첨부자료 1-1

감마카메라 정도관리
수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서

목 차

I. 서론

II. 인수검사, 정도관리 및 성능검사

III. 감마카메라 정도관리 및 성능검사의 종류와 실시 방법

IV. 감마카메라/SPECT 정도관리 및 성능평가 권고(안)

V. 팬텀 영상의 종류와 생산 방법

I. 서론

이 책자는 핵의학 검사실이 핵의학 감마카메라에 대한 인증을 신청하기 위해 사용하는 절차를 기술한 책자이다. 인증신청서는 인증 받으려는 기기 각각에 대해서 따로따로 신청해야 한다. 인증방식은 평면영상 단독 인증과 평면 및 SPECT영상 인증이 있으며 해당 인증방식에 표시해야 한다.

검사실은 해당기기의 정도관리 수행실적을 입증하는 기록을 유지해야하고 팬텀영상 및 임상영상을 제출해야 한다. 이 지침서가 지시하는 대로 데이터가 수집되어야 하고 영상이 준비되어야 한다. 이 과정은 일반적으로 신청자가 통상적으로 사용하는 절차와 다를 수 있지만 제출되는 영상의 다양성을 최소화하기 위해 지켜져야 한다.

제공된 지침서 내에서 해당기기에서 가능한 가장 좋은 영상을 얻고 처리되어야 한다. 모든 기록이 유지되어야 한다.

II. 인수검사, 정도관리 및 성능검사

핵의학 영상검사의 수행에 있어서 고도의 효율성과 신뢰성을 얻기 위해서는 적절한 품질 보장 체계를 필요로 한다. 품질 보장이라는 용어에서 '품질(quality)'이라는 개념은 어떤 과정(procedure)의 결과가 실수나 인공물이 없이 이상적이라고 생각하는 기준에 얼마나 근접하는가 하는 것을 나타낸다. '품질관리 또는 정도관리 (quality control)'라는 용어는 '그 과정의 어떤 특정한 면이 만족할 만한 것인가를 확인시켜주기 위하여 채택된 특정한 수단'이다. 핵의학 영상검사에서 품질보장은 임상수행의 전체적인 면을 포함해야 하는 반면 정도관리는 그 과정의 각 부분에 대한 품질을 보장하기 위한 수단을 의미한다. 핵의학 영상장비의 정도관리는 설치 후 품질관리를 보증하는 하나의 방편이며 진료의 질을 향상 시키고 환자의 안전을 도모하는 데 필수적인 것이다.

인수검사(Acceptance test): 장비를 인수하여 설치하고 나면 그 장비의 최초 성능이 제조사의 성능사양과 실제로 맞는 지에 대한 인수검사(acceptance test) 과정에 들어가게 된다. 이 검사는 장비의 성능이 제조사에서 제시한 기술적 성능 사양에 충족하는 지를 확인하기 위하여 수행하는 것이다. 이 검사는 어떠한 손상, 결함이나 기만에 대해서 확인하고 문제제기하기 위해서 설치 후 즉시 수행되어야 한다. 동시에 그 장비의 장래의 성능을 매주, 매월, 매분기, 그리고 매년 등으로 평가할 때 평가의 기준이 되는 데이터를 얻기 위한 기준 검사(reference test)를 수행해야 한다. 이 검사는 세심하고 치밀하여야 하고 유사한 결과를 얻기 위하여 NEMA 절차와 비슷하게 진행되어야 한다.

통상적 검사(routine test)는 그 장비의 성능이 항상 제대로 발휘되도록 보장하기 위해서, 시간이 지남에 따라 성능의 와해의 비율과 범위를 결정하기 위해서 정기적으로 수행되어야 한다. 이러한 검사는 2가지 범주로 나뉘게 된다. 첫 번째는 이미 기준검사로서 시행되었시행되쟈후 매주, 매월, 매분기, 매년 시행하는 주기적이고 규칙적인 검사와, 두 번쨰로 매일 장비가 사용되는 날 시행해야 하는 운용검사(operational checks)가 있다. 이것이 우리가 보통 핵의학 영상장비의 정도관리라고 부르는 것이다. 통상적 검사는 순차적인 결과를 서로 비교할 수 있도록 항상 일정한 후 으로 수행되어야 한다. 그리고 결과에 대해서 용인할 수 있는 한계와 그 한계를 벗어났을 때 취할 일련의 행동지침들이 자체 정도관리 절차서에 규정되어야 한다.

핵의학 기기의 질 관리의 근본적인 원칙은 핵의학 단위의 업무의 종합적인 부분으로서 수행되어야 하

고, 그 핵의학 검사실의 직원 자신에 의해서 수행되어야 한다는 것이다. 그러나 몇 가지 부분은 유지보수 요원과의 협동으로 수행할 수 있다. 병원의 정비직원 또는 장비회사의 요원에 의해서 행해지는 정기적인 예방 정비절차와 핵의학 검사실의 직원에 의한 통상적 정도관리는 서로 보완적인 관계라고 보아야 한다.

이들 모든 검사의 결과의 세심한 기록이 유지되어야 하고, 만약 이들이 만족스럽지 못한 성능을 나타내면 적절한 교정 작업이 따라야 한다.

III. 감마카메라/SPECT 정도관리 및 성능검사의 종류와 실시 방법

1. 장균일도(Flood Field Uniformity)

(1) 내인성 장균일도 (Intrinsic Flood-Field Uniformity)

목적

내인성 균일도(intrinsic uniformity)는 조준기를 제거한 상태에서 점선원으로부터의 균일한 입사방사선에 대한 검출기의 반응을 본다. 내인성 적분 및 미분 균일도는 영상 인공물의 생성을 최소화 시키는데 충분하다는 것을 확인 시켜주고, 영상시스템으로 환자의 비정상 소견을 어떠한 지장 없이 시각화 할 수 있도록 보장하기 위하여 수행한다. 이 검사를 통하여 신틸레이션 기기의 전기적 문제와 크리스탈의 성능저하(수화)를 관찰한다. 중심시야(CFOV)와 유효시야(UFOV)에 대해서 모두 측정 한다.

준비물

Tc-99m(또는 해당 장비에서 주로 사용하는 선원)이 약 10-20 MBq(0.3-0.5 mCi) 채워진 점선원
20% PHA window에서 30,000 counts/sec가 넘지 않아야 함. 또는 제조회사에서 권장하는 임상영상 모드에서 권고되는 photopeak window로 설정
점선원은 다른 면은 납으로 차폐되고 한쪽 창만 열려진 납용기에 담아서 준비한다.
검출기 입사면을 커버할 수 있는 lead mask

검사방법

① 검출기 헤드에서 콜리메이터를 제거한다. 검출기 표면으로부터 검출기 직경의 5배가 넘는 거리에 선원 장착기(mounting)를 놓고 검출기의 중심에 맞추어 정렬한다. (그림 1)
② 선원 장착기(mounting)에 선원을 장착한다.
③ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다. 또는 제조회사에서 권장하는 임상영상 모드에서 권고되는 photopeak window로 설정
④ 아날로그 영상장치이면 preset count를 15,000,000 count로 맞추고 영상을 얻는다. 필름에 영상을 출력한다. 디지털 영상장치이면 64 x 64 매트릭스로 얻는다. 중심 화소의 계수치는 4,000 count가 되도록 한다.
⑤ 영상 종료 후 선원을 제거하고 콜리메이터를 재장착한다.
⑥ 획득한 영상을 PACS에 전송하거나, DICOM 형태로 CD-ROM에 저장하거나, 또는 필름에 수록한다.
⑦ 장비에서 결과 값을 자동으로 제시하는 장비이면 장비에서 제시하는 결과 값으로부터 적분균일도(IU)와 미분균일도(DU)를 기록한다.
⑧ 팬텀 영상 정보 기록지에 영상획득 조건을 빠짐 없이 기록하여 제출한다.
⑨ 디텍터 헤드의 구조상 검출기로부터 점선원까지의 거리를 충분히 뗄 수 없는 장비의 경우 제조회사의 측정 지침을 따른다.

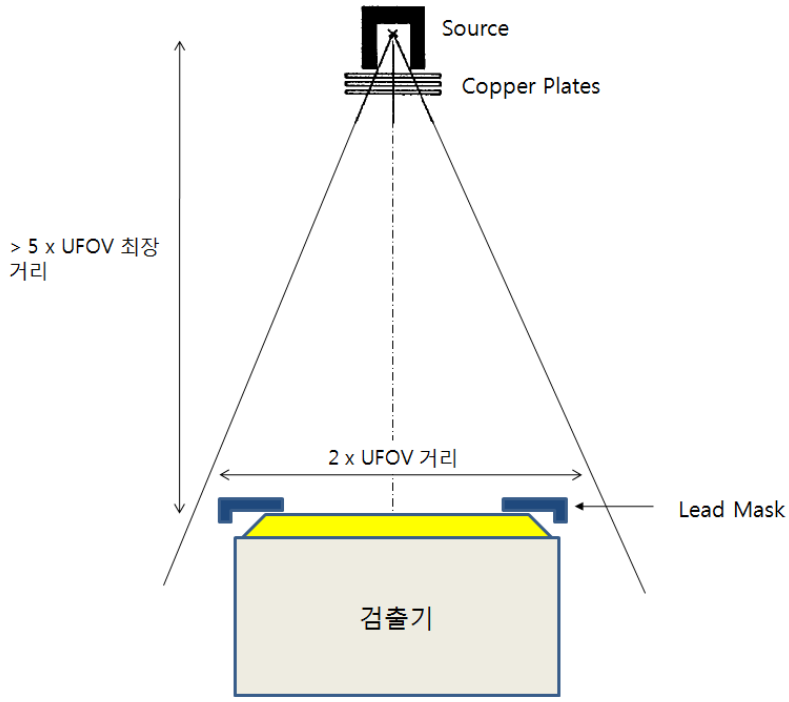


그림 A-1. 선원 및 검출기의 배치

기록 방법

① 매월 점검표에 시행한 달에 해당 내용을 기록하고 검사자가 사인한다.
② 부서 책임자의 확인을 받아서 보관한다.

결과분석

1) 육안 영상 분석

육안으로 밝고 어두움의 차이를 면밀히 관찰하여 이상 여부를 확인한다.
최초 설치시에 시행한 기준검사에서 획득한 영상과 비교한다.
전시야에 걸쳐서 밝고 어두운 차이가 눈에 띄지 않는 경우 '균일'로, 눈에 띄일 정도로 차이가 있는 경우 '불균일'로 판정한다.

2) 계산 및 분석

① 영상처리 과정으로 nine-point smoothing을 시킨다. weighting factor는 다음과 같은 pattern으로 한다.

1	2	1
2	4	2
1	2	1

② 중앙에 있는 pixel의 계수의 절반값의 계수를 갖는 원을 그려 그 반경을 half-height circumference로 정의하고, 이 반경의 95% 되는 원을 유효시야(useful field of view: UFOV), 75% 되는 원을 중심시야(central field of view: CFOV)라 정의 한다.

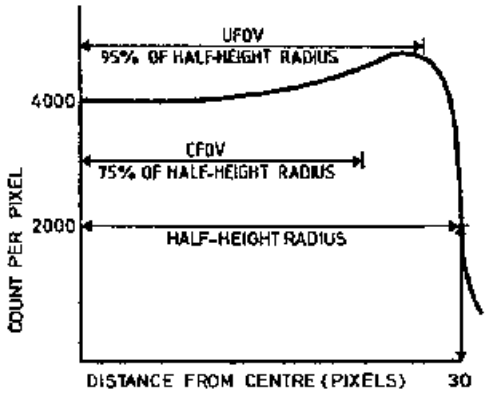


그림 A-2 유효시야와 중심시야의 결정 방법

③ 시야의 안에 있는 pixel들의 계수 중 최대계수(Max)와 최소계수(Min) 값을 찾아 다음 식으로부터 적분균일도(integral uniformity: IU)를 구한다. UFOV와 CFOV에 대해서 따로따로 구하여 기록지에 기록한다.

$$IU(\%) = 100(\frac{Max - Min}{Max + Min})$$

④ 각각 x축 방향의 열과, y축 방향의 행에서 인접한 연속적인 6개의 pixel들의 계수를 비교하여 차이가 가장 많은 두 pixel에서 최대계수치차를 Hi, 최소계수치차를 Low라 하면 미분균일도(differential uniformity: DU)는 다음과 같다. UFOV와 CFOV에 대해서 따로따로 구하여 기록지에 기록한다.

$$DU = 100(\frac{Hi - Low}{Hi + Low})(\%)$$

결과 해석 및 판정

검사 주기는 인수검사, 기준검사 및 주기적 정도관리 검사로 시행한다.
인수 검사시에는 제조사 출하시의 검사결과와 비교하여 가장 나쁜 결과치와 비교한다.
통상 운용 검사시에는 기준검사와 비교한다.
인수검사 시에는 제조회사의 측정치(또는 공장출하시의 검사결과)와 비교하여 가장 나쁜 결과치에서 10% 이상 차이가 나는 경우 정밀 점검을 한다.
주기적 운용 검사시 기준검사 수치에서 20% 이상 벌어지는 경우 정밀 점검을 한다.

(2) 외인성(기기) 장균일도 (Extrinsic/System Flood-field Uniformity)

목적

기기 장균일도(system uniformity)는 통상적으로 사용되는 콜리메이터에 대해서 단층촬영검사와 평면에 인공물을 생산 할 수도 있는 결함을 찾아내기 위해 수행한다.

준비물

Tc-99m(또는 해당 장비에서 주로 사용하는 선원)이 약 70-200 MBq(2-5 mCi) 채워진 flood phantom이나 비슷한 방사능의 Co-57 flood 선원

검사방법

1. detector head에 콜리메이터를 장착하고 head가 위쪽 방향을 보게 자세를 잡는다.
2. 콜리메이터는 해당 장비에서 주로 하는 검사에 사용되는 것을 사용한다.
3. 콜리메이터의 위에 flood phantom이나 Co-57 flood 선원을 놓는다.
4. Pulse-height analyzer (PHA) window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.
5. 아날로그 영상은 필름 등으로 출력한다.
6. 매트릭스 크기는 256 x 256으로 한다.
7. 기설정 카운트(preset count)는 대형 직사각형(최장직경 >40 cm) 검출기 카메라인 경우 5,000,000만 count로 세팅하고, 원형이거나 시야가 작은 직사각형(최장직경 <40 cm) 검출기 카메라는 3,000,000 count를 얻는다.
8. 다른 모든 multi-hole 콜리메이터에 대해서도 위 과정 1-5를 반복한다.
9. 팬텀 영상 정보 기록지에 영상획득 조건을 빠짐 없이 기록한다.
10. 획득한 영상을 PACS에 전송하거나, DICOM 형태로 저장하거나, 또는 film에 수록한다.
11. 적분균일도와 미분 균일도를 UFOV와 CFOV 각각에 대해서 구한다.

기록 방법

1. 매일 점검표에 기록하고 검사자가 사인한다.
2. 매월 말에 각각 항목에 대한 평균과 표준편차를 구하여 기록한다.
3. 3개월간 시행한 시점마다의 균일도 값을 커브로 표현하고 평균 값, 표준 편차와 시행 횟수를 기록한다.
4. 부서 책임자의 확인을 받아서 보관한다.

결과분석

1. 육안으로 내인성 flood field 영상과 비교하여 밝기나 광학 밀도가 뚜렷한 차이가 있는 지를 육안으로 면밀히 관찰하여 이상 여부를 확인한다.
2. 최초 설치시에 시행한 기준검사에서 획득한 영상과 비교한다.
3. 전시야에 걸쳐서 밝고 어두운 차이가 눈에 띄지 않는 경우 '균일'로, 눈에 띄일 정도로 차이가 있는 경우 '불균일'로 판정한다.
4. 적분균일도와 미분균일도를 UFOV와 CFOV 각각에 대해서 구한다.

