

SPECT filter의 cut off level에 따른 반폭치(FWHM) 크기에 관한 연구

— A study of Full Width at Half Maximum(FWHM) according
to the Filter's Cut off level in SPECT camera —

동남보건대학 방사선과 · 경기대학교 대학원 의학 물리학과*

박성욱 · 권수일*

— 국문요약 —

영상재구성에 있어 잡음(noise)을 제거하고 공간 분해능과 대조도 분해능을 향상시킬 수 있는 filter에서 cut off 주파수 level에 따라 영상의 질에 영향을 미치는 경향을 반폭치(FWHM: full width at half maximum) 측정방법을 이용하여 비교하였다. 선택한 filter의 종류는 Band-limited, Sheep-logan, Sheep-logan Hanning, Generalized Hamming, Low pass cosine, Parazen, 그리고 Butterworth filter이다. SPECT 영상을 기록하기 위한 점선원(point source)으로 방사성의약품 $^{99m}\text{TcO}_4$ 을 이용하였으며 점선원에 대하여 각각의 filter에서 cut off 주파수 준위별로 영상을 기록하고 axial transverse, coronal sagittal... fh의 section image의 profile 곡선에서 반폭치를 측정하여 비교하였다.

본 연구에서 사용한 filter들에 있어서는 cut off level에 따라 X, Y, 그리고 Z축 방향으로의 평균 FWHM의 길이가 9.16 mm~18.14 mm까지 측정되었는데 cut off level 0.7에서 Generalized Hamming filter와 Band limited filter의 경우 9.16 mm로 반폭치의 길이가 제일 짧은 것으로 나타났다.

I. 서 론

핵의학 영상진단을 위하여 SPECT(single photon emission computer tomography)와 PET(positron emission tomography) 장치가 주로 이용되고 있으며 양질의 진단정보를 얻기 위한 연구노력은 꾸준히 진행되고 있다. 방사성의약품의 집적상태와 그 동적인 변화를 세밀하게 영상화하여 양질의 진단 정보를 제공한다는 것은 환자의 질병을 조기에 발견할 수 있는 정보를 제공할 수 있다는 차원에서 매우 중요한 것이다. 따라서 핵의학 장치의 고유한 성능의 유지와 관리는 물론 장비의 성능을 최대로 활용하여 진단 정보를 제공할 수 있어야 하고 장비와 software의 새로운 개발은 장비의 정도관리와 함께 이와 같은 목적을 달성하기 위한 발전으로 계속되고 있다.

핵의학 영상재구성 과정에서 여과(filtering)는 통계적 잡음(noise)을 감소시켜 영상의 분해능을 향상시키며 영상을 재구성하는데 매우 중요한 역할을 한다¹⁾.

적당한 filter의 선정과 MTF 곡선에서 cut off 주파수 level(cycle/pixel)의 선택은 영상의 질에 많은 영향을 미치게 된다. SPECT장치의 제조회사에 따라 사용하는 filter의 종류마다 각각의 특성이 있지만 filter의 선택은 SPECT 영상의 재구성에 있어 상당히 큰 영향을 미치며 영상정보에서 cut off 주파수 level의 선택에 따라 영상이 나타나는 대조도나 분해능의 차이는 매우 크다. SPECT 장치의 제조회사에 따라 사용되는 filter의 종류가 다양하며 영상을 기록할 때 filter의 선택과 이에 따른 cut off되는 주파수 level의 결정은 사용자에게 의해 선택되어 사용되고 있다.

본 연구에서는 우리나라에 가장 많이 사용하고있는 SPECT 장비에서 filter들을 선택하여 cut off 주파수 level에 따라 영상의 분해능에 영향을 미치는 정도를 알기 위하여 공간분해능측정 방법의 하나인 반폭치(WHM : full width at half maximum)크기를 측정하여 비교 분석함으로써 filter에서 선택된 cut off 주파수 선정이 영상에 미치는 영향을 알아보았다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 장치 및 재료

SPECT장치로 Simens multi SPECTII(독일), Dual detector를 사용하였으며 방사성 의약품으로 $^{99m}\text{TcO}_4$ 을 이용하여 점선원(point source : 1.5×1.7 mm 크기)을 만들었다. 영상을 기록할 때 저에너지 고분해능(low energy high resolution) multiparallel hole collimator를 이용하였다.

