

핵의학 영상장비 PET/CT의 정도관리와 성능평가

전남대학교병원 핵의학과
이 병 일

Quality Assurance and Performance Evaluation of PET/CT

Byeong-il Lee, PhD

Department of Nuclear Medicine, Chonnam National University Hospital, Gwangju, Korea

Positron emission tomography-computed tomography (PET/CT) provides both functional and anatomical images of high quality non-invasively with better precision in localization than PET alone. Increase in the use of PET/CT, coupled with increasing concerns about the quality of medical services accrued the demands for accurate evaluation of system performance and quality assurance. Thus, well designed programs for performance evaluation and quality assurance are needed. Widely used protocols for performance evaluation of PET are the methods proposed by National Electrical Manufacturers Association (NEMA) in 1994 and 2001. In addition, in order to maintain high quality of PET/CT images, quality assurance programs including periodic (daily, monthly, and yearly). Therefore, in this article, the methods and present state of performance evaluation and quality assurance of PET/CT are reviewed. (Nucl Med Mol Imaging 2008;42(2):137-144)

Key Words: quality assurance, PET/CT, performance evaluation

서 론

PET/CT의 보급이 2003년부터 급격이 늘어나면서 핵의학 영상기에 대한 성능평가 및 품질관리를 위한 정도관리에 관심이 높아지고 있다. 이미 90년대부터 미국 및 유럽에서는 방사선학회 및 핵의학회를 중심으로 의료영상기기의 품질에 대한 관심이 높아져 각종 규약의 제정이 이루어졌고, 현재 미국 방사선학회 및 핵의학회 산하에는 의료영상 품질인증기관이 설립되어 활동하고 있다.¹⁻⁹⁾ 영상검사 건수의 증가와 건강검진 등의 활성화로 의료영상비 지출이 전체 의료예산에서 비중이 커지고 효과적인 의료비 지출을 위한 제도적인 개선책의 하나로 정부에서도 의료영상에 대한 품질관리를 중요한 의료정책으로 다루고 있다.^{10,11)} 이는 국민에 대한 양질의 의료를 제공하기 위한 중요한 일이기도 하다. 또한, 최근 핵의학 영상 기기인 PET/CT의 각종 기술들이 진보하고 있어서 성능평가 및 정도관리의 방법에도 지속적인 발전이 요구되고 있으며, 자체적인 기술의 보유 및 경험이 필요하다.

연간 PET/CT 검사 건수가 10만건 이상으로 늘어난 지금 암진료 및 뇌질환 진료의 기본장비로서의 PET-CT에 대한 기본평가로 현재 수행되고 있는 것은 National Electrical manufacturers Association (NEMA) 에서 제안한 NU 2-1994 와 NU 2-2001에 제시한 성능평가 방법이다. NEMA에서 제시한 성능평가 방법 이외에도 미국방사선의학회(American College of Radiology, ACR), 미국핵의학회(Society of Nuclear Medicine, SNM) 등에서도 성능평가를 위한 검사항목을 제시하고 있으며, 국제 전자기술 위원회 (International Electrotechnical Commission, IEC)에서 발표한 시행방법 기술서(IEC 61675-1)에도 시험검사법이 있다.¹⁻⁹⁾ 하지만, 성능평가를 위한 표준권고안들은 실제로 최초 설치시 혹은 장비개발 연구를 위한 방법들로서 실제 임상현장에서 사용되고 있는 장비들의 정기적 성능평가를 위해서는 적절하지 않아서 미국 방사선학회나 미국의학물리학자협회(American Association of Medical Physicist, AAPM)와 유럽핵의학회(European Association of Nuclear Medicine, EANM)와 같은 유관학회들에서도 PET/CT의 성능평가 및 정도관리를 위한 제안을 계속해서 연구하고 발전시키고 있다.³⁾

성능평가와 정도관리는 비슷하지만 다른 개념으로 이해해야 할 것이다. 지속적인 품질경영을 위한 정도관리는 매일관리에서 매달, 매년관리까지 기간 및 방법에 따라 필요한 관리차원의 진행이 이루어져야 하며, 성능평가는 기기의 성능확인

- **Received:** 2008. 4. 19. • **Accepted:** 2008. 4. 22.
- **Address for reprints:** Byeong-il Lee, PhD., Department of Nuclear Medicine, Chonnam National University Hospital, 160 IIsim-ri, Hwasun, Jeonnam 519-809, Korea
Tel: 82-61-379-7259, Fax: 82-61-379-7280
E-mail: dewpapa@hanmail.net

를 위해 표준화된 방법으로서, 표준적 측정 방법의 개발 및 정확한 특성을 반영한 평가 방법인지가 중요한 점이다. 기기의 품질경영에 대한 확인을 위해 성능을 평가하는 것이 정도관리를 위한 항목에 얼마나 어떻게 포함되어야 하는가 하는 것은 최소평가로 최대효과를 보기위해 계속적으로 논의해야 할 문제이기도 하다.

따라서, 이 원고에서는 이러한 PET/CT의 성능평가와 정도관리에 대해서 고찰하고 외국 및 국내의 현황에 대하여 알아보려고 한다.

NEMA 방법을 이용한 성능평가

NEMA에서 제안한 방법은 시스템의 성능평가에 대한 표준안이라고 할 수 있다. 다양한 사양의 PET/CT가 보급되고 해상도, 민감도, 기능차이 등을 모두 표준화 하여 비교할 수는 없는 실정이므로, 대체적으로 표준화 제안방법인 NEMA를 따르고 있다.¹²⁻¹⁶⁾ 국내에서는 PET/CT를 처음 설치하는 기종에 대해서 NEMA 평가 결과를 보고하도록 되어 있다. 시간과 노력이 많이 요구되는 이 평가방법을 모든 기기에 대해 시행할 수 없는 것이 현실이기 때문이다. NEMA에서 제안한 방법을 이용한 평가방법은 이미 국내외 학회논문지에 자세히 소개되었고, 여러 기종에 대해 평가한 결과가 보고된 바 있으므로 여기서는 NEMA 방법의 개략적인 항목만을 중심으로 소개하고자 한다.

1. NEMA NU 2-2001

PET장비의 성능평가를 위해 보편적으로 사용되는 방법으로 1994년에 처음 발표된 이후 2000년대에 3차원 모드 등 새로운 기능에 맞추어 2001년에 개정되었다.^{8,9)}

1) 공간분해능

점선원을 이용하여 재구성된 영상으로부터 점확산함수(point spread function, PSF)의 반치폭(full width at half maximum, FWHM)을 측정하는 방법이다. 점선원의 위치는 중심과 중심에서 1cm 떨어진 곳, 10cm 떨어진 곳이며, 횡단면의 방사(radial), 접선(tangential), 그리고 축(axial)방향 분해능을 평균적으로 평가하여 보고한다.

2) 산란분획(scatter fraction, SF) 측정

전체계수중 산란계수에 대한 비율을 측정하는 것으로 총계수가 충분히 작을 때에 총계수에 대한 랜덤계수와 산란계수 합인 비율로 나타낸다. 불응시간이 1%이하의 프레임만으로 측정할 수 있다.