결과 해석 및 판정

육안적 판정으로 내인성장균일도와 비교하여 차이가 있는 경우 콜리메이터에 대한 점검을 한다.

2. 공간분해능(Spatial Resolution) 검사

목적

내인성 또는 기기 공간분해능(intrinsic or system spatial resolution) - 디텍터 분해능이 만족스러운 병변(lesion) 검출 능력을 제공하고, 임상영상을 상세하게 묘사하는데 충분하다는 것을 보여주기 위해 수행한다.

공간분해능은 감마카메라의 성능을 보여 주는 중요한 지표중 하나이다. 이는 감마카메라 영상의

sharpness(예리함)와 detail(상세함)을 값으로 나타낸 것이다. 즉 떨어져 있는 두개의 점선원이나 줄선원을 구분해 낼 수 있는 능력으로 표현된다. 일반적으로 공간 분해능의 값은 하나의 줄선원으로부터 얻은 영상에서 그 줄선원의 줄방향에 수직인 선의 히스토그램(선확산함수, line-spread function)으로부터 얻은 반치폭(Full Width at Half Maximum; FWHM)으로 나타낸다. 또는 두개의 작은 선원의 영상으로부터 각각 구분해 낼 수 있는 최소간격으로부터 환산하여 공간 분해능 값을 나타낼 수도 있다. 이 값이 작으면 공간 분해능이 좋다 또는 고분해능이다 라고 말한다.
콜리메이터 없이 검출기 자체만의 공간 분해능을 내인성 공간분해능(Intrinsic Spatial Resolution; R_i)라 하고 콜리메이터 만의 공간분해능을 R_c라 하면 콜리메이터가 장착되었을 때의 공간 분해능을 기기(외인성) 공간분해능(System Resolution; Rs)이라 하고, 이는

$$R_s = \sqrt{R_i^2 + R_c^2}$$

로 표현된다. 여기서 콜리메이터의 공간분해능은 사용자가 직접 구할 수는 없다. 내인성 공간분해능은 PM tube의 수, 크리스탈의 크기와 두께, 입사한 광자의 에너지등과 관련이 있다.

(1) Intrinsic Spatial Resolution (내인성 공간분해능)

가. 방법 1: 아날로그 영상 방법

준비물

1. 적절한 용기에 들어 있는 Tc-99m 20-40 MBq(0.5-1 mCi)의 점선원. 납차폐가 되고 한쪽 면만 열려 있는 용기에 선원을 담고, 열린 한쪽 창은 구리판을 이용하여 방사선을 적절히 감쇄시킨다. 점선원을 사용할 수 없는 경우에는 균일도 팬텀(flood phantom)을 사용할 수 있다.
2. Quadrant-bar phantom, BRH (Bureau of Radiologic Health)등 공간해상도 팬텀
3. Lead-mask: 검출기 입사면(UFOV) 전체를 덮을 수 있는 lead mask

검사방법

① detector head에서 콜리메이터를 제거한 후 head에 수직이고 거리가 유효시야(useful field of view)의 5배가 넘는 곳에 점선원을 위치한다. (그림 A-1) 장소가 협소하거나 detector head의 구조상 이 방법이 불가능 할 경우는 flood phantom을 이용하여야 한다.
② lead mask를 crystal housing의 중앙에 올려 놓는다.
③ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다. 또는 제조회사에서 권장하는 임상영상 모드에서 권고되는 photopeak window로 설정
④ 분해능 패턴, 즉 quadrant bar phantom (또는 어느 형식이던지 정도관리에 정기적으로 사용되는 것)을 최대한 가깝게 crystal housing에 놓고 x, y 축에 잘 맞춘다.
⑤ 모니터에 나타난 아날로그 영상을 필름을 통하여 얻는다. Field of view가 작은 카메라는 1,000,000 count, 클 때는 2,000,000 count를 얻는다.
⑥ 분해능 패턴 영상을 512 × 512 매트릭스 (또는 얻을 수 있는 최상의 매트릭스)로 얻는다.
⑦ 대형 직사각형 시야 카메라(최장경 > 40 cm)는 5백만 카운트를 얻는다. 원형 디텍터와 작은 직사각형 시야카메라(최장치수 ≤ 40 cm)는 3백만 카운트로 충분하다.

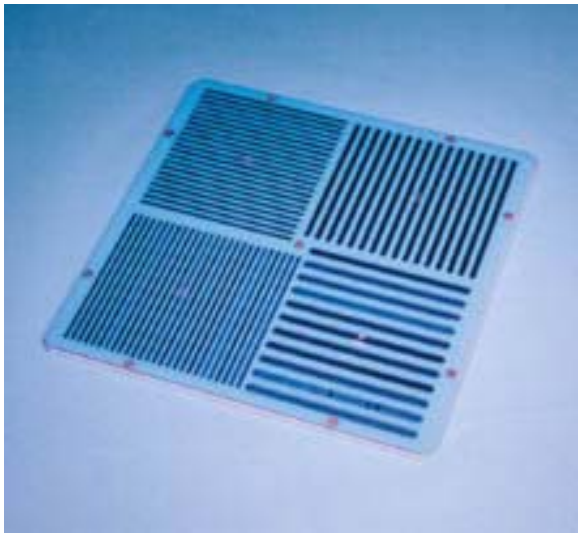


그림 A-3 분해능 팬텀 Quadrant bar phantom

⑧ quadrant bar phantom을 90° 씩 회전 시켜 위의 과정 4에서 7을 반복한다.
⑨ QBP를 뒤집어서 네 세트의 영상, 총 8세트의 영상을 얻는다.
⑩ 선원과 quadrant bar phantom, lead mask를 제거한다.
⑪ quadrant bar phantom의 bar들의 너비를 정확히 측정한다. quadrant bar phantom의 제작 회사가 제공한 제원을 이용한다.
⑫획득한 영상을 PACS에 전송한다.
⑬ Quality Control (QC)의 이상 여부를 확인하고 기록한다.

결과 분석

1. 획득한 영상을 육안으로 보아 홈(bar)과 홈(bar)이 구별되는 가장 작은 홈이 어느 것인가를 결정한다. 특별히 공간 분해능이 좋지 않은 부위가 있으면 그 위치의 PM tube를 기록하여 둔다.
2. 구별할 수 있는 간격이 가장 좁은 홈(bar)의 너비(B)에 1.75를 곱하여 이 값을 FWHM으로 평가한다.

$$FWHM = 1.75\ B$$

3. x 방향과 y 방향의 값을 평균한다.
4. QBP의 가장 작은 홈의 넓이는 장비의 공간분해능에 필적해야만 한다. 즉 적어도 하나의 사분면은 구별되지 않는 팬텀을 사용해야 한다.

결과 해석 및 판정

검사 주기는 인수검사, 기준검사 및 주기적 정도관리 검사로 시행한다.
인수 검사시에는 제조사 출하시의 검사결과와 비교하여 가장 나쁜 결과치와 비교한다.
통상 운용 검사시에는 기준검사와 비교한다.
인수검사 시에는 제조회사의 측정치(또는 공장출하시의 검사결과)와 비교하여 가장 나쁜 결과치에서 20% 이상 차이가 나는 경우 정밀 점검을 한다.
주기적 운용 검사시 기준검사 수치에서 20% 이상 벌어지는 경우 정밀 점검을 한다.

나. 방법2: 디지털 영상 방법

준비물

① 선선원 이용방법

◦ Tc-99m용액이 약 37 MBq(1 mCi)이 들어 있는 intrinsic resolution phantom (내경이 0.5 mm 이하인 폴리에틸렌 튜브에 동위원소를 채워 넣고 양쪽 끝을 막는다. 납으로 된 마스크와 가운데 두 개의 홈이 플라스틱 틀으로 구성된 내인성 공간분해능 팬텀의 홈 부분에 선선원을 위치시킨다. 납 마스크 팬텀의 두께는 Tc-99m 영상을 위해서는 적어도 3 mm 이상이어야 한다. (그림 A-4)

◦ 모눈종이(선형)

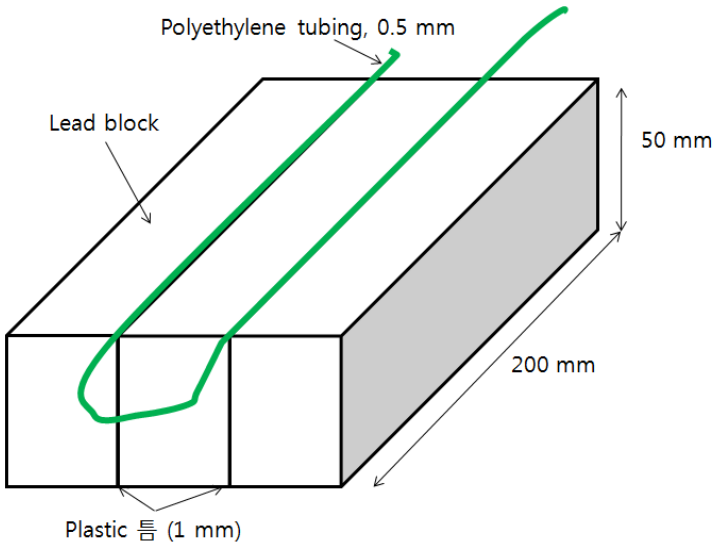


그림 A-4 내인성 공간분해능 검사용 선선원 팬텀

② 점선원과 해상도 팬텀 이용방법

◦ Tc-99m(또는 해당 장비에서 주로 사용하는 선원)이 약 10-20 MBq(0.3-0.5 mCi) 채워진 점선원

◦ 20% PHA window에서 30,000 counts/sec가 넘지 않아야 함. 또는 제조회사에서 권장하는 임상영상 모드에서 권고되는 photopeak window로 설정

◦ 점선원은 다른 면은 납으로 차폐되고 한쪽 창만 열려진 납용기에 담아서 준비한다. (그림 A-1과 같다.)

◦ 검출기 입사면을 커버할 수 있는 lead mask

◦ 팬텀 준비: NEMA slit pattern (slit 공간 1mm, slit과 slit 사이 간격 30 mm) (그림 A-5)

◦ 분해능 팬텀은 분해능과 직선성을 동시에 측정하는데 좋다.

◦ 모눈 종이

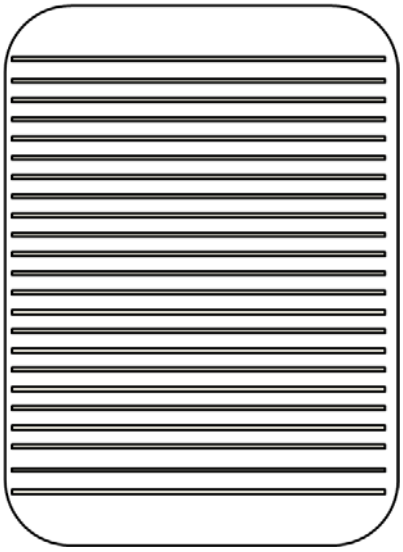


그림 A-5 NEMA slit phantom. Parallel line equal spacing (PLES) Phantom,

검사방법

가. 선선원 이용 방법

① 검출기 헤드로부터 콜리메이터를 제거하고 검출기 검출면이 아래 방향을 향하게 한다.

②. intrinsic resolution phantom을 거꾸로 뒤집어 높이를 조절 할 수 있는 받침대 위에 올려 놓는다. phantom을 검출기면에 가까이 올릴 때 crystal이 손상되지 않도록 조심해서 접촉하기 직전 까지 올린다. (그림 A-6) 줄선원의 방향이 x축 방향이 되게 잘 맞춘다.

③ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.

④ 256 x 256 매트릭스(또는 얻을 수 있는 최상의 매트릭스)로 2,000,000 카운트를 얻는다. (선의 가장 높은 화소 계수치가 10,000 카운트가 되도록 한다.)

⑤ 줄선원의 방향을 y축 방향에 잘 맞추어 과정 4를 반복한다.

⑥ 조심해서 intrinsic resolution phantom을 낮추어 phantom을 제거한 다음 콜리메이터를 장착한다.

⑦ 두 줄선원간의 너비 D를 mm 단위로 정확하게 측정한다.

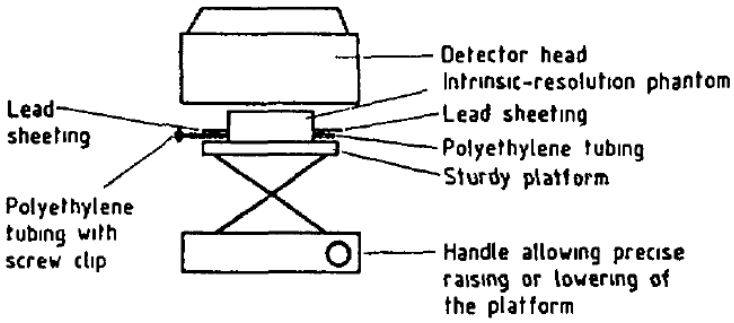


그림 A-6 선선원 위치잡기 방법 (IAEA TECDOC 602, 1991)

나. 점선원과 분해능팬텀을 이용한 방법

① 인수검사시 시행

② Tc-99m 점선원을 FOV 길이의 다섯 배 거리에 둔다. (그림 A-1)

③ 디텍터에서 콜리메이터를 떼어내고 분해능 팬텀을 장착한다. (그림 A-5)
④ 해상력 패턴 영상을 512 × 512 매트릭스 (또는 얻을 수 있는 최상의 매트릭스)로 얻는다. 대형 직사각형 시야 카메라(최장경 > 40 cm)는 5백만 카운트를 얻는다. 원형 디텍터와 작은 직사각형 시야 카메라(최장치수 ≤ 40 cm)는 3백만 카운트로 충분하다.
⑤ x 축과 y 축에 대하여 영상을 얻는다.

결과 분석

① 얻은 디지털 영상에서 한 쌍의 선에 수직으로 3 pixel 이하의 가느다란 절단선을 따라 각 pixel의 count 수를 얻는다. (그림 A-7)
② 모눈종이 위에 x축은 pixel의 위치를 y축에는 그 pixel 위치에서의 count 수를 점으로 찍은 다음 그 점들을 잇는 부드러운 곡선을 그린다. (그림 A-8)

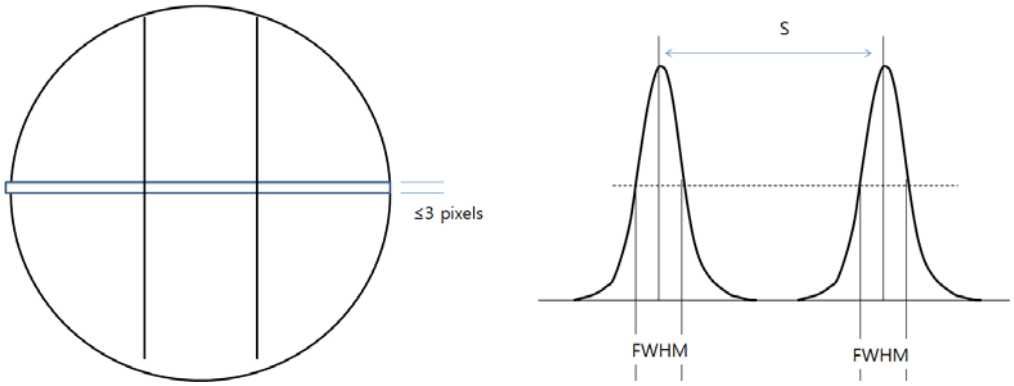


그림 A-7 선선원 영상의 수직 방향의 profile을 얻는 방법 (IAEA-TECDOC-602, 1991)

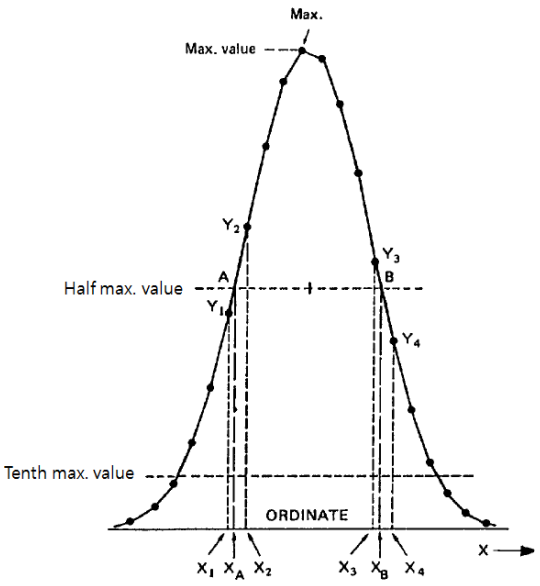


그림 A-8 Profile의 화소당 계수치의 그래프 (line spread function) (IAEA-TECDOC-602, 1991)

③ 두 peak의 중심과 중심 사이의 간격 S를 pixel수로 적는다.
④ 각 곡선의 반치폭(full width at half maximum) W를 pixel 수로 구한다.
⑤ 각각의 반치폭을 다음 식으로 mm로 구한다.

$$FWHM = \frac{WD}{S}$$

⑥ 두 곡선의 FWHM을 평균한다.
⑦ 과정 1-6을 다른 위치의 절단선에서 3-4개 정도 더 구하여 이들 모두를 평균한다.
⑧ 과정 1-7을 반복하여 y 축 방향에 대해서도 구한다.