NEMA(national electrical manufacturers association)에 의한 SPECT camera의 spatial resolution 측정방법을 참고하여 측정하였으며²⁾ source object는 3개의 capillary tube를 이용하여 방사성의 약품 $^{99m}\text{TcO}_4$ source의 크기 1.5×1.7 mm로 3개의 point source로 만들었다 이 3개의 점선원을 스틸로폴을 이용하여 받침대를 만들어 그 위에 capillary tube의 간격을 각각 60 mm 수평간격으로 위치시켰으며 point source 간의 수직간격을 50 mm씩 간격을 두어 scan하는 동안 방사선의 흡수나 산란선의 발생 원인이 되지 않도록 하였다(Fig. 1).

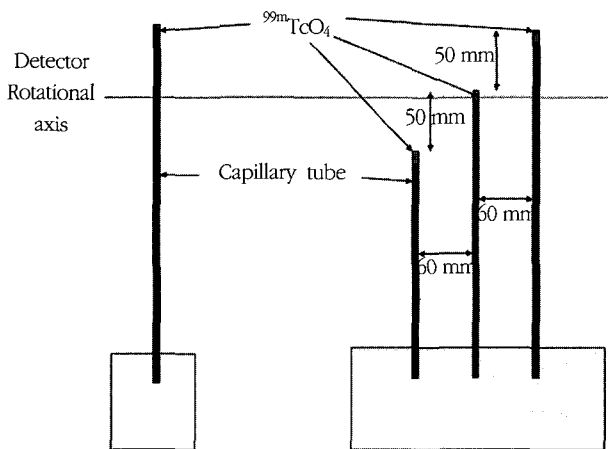


Fig. 1. position of point source and detector rotation axis.

2. 영상기록방법

3개의 point source를 table 면에 수평이 되도록 조정하고 중심에 있는 point source가 dual detector의 회전 중심이 되도록 하였다. 한 개의 검출기는 각각 180°를 회전하여 source를 중심으로 전체 360° 회전하여 4°/20 sec /view로 45 projection / detector로 128×128 matrix의 조건으로 각 projection에서, energy window 15%로 20,000 count의 계수로 영상을 기록하였다.

여과역투영법(filterback projection)으로 재구성처리하고 Chang,s방법으로 교정하였다.

영상기록 할 때 filter와 cut off 주파수 level에 따른 point source 영상의 변화를 알기 위하여 Band-limited, Sheep-logan, Sheep-logan Hanning, Generalized Hamming, Low-pass cosine, Parzen 그리고 Butterworth filter를 사용하고 각각의 filter에서 cut off되는 주파수 level은 0.4, 0.5, 0.6, 0.7을 선정하여 영상기록 하였다.

3. 분석 방법

각각 filter 별 cut off 주파수 level을 변화하여 기록한 영상에서 회전 중심에 위치하고 있는 point source (Pc) 영상과 양측면에 있는 point source(P1과 P2)에 의한 영상에서의 각각 X, Y, Z 축방향에 대한 FWHM을 측정하였다. NEMA의 resolution 측정방법을 이용하였으며 회전 중심의 point source와 양측면의 point source에 의한 X, Y, Z 축에서의 FWHM을 측정된 값에 대한 분석을 하였다.

III. 결과 및 토의

Sinogram을 통하여 camera의 회전 중심의 정확성을 확인하였으며 point source에 대하여 filter 별로 그리고 각 filter에서 cut off 주파수 level 별로 각각의 X, Y, Z 축방향으로 나타난 profile 곡선을 이용하여 FWHM을 측정하였다.

