, 또한 각기 다른 모양과 구조에 따라 조준기의 성능이 달라진다. 따라서 SPECT 카메라의 정도 관리의 평가나 검사에 적합한 촬영방법을 설정하는 과정에서 조준기의 선택과 선택된 조준기의 특성을 고려하는 것이 중요하다. 이 연구에서는 각기 다른 조준기들의 설계특성에 의한 SPECT 카메라의 성능을 평가하고, 각각의 조준기의 선택이 SPECT 영상에 미치는 영향을 알고자 하였다.

2. 방법

이중 헤드 SPECT 카메라(Vertex EPIC, ADAC Lab., U.S.A.)에 부착이 가능한 세가지의 조준기(Vertex용 고해상도(VXHR), Vertex 일반용(VXGP), 중간에너지 일반용(MEGP))를 이용하였다. 조준기의 성능을 평가하기 위하여 조준기의 설계사양의 값들을 이용하여 조준기 해상도(collimator resolution, R_c)와 조준기 효율(collimator efficiency, g)를 다음의 식들을 이용하여 각각 계산하여 얻었다⁽¹⁾.

$$R_c \approx \frac{d(1_e + b)}{1_e} \quad (1)$$

$$g \approx K^2 \left(\frac{d}{1_e} \right) \left[\frac{d^2}{(d+t)^2} \right] \quad (2)$$

위의 식들에서, b는 선원으로부터 조준기까지의 거리, d는 조준기 구멍의 직경, t는 조준기 격자의 두께, K는 조준기 구멍의 모양에 따른 상수(=0.26)이다. 그리고 1_e 는 조준기 구멍의 실제길이를 아래의 식으로부터 구할 수 있다.

$$1_e = 1 - 2\mu^{-1} \quad (3)$$

위의 식에서 1은 조준기 구멍의 실제 길이이고, μ 는 조준기 물질의 선형 감쇠계수(=21.43cm⁻¹)이다.

조준기의 성능이 SPECT카메라의 성능에 미치는 영향을 알기 위하여, 각각의 조준기를 부착하고 각각 외인성 계수율(extrinsic count rate)과 공간해상도를 측정하였다. 공간해상도를 측정하기 위하여 조준기를 부착한 카메라 헤드표면으로부터 10cm위에 내부직경이 1mm이내인 가느다란 튜브에 Tc-99m 740MBq을 채운 후 헤드의 수평방향으로 놓고, 2.0×10^4 계수까지 촬영하여 수평방향의 선형확산함수(line spread function, LSF)를 얻었고, 수직방향의 LSF도 마찬가지로 방법으로 얻었다. 각각의 수평방향과 수직방향 LSF에 대해 가우시안 함수(gaussian function) 형태의 횡단면 프로파일(profile)을 얻어 각각의 프로파일을 곡선접합을 한 후 프로파일의 최대값의 절반값이 되는 프로파일의 최대반치폭(full width of half maximum, FWHM)을 얻어 공간해상도를 얻었다.

외인성 계수율을 측정하기 위하여 Tc-99m 185MBq의 점선원(point source)을 조준기를 부착한 SPECT 카메라의 헤드표면으로부터 1.2m거리에 놓은 후 140keV 중심 20% 에너지창으로 1.0×10^6 계수를 얻었고, 이때의 계수시간(t)을 측정하여 선원을 제거한 후에 다시 같은 계수시간동안 배후 방사능 계수를 측정하여 앞서의 전체 계수에서 빼주어 순수계수(N)를 얻었다. 그런 다음 순수계수를 계수시간으로 나누어 계수율(R)를 얻었다.

$$R = \frac{N}{t} \quad (4)$$

그리고, 전체 계수의 불확정도(uncertainty, σ_R)과 백분율 불확정도(percentage uncertainty, V_n)를 얻었다.

$$\sigma_R = \left[\frac{R}{t} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$V_n = \frac{1}{(Rt)^{1/2}} \times 100\% \quad (6)$$

3. 결과

조준기의 설계사양에 따른 조준기 해상도, 조준기 효율, 계수율, 공간해상도를 표1에 정리하였다.

조준기 종류	조준기 효율 ($\times 10^{-4}$)	계수율 (count per minute, cpm)	조준기 해상도 (mm)	기기 공간해상도 (mm)
VXHR	0.86	583	3.9	6.8
VXGP	1.08	698	4.1	6.9
MEGP	1.20	822	6.1	7.9

표1. 세가지 조준기의 조준기 효율, 계수율, 조준기 해상도, 기기 공간해상도

세 조준기에 대한 계수 불확정도는 모두 22cpm으로 같았고, 백분율 불확정도는 VXHR, VXGP, MEGP조준기가 각각 3.8%, 3.2%, 2.7%이었다. 그리고, 조준기의 효율은 조준기의 해상도, 기기 공간해상도, 백분율 불확정도와 반비례의 관계를 가졌고, 계수율과 비례되는 관계를 가졌다.

4. 결론

SPECT영상에서 조준기의 설계특성이 SPECT카메라의 성능에 근본적인 영향을 주게 되고, 이로부터 영상의 질과 정량적 평가에 조준기의 특성을 파악함이 중요함을 알았다. 따라서, 최적화된 촬영조건을 찾기 위해서는 계수율과 공간분해능뿐만 아니라 영상의 불확정도도 최소화할 수 있는 조건을 찾아야 하고, 조준기의 특성을 파악함은 이러한 과정에서 많은 도움을 제공하리라 생각한다.

5. 참고문헌

(1) Sorenson JA, Phelps ME; Physics in Nuclear Medicine, New York, Grune & Stratton, 1987