결과 해석 및 판정

인수검사시 x 축 영상과 y 축 영상에서 FWHM은 제조회사의 가장 불량한 수치의 10% 이내에 들어야 한다.
사용중 계속 검사시 x 축 영상과 y 축 영상에서 FWHM은 기준검사 수치의 20% 이내에 들어야 한다. 이를 벗어나면 정밀 검사에 들어간다.
두 축간의 분해능 차이는 10% 이내에 들어야 한다.

(2) System Spatial Resolution (기기 공간분해능) 산란매질 무장착 및 장착 검사

검사목적

기기 공간분해능은 신틸레이션 카메라의 콜리메이터의 손상과 성능을 평가하여 선형영상의 반치폭(full width at half-maximum, FWHM)으로써 표시된다. 기기 공간분해능은 콜리메이터에서 팬텀까지의 거리에 따라 변화하므로 주의해야 한다.
이 검사는 콜리메이터 인수검사시 적용하기 위해 사용한다.
사용시 주기적 운용검사에서는 가장 많이 사용되는 콜리메이터를 장착하고 수행한다. 가능하면 보유한 모든 콜리메이터마다 수행하는 것이 권장된다.

가. 방법1: 아날로그 영상 (산란 매질 무장착 및 장착 검사)

적절한 디지털 영상 분석기가 없을 때 고려할 수 있다. 이 방법은 인수검사 시 수행한다.

준비물

1. Tc-99m이 약 200 MBq (5 mCi)가 들어 있는 flood phantom 또는 비슷한 방사능을 보유한 Co-57 flood phantom
2. 분해능 팬텀 (홈의 간격이 약 4, 8, 12, 16 mm인 quadrant bar phantom 또는 Bureau of Radiological Health (BRH) graded-spacing-hole phantom 이용)
3. 분해능 팬텀의 가장 작은 홈의 간격은 기기의 해상도에 필적할 만해야 한다. 즉 적어도 하나의 세트는 구별되지 않는 간격의 팬텀을 사용한다. 이 목적을 위하여 자체 제작을 할 수도 있는데 이 경우 적어도 홈의 넓이는 3 mm가 되어야 한다.
4. quadrant bar phantom을 콜리메이터로부터 10 cm 공간을 뗄 수 있도록 지지하는 지지대 (산란매질 무장착 검사)
5. quadrant bar phantom과 콜리메이터 사이에 둘 수 있는 10 cm 두께의 tissue equivalent scattering medium(조직등가물질) (산란매질 장착 검사)

검사방법

① detector head에 측정하려는 콜리메이터를 장착하고 head를 위쪽 방향을 보게 위치시킨다.
② 콜리메이터의 표면 위에 분해능팬텀(quadrant bar phantom)을 디텍터의 x, y 축에 잘 맞춰 올려놓는다.
③ quadrant bar phantom위에 flood phantom이나 flood 선원을 올려놓는다.
④ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다. 또는 제조사에서 권장하는 적절한 임상모드에서 권장하는 방법으로 수행한다.
⑤ 아날로그 영상을 필름 등으로 출력한다. preset count는 field of view가 작은 카메라는 2,000,000 count, 클 때는 4,000,000 count를 얻는다.
⑥ quadrant bar phantom을 90° 회전 시켜 위의 과정 5를 반복한다.
⑦ quadrant bar phantom을 콜리메이터로부터 10 cm 공간을 떼고 위의 과정 2-6을 반복한다. (산란매질 무장착 검사)
⑧ quadrant bar phantom과 콜리메이터 사이에 10 cm 두께의 tissue equivalent scattering medium(조직등가물질)을 두고 위과정 1-6을 반복한다. (산란매질 장착 검사)
⑨ 보유하고 있는 모든 저에너지 multi-hole 콜리메이터에 대해서 위 과정 1-8을 반복한다.
⑩ flood phantom 이나 flood 선원과 quadrant bar phantom을 제거한다.
⑪ quadrant bar phantom의 bar들의 너비 B를 정확히 측정한다. 보통 quadrant bar phantom의 제작 회사에서 제공한 제원을 이용한다.

결과 분석

1. 획득한 각각의 영상을 육안으로 보아 bar와 bar를 구별해 낼 수 있는 가장 작은 bar가 어느 것인 가를 결정한다. 콜리메이터의 손상과 관련하여 공간 분해능이 좋지 않는 부위가 있으면 그 위치를 기록한다.
2. 각각의 영상 조건에서 x 방향과 y 방향에서의 line spread function의 반치폭(WHM)은 카메라가 분해할 수 있는 가장 작은 bar의 넓이를 B라고 하면, 그 bar의 너비에 1.75를 곱하여 이 값을 공간 분해능을 나타내는 FWHM으로 평가한다.

$$FWHM = 1.75 \cdot B$$

3. x 방향과 y 방향의 값을 평균한다.
4. 이 방법은 콜리메이터의 인수검사 시에 적용하기 위한 것이다.

결과 해석 및 판정

각각의 콜리메이터의 X와 Y 방향에 대하여 콜리메이터 표면에서 10 cm 공간을 뗀 검사 및 산란매질을 사이에 놓고 검사한 결과를 비교하여 제작사의 최악의 수치와 비교한다. FWHM 값이 제작사에서 공장 출하 시에 측정된 가장 최악의 수치보다 20% 이상 나올 경우 그 콜리메이터는 손상에 대하여 점검을 해야 한다.
주기적 정도관리 검사에서는 직전에 검사한 영상과 비교하여 차이점, 변화된 점을 확인한다.

나. 방법2: 디지털 영상 (산란 매질 무장착 및 장착 검사)

준비물

◦ 약 200 MBq (5 mCi)의 Tc-99m 용액이 들어 있는 가느다란 관으로 된 system resolution phantom (선선원) (그림 A-9). 관의 직경은 1.0 mm 이하, 관의 길이는 120 mm 또는 CFOV 보다 길 것

◦ 모눈종이(선형)

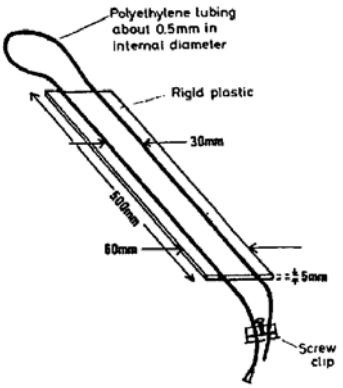


그림 A-9 System spatial resolution phantom (IAEA TECDOC 602, 1991)

검사방법

① detector head에 콜리메이터를 장착하고 head를 위쪽 방향을 보게 자세 잡는다.

② 콜리메이터의 표면 위에 평행한 두개의 줄선원(system resolution phantom)을 x 축에 잘 맞춰 놓고 선의 간격은 X 축에서 같은 거리에 놓는다.

③ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.

④ 디지털영상을 얻는다. preset count는 128 x 128 matrix로 2,000,000 count를 얻는다.

⑤ 두개의 줄선원이 붙은 system resolution phantom을 90° 회전 시켜 y 축에 잘 맞춰 놓고 과정 4를 반복한다.

⑥ system resolution phantom을 콜리메이터로부터 10 cm 간격을 유지하여 64 x 64 matrix로 위의 과정 2-5을 반복한다.

⑦ system resolution phantom와 콜리메이터 사이에 10 cm 두께의 tissue equivalent scattering medium(조직등가물질)을 두고 64 x 64 matrix로 위 과정 1-5를 반복한다.

⑧ 보유하고 있는 모든 multi-hole 콜리메이터에 대해서 위 과정 1-7을 반복한다.

⑨ system resolution phantom을 제거한다.

⑩ 줄선원의 간격 D를 정확히 측정한다.

결과분석

1. 얻은 디지털 영상에서 얻어진 한 쌍의 선에 수직으로 3 pixel 이하의 가느다란 절단선을 그리고 각 연속적인 pixel의 count 수를 얻는다. (그림 A-7 참조)

2. 모눈종이 위에 x축은 pixel의 위치를, y축에는 그 pixel 위치에서의 count 수를 점으로 찍은 다음 그 점들을 잇는 부드러운 곡선을 그린다. (그림 A-8 참조)

3. 두 peak의 중심과 중심 사이의 간격 S를 pixel 수로 적는다.

4. 두 peak의 각각의 반치폭(full width at half maximum) W를 pixel 수로 구한다.
5. 각각의 반치폭을 다음 식을 이용하여 mm로 구한다.

$$FWHM = \frac{WD}{S}$$

6. 두 peak의 FWHM을 평균한다.
7. 과정 1-6을 다른 위치의 절단선에서 3-4개 정도 더 구하여 이들 모두를 평균한다.
8. 과정 1-7을 반복하여 y 축방향에 대해서도 구한다.
9. 팬텀과 10 cm 거리를 뗀 결과와 그 안에 scatter 조직매질을 넣고 얻은 결과에 대해서도 위과정 1-8을 반복한다.
10. 보유하고 있는 모든 multi-hole 콜리메이터를 위과정 1-9를 반복한다.

결과 해석 및 판정

각각의 콜리메이터의 X와 Y 방향에 대하여 콜리메이터 표면에서 10 cm 공간을 뗀 검사 및 산란매질을 사이에 놓고 검사한 결과를 비교하여 제작사의 최악의 수치와 비교한다. FWHM 값이 제작사에서 공장출하 시에 측정된 가장 최악의 수치보다 10% 이상 나올 경우 그 콜리메이터는 손상에 대하여 점검을 해야 한다.

방법 3. 공간해상도 팬텀을 이용한 방법

이 방법은 내인성 또는 시스템 형식 어느 것이던지 정도관리에 정기적으로 사용되는 것을 시행한다.

준비물

1. Tc-99m 또는 Co-57 플러드 선원
2. 분해능 팬텀 (QBP, (quadrant bar phantom)

점검 방법

① 해당 장비에서 주로 하는 검사에 사용되는 collimator를 사용한다.
② Collimator의 표면 위에 quadrant bar phantom을 x, y축에 잘 맞춰 놓는다.
③ Quadrant bar phantom위에 flood 선원을 올려 놓는다.
④ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.
⑤ 해상력 패턴 영상을 512 × 512 매트릭스 (또는 얻을 수 있는 최상의 매트릭스)로 얻는다.
⑥ 대형 직사각형 시야 카메라(최장경 > 40 cm)는 5백만 카운트m)는 5백 원형 디텍터와 작은 직사각형 시야카메라(최장경 ≤ 40 cm)는 3백만 카운트를 얻는다.
⑦ 획득한 영상을 PACS에 전송하거나, DICOM 형태로 저장하거나, 또는 film에 수록한다.
⑧ Quadrant bar phantom을 90도 회전시킨 후 2-6번을 반복 시행한다.
⑨ Quality Control (QC)의 이상 여부를 확인하고 기록한다.
⑩ Bar phantom 영상은 눈으로 보고 판단하여 Good, Fair, Bad 중 하나를 선택하여 표시한다. (Good: 4분면의 선이 모두 잘 구별될 때; Fair: 4분면 가운데 2면-3면의 선이 잘 구별될 때; Bad: 4분면 가운데 1면 이하에서 선이 구별될 때)

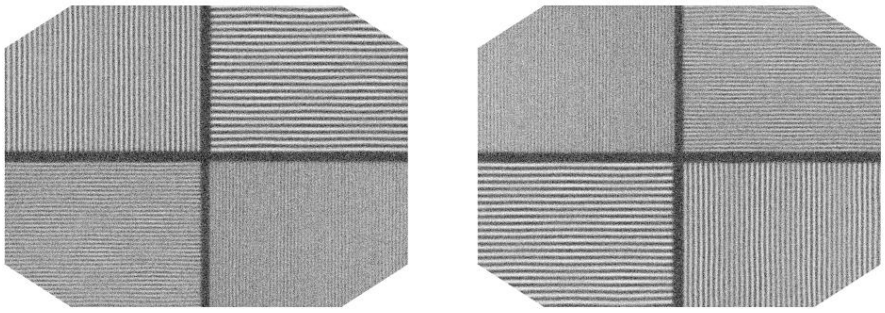


그림 A-10 QBP 영상

다. 기록 방법
① 매월 점검표에 기록하고 검사자가 사인한다.
② 부서 책임자의 확인을 받아서 보관한다.

3. 내인성 계수율 성능 검사 (Intrinsic Count-rate Performance)

신틸레이션 카메라의 내인성 계수율성능은 감마선의 세기(intensity)의 증가에 따른 감마카메라의 계수율치의 직선성을 평가하는 검사이다. 성능은 방사능의 flux를 증가 시켜 주어 결과를 얻는다. 결과의 그래프로부터 20%의 계수가 손실되는 계수율과 maximum 계수율로서 성능을 평가한다. 계수율 성능은 pulse-pair resolving time으로 정의할 수 있다.