회전 중심의 일치 확인 및 중앙과 측면에 있는 3개의 point source단면영상(section image)은 Fig. 2와 같다.

Low pass cosine filter를 사용한 경우 주파수 곡선은 Fig. 3과 같으며 이것은 cut off 주파수 수준은 0.7로 선택한 경우이다. 이 주파수곡선에서 각각 cut off level 0.4, 0.5 0.6 그리고 0.7로 source의 횡단면영상으로 재구성한 영상의 예는 Fig. 4와 같다.

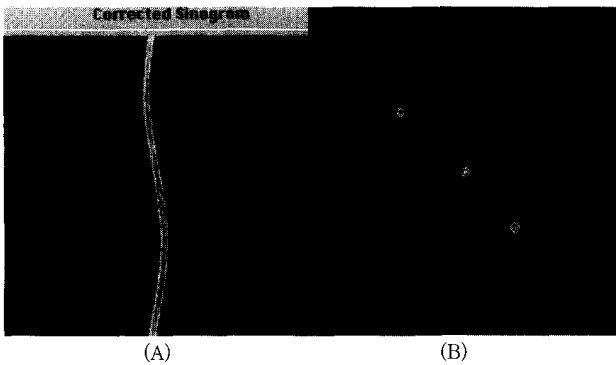


Fig. 2. Sinogram(A) and point source image(B)

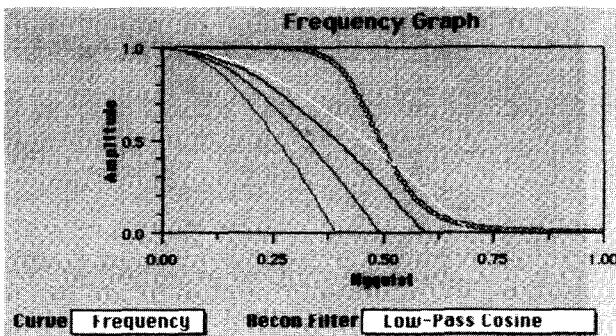


Fig. 3. Frequency graph of the Low pass cosine filter.

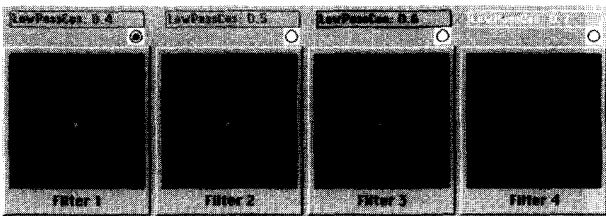


Fig. 4. Transverse section image according to cut off level in the Low pass cosine filter.

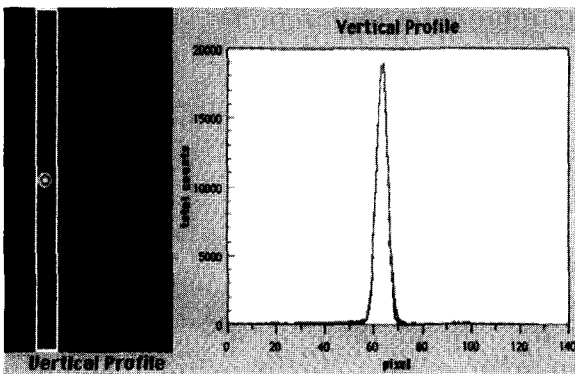


Fig. 5. Measurement of FWHM by image profile curve

이와 같이 각각의 주파수 level별로 획득한 point영상에서 FWHM은 Fig. 5와 같이 측정하였다 이 경우에 FWHM의 크기는 5.48 pixel 크기로 13.15 mm임을 알 수 있다.