3) 민감도

PET의 민감도는 선원으로부터 초당 검출되는 참 계수값의 비율로 나타낸다. 5가지 크기의 알루미늄을 선원의 외부에 하나씩 끼워가며 감쇠의 영향이 없는 값을 외삽법을 통해 계산하여 count/sec/MBq의 단위로 기록하는 것이다.

4) 영상품질평가

여러 개의 각각 다른 반지름을 가지는 원형구에 cold와 hot부분을 나누어 배경잡음을 주고 4배 혹은 8배 차이에 따른 영상 대조도를 평가하는 것이다.

2. NEMA NU 2-1994

1) 공간분해능

선선원을 스캐너의 중앙에 위치시키고 축방향으로 놓은 다음 y축방향으로 위치를 옮겨가며 측정하는 방법이다.

2) 산란분획측정

산란분획은 물로 채운 팬텀에 3개의 위치를 정하여 선선원을 이용하여 영상을 얻는데, 산란폭을 잘 정하여 공식에 따라 계산한다.

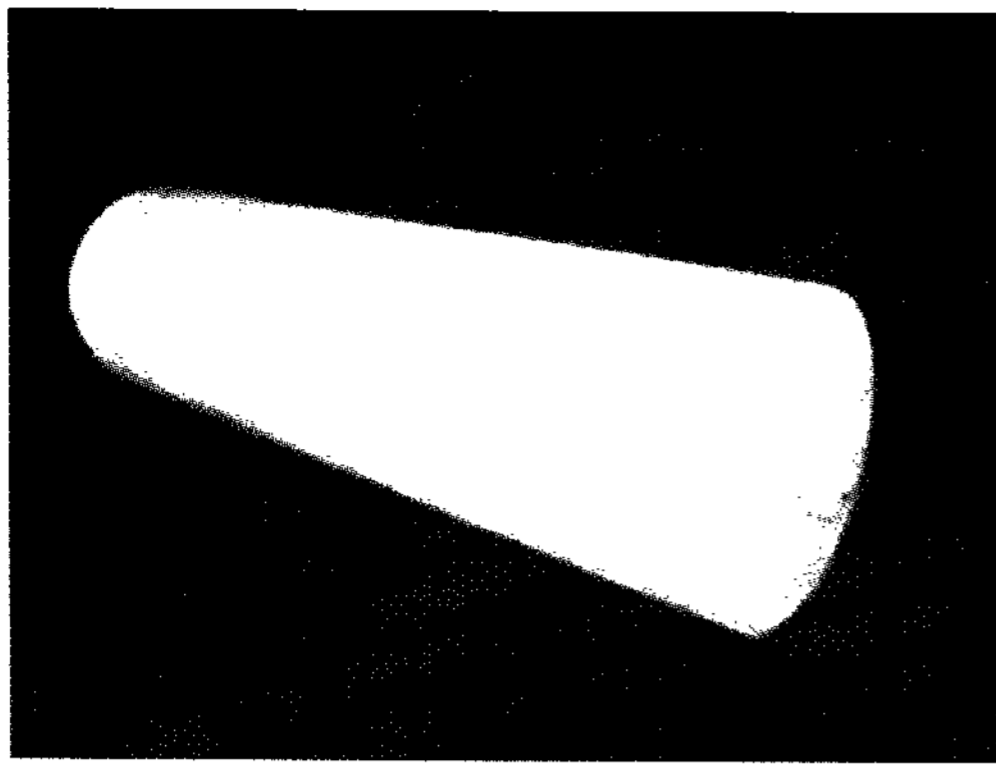
3) 민감도 측정

팬텀을 이용하여 균일한 방사능이 약하게 방출되는 상태에서 스캐너의 가운데에서 스캔을 시행하고 사이노그램을 얻어 전체계수에 대한 산란분획 보정계수를 계산한 참계수값을 계산한다.

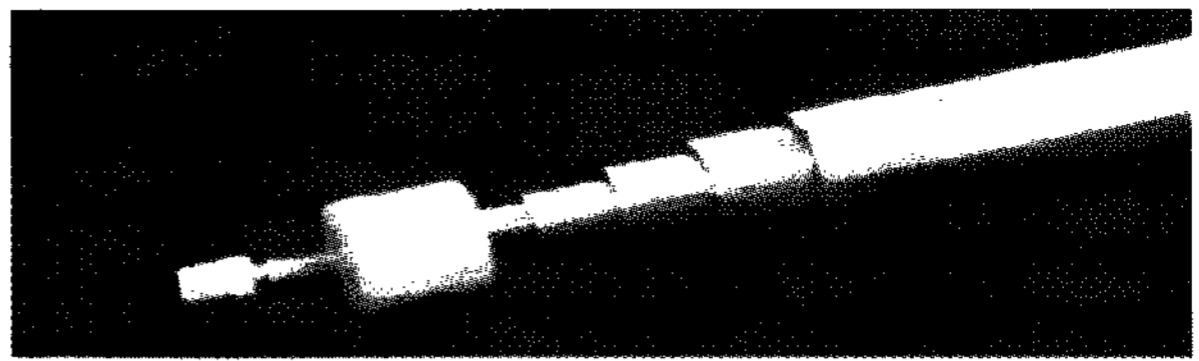
4) 균일도 측정

스캐너의 중앙에서 y축으로 2.5cm 떨어진 지점에 원형팬텀을 위치시키고 영상을 얻는다. 횡단면상의 원에서 10mm 간격의 격자내 계수값들을 분석한다. 최대계수값과 최소계수값 및 평균계수값을 이용하여 비균일도를 구한다.