준비물

1. 선원은 Tc-99m 용액(초기의 방사능은 약 20 MBq (500 μCi) 정도)을 작은 바이알에 넣고, 이 바이알을 벽과 바닥의 두께가 약 6 mm 정도인 뚜껑 없는 납 용기에 넣어서 준비한다.
2. 두께가 0.25 cm, 넓이가 6 x 6 cm 인 얇은 구리판 흡수체 15장
3. lead mask
4. 모눈종이(선형)

(1) 흡수체의 보정에 의한 내인성 계수율 성능 검사 (방법 1)

검사 방법

1. 흡수체에 의한 감쇄 보정:

우선 먼저 흡수체의 Tc-99m 선원에 대한 감쇄를 보정하여야 한다.
① detector head로부터 콜리메이터를 제거하고 head의 방향이 아래 방향을 향하도록 한다.
② crystal housing 위에 lead mask가 중앙에 오도록 장치한다.
③ 선원을 detector 중앙축 선상에 1.5 m 거리 되는 곳에 위치한다. (그림 A-11)

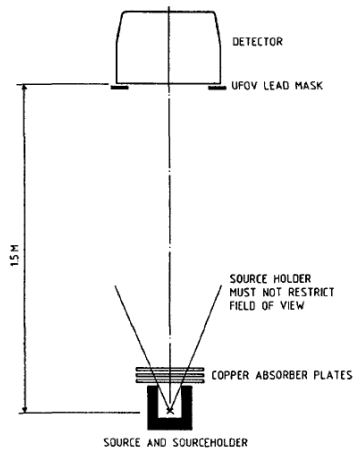


그림 A-11 흡수체보정에 의한 내인성 계수율 성능 검사 (IAEA TECDOC 602, 1991)

④ PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.
⑤ 선원을 제거하고 preset time을 100초로 설정하여 기저방사능 계수를 기록한다.
⑥ 흡수체에 일련번호를 1번부터 15번 까지 매겨 논 다음, 13장에서부터 15장까지 올려 놓고 잰 계수율이 1000-3000 c/s 정도 되도록 선원의 방사능을 조절한다. 흡수체 13번부터 15번 까지 3장은 13번이 맨 위로 오게 올려 놓는다. (이 세 장의 흡수체는 산란선이 없는 투과 방사선을 얻기 위하여 검사중 내내 선원 위에 올려놓는다.)
⑦ 흡수체 13-15번을 올려 놓고 preset time을 200초로 설정하여 계수하여 미리 만들어 놓은 표(표A-1)에 적는다. 표에서 시각은 측정하는 중간지점에서의 시각을 기록하고, 순계수율(net count rate) A0은 background를 보정한 값을 적는다.
⑧ 흡수체 13번 위에 흡수체 1번부터 12번까지 차례로 올려 놓으면서 preset count 100초로 설정하여 얻은 계수로부터 background 보정하고 각각의 계수율을 A1, A2, A3, ... 에 기록한다.

표 A-1 흡수체 장착에 따른 계수율의 표

증가된 흡수체 번호	시각	증가된 흡수체가 없을 때의 계수율	증가된 흡수체를 올려 놓을 때의 계수율	감쇄 인자
-		A_0		
1		A_0'	A_1	$f_1=A_1/A_0'$
2		A_0''	A_2	$f2=A_2/A_0''$
3		A_0'''	A_3	$f3=A_3/A_0'''$
4		〃	〃	〃
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

⑨ 각 흡수체에 대한 감쇄인자 f를 구한다.
⑩ f의 평균을 구한다.

2. Intrinsic Count-rate 성능 검사

① 흡수체 1-15번을 모두 다 올려 놓고 계수가 1,000-3,000 c/s가 되도록 선원의 방사능을 증가시킨다.
② 흡수체 1-15번 모두 다 올려 놓고 preset time을 100초로 설정하여 계수한다. 이 계수로부터 구한 계수율을 C0이라하고 미리 준비한 표에 기록한다.
③ 맨위에 있는 흡수체 1번부터 제거하여 얻은 계수율을 C1이라 하고 표에 기록한다.
④ 계속해서 2, 3, ..번 차례로 제거하여 각각의 계수율을 C2, C3, ..라 하고 표에 기록한다.
⑤ 계속해서 흡수체 13-15번이 남을 때까지 한다.
⑥ 선원과 lead mask를 제거하고 콜리메이터를 장착한다.

표 A-2 흡수체 장착에 따른 계수율의 표

제거된 흡수체	시각	흡수체가 올려져 있을 때의 측정된계수율	흡수체를 하나씩 제거 할 때의 계수율	누적된 감쇄인자	입력 계수율
-		C_0			$R_0=C_0$
1		C_0'	C_1	f_1	$R_1=C_0'/f_1$
1-2		C_0''	C_{1-2}	f_1*f_2	$R_{1-2}=C_0/f_1*f_2$
1-3		C_0'''	C_{1-3}	$f_1*f_2*f_3$	$R_{1-3}=C_0/f_1*f_2*f_3$
1-4		〃	〃	〃	〃
1-5					
1-6					
1-7					
1-8					
1-9					
1-10					
1-11					
1-12					

⑦ 위 표를 보고 입력된 계수율 R과 측정된 계수율과의 그래프를 선형 모눈종이에 다음과 같이 그린다.

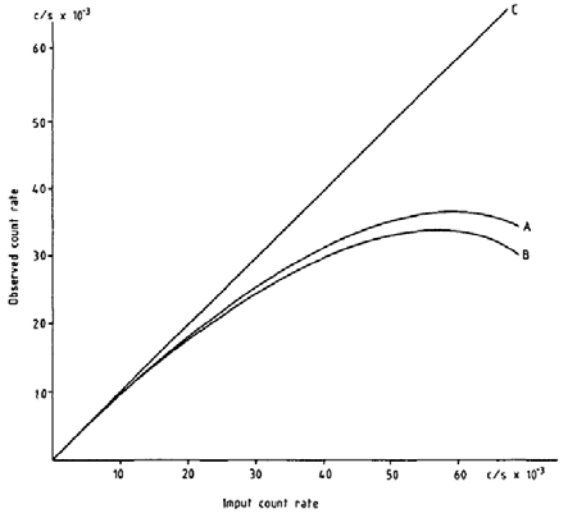


그림 A-12 내인성계수율 성능검사 그래프. A: 신틸레이션 카메라만으로 측정했을때의 측정계수율, B: 디치털 영상처리를 했을 때의 측정계수율 그래프, C: 계수율 소실이 없을 때의 일치직선

⑧ 그래프로부터 C=0.8R 되는곳의 C와 R 값을 구한다. 즉 이는 20%의 계수손실이다. (즉, $C_{-20\%}$ 및 $R_{-20\%}$이다)
⑨ 또한 최대계수율을 그래프로부터 구한다.

결과 해석 및 판정

인수검사시에 측정 했을 때 입력카운트 계수치에 대한 측정계수치의 그래프와 최대계수치는 제조회사의 가장 불량한 제원과 비교한다.
인수검사시 R-20%는 제조회사의 가장 불량한 제원과 비교하여 10% 이상 아래로 떨어지는 경우 교정작업이 따라야 한다.
운용 계속 검사에서 R-20% 또는 최대계수치가 기준검사에서 얻은 수치에서 ±20% 이상 벗어나는 경우 교정 작업이 필요하다.

(2) 두 개의 점선원을 이용한 Intrinsic Count-rate 성능검사 (방법 2)

준비물

Tc-99m 용액이 각각 약 2 MBq (50 μCi) 정도 들어 있는 두개의 점선원
lead mask

검사방법

1. detector head로부터 콜리메이터를 제거하고 head면의 축이 수평 방향이 되게 한다.
2. crystal housing에 lead mask가 중앙에 잘 맞춘다.
3. PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.
4. 첫 번 째 선원을 detector head의 중앙축선상의 1 m 거리를 두고 메달아 둔다.
5. 1,000,000계수가 될 정도의 충분한 시간을 두고 계수를 하여 계수율을 적는다.
6. 두 번째 선원을 첫 번 째 선원 옆에 둔다. 첫 번째 선원과 서로 계수에 방해 받지 않도록 한다. 같은 방법으로 계수를 하여 계수율을 적는다.
7. 첫 번재 선원을 제거하고 두 번째 선원 만 둔 채 계수를 하여 계수율을 적는다.
8. 두 번째 선원도 제거하고 background를 계수하여 계수율을 적는다.
9. 선원의 순서를 바꿔 위 과정 5-7을 반복한다.
10. 선원과 lead mask를 제거하고 콜리메이터를 장착한다.

결과분석

1. 모든 결과는 background를 보정한 계수율(c/s)로 나타낸다.
2. 각각의 모든 값에 대한 pulse-pair resolving time τ(sec)를 다음 식으로 구한다.

$$\tau = \frac{2R_{12}}{(R_1 + R_2)^2} ln\left(\frac{R_1 + R_2}{R_{12}}\right)$$

여기서 R1과 R2는 첫 번째와 두 번째 선원을 각각 따로 매달았을 때의 계수율이고, R12는 두 선원을 동시에 매달았을 때의 계수율이다.
순서를 바꿔 반복한 두 번째 τ와 평균하여 τavg를 구한다.
3. 20% 손실 input 계수율 R-20%를 다음 식으로부터 구한다.

$$R_{-20\%} = \frac{1}{\tau_{avg}} ln\left(\frac{10}{8}\right) = \frac{0.2231}{\tau_{avg}}$$

4. 20% 손실 observed 계수율 C-20%는 다음 식으로 구한다.

$$C_{-20\%} = 0.8R_{-20\%}$$

결과 해석 및 판정

인수검사시에 측정 했을 때 입력카운트 계수치에 대한 측정계수치의 그래프와 최대계수치는 제조회사의 가장 불량한 제원과 비교한다.
인수검사시 R-20%는 제조회사의 가장 불량한 제원과 비교하여 10% 이상 아래로 떨어지는 경우 교정작업이 따라야 한다.
운용 계속 검사에서 R-20% 또는 최대계수치가 기준검사에서 얻은 수치에서 ±20% 이상 벗어나는 경우 교정 작업이 필요하다.

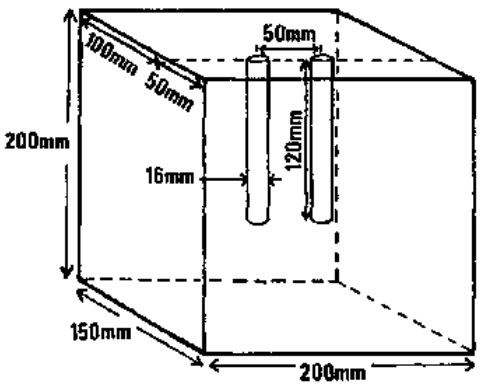
4. System Count rate Performance (기기 계수율 성능)

목적

신틸레이션 카메라의 기기 계수율 성능이다. 선원을 산란매질 안에 두었을 때의 20% 계수 손실로 표현된다.

준비물

1. Tc-99m 용액 약 70-260 MBq(2-7 mCi) 정도의 두개의 선원(용량은 5 ml 정도에 scatter 팬톰에 들어 갈 수 있는 용기에 담음)
2. two-source scatter phantom



검사방법

1. detector head에 low-energy high sensitivity parallel-hole collimator를 장착하고 head의 방향을 head의 중앙 축이 수평방향이 되게 한다.
2. photopeak의 중앙에 임상적으로 사용하는 PHA window를 맞춘다.
3. two-source scatter phantom을 콜리메이터 중앙축 방향과 well이 수직으로 되도록 위치한다. 선원 우

물이 검출기 표면과 50 mm 떨어져 있도록 위치한다.
4. 팬톰 안에 한개의 선원을 넣고 1,000,000계수가 될 정도의 충분한 시간을 두고 계수를 하여 계수율을 적는다.
5. 두 번째 선원을 옆 well에 넣고 계수를 하여 계수율을 적는다.
6. 첫 번재 선원을 제거하고 두 번째 선원 만 둔 채 계수를 하여 계수율을 적는다.
7. 두 번째 선원도 제거하고 background를 계수하여 계수율을 적는다.
8. 선원의 순서를 바꿔 위 과정 4-6을 반복한다.
9. 선원과 팬텀을 제거한다.

결과분석

1. 모든 결과는 background를 보정한 계수율(c/s)로 나타낸다.
2. 각각의 모든 값에 대한 effective pulse-pair resolving time τ(sec)를 다음 식으로 구한다.

$$\tau = \frac{2R_{12}}{(R_1 + R_2)^2} ln\left(\frac{R_1 + R_2}{R_{12}}\right)$$

여기서 R1과 R2는 첫 번째와 두 번째 선원을 각각 따로 장착했을 때의 계수율이고, R12는 두 선원을 동시에 장착했을 때의 계수율이다.
순서를 바꿔 반복한 두 번째 τ와 평균하여 τavg를 구한다.
3. 20% 손실이 있는 input 계수율 R-20%를 다음 식으로부터 구한다.

$$R_{-20\%} = \frac{1}{\tau_{avg}} ln\left(\frac{10}{8}\right) = \frac{0.2231}{\tau_{avg}}$$

4. 20% 손실이 있는 observed 계수율 C-20%는 다음 식으로 구한다.

$$C_{-20\%} = 0.8 R_{-20\%}$$

결과 해석 및 판정

R-20% 및 C-20% 수치는 내인성 계수율 성능 수치보다 낮게 나온다.
운용시 계속 검사에서 C-20% 또는 최대계수치가 기준검사에서 얻은 수치에서 ±20% 이상 벗어나는 경우 교정 작업이 필요하다.

5. 기기 평면 민감도 검사 (System Plane Sensitivity)

알고 있는 방사능의 선원에 대한 신틸레이션 카메라의 반응성을 보는 검사. 평면민감도는 검출기에 입사한 감마선을 관측할 확률로 나타낸다. 단위방사능당 계수율(cps/Bq)로 표현한다.

준비물 (플러드 선원 방법)

약 40 MBq(1 mCi) 정도로 미리 dose calibrator로 정확히 측정되었으며 용액형태인 Tc-99m 선원이 들

어있는 plane sensitivity phantom.
또는 제조당시 방사능을 정확히 알고 있고 검사 당시 방사능을 계산할 수 있는 Co-57 large field sheet source

검사방법

1. low-energy parallel hole 콜리메이터를 detector head에 장착하고 head가 윗 방향이 되도록 한다.
2. 콜리메이터 위에 얇은 비닐 sheet를 깐 다음 그위에 선원이 든 팬톰을 올려 놓는다.
3. PHA window는 photopeak의 중앙에서 20%에 맞춘다.
4. 10,000 계수정도 되게 계수하여 계수율을 기록한다.
5. 아날로그 영상은 작은 시야 검출기의 경우 100,000 카운트, 대시야 검출기의 경우 200,000카운트의 영상을 얻어서 필름에 수록한다. 디지털 영상은 임상검사에 사용되는 매트릭스 (또는 64 x 64)로 얻는다.
6. 팬텀을 제거하고 background를 측정한다.
7. 다른 multi-hole 콜리메이터를 장착하고 에너지 창을 140-360 keV로 열어 위 과정 1-5를 반복한다.
8. 디지털 영상에서 Tc-99m 선원에 대하여는 영상수집 시간의 실제방사능을 최초 측정 시점부터 유추하여 계산하고 Co-57 선원의 경우에는 공장출하시의 방사능을 주단위로 보정을 한다. 얻어진 카운트에 대하여 민감도는 픽셀당 카운트/측정시간/선원의 방사능(Bq)으로 계산한다.

결과분석

1. 모든 결과는 background를 보정한 계수율(c/s)로 나타낸다.
2. 모든 결과는 방사능 붕괴를 고려한 방사능값으로 계산한다.
3. 각 콜리메이터 마다 plane sensitivity를 c/s per Bq로 계산한다.

인수의 한계

인수검사시 제작사 공장에서 표시한 제원의 가장 불량한 수치의 10% 이하인 경우 그 콜리메이터는 손상에 대하여 점검을 한다.

6. Detector Head Shielding Test (검출기 차폐누출검사)

차폐체 투과율은 검출기 차폐체(housing)로부터 일정 거리에 있는 선원에 대한 차폐체의 투과율을 측정한다. 이 검사는 조준기를 카메라에 장착한 상태로 측정한다.

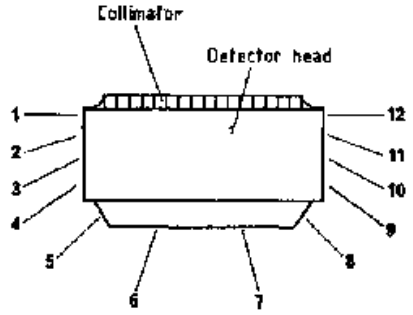
준비물

에너지가 큰 선원으로 4 MBq(100μCi) 정도가 적응 용량의 용기에 담긴 것

검사방법

1. 적당한 콜리메이터를 장착시킨다.
2. photopeak의 중앙에 임상적으로 사용하는 PHA window를 맞춘다.
3. 아래 그림과 같이 12군데의 detector head shielding 부근에 선원을 부착하여 preset time을 100초로

설정하여 계수한다.
4. 선원을 제거하고 background를 계수한다.