IV. 결과 및 토의

^{99m}TcO₄ Point source에 대하여 filter 별 frequency 곡선(MTF curve)에서 cut off 주파수 level을 각각 0.4, 0.5, 0.6과 0.7을 선택하여 각각의 축방향으로 영상을 기록하고 그 영상에 의해 나타난 profile 곡선을 이용하여 측정된 FWHM의 크기의 변화는 다음과 같다.

즉 Band-limited의 경우 Table 3과 같이 중심에 위치한 source에서 X,Y축방향의 평균 FWHM은 cut off level 0.4에서 10.5 mm, 0.5에서 9.8 mm, 0.6과 0.7에서는 9.5 mm로 측정되었고, Z축방향(coronal)의 영상에서는 cut off level 0.7에서 9.5 mm로 가장 작게 측정되었다. 양측면에 있는 point source의 영상에서도 cut off level 0.7에서 X축방향 FWHM이 9.3 mm, Y축방향 8.9 mm 그리고 Z축방향에서는 8.6 mm로 가장 작게 측정되었다.

전반적인 FWHM의 평균크기를 보면 cut off level 0.4에서 10.50 ± 0.07 mm, 0.5에서 9.64 ± 0.21 mm, 0.6에서는 9.26 ± 0.34 mm이며, 0.7에서는 9.16 ± 0.4 mm로 나타나 가장 작게 나타났다.

Sheep-logan filter는 Table 4와 같이 중심 source에서 X,Y축방향의 FWHM 평균값이 cut off level 0.5에서 10.1 mm로 가장 작았으며, Z축 방향에서는 0.5에서 10 mm로 가장 작게 측정되었다. 양측면의 점선원 영상에서도 cut off level 0.5에서 X축 방향은 9.9 mm, Z축방향 9.3 mm로 측정되어 각 방향에서 cut off 0.5에서 FWHM이 작게 나타났으나 축방향의 반폭치인 Y축 방향에서는 cut off level 0.6에서 9.3 mm로 가장 작게 나타났다 각각의 cut off level에서 FWHM의 평균 크기를 비교한 경

Table 3. length of FWHM in Band-Limited filter(mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central transaxial X + Y/ 2	10.5	9.8	9.5	9.5
central axial (Z)	10.6	9.9	9.6	9.5
peripheral radial(X)	10.4	9.6	9.4	9.3
peripheral tangential(Y)	10.5	9.5	9.0	8.9
peripheral axial(Z)	10.5	9.4	8.8	8.6
Average±st,div.	10.50±0.07	9.64±0.21	9.26±0.34	9.16±0.40

Table 4. length of FWHM in Sheep-logan filter(mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central transaxial X+Y/2	10.4	10.1	10.2	11.2
central axial (Z)	10.4	10.0	10.5	11.4
peripheral radial(X)	10.2	9.9	10.7	11.3
peripheral tangential(Y)	10.0	9.5	9.3	10.6
peripheral axial(Z)	9.8	9.3	10.0	10.5
average±std, div.	10.16±0.26	9.76±0.34	10.14±0.54	11.0±0.42

Table 5. length of FWHM in Sheep-logan Hanning filter (mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central transaxial X+Y/2	15.2	13.0	11.9	11.1
central axial(Z)	15.2	13.2	12.0	11.1
peripheral radial(X)	15.3	13.0	11.9	11.2
peripheral tangential(Y)	15.1	13.0	11.8	11.1
peripheral axial(Y)	15.1	13.2	11.9	11.1
average±std,div.	15.18±0.08	13.08±0.11	11.90±0.07	11.12±0.04

Table 6. length of FWHM in Generalized Hamming filter (mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central transaxial X+Y/2	10.5	9.8	9.5	9.5
central axial(Z)	10.6	9.9	9.6	9.5
peripheral radial(X)	10.4	9.6	9.4	9.3
peripheral tangential(Y)	10.5	9.5	9.0	8.9
peripheral axial(Y)	10.4	9.4	8.8	8.6
average±std,div.	10.48±0.08	9.64±0.21	9.26±0.34	9.16±0.39

우 cut off level 0.5에서 9.76 ± 0.34 mm로 가장 작았고 0.7에서는 11.0 ± 0.42 mm로 가장 크게 나타났다.