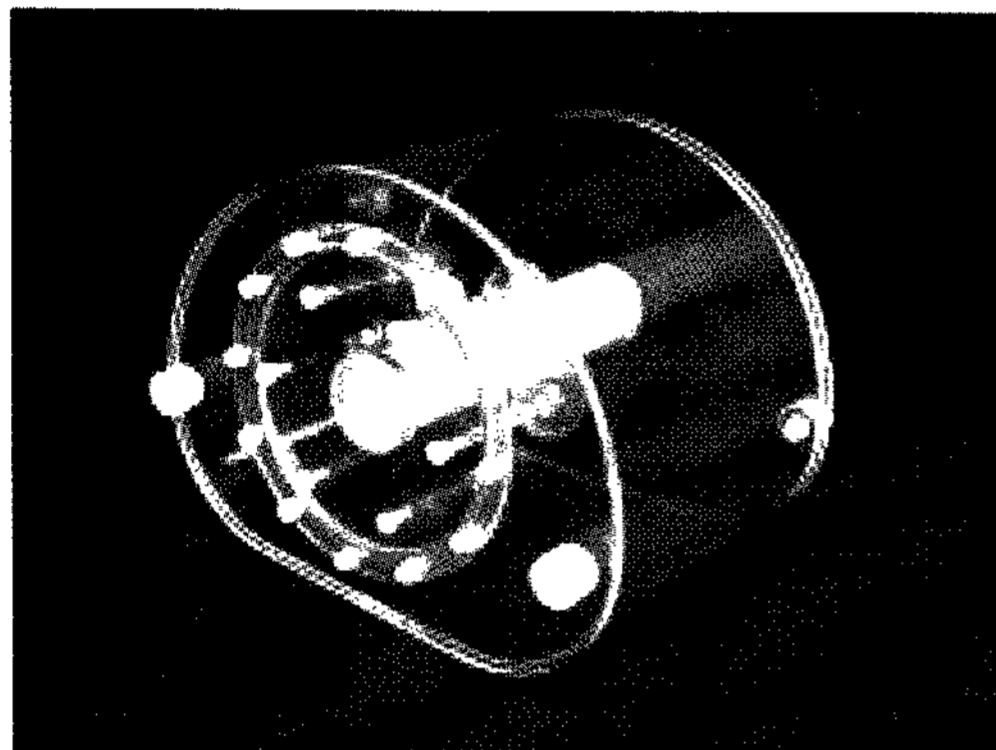
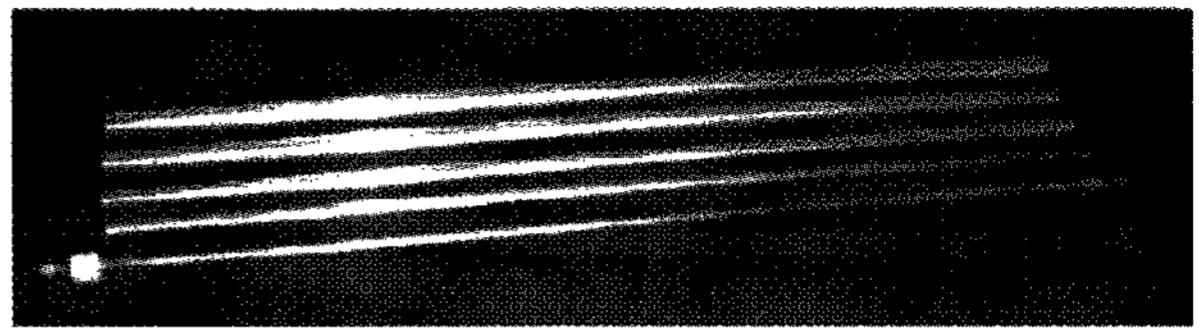
GE, Siemens, Philips 등 대표적인 핵의학 영상기기 관련 회사에서도 NEMA방법을 이용하여 성능측정을 하였으며, 사용자 안내서에는 사용자가 볼 수 있는 항목 및 간단한 NEMA 방법의 결과 확인에 대한 설명이 있으나, 회사별로 지원되는 소프트웨어 및 채택하고 있는 검사방법이 조금씩 다르다.¹⁷⁻²³⁾ NEMA에서 제안한 성능평가를 위한 검사 방법은 기기 성능에 대해 관찰 할 수 있는 표준적인 방법으로 자리를 잡았으나 측정조건을 만족시키는 일이 검사방법에 따라 까다롭고 시간이 많이 걸리므로 반복적으로 수행하기에는 적당하지 않다. 따라서 기기설치 시에 한번 확인차 성능평가를 수행하는 경우



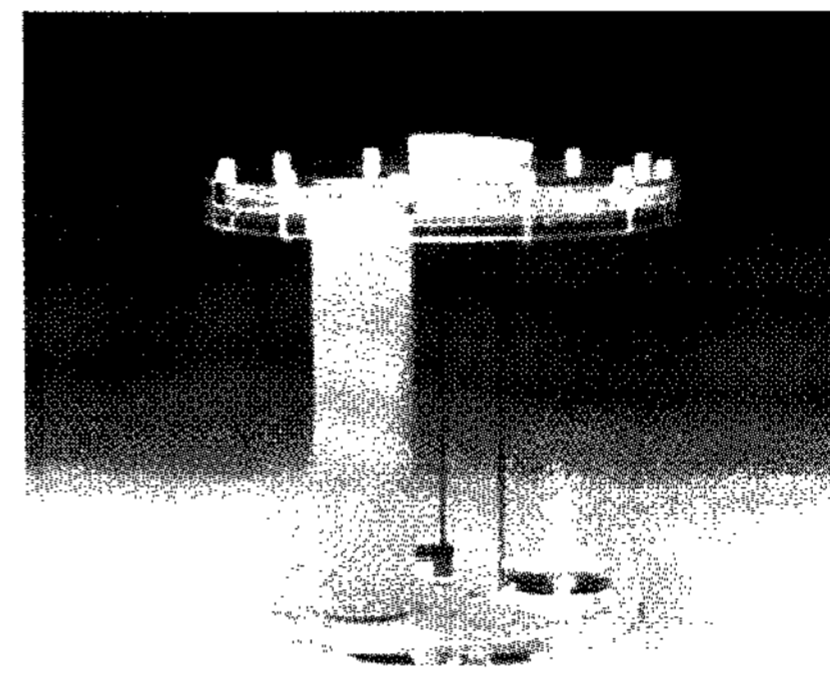
(A) Scatter phantom(NU2-2001)



(B) Sensitivity phantom(NU2-2001)



(C) Image quality phantom(NU2-2001)



(D) Phantom NU2-1994

Figure 1. NEMA phantoms for the evaluation of performance of PET.

가 있으며, 외국의 논문은 주로 개발단계에서 성능의 객관적인 확인을 위하여 시행하는 경우가 많다. 국내에서도 NEMA 방법을 이용한 PET/CT 성능평가에 대한 관심이 조금씩 유지되어 왔다.²⁴⁻²⁷⁾ NEMA 방법의 측정을 위하여 전용 NEMA 팬텀이 있으며, 각 방법에 따라 각각의 팬텀을 이용하는 것은 스캔조건 이외의 선원 등에 대한 조건을 표준화 하기 위한 것이다. 실제 스캐너들의 성능이나 기능에 따른 조건들이 다양해 질수록 NEMA의 방법도 더 다양해 질 것으로 예상된다.

성능평가를 위한 팬텀

1. NEMA 팬텀

산란팬텀은 폴리에틸렌으로 만들어졌으며, 길이 70 cm, 직경 20 cm의 크기로 중심에서 4.5 cm 떨어진 곳에 선선원을 넣을 수 있는 6.4 mm 크기의 구멍이 있다. 선선원 삽입물은 길이가 80 cm이며 내경이 3.2 mm, 외경 5 mm이다. 네 개의 떨어진 조각을 붙여서 하나의 몸통을 만들어 실험할 수 있다.