결과 분석

background 계수의 표준편차 $\sqrt{B}$ 를 구하고 (B+3$\sqrt{B}$)를 넘는 부위를 기록한다.

결과 해석 및 판정

측정된 계수치는 기저방사능치의 표준편차의 3배를 넘으면 안된다. 이상 부위가 발견되면 주변에 방사능 오염여부를 확인하여 다시 측정한다. 계속 이상이 발견되면 점검 작업을 한다.

7. SPECT System의 육안적, 기계적 검사

SPECT system의 기계적 성능을 확인하고 SPECT를 위하여 감마카메라가 적절이 회전할 수 있는 성능을 확인 하기 위한 검사이다.

준비물

수준기, 정밀한 자, 스톱워치

검사방법

1. 외부적 손상을 점검한다.
2. 감마카메라를 회전시킨다. 일정한 속력으로 회전하는 지를 점검하고, 진동은 없는지 확인하고, 기계적 소음은 없는지 확인한다. 회전을 중지 시켰을 때 정확히 정지하는가를 확인한다. 반대방향도 확인한다. 회전 소력의 일정함을 보기 위하여 스톱워치를 이용하여 각도의 위치에 따라 속력의 변화를 점검한다.
3. 임의의 각도에서 'home'으로 보냈을 때 정확히 되돌아가는 가를 점검한다.
4. 'step and shoot'이 가능한 기기이면 지정한 각도의 수로 회전 시켜서 그 수가 맞는지를 확인한다.

8. SPECT 화소크기(pixel size)의 결정

단층영상의 재구성을 위하여 이용되는 행열(matrix)의 화소크기를 결정한다.

준비물

방법 1 : ^{99m}Tc 이나 ^{57}Co 점선원 하나
방법 2 : 같은 점선원 두개

검사방법 1 (점선원 하나 이용)

1. 점선원을 카메라표면의 x축을 따라 field of view의 끝(edge)에서 5 cm 되는 면에 위치한다.
2. 평면영상, 50k 계수, 가장 큰 matrix size (예, 1024 x 1024)에 설정한다. 영상확대(zoom)는 하지 않는다.
3. 평면영상을 얻는다.
4. 점선원을 x축의 반대에 위치한다.
5. 평면영상을 얻는다.
6. y축 방향에서도 같은 방법으로 평면영상을 얻는다.
7. 실제 임상에서 사용되는 모든 영상확대(zoom) 조건에 대하여 얻는다.
8. 실제 임상에서 사용되는 모든 선원(예, ^{201}Tl, ^{131}I 등)에 대하여 얻는다.

검사방법 2 (점선원 두개 이용)

1. 두개의 점선원을 방법1에서의 두 위치에 위치한다.
2. 방법1의 조건으로 평면영상 하나를 얻는다.
3. y축 방향에서도 같은 방법으로 평면영상을 얻는다.
4. 실제 임상에서 사용되는 모든 영상확대(zoom) 조건에 대하여 얻는다.
5. 실제 임상에서 사용되는 모든 선원(예, ^{201}Tl, ^{131}I 등)에 대하여 얻는다.

결과분석

다음 식으로부터 중심(重心; center of gravity)을 구한다.

$$COGX = \frac{\sum_{i=i_1}^{i_2}\sum_{j=j_1}^{j_2} i \cdot MATRIX(i,j)}{\sum_{i=i_1}^{i_2}\sum_{j=j_1}^{j_2} MATRIX(i,j)}$$

$$COGX = \frac{\sum_{j=j_1}^{j_2}\sum_{i=i_1}^{i_2} j \cdot MATRIX(i,j)}{\sum_{j=j_1}^{j_2}\sum_{i=i_1}^{i_2} MATRIX(i,j)}$$

각각의 영상으로부터 중심의 좌표를 구한다음 각각의 거리를 구한다. 즉 x축의 두점의 좌표를 (x1,y1),

(x2,y2)라 하고 y축의 주점의 좌표를 (x3,y3), (x4,y4)라 하면 두점선원 사이의 거리는

Distance X = $\sqrt{(x1-x2)^2+(y1-y2)^2}$

Distance Y = $\sqrt{(x3-x4)^2+(y3-y4)^2}$

로 구하고 이 값을 실제 두 점선원 사이의 거리를 mm 값으로 측정한 값으로 나누어 주면 화소크기를 구할 수 있다.

결과 해석 및 판정

X 방향과 Y 방향의 값의 오차는 5% 이내여야 한다.

9. SPECT Center of Rotation (회전 중심) Offset 검사

목적

회전중심축으로부터의 벗어남(offset)과 회전축을 중심으로 Y 축선상의 배열을 확인하기 위함

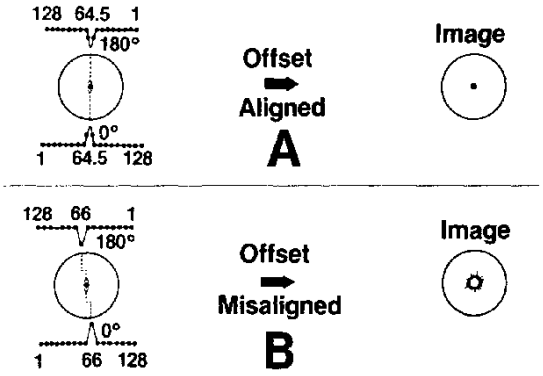


그림 출처: Zanzonico P Routine quality contril of clinical nuclear medicine instrumentation: A brief review. JNM 2008;49:1114-1131

준비물

Tc-99m 작은 점선원

개요

가. 점검 방법

① 해당 장비에서 주로 사용하는 선원을 사용한다.

② 점 선원을 회전 축의 중앙에 위치한다.

③ 주로 시행하는 SPECT 프로토콜에 따라 시행하거나 또는 장비 회사에서 제시한 방법으로 영상을 획득한다.

④ 장비 회사에서 제공하는 소프트웨어를 사용하여 x, y 축의 평균 오차 값을 구한다.

나. 기록 방법

① 매월 점검표에 기록하고 검사자가 사인한다.
② x, y 축의 평균 오차 값을 기록한다.
③ 부서 책임자의 확인을 받아서 보관한다.

검사방법

① 수준기를 이용하여 카메라가 수평이 되게 위치하고 즉 기울어지지 않도록 한다. (haed가 하나인 경우만 해당).
② 점선원을 회전 축의 중앙에(2 cm 내에) 위치한다.
③ 최대 매트릭스로 세팅하고, 360도 회전에 32각도로 회전하면서 각 각도마다 10k 계수로 단층 촬영을 실시한다.
④ 점선원을 축선상에서 회전 중심에서 반경 10 cm 떨어진 곳에 위치시켜 ③과 같은 방법으로 단층촬영한다.
⑤ 점선원을 중앙 단면상이 있는 부위에서부터 가장 멀리 떨어진 부분(Y 축선상의 양(positive)의 방향으로 시야에서 가장 먼 가장자리에서 5 cm 이내의 곳)에 위치시키고 위와 같은 방법으로 단층 촬영한다.
⑥ 점선원을 축선상의 ⑤번 위치의 반대 위치의 가장자리에 같은 거리에 위치시키고 ⑤와 같은 방법으로 단층 촬영한다.
적절한 소프트웨어로 처리 가능하다면 세 개의 점선원을 동시에 위에서 설명한 위치에 놓고 단층촬영을 할 수 있다.
⑦ 회전 방향을 반대로 하여(가능한 기기이면) 위와 같은 방법으로 단층 촬영한다.

결과분석

① center of rotation을 위한 software package가 대부분 있다. 일반적으로 N 화소수일 때 한쪽 끝의 화소를 1이라 하고 맨 끝의 화소를 N 이라 하면 중앙의 화소는 N/2 + 0.5 이라 할 수 있다.
② X0를 0도에서 x축의 중심, X180을 180에서의 x축의 중심이라 하고, N을 화소수라 하면 center of rotation으로 부터의 offset R0는

$$R0 = (N+1-X0-X180)/2$$

이다.
③ 각각의 각도에 대하여 위와 같은 방법으로 계산한다.
④ 각도에 따른 offset 값의 그래프를 그린다.
⑤ 평균값과 표준편차를 구한다.
⑥ 이미 구한 화소크기로부터 mm 값으로 환산한다.
⑦ 기록지에 해당 기록을 적고 관리 감독자의 확인을 받는다.

결과 해석 및 판정

64 x 64 매트릭스일 때 COR의 벗어남(offset)은 X 방향으로 0.5 픽셀 (3.2 mm) 이내이어야 한다.
(Ref: Zanzonico P Routine quality contril of clinical nuclear medicine instrumentation: A brief review. JNM 2008;49:1114-1131)

10. SPECT 팬텀 영상 획득 및 평가 방법

10.1. SPECT Phantom 제작법

① 평면영상과 SPECT 영상검사를 모두 수행하는데 사용되는 감마 카메라는, ACR 인증 팬텀(Deluxe ECT, Flanged Jaszczak phantom, Data Spectrum Inc.) 또는 PET ACT phantom을 사용하여 영상 질을 평가한다.

② ACR 인증 팬텀은 10.8 cm의 내경을 가진 원통이다. 원통의 아랫 부분은 파이 모양으로 배열된 6 세트의 아크릴 막대(냉막대)가 배열되어 있는데 그 직경은 4.8, 6.4, 7.9, 9.5, 11.1 그리고 12.7 mm이다. 원통의 윗부분은 6 개의 고형의 구(냉구)를 포함하고 있고 그 직경은 각각 9.5, 12.7, 15.9, 19.1, 25.4, 그리고 31.8 mm이다.

③ "기준" 팬텀 (중간크기 막대모양과 구형)을 ACR 인증(Deluxe) 팬텀 대신에 사용할 수 있다. 기준 팬텀의 막대는 6.4, 7.9, 9.5, 11.1, 12.7 그리고 15.1 mm의 크기(직경)를 가진다. 냉구(cold sphere)는 12.7, 15.9, 19.1, 25.4, 31.8, 그리고 38.1 mm의 직경을 가진다. 두 가지 유형의 팬텀 중 어떤 것을 선택하느냐에 상관없이, 구는 증가하는 크기의 순서대로 배치되어야 하고, 막대와 구의 직경이 기록지에 기입되어야 한다.

④ ACR 인증 팬텀을 범용콜리메이터와 사용할 때, Tc-99m 7-10 mCi를 사용한다. 고해상도 콜리메이터에서는 10-20 mCi를 사용할 수 있다. 원하는 경우, 초고해상도 콜리메이터에서는 25 mCi 까지 사용할 수 있다.

⑤ Background와 sphere의 방사능 비를 1:4로 맞추어 해당 선원을 넣는다.

10.2. 영상 획득

① 주로 시행하는 SPECT 프로토콜에 따라 시행하거나, 장비 회사에서 제시한 방법으로 영상을 획득할 수 있다 또는 다음의 방법대로 한다.

② 단층촬영을 위한 ACR 팬텀의 위치잡기(positioning)

팬텀을 영상용 테이블 끝에 옆으로 뉘여서 (기본적 환자 축을 따라) 위치시킨다. 팬텀의 상단에 테두리 가장자리가 있다면, 테두리 가장자리가 영상용 테이블의 끝에 걸치게 되도록 위치시켜야 하고, 좌우 측면방향과 수평평면 차원의 두 가지 차원 모두에서 회전축에 평행하게 위치시켜야 한다. 그러나, SPECT 테이블 끝에 금속판이 있다면, 팬텀을 플레이트로 인하여 광자가 감쇠되지 않는 부분으로 위치를 이동한다.

③ 콜리메이터-임상검사를 위해 실제 사용되고 있는 최상의 해상도의 저에너지 평행구멍형콜리메이터를 사용한다.

④ PHA 분석기를 설정하고 임상검사에 실제 사용하고 있는 창 설정, 궤도 모양, 그리고 디텍터의 움직임(step-and shoot 또는 연속성) 사용하여 영상을 획득한다.

⑤ 총 계수- SPECT 획득을 위하여 모든 영상의 합계 계수치(다중 디텍터 시스템인 경우 모든 head에 대한)는 대략 24백만 카운트(first view의 카운트를 바탕으로 한)이어야 한다. 계산 계수율은 30 kcps를 초과해서는 안된다.

⑥ 360도에 걸쳐서 128 × 128 matrix로 120(또는 128)개의 영상을 얻는다.

⑦ 회전의 반경은 가능한 한 20 cm에 근접하게 해야 하고, 팬텀의 축중심은 회전축에 가까워야 한다. (2 cm 이내) 콜리메이터의 표면으로부터 팬텀까지의 거리는 팬텀이 회전하는 동안 심하게 바뀌지 않도록 해야 한다.(비원형 궤도의 경우는 제외한다.)

⑧ 대시야 직사각형카메라(최장치수 > 40 cm)를 사용할 경우, 줌(zoom)을 1.33에서 1.46 사이의 값으로 설정한다. 원형 장 카메라와 소형 직사각형 장 카메라(최장길이 ≤ 40 cm)에 대해서는 줌(zoom)은 사용하지 않는다.
⑨ 디텍터가 360도 회전 대신에 180도만 회전하는 경우, 구형의 방향을 잡는데 특별한 주의를 기울여야 한다. 가장 큰 구를 180도 회전하는 중간에 위치시켜야 한다. 예를 들어, 디텍터가 90도에서 시작해서 270도까지 획득을 완료한 경우, 팬텀은 가장 큰 냉구가 180도에 위치하도록 팬텀을 놓아야 한다. 90도 방향으로 고정된 dual head 시스템 he, 가장 큰 구는 선행하는 디텍터의 중심에 위치해야 한다. 90도의 회전하여 획득을 완료한 후, 가장 큰 구는 좇아가는(후행하는) 디텍터의 중심에 위치할 것뉴 선행 이러한 지시사항을 따르지 않는 경우 냉구에서 대조도가 나쁜 영상을 만들어 낼 수 있다.

10.3. 재구성 (Reconstruction)

① 재구성은 팬텀 전체를 Hann(ing) 필터(창)를 사용하고 1.0 Nyquist cutoff를 사용한다. 재구성 전 또는 후 필터를 사용하지 않는다. 이러한 재구성 필터가 지원되지 않는 기기는 다음과 같은 유사한 조건을 선택한다. (ACR 2006)

Computer	Filter(window)	Cutoff
ADAC 3300/33000	Hamming	1.0 (Nyquist)
ADAC Pegasys	Hann	1.0
Elscint	Hann	Parameter a = 0 Parameter b = 1 Parameter c = 1
GE	Hann	1.56/cm
Park Medical		0.5/pixel
Picker PCS512	Hann	0.5/pixel
Picker Prism	Hann	han.5
Marconi c Precision Detector	Hann	han.5
Siemens MaxDelta	Shepp-Logan/Hann	1.0 (Nyquist)
Siemens Icon	Shepp-Logan/Hann	1.0 (Nyquist)
Sopha	Hann	0.5 (Nyquist)
Toshiba	Chesler	1.0 Nyquist

② 고카운트의 플러드 보정이 통상적으로 사용되고 있다면 적용한다.
③ 팬텀을 가로지르는 프로파일이 기본적으로 평평해지도록 감쇠보정을 적용한다. 대부분 카메라에서 Tc-99m에 대한 선형감쇠계수는 0.11-0.12/cm이다. 감쇠보정을 위한 경계를 정의하기 위하여 팬텀의 균일한 부분을 사용한다.
④ 장비 회사에서 제시한 방법으로 영상 재구성한다.
⑤ 재구성된 영상은 PACS에 전송한다.