Sheep-logan Hanning filter의 경우에는 Table 5에서와 같이 전반적으로 FWHM이 큰 것으로 나타났으며 cut off level 0.4의 경우 15.1~15.3 mm 범위에서 측정되었으며 cut off level 0.6에서 중심 source의 X, Y축방향의 평균 FWHM이 11.9 mm이고 Z방향으로는 12.0 mm, 그리고 양측 점선원의 X, Y, Z방향 FWHM이 11.9 mm 11.8 mm 그리고 11.9 mm로 나타나 그 평균값이 11.9 ± 0.07 mm로 다른 level에서보다 작게 나타났다.

Generalized Hamming filter의 경우 Table 6에서와

Table 7. length of FWHM in Low-pass cosine filter(mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central transaxial X+Y/2	13.3	11.7	10.9	10.4
central axial(Z)	13.3	11.7	10.9	10.4
peripheral radial(X)	13.3	11.6	10.7	10.4
peripheral tangential(Y)	13.2	11.4	10.6	10.1
peripheral axial(Z)	13.2	11.4	10.5	9.9
average±std, div.	13.26±0.05	11.56±0.15	10.72±0.18	10.24±0.23

Table 8. Parazen filter에서 cut off level 별 FWHM의 크기 (mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central trans axial X+Y/2	18.2	15.4	13.8	12.7
central axial(Z)	18.2	15.4	13.7	12.7
peripheral radial(X)	18.1	15.4	13.7	12.6
peripheral tangential(Y)	18.0	15.3	13.6	12.4
peripheral axial(Z)	18.2	15.4	13.6	12.4
average±std,div.	18.14±0.09	15.38±0.04	13.68±0.08	12.56±0.15

Table 9. Butterworth filter에서 cut off level 별 FWHM의 크기(mm)

cut off level	0.4	0.5	0.6	0.7
central tranaxial X+Y/2	10.8	9.9	9.6	9.5
central axial(Z)	10.8	10.0	9.7	9.6
peripheral radial(X)	10.6	9.7	9.5	9.3
peripheral tangential(Y)	10.6	9.6	9.1	8.9
peripheral axial(Z)	10.6	9.5	9.1	8.9
average±std,div.	10.68±0.11	9.74±0.21	9.36±0.34	9.20±0.38

같이 cut off level 0.4에서 각 축방향의 FWHM 평균크기는 10.48 ± 0.08 mm로 측정되었으나 cut off level 0.5에서는 9.64 ± 0.21 mm의 길이, 0.6에서는 9.26 ± 0.34 mm이었으며 0.7에서는 9.16 ± 0.39 mm로 FWHM의 길이가 가장 작았다.

Low-pass cosine filter에서는 Table 7과 같이 각 축방향에서 FWHM의 평균값이 cut off level 0.4에서 13.26 ± 0.05 mm, 0.5에서는 11.56 ± 0.15 mm이었으며 0.6의 level에서는 10.72 ± 0.18 mm 그리고 0.7에서는 10.24 ± 0.23 mm로 cut off level 0.7에서 가장 작은 FWHM 길이를 나타내었다.

Parazen filter의 경우는 Table 8에서와 같이 다른

filter에서 보다 FWHM이 전반적으로 큰 경향을 보이고 있어 각 축 방향에서 평균 FWHM의 길이가 가장 작은 것이 cut off level 0.7에서 12.56 ± 0.15 mm로 나타났다. 0.4에서는 18.14 ± 0.09 mm로 실험한 filter중 가장 크게 나타났다.