민감도 팬텀은 길이 70 cm의 선선원을 만들 수 있는 튜브

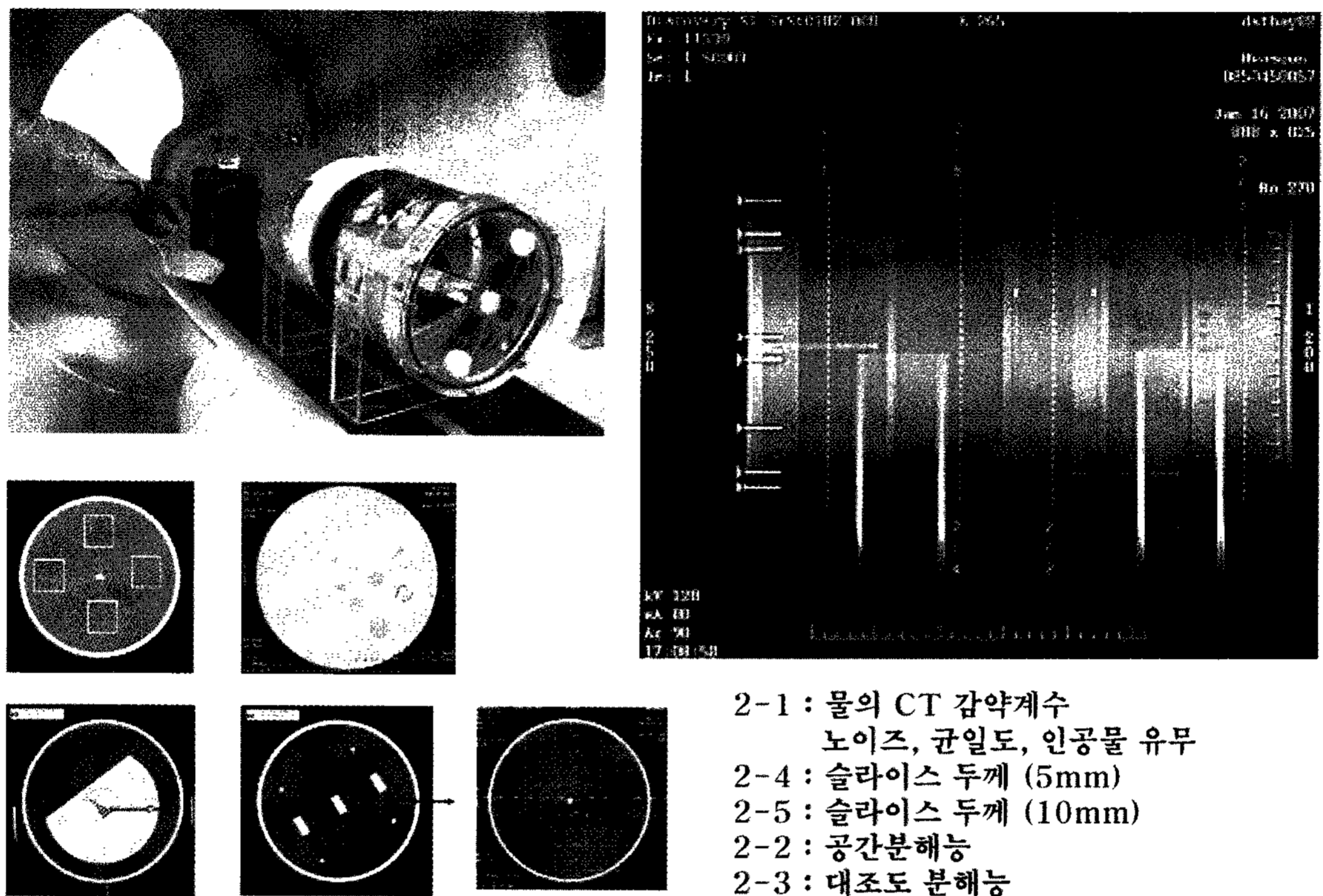
가 있으며, 1.25 mm의 알루미늄관 5개를 차례로 씌울 수 있도록 만들어져 있다. 관의 두께에 의한 감쇠를 계산하기 위한 팬텀이다.

영상질평가를 위한 팬텀은 내부에 6개의 원형구가 크기에 따라 있으며, 두 개의 cold와 네 개의 hot 부분에 대한 영상대조도를 배경잡음에 대비하여 계산하는 것으로 영상의 품질을 배경잡음대비 4배 혹은 8배에 대해 평가하는데 사용된다.(Fig. 1)

2. CT 정도관리를 위한 팬텀

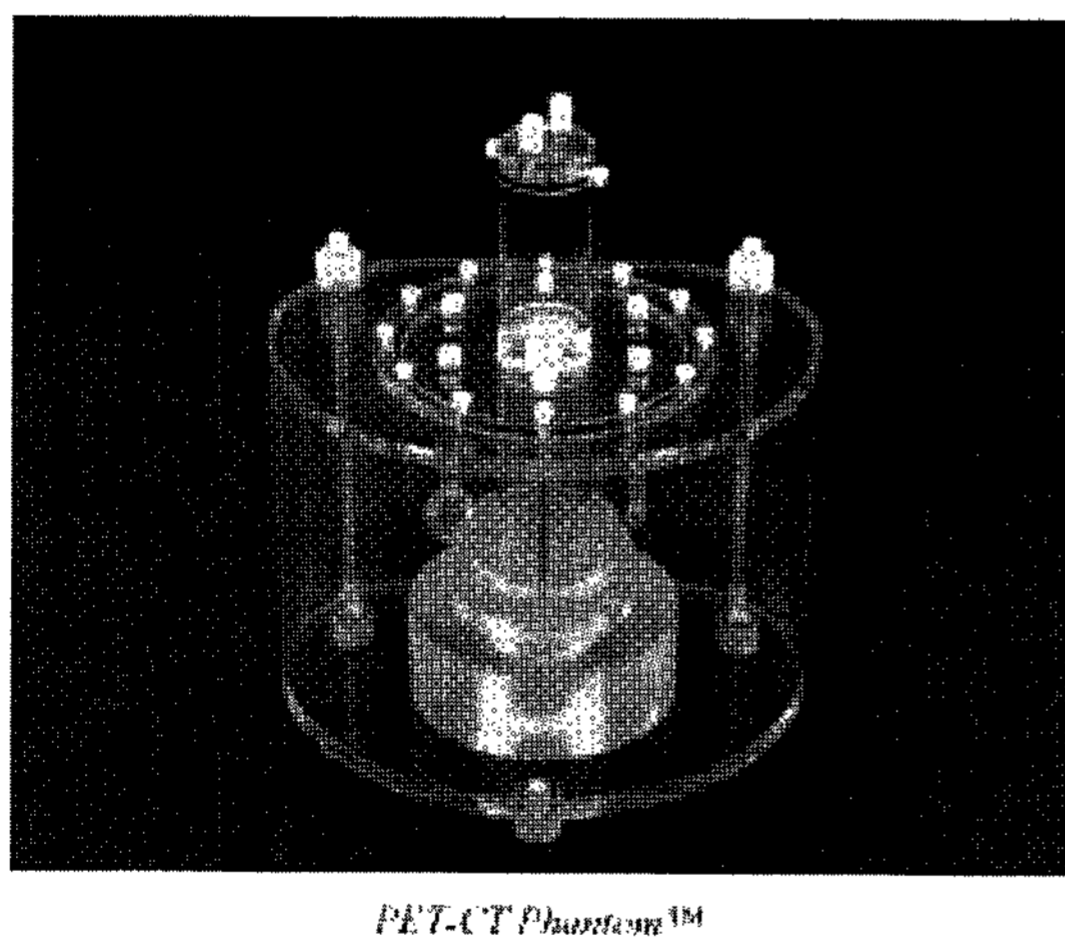
양질의 CT 장치의 정도관리는 미국의학 물리학자 협회(AAPM)에서 고안되고 Victoreen사에서 제작된 CT성능 평가용 팬텀을 이용하여 정도관리를 수행하고 있다. 팬텀의 모양은 직경이 21.6 cm인 아크릴재질의 원통형이며, CT number calibration 블록, 슬라이스 두께측정, 공간 분해능 측정용 블록, 대조도 분해능 측정블럭, 그리고 노이즈 측정 등으로 구성되어 있다.(Fig. 2)