10.4. 영상 전시 및 분석

① 재구성 되고 감쇠보정 된 횡단면 영상 전체를 전시해야 한다. 아래에 설명한 Uniformity, Resolution 및 Contrast 등 3개의 영상을 한 스크린에 될수 있는 한 많이 디스플레이할 것이 권장된다.
② 장비 회사에서 제공하는 소프트웨어를 사용하여 Background의 평균 방사능 농도와 표준 편차를 구하고 background와 sphere의 max activity를 구하여 비를 기록한다.
③ 기록지에 해당 기록을 남기고 관리 감독자의 확인을 받는다.

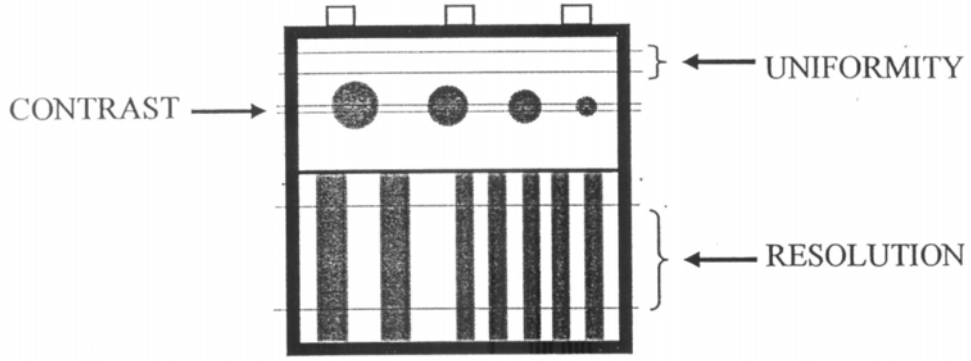


그림 출처: ACR. Technical Standard for Medical Nuclear Physics Performance Monitoring of Nuclear Medicine Imaging Equipment. ACR, 2006

10.5. 각 평가 항목의 계산

10.5.1. 균일도 (Tomographic reconstructed image uniformity)

가. 계산

① 균일한 용액이 있는 영역, 즉 아무런 구형이나 막대가 없는 균질한 용액으로 채워진 중심으로부터(구가 배치된 부분 위쪽에서 단면을 선택한다.) 6개의 재구성 단면을 합쳐서 2 cm(pixel이 아님)이 되도록 단면을 균일도 평가를 위해 생성한다.

② 첫 번 째 단면 번호와 마지막 단면 번호를 지정한다.

③ 5 pixel 넓이의 수평으로 지나가는 카운트 프로파일을 팬텀의 중앙을 가로지르게 그리고 그것이 수평임을 확인한다.

④ 3번 과정을 수직방향에 대해서도 반복한다.

⑤ flood correction 되지 않은 재구성된 단층영상을 모두 전시한다. 각 영상을 artifact에 대하여 검사한다. 작은 artifact가 있을 수 있다. 그러나 ring artifact는 있어서는 안된다.

⑥ 한 두 개의 uniform slice를 선택하여 15x15 pixel 크기의 정사각형의 ROI를 화면의 중앙에 위치시킨다. ROI 내의 mean count/pixel, maximum 및 minimum pixel count, 그리고 표준편차를 기록한다.

⑦ 다음과 같은 식으로 integral uniformity를 구한다.

$$\text{integral uniformity} = \frac{\text{maximum pixel count} - \text{minimum pixel count}}{\text{maximum pixel count} + \text{minimum pixel count}} \times 100$$

⑧ 기록지에 해당 기록을 적고 관리 감독자의 확인을 받는다.

나. 결과 해석 및 판정

단층상 균일도는 균일한 원통에서 얻어진 횡단면이 균일하게 방사능이 분포되었는지 균일도를 보는 것이다. 현재 균일도에 대한 합의된 숫자 또는 인자(parameter)는 없는 상태이다. 평면상의 적분 및 미분 균일도와 같은 방식으로 SPECT 단층영상의 균일도를 나타내는 것을 제안한 문헌이 있으나 아직까지 합의된 기준은 없다. 참고로 Graham 등은 flood correction 미적용시 적분균일도는 9.90% -18.3%, flood correction 적용시 적분균일도는 10.7%-18.8%가 되어야 한다고 권고한 바 있다. (Graham et al. 1995)

균일도가 유지되지 않는 경우 원형의 고리형의 인공물이 생길 수 있으므로 이를 육안적으로 관찰하는 것이다.
평면 영상에서 균일도가 유지되지 않으면 단층영상에서 균일도에 영향을 주므로 평면영상에서의 균일도를 유지해야 한다.

10.5.2. 대조도:

가. 계산

① 구가 포함된 단면으로부터 두 슬라이스를 같이 합쳐서 높은 대조도의 냉구의 영상을 생산한다. 첫 번 째 단면 번호와 마지막 단면 번호를 지정한다.
② 대조도 영상의 중심을 가로지르면서 어떤 구도 가로지르지 않는 하나의 단일 픽셀 선의 프로파일을 위치시킨다. 그 프로파일은 팬텀의 양쪽 옆의 바깥까지 충분하게 연장되어야 한다.
③ 프로파일의 도움을 받아서 팬텀 내부의 평균계수 (Avg Cts)를 구한다.

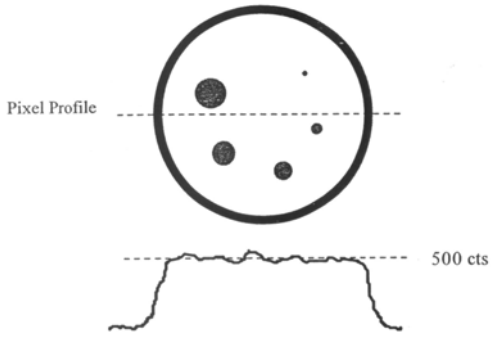


그림 출처: ACR. Technical Standard for Medical Nuclear Physics Performance Monitoring of Nuclear Medicine Imaging Equipment. ACR, 2006

④ 두 번째 단일 픽셀 선의 프로파일을 대조도 영상에서 가장 큰 냉구형의 중심을 가로지르도록 그린다. 프로파일에서 최소 계수치(Min Cts)를 구한다.

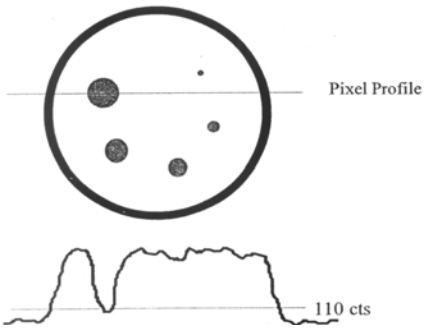


그림 출처: ACR. Technical Standard for Medical Nuclear Physics Performance Monitoring of Nuclear Medicine Imaging Equipment. ACR, 2006

⑤ 모든 data set를 전시하고 냉구(cold sphere)가 가장 잘 확인되는 횡단면상을 전시한다.
⑥ 선택된 횡단면에서 각각의 구(sphere)에 대하여 가장 낮은 화소의 카운트(min pixel cts)를 구한다.
⑦ 대조도는 다음의 식으로 계산된다.

$$\text{Contrast} = \frac{(\text{Average pixel cts from uniform section} - \text{min pixel cts})}{\text{Average pixel cts from uniform section}}$$

⑧ 다른 구에 대해서도 5번의 과정을 반복한다.
⑨ 다른 횡단면도 모두 같은 방법으로 구하여 대조도의 최대 값을 구한다.
⑩ 기록지에 해당 기록을 남기고 관리 감독자의 확인을 받는다.
⑪ 모든 과정을 flood-corrected data-set에 대하여 반복한다.

나. 결과 해석 및 판정

재구성 단층영상의 대조도는 작은 병변을 얼마나 잘 구별해 낼 수 있느가 하는 능력을 나타낸다. 여러 가지 계산 방법이 고안되었으나 기본적인 개념은 알고 있는 크기의 구형 물체에서 알고 있는 방사능치의 변화를 감지하는 것이다. 그러므로 대조도는 병변의 크기에 좌우된다.
참고로 Graham 등은 general purpose collimator와 flood correction을 적용하였을 때 대조도는 다음과 같은 범위에 들어야 한다고 권고하였다. (Graham et al. 1995)

Sphere size (mm)	Minimum	Maximum
31.8	0.53	0.73
25.4	0.35	0.56
19.1	0.21	0.38
15.4	0.11	0.27

11. 재구성 단층상 공간분해능 (SPECT reconstructed spatial resolution) in air

준비물

Tc-99m 작은 점선원

검사방법

1. 회전축의 중심에 1 cm 내에 선원을 위치한다.
2. 회전 반경을 약 15 cm 정도 되게 한다.
3. 임상적으로 많이 사용하는 matrix 크기와 회전각도를 설정하여 영상을 얻는다.
4. ramp filter를 사용하여 영상 재구성한다.
5. 같은 조건으로 home 위치에서 평면영상을 얻는다.
6. 회전축에서 8 cm 떨어진 곳에 점선원을 놓고 위의 방법을 반복한다.

결과분석

1. 재구성된 횡단면 영상에서 점선원 부분의 수직방향과 수평방향으로 그은 선상의 profile로부터 FWHM를 구한다.
2. home 위치에서 얻은 평면 영상의 FWHM을 구한다.

결과 해석 및 판정

SPECT/planar 분해능 비가 20% 이상 오차가 있는 경우 교정 작업이 필요하다.

참고 문헌

1. 최재걸, 조철우. 감마카메라의 성능 평가 기준 개발. 2003, 식약청 용역연구과제 보고서

2. Hines H, et al National Electrical Manufactures Association Recommendations for Implementing SPECT Instrumentation Quality Control. J Nucl Med 2000;41:383-389

3. Graham LS, The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents. RadioGraphics 1995;15:1471-1481

4. ACR. Technical Standard for Medical Nuclear Physics Performance Monitoring of Nuclear Medicine Imaging Equipment. ACR, 2006

5. 'Society of Nuclear Medicine Performance and Responsibility Guidelines for NMT', SNM guideline

6. IAEA-TECDOC-602 Quality control of nuclear medicine instruments 1991 International Atomic Energy Agency 1991, Vienna, Austria

7. Groch MW, Erwin WD. Single-Photon Emission Computed Tomography in the year 2001: Instrumentation and quality control. JNM Technol 2001;29:9-15

8. International Atomic Energy Agency. STI/PUB/1141 IAEA Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems Conmpiled by Sokole EB, IAEA. Vienna Austria 2003

9. Zanzonico P Routine quality contril of clinical nuclear medicine instrumentation: A brief review. JNM 2008;49:1114-1131

10. Zanzonico P. Technical requirements for SPECT: instrumentation, data acquisition and processing, and quality control. In: Kramer EL, Sanger JJ, eds. Clinical SPECT Imaging. New York, NY: Raven Press; 1995:7--41.

11. Greer K, Jaszczak R, Harris C, Coleman RE. Quality control in SPECT. J Nucl Med Technol. 1985;13:76--85.

12. American Association of Physicists in Medicines (AAPM) SPECT Task Group. AAPM Report No. 22: Rotating scintillation camera SPECT acceptance testing and quality control. American Institute of Physics, New York 1987.

13. American Association of Physicists in Medicines (AAPM) Nuclear Medicine Committee Task Group 4. AAPM Report No. 52: Quantitation of SPECT performance. American Institute of Physics, New York 1995.

14. ACR Site scanning instructions for use of the nuclear medicine phantom for the ACR nuclear medicine accreditation program. ACR Reston Virginia. 2006

IV. 감마카메라/SPECT 정도관리 및 성능평가 권고(안)

◦ 이전의 식약청 용역연구에서 조사된 감마카메라 정도관리 실태조사를 참조하여 제안된 정도관리 수행 지침서를 적용한 2008년도의 실제 수행 경험과 국내외의 기존 연구결과를 토대로 하여 우리나라의 현실에서 적절하다고 권고된 정도관리 항목.

가. 매일 점검 항목

◦ 매일 육안 검사로 조준기의 손상 유무, 흠집, 착색 등을 확인하고 기기, 테이블 및 전선 등의 기계적 또는 물리적 손상을 확인한다.

◦ 기저 방사능 오염검사를 조준기를 떼어 내고 가장 흔히 사용되는 동위원소를 기준으로 에너지 창을 맞추어서 검사 한다. 벽, 천장, 그리고 바닥을 향해서 검출기를 위치시키고 영상을 수집하여 가능성 있는 오염원을 찾는다. 이 기저방사능 오염검사는 조준기를 끼운 상태에서 다시 시행한다.

◦ 에너지 피크 검사는 산란선에 의한 영향을 줄이기 위하여 될 수 있으면 내인성(intrinsic)으로 검사하는 것이 좋다. 전체 FOV에 대하여 평균 피크치를 구한다. 외인성 검사로 에너지 피크검사를 대신할 수도 있는데 이 경우 Co-57 플러드 판선원(sheet source)을 쓰는 것이 좋다.

◦ 매일 외인성 장균일도를 시행할 것을 권고함. 그러나 Co-57 플러드 선원을 갖추지 못한 경우에는 매주 내인성 장균일도 검사를 할 것을 권고함.

나. 매주, 매달 또는 매분기 점검 항목

◦ 매주 내인성 장균일도 검사를 시행할 것을 권고함. 부득이한 경우 매달 수행하는 검사로 대체할 수 있다.

◦ 매달 또는 분기마다 해상도 검사를 할 것을 권고함.

◦ 평면영상 전용으로 사용하는 기기인 경우 COR 검사는 필요 없다. SPECT를 하는 경우 적어도 반년에 한 번은 COR을 검사할 것을 권고한다. COR parameter는 어떤 절대치를 유지하는 것보다 일정기간에 걸쳐서 안정된 수치를 보이는 것이 바람직하다.

◦ 다음은 정도관리 항목과 주기의 권고안에 따라서 수행 결과를 기록할 기록부의 서식의 예시이다.

감마카메라 정도 관리 점검 항목

병원명 Model 명 설치 년 월 대상월 200 년 월

장비사용목적 □ 평면영상 전용 □ 평면영상 및 SPECT □ SPECT 전용

항목 \ 날짜			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	비고
매일 육안 검사	기기,Table, 케이블																																	수행 여부를 표시
	Collimator																																	
	기기 및 주변부 방사능 오염여부																																	
	Photo peak window setting																																	
매일 또는 매주	System flood field uniformity UFOV (90%), 기기 적분균일도 (IU)	D1																																수행 후 수치를 표시
		D2																																
	System flood field uniformity UFOV 기기 미분균일도 (DU)	D1																																
		D2																																
	System flood field uniformity CFOV (90%), 기기 적분균일도 (IU)	D1																																
		D2																																
	System flood field uniformity CFOV (90%), 기기 미분균일도 (DU)	D1																																
		D2																																
매주 또는 매월	Intrinsic Uniformity UFOV (90%) 내인성 적분균일도 (IU)	D1																																수행 후 수치를 표시
		D2																																
	Intrinsic Uniformity UFOV (90%) 내인성 미분균일도 (DU)	D1																																
		D2																																
	Intrinsic Uniformity CFOV 내인성 적분균일도 (IU)	D1																																
		D2																																
	Intrinsic Uniformity CFOV 내인성 미분균일도 (DU)	D1																																
		D2																																
	QBP Spatial Resolution	D1																																
		D2																																
매월 또는 분기	COR-X	D1																																
		D2																																
	COR-Y	D1																																
		D2																																
검사자/작성자 확인																																		

제출일		검사자/작성자	영상 파트장/기사장
		핵과학자	과장

감마카메라 및 SPECT 정도관리 점검표 양식 I

작성요령

1. 매일 매주 매월 점검을 OX△로 표시

O: 점검 결과 이상무, X: 점검 안함, △: 점검 결과 이상발견. 조치사항 기입할 것

2. Uniformity: Tc-99m, 140 keV ±10% window setting 기준으로 D1, D2의 UFOV의 IU의 수치를 기록한다. 매일 수행하지 못한 경우 빈칸으로 남겨둘 것

3. 평면영상 전용 감마카메라인 경우에는 COR 검사 면제

4. 매주, 매월 또는 분기별 검사한 항목의 경우에는 해당 일에 기입할 것

V. 팬텀 영상의 종류와 생산 방법

1. 평면영상 전용기기

해당 기기로 평면 영상만을 수행하는 경우에 평가를 위해 요청되는 수행, 평가 그리고 제출해야하는 자료의 수와 복잡성은 SPECT를 수행하는 기기와 다를 수 있다. 제출해야 하는 팬텀 영상은 균일도 영상과 공간분해능 영상이다. ACR 팬텀영상은 필요하지 않다. 평면영상을 위하여 인증받은 카메라가 나중에 SPECT 용으로 사용된다면 SPECT 용 팬텀으로 정도관리를 할 것이 권고된다.