Butterworth filter에서는 table 9에서와 같이 cut off level 0.7에서 가장 작은 FWHM의 크기인 9.20 ± 0.38 mm이었으며 0.6에서는 9.36 ± 0.34 mm, 0.5에서는 9.74 ± 0.21 mm 그리고 0.4의 cut off level에서는 10.68 ± 0.11 mm로 가장 크게 측정되어 cut off level이 작을수록 FWHM의 크기가 증가됨을 알 수 있었다.

위 Table에서 각각 filter에서 FWHM이 작은 경우를 보면 Band limited filter에서는 cut off level 0.7에서 9.16 ± 0.40 mm, Sheep logan filter에서는 0.6에서 10.14 ± 0.54 mm, Sheep-logan Hanning filter에서는 0.7에서 11.12 ± 0.04 mm 그리고 generalized Hamming filter에서는 cut off level 0.7에서 9.16 ± 0.39 mm, Low-pass cosine filter는 0.7에서 10.24 ± 0.23 mm이었으며 Parazen filter는 0.7에서 12.56 ± 0.15 mm이고 Butterworth filter는 cut off level 0.7에서 9.20 ± 0.38 mm로 각각 나타났다 대부분의 filter에서 cut off level을 0.7을 선택한 경우 반치폭의 크기가 작았으며 이들 중 generalized Hamming filter가 가장 작은 9.16 mm 정도의 FWHM의 크기로 나타났고 Butterworth filter의 반치폭은 9.20 mm의 크기로 나타났음을 알 수 있다.

SPECT를 이용한 핵의학 영상기록에서 cut off 주파수를 결정하는 것은 재구성된 영상내에 잡음(noise)과 영상 분해능(image resolution)을 좌우한다.

3차원적인 공간에 분포되어 있는 정보는 compton scattering에 의해 발생된 noise와 함께 Fourier 변환과정을 통하여 어떤 주파수의 형태로 구성되어진다. Poisson 분포의 통계적잡음(noise)은 분해능을 저하시키는 요인이 되고 피사체(source)로부터 방사능을 검출하는 조건에 따라 정보전달능력(MTF)이 영향을 받게된다³⁾.

Cyril 등은 영상의 noise 발생을 감소시키기 위한 방법으로 여과역투영방법(filterback projection: FBP)보다는 ordered subset expectation maximization(OSEM) 방법을 비교하여 OSEM 방법이 더 높은 S/N비를 보고한 바 있다³⁾.

각 filter에서 최종적으로 얻어지는 주파수 곡선(profile spectrum)은 피사체내의 정보와 정보를 기록하는 영상기록장치의 MTF 주파수 spectrum 그리고 noise 주파수가 포함된다. 그러므로 역투영(FBP)시 잡음에 의하여

목적 부위의 뚜렷한 구분이 어렵게 되며 환자로부터의 정보를 최대로 나타내고 잡음을 제거시킬 수 있는 주파수를 제한시키는 cut off level을 선택해야 한다.

보통 cut off 주파수는 0.2~1.0 Nyquist 범위에서 사용하고 order의 범위는 4.0~10.0의 범위를 이용한다^{2,3)}. filter의 order는 filter가 cut off를 얼마나 빠르게 하는 것인가와 관계 있다. order가 높을수록 더 예민한 cut off를 의미하며 contrast가 높은 영상으로 나타난다.

Hanning filter의 경우 주파수의 범위는

$$H(V) = 0.5 + 0.5 \cos(\pi V/V_c), 0 \leq V \leq V_c$$

로 나타내며 V_c 는 cut off 주파수로 함수 $H(V)$ 가 0 gain에 도달했을 때의 값이다.

마찬가지로 Butterworth filter의 주파수 영역은

$$B(V) = \frac{1}{[1 + (\frac{V}{V_c})^n]}$$

와 같다⁴⁾.