직선성 측정부분은 직경이 2.0 cm 이며 원형인 폴리에틸렌,



- 2-1 : 물의 CT 감약계수
노이즈, 균일도, 인공물 유무
- 2-4 : 슬라이스 두께 (5mm)
- 2-5 : 슬라이스 두께 (10mm)
- 2-2 : 공간분해능
- 2-3 : 대조도 분해능

Figure 2. Dedicated AAPM phantom for the evaluation of CT.



- Specifications:**
- Main Cylinder:**
Interior length of phantom: 18.0 cm
Fillable spheres (5) inner diameter: 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, and 28 mm
Distance from sphere plane to inside wall: 7.0 cm
Volume of empty cylinder: ~9.7 liters
 - Main Cylindrical insert dimension:**
Outside diameter: 5.1 cm
Length: 18.0 cm
 - Top Cylinder:**
Cylinder outside diameter: ~5.1 cm
Cylinder inside diameter: ~4. cm
Cylinder inside height: ~8.2 cm
Cylinder outside height: ~12.0 cm
Volume of empty cylinder: ~408 mL
 - Three Aluminum Tubes:**
One 5 inch long: ~1.7 mL
Two 7 inch (ea): ~2.5 mL
 - Stepped Bone Ring**
Pre-filled with liquid bone composition, not to be opened
The volumes for the bone ring are:
Outer volume: ~256 mL
Inner volume: ~110 mL

Figure 3. Commercialized phantom for the measurement of performance of PET-CT.

폴리스티렌, 나일론, 렉산, 아크릴 성분의 핀 5개가 장착되어 있고, 주위는 증류수로 채워져 있다. 각 핀의 밀도는 0.95 g/cm³, 1.05 g/cm³, 1.10 g/cm³, 1.20 g/cm³, 1.19 g/cm³ 이다. 대조도분해능 측정용 블록에는 직경이 1인치, 3/4인치, 1/2인치, 1/4인치, 1/8인치의 6단계로 구분 제작되어 있는 2.25인치 깊이의 구멍들이 있으며 이 구멍에 2% 이내의 감약계수 차이를 갖는 물질을 삽입하여 대조도 분해능을 측정한다.

3. CT 정도관리의 측정

X선의 관전압과 관전류를 기준치에 대한 측정오차는 진단용 방사선 발생장치의 검사기준 제4조 1항과 관련하여 관전압의 백분율 오차 10%이내, 관전류는 백분율평균오차 20%이내로 측정하는데, PET/CT에 장착되어있는 CT의 경우 조영증강등 진단적목적의 운용보다는 감쇠보정 등의 보조적 목적으로 사용되는 경우가 대부분이므로 일반 CT와 동일한 정도관

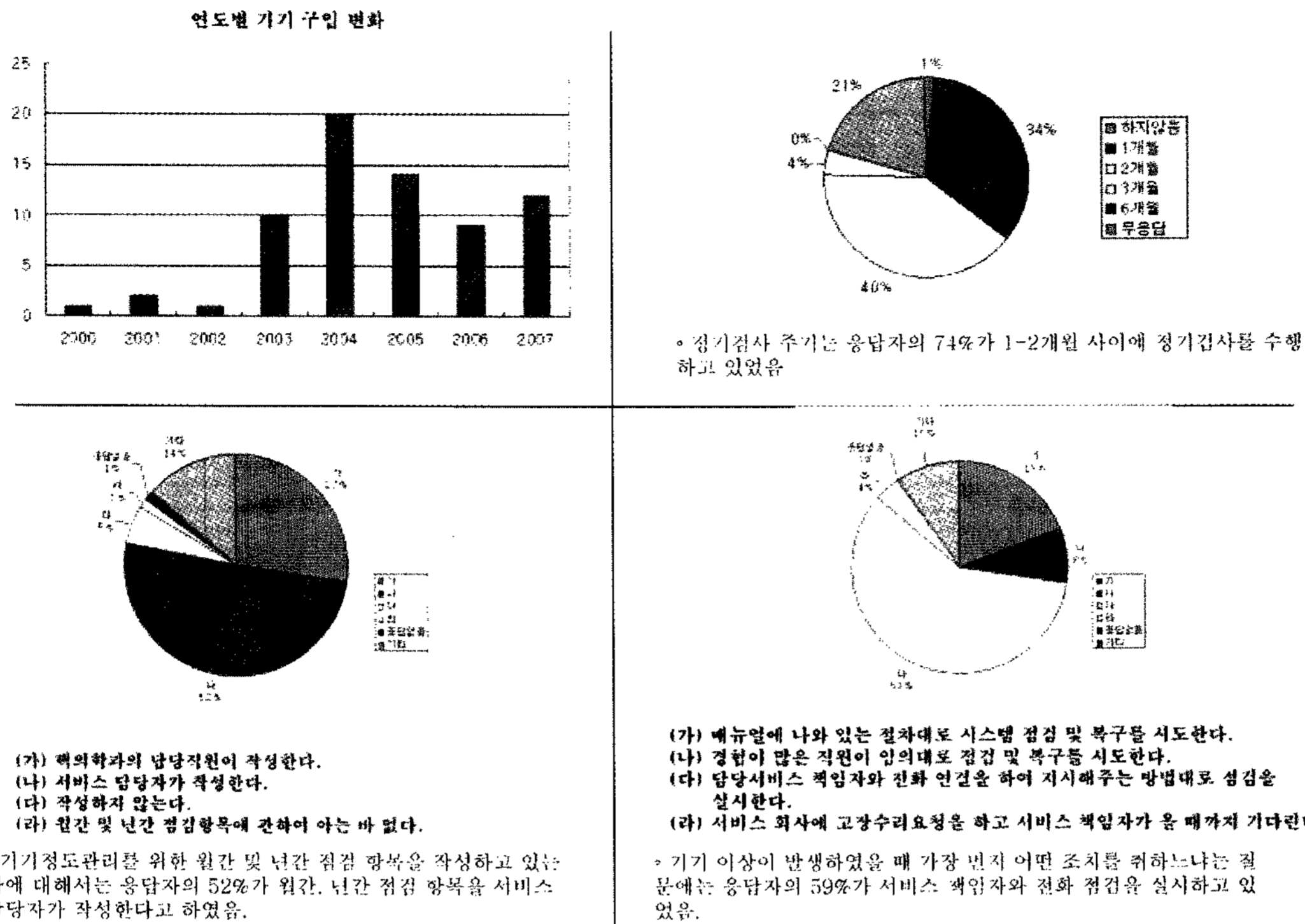


Figure 4. Results of domestic imaging system of nuclear medicine for quality assurance - I.