2. 평면영상 및 SPECT 기기

해당 기기로 평면 및 SPECT 영상을 수행하고 있다면 평면영상 검사에 더하여 SPECT 영상 검사를 수행하고 결과를 제출하여야 한다. SPECT 데이터는 ACR 승인된 팬텀을 이용하여 얻을 수 있다.

3. 분해능 팬텀 영상

공간분해능 영상은 신청하는 검사실에서 이미 확보하고 있고 규칙적으로 사용하고 있는 분해능 패턴을 이용하여 획득한 영상을 제출한다. 다음 테스트 팬텀 가운데 하나를 사용할 수 있다. (1) 사분면 막대패턴(quadrant bar pattern), 동일간격평행선(parallel-line-equal-spacing, PLES) 패턴, 직각구멍 패턴, 직각 3개 구멍 또는 Hine-Duley 패턴이다. 4분면 막대패턴의 줄 간격은 2.1, 2.5, 3.2, 및 4.2 mm인 것을 사용한다.

4. SPECT 팬텀 영상

SPECT 팬텀 영상은 팬텀의 종류의 다양성, 팬텀을 구비하지 않은 검사실이 많은 점, 팬텀 제작의 어려움, 및 팬텀 영상 결과 파라미터의 확립된 권고 수치가 없는 점 등으로 인하여 객관적 평가가 어려울 수 있다.
팬텀 영상을 얻어서 평가하는 것은 NEMA 권고로는 매 4분기마다 이지만 국내 현실을 고려하여 1년 또는 2-3년에 1회의 SPECT 검사가 권고된다.

팬텀 영상을 얻는 경우 ACR-인증 팬텀을 단층촬영시스템의 평가를 위해 사용한다. 이 팬텀으로 측정할 수 있는 지표들은 단층촬영균일도, 공간분해능과 대조도이다.

ACR-인증 팬텀은 10.8 cm의 내부반경을 가진 원통이다. 원통의 아랫 부분은 파이 모양으로 배열된 6세트의 아크릴 막대가 배열되었는데 그 직경은 4.8, 6.4, 7.9, 9.5, 11.1 그리고 12.7 mm이다. 원통의 윗부분은 6개의 꽉 찬 구형을 포함하고 있고 그 직경은 9.5, 12.7, 15.9, 19.1, 25.4, 그리고 31.8 mm이다. 만일 검사기관이 이미 "기준" 팬텀 (중간크기 막대모양과 구형)을 갖추고 있다면 그것은 위에서 설명한 ACR 인증된(Deluxe) 팬텀을 대신에 사용할 수 있다. 기준 팬텀의 막대는 6.4, 7.9, 9.5, 11.1, 12.7 그리고 15.1 mm의 크기(직경)를 가진다. 냉구(cold sphere)는 12.7, 15.9, 19.1, 25.4, 31.8, 그리고 38.1 mm의 직경을 가진다. 두 가지 유형의 팬텀 중 어떤 것을 선택하느냐에 상관없이, 구는 증가하는 크기의 순서대로 배치되어야 하고, 막대와 구의 직경이 기록지에 기입되어야 한다.

ACR-인증 팬텀을 범용콜리메이터와 사용할 때, Tc-99m 7-10 mCi를 사용해야 한다. 고해상도 콜리메이터에서는 10-20 mCi를 사용할 수 있다. 원하는 경우, 초고해상도 콜리메이터에서는 25 mCi 까지를 사용할 수 있다.

첨부자료 1-2

핵의학영상용 감마카메라 및 SPECT 정도관리 평가/인증 프로그램

개 요

감마카메라 인증프로그램은 임상 감마카메라가 설치시의 성능에서 크게 벗어남이 없이 유지되고 있는지 검증하는 프로그램입니다. 이를 통하여 양질의 신뢰성 있는 검사결과를 얻어서 환자의 건강을 보호하려는 목적이 있습니다.

이를 위하여 감마카메라를 운영하는 검사실의 운영실태와 정도관리 수행의 충실성, 기기의 기술적 데이터 및 팬텀영상을 수집하여 전문가 동료평가에 의하여 각 기기를 평가하고 인증하게 됩니다.

감마카메라 인증은 감마카메라가 설치된 영상검사실의 각 기기별로 수행됩니다.

제출해야 하는 정보로는 1) 검사실 시설 및 인력, 정보, 2) 설문조사서, 3) 기기정보, 4) 정도관리에 대한 수행설문, 5) 정도관리 결과 데이터, 6) 팬텀 영상 자료 및 영상 획득방법, 7) 정도관리 수행절차서, 그리고 8) 검사실 내 안전관리기록입니다. 모든 제출정보에 대해서는 실제 수행여부를 확인할 수 있는 자료(기록)를 제출해야 합니다.

팬텀영상은 원본 또는 원본과 동질의 복사본을 제출해야 합니다. 영상은 CD로 제출할 수 있습니다. 이 경우 CD영상을 복원하는데 필요한 지시서를 첨부해야 합니다. 영상을 CD로 디지털화 하여 제출하는 경우 Image type이 'ORIGINAL, PRIMARY'인 DICOM3 standard Image file 형식에 호환되도록 제출해야 합니다. 판정관은 제출된 영상Y'핸당 장비에서 얻은 것 중 가장 양질의 영상으로 간주하며 판정하게 됩니다.

컬러영상은 컬러스케일을 포함해야 하며, 표준영상은 gray scale을 포함해야 합니다.

"영상검사정보 기록지" (영상을 얻기위해 사용한 검사법, 사용 방사성의약품, 용량, 검사시간, 영상획득, parameter 등이 기술된)를 같이 제출해야 합니다.

검사실은 가장 최근의 원자력안전기술원(KINS)의 정기점검 판정결과의 사본을 제출해야 합니다.

판정방법 및 채점표

정도관리 평가는 200점+40점 만점으로 하고, A. 인력, 시설 및 운영 (50점), B. 정도관리 수행실적 (50점+10점), C. 팬텀영상평가 (100점+30점)로 구분됩니다.

평가의 주기는 3년 단위로 인증을 받게 됩니다. 매 3년마다 실시하는 인증평가는 A, B, C 부분을 모두 포함하고 각각 부분에서 총점의 60%이상이어야 합격으로 판정하게 됩니다.

매 1년마다 계속평가를 하며 계속평가는 A.인력, 시설 및 운영과 B.정도관리 수행 실적을 평가하게 됩니다. 계속평가는 서류제출만으로 충분하며 정도관리 수행기록과 시설운영부분에 대한 자료는 대한핵의학기술학회의 홈페이지에 등록하고 입력한 데이터를 이용할 수 있습니다.

Ⅰ. 검사실 시설 및 인력정보

가. 검사실 및 기구 정보

항 목			
기관명			
주소			
기관고유번호			
인적 사항	이름	직위	전화번호
대표자			
핵의학과(실) 책임자			
작성자			
핵의학 검사실 전체 면적		면적 _____ m^2	
촬영실 (해당 감마카메라) 면적		면적 _____ m^2	
분배실 유무 및 면적	□유 □무	면적 _____ m^2	
Survey meter	검교정 주기 ___개월 최근 검교정 일자 ____년 ____월 ____일		
Dose calibrator	검교정 주기 ___개월 최근 검교정 일자 ____년 ____월 ____일		

나. 인력정보

	유 무	고용조건		방사성동위원소 취급 면허			CME기록 종사자교육 수료자
		정규직	비정규직	일반	특수	감독자	
전속의사							
• 핵의학전문의	□ □						
• 영상의학전문의	□ □						
• 내과, 진검, 기타	□ □						
원자력관련 면허							
• 특수면허자	□ □						
• 감독자면허자	□ □						
전공의	□ □						
전속 영상핵과학자 (석사이상)	□ □						
전속 방사화학자 (석사이상)	□ □						
영상담당 의료기사							
• 방사선사	□ □						
• 임상병리사	□ □						

핵의학전문의 자격과 타과 전문의 자격을 모두 가지고 있는 경우에는 핵의학 전문의 자격만 기입
고용 조건과 RI 취급면허 난에 해당되는 숫자를 기입할 것

Ⅱ. 감마카메라 / SPECT 품질 평가 프로그램 - 설문조사

가. 작업수행 데이터

1. 귀검사실을 가장 잘 표현하는 것은 다음의 어떤 것입니까? (하나씩만 선택하십시오.)

의료기관 규모	의료 전달체계상 위치	지배 형태
☐ 종합병원 (200 병상 이상) ☐ 종합병원 (200 병상 미만) ☐ 병원 ☐ 영상의학과 전문 의원 ☐ 핵의학과 전문 의원 ☐ 기타	☐ 3차 의료기관 ☐ 2차 의료기관 ☐ 1차 의료기관	☐ 국공립 ☐ 사립학원 ☐ 의료법인 ☐ 종교재단 ☐ 비영리 공익단체 ☐ 개인

2. 귀 검사실에서 시행하고 있는 검사종목과 건수는 무엇입니까? (모두체크)

☐ 일반적 감마카메라 영상	년	건
☐ SPECT 영상검사	년	건
☐ PET	년	건
☐ PET-CT	년	건

3. 귀 검사실에서 시행하는 연간 핵의학영상 검사건수는 다음 중 어느 것 입니까?

☐ 500건 미만
☐ 500건 - 1000건 미만
☐ 1000건 - 2000건 미만
☐ 2000건 - 5000건 미만
☐ 5000건 - 10,000건 미만
☐ 10,000건 - 20,000건 미만
☐ 20,000건 이상

4. 귀 검사실의 병원 조직상의 위치는 다음 중 어느 것입니까?

☐ 독립 핵의학과 개설
☐ 원장 직속 특수검사실
☐ 영상의학과 또는 내과 소속 특수검사실
☐ 의원
☐ 해당 없음

나. 자료보관 및 보고서 작성에 관한 질문

검사 후 자료보관을 하는 최소기간은? (하나만 표시)

☐ 5년 ☐ 6 - 10년 ☐ 11-20년 ☐ 20년 이상 ☐ 해당없음

귀 검사실은 검사 후 판독보고서 제출기간에 대한 정책이 확립되어 있습니까?

☐ 있음 ☐ 없음 ☐ 해당없음

검사 후 판독 보고서가 의뢰 의사에게 전달될 때까지의 평균시간은?

☐ 12시간 이내 ☐ 12-24시간 ☐ 24-72시간 ☐ 72시간 이상 ☐ 해당없음.

검사 후 환자가 촬영실을 떠나기 전 의사가 임시영상을 검토하는 비율은?

☐ 10% 이내 ☐ 11-50% ☐ 51-75% ☐ 76-100% ☐ 해당없음.

다. 검사실 및 환자 안전

검사실에 임신한 또는 가임기 여성에 대한 핵의학 영상검사에 대한 문서화된 절차서가 비치되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사실 내외에 가임기여성의 주의사항에 대한 안내서가 게시되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사실에 감염방지를 위한 절차서 및 기구(손씻기 등)가 마련되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사별로 검사절차를 지시하는 절차서가 마련되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사절차서는 6개월 ~ 1년 마다 주기적으로 검토되고 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사절차서의 검토 후 검사실 책임자(핵의학과장)의 서명기록이 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
질 개선(quality improvement)에 대한 프로그램이 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
검사실 내에 응급생명구조장치가 비치되어있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
환자의 디지털 데이터를 보관하는 정책이 확립되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
방사성의약품을 환자에게 주입하는 인력에 대한 기준과 명단이 제시되어 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable
방사성동위원소를 구입, 보관, 조제, 주입 및 폐기에 대한 절차서가 있습니까?	☐ yes ☐ no ☐ not applicable

라. 방사선 안전

기관의 방사성동위원소 사용에 관한 안전관리 책임자	
성명	
E-mail	
전화번호	
FAX	

방사선 안전관리를 하는 조직이 별도로 구성되어 있다.	☐ 예 ☐ 아니오

방사선안전관리 책임자의 면허종류 및 소속 (해당되는 항목에 모두 체크 할 것).

면허 종류	의사/비의사	소속
☐ 특수면허 ☐ 감독자면허	☐ 의사 ☐ 비의사	☐ 핵의학과 소속 ☐ 핵의학과 비소속

핵의학 진료 부분의 지휘나 Nuclear medicine procedure의 관리감독은 다음 사람이 한다.

☐ 방사성동위원소 취급 감독자 면허와 특수면허를 가진 핵의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 감독자 면허와 특수면허를 가진 영상의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 감독자 면허와 특수면허를 가진 기타 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허를 가진 핵의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허를 가진 영상의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허를 가진 기타 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허를 가진 의사
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허가 없는 핵의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허가 없는 영상의학 전문의
☐ 방사성동위원소 취급 특수면허가 없는 기타 전문의
☐ 방사성동위원소면허 없이 핵의학의 특별훈련 경험을 가진 전문의 또는 의사

방사성동위원소의 취급에 대한 규정이 있다.	☐ Yes ☐ No

방사성동위원소의 취급에 대한 규정은 다음과 같은 내용을 포함한다.	
환자와 직원의 안전	☐ Yes ☐ No
기록되어야 할 Data	☐ Yes ☐ No
저장	☐ Yes ☐ No
폐기처분	☐ Yes ☐ No
직원, 장비, 환경이 방사능에 오염되었을 때의 처리방침	☐ Yes ☐ No

Ⅲ. 기기정보

가. 인증 신청한 장비의 제원

제조회사				
모델명				
제조년월	년 월 일	제조번호(Serial number)		
설치일자 (년월일)	년 월 일			
Detector 개수	□ 1 □ 2 □ 3 □ Ring			
Detector 작동방식	□ Fixed □ Variable □ Ring			
Detector 장경(長徑)의 dimension	cm			
컴퓨터 Vendor				
모델이름				
컴퓨터 소프트웨어 버젼				
하드웨어의 마지막 upgrade 날짜	년 월 일			
소프트웨어 마지막 upgrade 날짜	버젼		날짜	년 월 일
Collimator 종류 및 수량	종류	수량	구입 년월일	
collimator 1				
collimator 2				
collimator 3				
collimator 4				
collimator 5				

인수검사 기록이 있습니까?	□ 예 □ 아니오, 예인 경우 기록을 제출할 것
인수검사당시의 IPL검사기록 (IPL 검사방법은 제조회사에서 권고하는 방법에 따른다.)	Intrinsic uniformity (I.U) _____% (D.U) _____% IPL 검사방법 : total count. source. matrix. COR(SPECT의 경우)X축_____ pixel(또는mm) Y축_____ pixel(또는mm) 검사방법 : _____matrix _____count/frame frame당 각도 _____개수 _____
균일도 검사용 팬텀이 있습니까? 예라고 답한 경우 있다면 다음 중 어떤 것입니까?	□ 예 □ 아니오 □ Co-57 flood phantom □ 자체 제조
아니오라고 답한 경우 없다면 균일도 검사를 하는 방법은	□ 디텍터에서 4배 거리의 점선원 이용 □ 팬텀 대여
항온항습장치의 작동점검을 매일 수행하고 있습니까?	□예 □아니오
검사실의 온도 및 습도를 매일 측정합니까?	□예 □아니오

IV. 정도관리 설문조사서

가. 평면영상 정도관리 수행정보

기입요령: 각 품질관리 작업을 위해 아래에 나열된 작업이 수행되는 주기를 표시한다.