높은 주파수의 성분을 감소시키고 낮은 주파수의 성분이 강조되도록 한 것을 low pass filter라고 하고 smoothing filter라고도 한다. 대표적으로 Hanning filter와 Butterworth filter등이 있다. Hanning filter의 경우 cut off 주파수를 0.2, 0.35 그리고 0.5와 같이 3곳에서 얻을 수 있으나 Butterworth filter의 경우에는 0.707에서 gain의 값이 0이 되어 cut off 주파수 0.707을 얻을 수 있다. 본 실험에서도 cut off level 0.7에서 반치폭이 가장 작게 나타나 일치하고 있음을 알 수 있다. 반대로 낮은 주파수의 성분을 감소시킨 것을 high pass filter라고 하고 enhancement filter라고도 하며 한 예로 Metz filter와 Ramp filter 등이 있다.

Metz filter의 주파수 영역은

$$M(V) = \frac{1 - [1 - MTF^2(V)]}{MTF(V)}$$

로 나타낸다⁴⁾.

그 외에 band-pass filter는 낮은 주파수와 높은 주파수의 성분을 억제시키고 그 가운데 부분의 주파수를 이용할 수 있도록 한 것이다 cut off 주파수의 선택은 영상내의 noise와 영상의 분해능을 고려하여 결정된다.

낮은 cut off 주파수를 선택한 경우에는 noise의 억제에는 효과적이지만 영상의 선명성이 감소하게 되며 높은 cut off 주파수를 선택한 경우 영상의 분해능은 향상되지만 noise를 충분히 억제 할 수 없게 된다.

noise의 제거는 여과 역투영(filterback projection)전에 filter를 이용하여 제거하거나 영상 재구성 후(post processing) filter에 의하여 제거할 수 있다. 그러나

James R. 등은 영상 형성과정에 있어 noise를 억제시키고 3-D(X, Y, Z방향) 방향에서 filter의 역할을 향상시키기 위하여 여과역투영전에 noise를 제거할 것을 추천하고 있다²⁾.

일반적으로 filter의 구별은 low-pass filter, high-pass filter 그리고 band-pass filter로 각각 pass 되는 주파수의 범위에 의하여 설명되지만 핵의학 장비의 생산자들에 의해 각기 다른 방법으로 구분하여 설명하고 있다. 예를 들면 여과역투영(filter back projection)전 각 projection에 대하여 Ramp filter를 이용하여 단면영상처리를 한다. 이 filter의 경우 공간분해능의 우수함을 나타내지만 transaxial 영상에서 잡음의 증가가 발생하는 문제점이 있다. 이와 같은 문제점을 보완하고 응용되어지는 것이 Hanning filter, Butterworth filter 등의 filter들이 있다.

V. 결 론

FWHM의 길이는 짧을수록 분해능력을 향상시킬 수 있는 인자로서 평가하고 있다. 우리나라에서 사용되고있는 SPECT 장치 중 2002년 5월 현재 가장 많이 사용되고 있는 장비에 영상재구성용으로 사용되고있는 7종의 filter에서 cut off frequency level에 따라 point source의 단면영상을 기록한 후 그 profile 곡선을 이용하여 측정된 반치폭에 관한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중심 선원의 횡단면영상에서 평면(X, Y축)에 나타난 평균 반치폭 $X+Y/2$ 는 Band limited filter와 Generalized Hamming filter에서 cut off level 0.6 과 0.7에서 9.5 mm로 가장 작게 측정되었다.

2. 중심선원의 축방향(Z방향)으로의 반치폭은 Band limited filter와 Generalized Hamming filter에서 cut off level 0.7에서 9.5 mm로 가장 작게 측정되었다.

3. 측면에 있는 point source의 영상의 profile 곡선에 의한 반치폭 측정에서 X방향으로 Band limited filter와 Generalized Hamming filter 그리고 Butterworth filter에서 cut off level 0.7에서 9.3 mm로 가장 작게 나타났으며 Y축방향에서의 반치폭은 Band-limited filter와 Generalized Hamming filter 그리고 Butterworth filter에서 cut off level 0.7에서 8.9 mm로, 그리고 Z-축방향으로는 Band-limited filter와 Generalized Hamming filter에서 cut off level 0.7에서 8.6 mm로 가장 작게 나타났다.