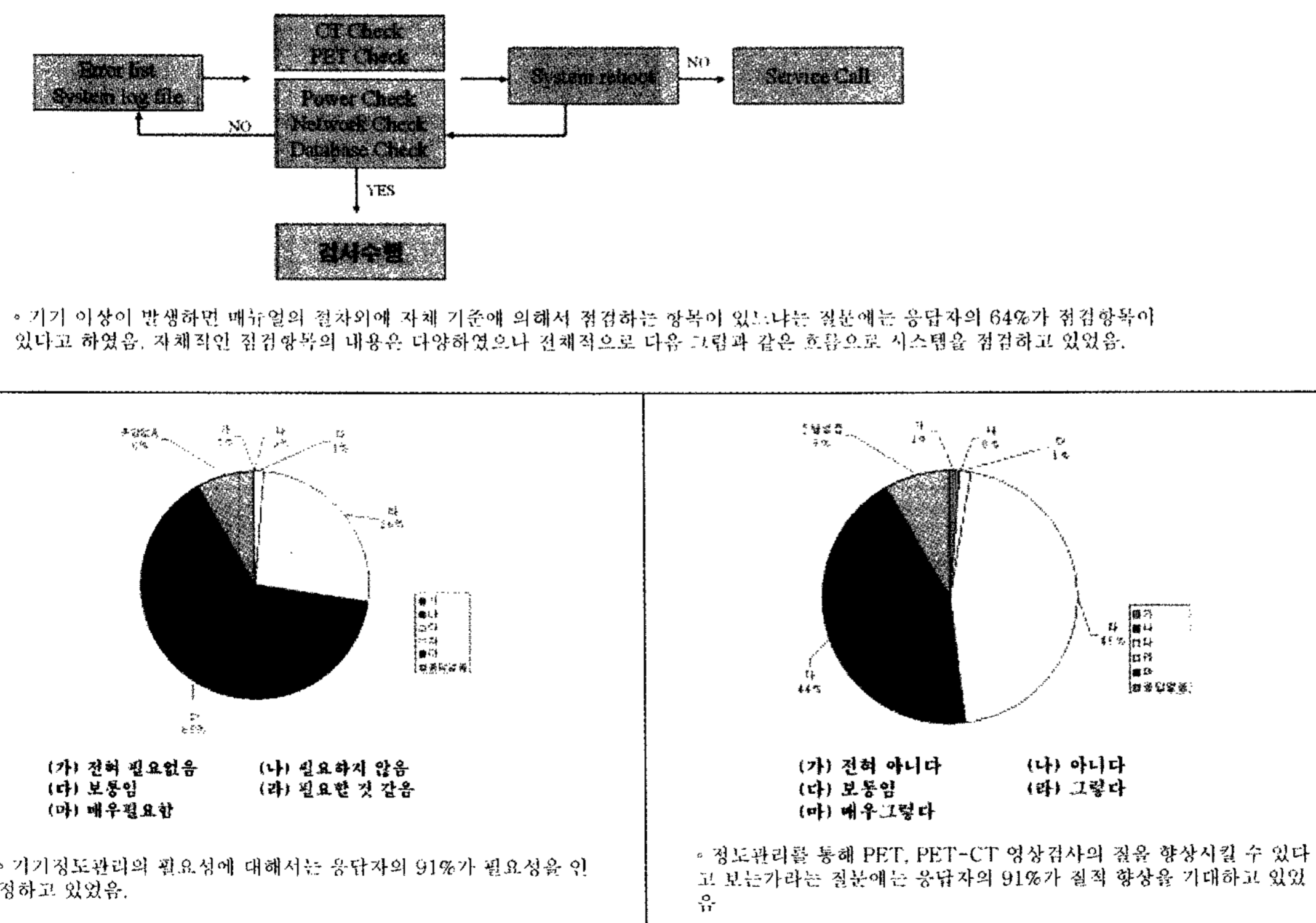


Figure 5. Results of domestic imaging system of nuclear medicine for quality assurance - II.

리항목을 정해야 할지에 대해서는 의문의 여지가 있다. 따라서, 일반적으로 PET/CT에서는 CT 정도관리 확인항목이 자동으로 점검되도록 운영되는 경우가 많다. 현재 국내에서 수행되는 정기검사에는 워크스테이션에서 제공하고 있는 점검 결과 항목확인을 하고 있다.

4. 새로운 팬텀을 이용한 정도관리 방향

방사선발생장치의 정도관리에서는 규격화된 팬텀을 이용하여 짧은 시간에 여러 가지 검사를 동시에 수행 가능하도록 연구 개발되어 왔다. 하지만 PET의 기기 특성상 여러 가지들 동시에 수행하면서 짧은 시간 내에 결과를 만들기는 어려운 실정이다. 최근 상용화 되어 나오는 PET/CT용 팬텀은 CT부분, PET영상질 평가부분, 영상정합부분 등 많은 항목을 동시에 측정하도록 시도하고 있으며, 원활한 평가가 이루어 질 경우 정도관리의 정기적 검사에 사용 가능할 것으로 생각된다. 팬텀은 FOV(Field of view)에 적합한 길이인 18cm으로 다섯 개의 다른 크기의 원형구가 있고, 약 10L의 용량이다. 또한 알루미늄관과 실린더형 삽입물이 내장되어 있다.(Fig. 3)

PET/CT 팬텀과 같은 형식의 새로운 팬텀을 이용한 정도관리 측정도구가 새로운 정도관리 방향을 제시할 수 있다. NEMA에서 제안한 방법으로는 여러 개의 팬텀이 요구되는데, 이는 사용자 입장에서도 모두 준비해 나가기 쉽지는 않은 일이다. 이렇게 팬텀을 이용한 정도관리 연구는 국내연구자들이 국내환경에 맞는 정도관리의 개발을 위하여 관심을 가지고 표준적 방법을 제안할 필요가 있다.