카메라 검사	통상적 검사 수행주기							기기 인수 시 수행		주요수리 후 수행	
	불규칙 (안함)	매일	매주	매달	3 개월 마다	6 개월 마다	매년	완료	하지 않음	완료	하지 않음
1. PHA창 위치와 넓이의 육안검사	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2. 플러드장 균일도											
a. 내인성	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
b. 시스템(외인성)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3. 공간 해상도											
a. 내인성	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
b. 시스템(외인성)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4. 조준기 완결성											
a. 육안검사	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
b. 기타	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5. 민감도											
a. 내인성	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
b. 시스템(외인성)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6. 에너지 해상도	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7. 계수율											
a. 최대 계수율	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
b. 불감시간(해소시간)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8. 다중창 공간적 등록	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9. 포맷터/영상진열	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10. 영상 판독기구의 QC (SMPTE 패턴)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
11. 시스템 연동	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
기록자	직위			이름							
확인자	직위			이름							

위의 기록을 보관합니까? ☐ Yes ☐ No

* 내인성 및 시스템 균일도 및/또는 해상도를 모두 수행한 경우: 모두 표시해야 한다.

나. SPECT 정도관리

기입요령 안내: 각 품질관리 작업을 위해 아래에 나열된, 작업이 수행되는 주기를 기록한다.

SPECT 절차	통상검사 수행주기							기기인수시 수행		주요수리후 수행	
	일상적으로 수행하지 않음	매일	매주	매달	3 개월 마다	6 개월 마다	매년	완료	하 지 않음	완료	하지 않음
1. 회전 중심 검사 및 또는 다중헤드검출기 정렬	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2 플러드 팬텀 영상 (플러드 수정 테이블을 위한)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3. SPECT 시스템 성능 검사	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
팬텀제작사 Model _____											
기록자	직위			이름							
확인자	직위			이름							

사진에 기록되거나 주요테스트의 기록을 전산화 합니까? ☐ Yes ☐ No (하나에 체크)

V-1. 팬텀 영상 품질 평가 (평면영상 전용 시스템)

이 양식은 평면영상 전용 시스템에 적용됩니다.
두 개 이상의 검출기를 가진 카메라는 각각의 디텍터에 대해서 각각 이 양식을 작성하기 바랍니다.
평가를 받으려는 각 카메라마다 이 데이터 양식을 한 부씩 완성하십시오. 상세한 팬텀영상 획득 요령은 첨부한 지 침을 참조하십시오. 이 데이터시트에 기록하는 모든 정보는 정확히 기재해야 합니다.
팬텀영상과 함께 완성된 양식 을 보내주십시오.

기관고유번호	기기번호	디텍터 번호

A. 장균일도(하나에만 표시)

영상 획득 1 : Tc-99m 또는 Co-57				
Tc-99m ☐ Co-57 ☐			획득시간: _____ sec	
내인성 ☐ 시스템 ☐			PHA1/:_____(peak)/_____%	
총 카운트:	5M ☐	3M ☐	콜리메터:_____ (사용할 경우)	
Matrix:	128 ☐	256 ☐	512 ☐	1024 ☐ Analog ☐

B. 공간 해상도

사용된 해상도 검사 패턴에 따라 알맞은 곳에 기입:				
☐ 4 분면 팬텀(4 quadrant bar phantom) (최소에서 최대순으로): _____ _____ _____ _____ mm				
☐ PLES 팬텀: _____ mm				
☐ 직교 구멍 패턴(Orthogonal hole pattern): _____ mm (직경)				
☐ 직교 세 구멍(Orthogonal Tri-hole): _____ _____ _____ mm				
☐ Hine-Duley 팬텀: _____ _____ _____ _____ mm				
영상 획득 2 : Tc-99m 또는 Co-57				
Tc-99m ☐ Co-57 ☐ N/A ☐			획득시간: _____ sec	
내인성 ☐ 시스템 ☐			PHA1/:_____(peak)/_____%	
총 카운트:	5M ☐	3M ☐	콜리메터:_____ (사용할 경우)	
Matrix:	128 ☐	256 ☐	512 ☐	1024 ☐ Analog ☐

V-2. 팬텀 영상 품질 평가 (평면 및 SPECT 시스템)

이 양식은 평면영상 및 SPECT 시스템 영상에 적용됩니다.
두 개 이상의 검출기를 가진 카메라는 각각의 디텍터에 대해서 각각 이 양식을 작성하기 바랍니다.
평가를 받으려는 각 카메라마다 이 데이터 양식을 한 부씩 완성하십시오. 상세한 팬텀영상 획득 요령은 첨부한 지 침을 참조하십시오. 이 데이터시트에 기록하는 모든 정보는 정확히 기재해야 합니다.

기관고유번호	기기번호	디텍터 번호

A. 장 균일도

영상 획득 : Tc-99m 또는 Co-57 (하나에만 표시)	
Tc-99m ☐ Co-57 ☐ 내인성 ☐ 시스템 ☐ 총 카운트: 5M ☐ 3M ☐ Matrix: 128 ☐ 256 ☐ 512 ☐ 1024 ☐ Analog ☐	획득시간: _____ sec PHA1/:_____(peak)/_____% 콜리메터: _____ (사용할 경우) 콜리메터: _____ 적분 균일도: CFOV _____ %, UFOV _____ % 미분 균일도: CFOV _____ %, UFOV _____ %

B. 공간 해상도

사용된 해상도 검사 패턴에 따라 알맞은 곳에 기입:
☐ 4 분면 팬텀(4 quadrant bar phantom) (최소에서 최대순으로): _____ _____ _____ _____ mm
☐ PLES 팬텀: _____ mm
☐ 직교 구멍 패턴(Orthogonal hole pattern): _____ mm (직경)
☐ 직교 세 구멍(Orthogonal Tri-hole): _____ _____ _____ mm
☐ Hine-Duley 팬텀: _____ _____ _____ _____ mm

C. COR 검사

가장 최근의 측정치를 해당 입력란에 기입:
회전 중심(COR) 수행일자 : 년 월 일 COR 수행방법 : 라인소스: _____ 다중점: _____ 점 소스: ☐ Off axis ☐ On axis Activity: _____ uCi

D. SPECT 팬텀 정보

사용된 SPECT 팬텀에 따라 알맞은 곳에 기입:
ACR 인증 SPECT 팬텀: (Deluxe ☐ 또는 표준 ☐)
Rod 크기(작은 것에서 큰 것 순서대로): _____ _____ _____ _____ _____ _____ mm
구형 크기(작은 것에서 큰 것 순서대로): _____ _____ _____ _____ _____ _____ mm
영상 획득 : Tc-99m
총 카운트: _____ (500k) 획득시간: _____ sec PHA/: _____(peak)/_____% 콜리메터: _____ Matrix: 128 ☐ 256 ☐ 512 ☐ 1024 ☐ Analog ☐

E. SPECT 팬텀 영상 획득 (Tc-99m)

해당란에 획득변수를 기입	
파일 이름: _____ Activity: _____ mCi 콜리메터: _____ Matrix: 128 ☐ 256 ☐ 512 ☐ 1024 ☐ Analog ☐ 회전의 반경: _____ cm Step/Shoot ☐ 연속적 ☐ Number of view (projection) _____ 방향: CCW ☐ CW ☐ 궤도모양: 원형 ☐ 원형이 아님 ☐	획득 Zoom: _____ 시간/프로젝션(view) : _____sec 첫번째 프로젝션의 카운트: _____ 슬라이스 두께(알 수 있는 경우): ____ mm PHA: _____(peak)/_____%
재구성방법과 처리변수를 기입:	
재구성 필터(창):이름: _____ Cut off: _____/cm _____/pix _____ Nyq 플러드 보정: ☐ Yes ☐ No 감쇠계수: _____/cm _____/pix 대조도 계산(아래의 식 참조.): _____ $\text{대조도} = \frac{\text{Average Counts - Minimum counts}}{\text{Average Counts}}$	

첨부자료 1-3

감마카메라 정도관리 인증 항목 및 점수

양식 A. 인력 및 시설 운영 (50점)

대항목	세부항목	평가기준	배점	점수
1. 인력	의사	전속 핵의학전문의 1명 2점씩(최대 5점)	5	
		핵의학전공의가 있는 경우 1점 가산	1	
		전속 영상의학과, 내과, 진단검사의학과 전문의 최대 1점		
		보수교육기록 개인당 6점 기준 (75-100% 2점; 50-74% 1점; 49% 이하 0점) 총 획득 보수교육 점수 ---------- x 100 전속 전문의 수 x 6	2	
	의료기사	카메라 1대당 1.5명 이상(3점) 카메라 1대당 1명 이상 1.5명 미만(2점) 카메라 1대당 1명 미만(1점)	3	
		보수교육 기록 개인당 6점 기준 (75-100% 2점; 50-74% 1점; 49% 이하 0점) 총 획득 보수교육 점수 ---------- x 100 영상전속 기사의 수 x 6	2	
	핵과학자	핵의학과 소속으로 두 명 이상(2점), 핵의학과 소속으로 한 명(1점), 없는 경우(0점)	2	
	간호사	핵의학과 소속 간호사 한 명 이상일 경우 2점, 없을 경우 1점	2	
2. 시설 및 운영	조직체계	핵의학과 개설시 3점; 원장 직속검사실 또는 독립된 특수검사실 2점; 영상의학과 또는 내과 등의 소속시 1점	3	
	시설	핵의학 시설 면적(5점): 50 M^2 이하(1점), 51-100 M^2(2점), 101-300 M^2(3점); 301-500 M^2(4점); 501 M^2 이상(5점)	5	
		카메라실 면적(3점): 10 M^2 이하(1점); 11-20 M^2(2점); 20 M^2 이상(3점)	3	
		분배실 있을 때 (3점), 없을 때 (1점)	3	
		주사실 있을 때 (3점), 없을 때 (1점)	3	
		환자 대기실 있을 때 (2점), 없을 때 (1점)	2	
		오염 제거 시설 있을 때 (2점), 없을 때 (1점)	2	
		방사약학 시설 있을 때 (3점), 없을 때 (1점)	3	
	검량계 관리	6개월 마다 검교정(4); 1년 마다 검교정(2); 검교정 주기 1년 이상(0)	4	
	지침서	자체 제작 정도관리 지침서 유무(3)	3	
	안전관리	KINS 안전관리 기록 제출 (2), 미제출 (0)	2	
총점			50	

양식 B-1. 정도관리 수행 실적: 평면영상 전용 (50 점)

항목	평가 내용	평가기준	배점	점수
1.	Acceptance test기록	있을 때 (2점) 없을 때 (0점)	2	
2. 육안 검사	기기, 테이블, 케이블 육안 검사 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.5), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
	Collimator 육안검사 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.5), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
	기기 및 주변부 방사능 오염 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.5), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
3. 평면 영상 검사	System uniformity UFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	System uniformity UFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	System uniformity CFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	System uniformity CFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity UFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity UFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity CFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity CFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(5), 매월(4), 분기(4), 반년(3), 년(2), 없음(0)	5	
	공간해상도 검사 수행 기록 (QBP 검사)	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
총점			50	

양식 B-2. 정도관리 수행 실적: SPECT 장치 (50+10 점)

항목	평가 내용	평가기준	배점	점수
1.	Acceptance test기록	있을 때 (1점) 없을 때 (0점)	2	
2. 육 안 검 사	기기, 테이블, 케이블 육안 검사 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.7), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
	Collimator 육안검사 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.7), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
	기기 및 주변부 방사능 오염 기록	매일(1), 매주(1), 매월(0.7), 분기(0.5), 반년(0.3), 년(0.1), 없음(0)	1	
3. 평 면 영 상 검 사	System uniformity UFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(4), 매월(3), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	System uniformity UFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(4), 매월(3), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	System uniformity CFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(4), 매월(3), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	System uniformity CFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매일(5), 매주(4), 매월(3), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity UFOV 미분균일도 수행 기록 제시	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity UFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity CFOV 미분 균일도 수행 기록 제시	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	Intrinsic flood uniformity CFOV 적분균일도 수행 기록 제시	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	공간해상도 검사 수행 기록 (QBP 검사)	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
4. SPECT 영 상 검사	COR X 기록	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
	COR Y 기록	매주(5), 매월(4), 분기(3), 반년(2), 년(1), 없음(0)	5	
총점			60	

양식 C. 팬텀 영상 검토 (100+30점)

항목	검사 내용	평가 기준	배점	점수
1. 평면 영상 (100)	Flood phantom 영상 육안 검토	균일 (육안으로 관찰하여 얼룩이나 어느 부분에도 주변과 차이나는 섭취가 없을 때): 10 불균일: 0	10	
	system uniformity 영상을 제공하고 그 영상으로 계산한 UFOV의 평균 미분균일도	① 제조회사의 참고치 또는 인수검사시의 수치로부터 벗어남이 50% 이내 또는 결과 절대값이 5% 이하 (20점); ② 5-10% 15점; ③ 10-20% 10점; ④ 20%이상 또는 기록 없을 때 0점	20	
	system uniformity 영상을 제공하고 그 영상으로 계산한 UFOV의 평균 적분균일도	① 제조회사의 참고치 또는 인수검사시의 수치로부터 벗어남이 50% 이내 또는 결과 절대값이 5% 이하 (20점); ② 5-10% 15점; ③ 10-20% 10점; ④ 20%이상 또는 기록 없을 때 0점	20	
	Intrinsic flood uniformity 영상을 제공하고 그 영상으로 계산한 UFOV의 평균 미분균일도	① 제조회사의 참고치 또는 인수검사시의 수치로부터 벗어남이 50% 이내 또는 결과 절대값이 5% 이하 (20점); ② 5-10% 15점; ③ 10-20% 10점; ④ 20%이상 또는 기록 없을 때 0점	20	
	Intrinsic flood uniformity 영상을 제공하고 그 영상으로 계산한 UFOV의 평균 적분균일도	① 제조회사의 참고치 또는 인수검사시의 수치로부터 벗어남이 50% 이내 또는 결과 절대값이 5% 이하 (20점); ② 5-10% 15점; ③ 10-20% 10점; ④ 20%이상 또는 기록 없을 때 0점	20	
	4사분면 quadrant bar phantom 영상	① 4사분면을 구별할 수 있을 때(Good) (10점); ② 2-3사분면을 구별할 수 있을 때(Fair) (7점); ③ 1사분면 이하에서 구별될 때(Bad) (5점); ④ 기록 없을 때(0)	10	
2. SPECT 영상 (30)	COR X	① 64×64 matrix일 때 0.5 pixel (3.2mm) 이내 (15점); ② 0.5-1 pixel 오차일 때(7점); ③ 그 이상 또는 기록 없을 때 0점	15	
	COR Y	① 64×64 matrix일 때 0.5 pixel (3.2mm) 이내 (15점); ② 0.5-1 pixel 오차일 때(7점); ③ 그 이상 또는 기록 없을 때 0점	15	
총점			130	0