4. X, Y, Z축방향의 반치폭의 크기는 Band-Limited filter에서 cut off level이 0.7에서 9.16 ± 0.40 으로 가장 작았고, Sheep-logan filter에서 cut off level이 가장 작은 경우에는 cut off level 0.6에서 10.14 ± 0.54 mm이었다.

5. Sheep-logan Hanning filter의 경우 0.7의 cut off level에서 11.12 ± 0.04 mm로 가장 작았으며 Generalized Hamming filter에서는 0.7의 level에서 9.16 ± 0.39 mm로 가장 작게 나타났고 Low-pass cosine filter는 0.7의 level에서 10.24 ± 0.23 mm로, Parazen filter에서는 0.7 level에서 12.56 ± 0.15 mm, Butterworth filter의 경우에는 cut off level 0.7에서 9.20 ± 0.38 mm로 반치폭의 길이가 가장 작게 나타났다.

6. 각각의 모든 filter의 Cut off level에서 점선원의 평균 반치폭의 길이는 Band-limited filter와 Generalized Hamming filter에서 9.16 mm로 가장 작게 나타났다.

Filter의 선택과 cut off level의 선택에 영향을 미치는 요인은 검사 장기에 따라 사용한 방사성 의약품 등에 의하여 영향을 받게됨으로 장치에 의하여 그리고 검사 상황에 의하여 다양한 선택이 필요하다. 본 실험은 우리나라에서 가장 많이 이용되고있는 장치에 한정된다는 문제점이 있다.

참 고 문 헌

1. James R. Galt, H. Lee Hise, Ernest V. Garcia, David J. Nowak : Filtering in frequency space, Journal of Nuclear Medicine Technology, 14 : 152-160(1986).
2. Performance measurements of scintillation camera : National electrical manufacturers association (NEMA). 23-26(1994).
3. Cyril Riddell, Richard E. Carson, Jorge A. Carrasquillo, Steven K. Libutti, David N. Danforth, Millie Whatleey, Stephen L. Bacharach : Noise reduction in oncology FGD PET images by iterative reconstruction : A Quantitative assessment, Journal of Nuclear Medicine 42 : 1316-1323(2001).
4. David R. Gilland, Benjamin M. W. Tsui, William H. McCartney, J. Randolph Perry, Jan Berg : Determination of the optimum filter function for SPECT imaging, Journal of Nuclear Medicine, 29 : 643-650(1988).

• Abstract

A study of Full Width at Half Maximum(FWHM) according to the Filter's Cut off level in SPECT camera

Soung Ock Park · Soo Il Kwon*

Department of Radiologictechnioly, DongNam Health Collegy

Department of Medical physics, Kyonggi University

Filtering is necessary to reduce statistical noise and to increase image quality in SPECT images. Noises controled by low-pass filter designed to suppress high spatial frequency in SPECT image. Most SPECT filter function control the degree of high frequency supression by chosing a cut off frequency. The location of cut off frequency determines the affect image noise and spatial resolution. If select the low cut off frequency, its provide good noise suppression but insufficient image quantity and high cut off frequencies increase the image resolution but insufficient noise suppression.

The purpose of this study was to determines the optimam cut off level with comparison of FWHM according to cut off level in each filters-Band-limited, Sheep-logan, Sheep-logan Hanning, Generalized Hamming, Low pass cosine, Parazen and Butterworth filter in SPECT camera. We recorded image along the X, Y, Z-axis with $^{99m}\text{TcO}_4$ point source and measured FWHM by use profile curve.

We find averaged length is 9.16 mm~18.14 mm of FWHM in X, Y, and Z-axis, and Band-limited and Generalized Hamming filters measures 9.16 mm at 0,7 cycle/pixel cut off frequency.

Key words : filtering, cut off frequency, FWHM, low passfilter.