국내 PET-CT 정도관리 현황

2008년 현재 PET/CT 보급이 100대를 넘어서고 있으며, 최근 2007년 기준으로 조사한 70여대의 PET 및 PET/CT에 대한 현황에서 보면 5년 동안 급격하게 PET/CT가 보급이 된 것을 알 수 있다.¹¹⁾

정기검사는 각 병원에서 지속적으로 수행하고 있었는데 1-2개월 사이에 정기적인 검사를 수행하고 있으며, 결과에 대한 기록은 과반수가 서비스 담당자가 기록하고 있었다. 기기 이상이 발생하면 자체적으로 진단하는 항목을 가지고 있었으나 대부분 기기회사 서비스담당자와 전화를 통하여 점검을 실시하고 있는 실정이었다.(Fig. 4, Fig. 5)

핵의학 영상기기의 정도관리에 대한 필요성에 대해서는 대부분 인정하고 있으며, 정도관리를 통해 검사 질 향상을 기대하고 있었다. 국내에서는 기기회사의 서비스의 협조로 정도관리가 잘 수행되고 있으므로, 안정적인 관리 체계를 구축하는 것이 중요한 일일 것이다. 미국의 경우는 관리체계를 잘 운영

해왔으며 인증 프로그램을 통해 효율적인 기준을 세우고 있다. 국내에서는 정도관리를 위한 정도관리 위원회가 핵의학회 정도관리 이사의 주관으로 운영되고 있으며, 학회 및 국가 연구과제로 정도관리의 표준화가 추진 중에 있다. 하지만 선진국의 체계처럼 인증 프로그램까지의 운영을 위해서는 많은 노력이 필요할 것이다.

미국의 PET/CT 정도관리 인증 프로그램

PET/CT정도관리를 통한 성능평가가 잘 이루어지면 정도관리에 대한 인증단계가 이루어지게 된다. 핵의학 PET영상장비의 품질 관리체계 중 가장 활발하면서도 기준이 잘 세워져 있는 것이 바로 미국의 ACR (American College of Radiology) 핵의학 및 PET 인증 프로그램 및 ICANL (Inter-societal Commission for the Accreditation of Nuclear Laboratories) 인증 프로그램이므로 두 인증 프로그램에 관해 알아보기로 한다.

1. ACR 인증 프로그램

미국 방사선학회 인증 프로그램은 영상의 품질관리를 위해 운영하고 있는 8가지 인증 프로그램들(Mammography, Radiation Oncology, Breast Ultrasound, CT, MRI, 핵의학 및 PET, Stereotactic Breast Biopsy 및 Ultrasound)중의 하나로, 1999년에 핵의학 인증 프로그램이 운영되기 시작하다가 2002년에 PET 모듈이 개발되어 핵의학 및 PET 인증 프로그램으로 운영되어오고 있다.²⁸⁾

ACR 인증의 신청은 우편이나 인터넷으로 가능하며, 신청하게 되면 개별 검사기관은 검사장비에 대한 정보 및 검사프로토콜, 검사기관의 인적사항 등에 관한 자료를 ACR에 제출하게 되고 인증비용을 납부한 후, ACR로부터 검사패키지를 받게 된다. 검사패키지 내에는 환자 및 팬텀 영상에 대한 설명, 품질관리 질문서, 영상프로토콜 제출에 관한 설명 등이 포함되어 있으며, 각 카메라의 모듈별로 환자 및 ACR-팬텀 영상, 영상프로토콜, 그리고 품질관리질문서 등을 제출해야 한다. 핵의학 카메라에 대한 인증은 평면영상, 단층촬영 영상, 심장 영상 및 PET 영상 등 4가지 모듈에 대한 인증을 받으며, 또한 검사를 수행하거나 감독하는 인력에 대한 서류 및 ACR 표준이 의학물리학자의 근무를 요구하므로, 이의 근무를 입증하는 서류도 제출해야 한다. 제출되는 서류에는 매일, 매주, 매달 및 매년 시행되어야 하는 각종 자체 정도관리 검사가 제대로 수행되었는지를 입증하는 서류도 포함되어야 한다.

ACR에 제출된 서류 및 자료들은 공인된 방사선과의사 및 의학물리학자로 구성된 검사팀에 의하여 검토되며, 각종 검사

기준은 ACR표준을 따른다. ACR의 검토가 끝나면, ACR의 요건을 통과한 검사기관은 3년간 유효한 인증서를 받고, 불합격된 기관은 결격항목에 대한 보고서를 받은 후 재응시를 할 수 있다. 또한 인증결과에 대해서 이의를 제기할 수 있다.

2. ICANL (Intersocietal Commission for the Accreditation of Nuclear Laboratories) 인증 프로그램

ICANL인증 프로그램은 1997년 미국 심장핵의학회 및 핵의학회, 그리고 PET분야의 전문가들에 의하여 개발되기 시작하여, 2000년부터 운영되기 시작하였다.²⁹⁾ ICANL은 미국 의학영상 인증위원회 (IAC: Intersocietal Accreditation Commission)의 5가지 산하 인증위원회들(ICAVL, ICAEL, ICANL, ICAMRI 및 ICACTL) 중 하나로 현재 미국 방사선 학회에서 운영하는 핵의학 및 PET 인증 프로그램과 함께 핵의학 영상 인증의 양대산맥인 ICANL 인증 프로그램을 운영하고 있다.

ICANL 인증의 기준이 되는 ICANL 표준은 영상검사 기관의 장비 및 인력 기준, 핵의학 검사 프로토콜, 그리고 품질검사 기준 등 세 부분으로 구성되어 있다.³⁰⁾

ICANL 인증을 신청한 기관은 ICANL이 요구하는 서류 및 시행하는 핵의학 영상 분야마다 2개의 환자영상을 디지털 화일로 제출해야 하며, ACR 인증과는 달리 팬텀영상은 제출하지 않는다. ICANL에 제출된 자료는 ICANL에서 인정하는 의사 및 의료 기사 들에 의해 ICANL표준을 충족하는지 검토된다. 인증에 대한 최종 결정은 검토 자료를 바탕으로 ICANL 인증위원회에서 이루어지며, 인증을 통과한 기관은 3년간 유효한 인증서를 받는다. 부분적인 품질개선을 조건으로 1년간 유효한 임시인증서를 발부 받을 수도 있으며, 불합격된 기관은 재 응시를 할 수 있고 인증결과에 대해서 이의를 제기할 수 있다.

결 론

방사선 발생장치를 사용하는 CT와는 달리 PET은 인체내부로부터 방출되는 감마선을 외부에서 검출하는 것이므로 다른 의료장비와는 달리 전문적인 검사항목이 필요하며 효율적인 검사방법에 대한 연구가 필요하다. PET-CT는 두 가지 영상기기가 결합된 새로운 의료영상기기이며, 두 가지 기기가 제공하는 영상 및 기능에 대한 성능을 평가하기 보다는 각각의 영상기기에 대한 특성을 파악하는 정도의 정기검사가 각 병원별로 수행중에 있다. 기기회사별로 검사방법이나 검사항목이 조금씩 다르지만 기본적인 점검항목은 비슷하다. 따라서 공통적인 항목 및 기본점검항목을 정리하여 표준화된 정기검

사를 수행하게 되면 정도관리의 체계화가 신속히 이루어 질 것으로 생각된다. 정도관리의 체계성을 확립하기 위하여 단순히 복잡한 NEMA 방법의 활용을 통한 정도관리를 시행하는 것만이 최선의 길이 아닐 것이다. 매일검사 및 매월검사, 그리고 매년 검사항목의 적절한 검토가 요구된다. PET/CT를 위한 정도관리 항목은 PET/CT의 융합적 특성이 반영이 되면 좋겠지만 아직까지 PET위주의 검사가 진행 중 이다. 또한 NEMA 항목은 PET 위주의 점검이기도 하다. 그리고 NEMA 항목을 통한 표준화는 대부분의 기기회사에서 환영하는 방법은 아닐 것이다. 정도관리의 수행을 위해서는 시간과 노력이 많이 따르며, 실제 병원에서 검사시간을 많이 줄여야 하므로 병원측의 동의도 구하기 힘들 수 있다. 따라서 객관적인 확인을 위한 초기 설치시에는 적절한 평가가 될 수 있으나, 임상에서는 국내현실 및 환경에 맞는 정도관리의 기준이 필요할 것으로 보인다. 이 원고에서는 핵의학 영상기기인 PET/CT에서 성능평가에 대한 부분과 정도관리를 위한 부분에 대해 살펴보았다. 정도관리의 체계성과 효율적 기기성능평가 방법의 개발을 통한 새로운 정도관리 방법 제안에 대한 연구 및 관심이 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 원고에 사용된 내용 중 일부는 식약청 용역연구과제인 핵의학 영상기기 정도관리 연구결과이다. 과제를 수행 중에 있는 정도관리이사 및 정도관리 위원회에게 감사드린다. 그리고 바쁜 일정 가운데 원고를 검토 수정해주신 황경훈 선생님께도 특별한 감사를 드린다.

References

1. International Electrotechnical Commission. International standard (IEC 61675-1). Radionuclide imaging devices characteristics and test conditions. Part 1: Positron emission tomographs. International Electrotechnical Commission. 1998.
2. American College of Radiology. ACR technical standard for medical nuclear physics performance monitoring of PET imaging equipment. ACR technical standard(PET equipment):847-9, 2001.
3. AAPM publication. AAPM report no.39. Specification and acceptance testing of computed tomography scanners. 1993.
4. American College of Radiology. ACR technical standard for medical nuclear physics performance monitoring of computed tomography (CT) equipment. ACR technical standard(PET equipment):831-33, 2002.
5. International Electrotechnical Commission. International standard (IEC 1223-2-6). Evaluation and routine testing in medical imaging department - Part 2-6: Constancy test - X-ray equipment for computed tomography International Electrotechnical Commission. 1994.
6. International Electrotechnical Commission. International standard (IEC 1223-3-5). Evaluation and routine testing in medical imaging department - Part 3-5: Acceptance tests - Imaging performance of

- computed tomography X-ray equipment International Electrotechnical Commission. 2004.
7. International Electrotechnical Commission. International standard (IEC 1223-3-5). Evaluation and routine testing in medical imaging department - Part 3-6: Acceptance tests - Imaging performance of computed tomography X-ray equipment International Electrotechnical Commission. 2004.
 8. National Electrical Manufacturers Association. NEMA Standard Publication NU 2-1994. Performance measurements of positron emission tomographs. National Electrical Manufacturers Association, 1994.
 9. National Electrical Manufacturers Association. NEMA Standard Publication NU 2-2001. Performance measurements of positron emission tomographs. National Electrical Manufacturers Association, 2001.
 10. Choi Y, Chung J-K, Report of research service project (Development of standard of evaluation of PET). 식품의약품안정청. 2003.
 11. Choi JG, Choi CW, Lee BI, Report of research service project (Research for actual conditions of quality assurance of imaging system in nuclear medicine). 식품의약품안정청. 2007.
 12. Karp J.S., Daube-Witherspoon M.E., Hoffman E.J. et al, Performance standards in positron emission tomography. *J Nucl Med* 1991;32: 2342-50.
 13. Daube-Witherspoon M.E., Karp J.S, Casey M.E., et al. PET performance measurements using the NEMA NU 2-2001 standard. *J Nucl Med* 2002;43:1398-409.
 14. Spinks T, Jones T, Heather J, et al. Quality control procedures in positron tomography. *Eur J Nucl Med* 1989;15:736-40.
 15. Buchert R, Bohuslavizki KH, Mester J, et al. Quality assurance in PET: Evaluation of the clinical relevance of detector defects, *J Nucl Med* 1999;10:1657-65.
 16. Mawlawi O., Podoloff D.A., Kohlmyer S., et al. Performance characteristics of a newly developed PET/CT scanner using NEMA standards in 2D and 3D modes. *J Nucl Med* 2004;45:1734-42.
 17. Siemens Medical Solutions. Operator's guide biograph 6 Hi-Rez, Hofmann Estates. Siemens Medical Solutions., 2004.
 18. Siemens Medical Solutions. Installation manual biograph 6 Hi-Rez, Hofmann Estates. Siemens Medical Solutions., 2004.
 19. GE Medical Systems. Technical publication: Advance™ PET imaging system description and specification. Milwaukee, GE Medical Systems, 1994.
 20. GE Medical Systems. Technical publication: Discovery LS PET CT combined PET and CT scanner operator's guide. Milwaukee, GE Medical Systems, 1994.
 21. GE Medical Systems. DST PET-CT NEMA Test procedures. Applicable to Discovery ST. Milwaukee, GE Medical Systems, 2005.
 22. Philips Medical System. Gemini GXL performance test technical manual, Cleveland, Philips Medical Systems, 2005.
 23. Philips Medical System. Gemini calibration technical manual for dual, 16 power, and GSL, Cleveland, Philips Medical Systems, 2006.
 24. Kim JS, Lee JS, Lee DS, Chung J-K, Lee MC. Performance evaluation of Siemens CTI ECAT EXACT 47 scanner using NEMA NU2-2001. *Korean J Nucl Med* 2004;38:259-67.
 25. Lee JR, Choi Y, Choe YS, Lee KH, Kim SE, Shin SA, Kim BT. Performance measurements of positron emission tomography: An Investigation using general electric advance™. *Korean J Nucl Med* 1996;30:548-59.
 26. Jeong HK, Kim HJ, Son HK, Bong JK, Jung HA, Jeon TJ, Kim JS, Lee JD, Yoo HS. Standard performance measurements of GE advance positron emission tomography. *Korean J Nucl Med* 2001;35: 100-12.
 27. Kim JS, Lee JS, Lee BI, Lee DS, Chung J-K, Lee MC. Performance characteristics of 3D GSO PET/CT scanner(Philips GEMINI PET/CT). *Korean J Nucl Med* 2004;38:318-24.
 28. MacFarlane CR. ACR Accreditation of Nuclear Medicine and PET Imaging Departments. *J Nucl Med Technol* 2006;34:18-24.
 29. Wackers FJ 3rd. Intersocietal commission for the accreditation of nuclear medicine laboratories. Blueprint of the accreditation program of the intersocietal commission for the accreditation of nuclear medicine laboratories. *J Nucl Cardiol* 1999;6:372-4.
 30. Katanick SL. Fundamentals of ICANL Accreditation. *J Nucl Med Technol* 2005;33:19-23.