

PET 이용 현황 및 전망

서울의대 핵의학과

이명철

Current Status and Future Perspective of PET

Myung Chul Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine

Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Abstract

Positron Emission Tomography (PET) is a nuclear medicine imaging modality that consists of systemic administration to a subject of a radiopharmaceutical labeled with a positron-emitting radionuclide. Following administration, its distribution in the organ or structure under study can be assessed as a function of time and space by (1) detecting the annihilation radiation resulting from the interaction of the positrons with matter, and (2) reconstructing the distribution of the radioactivity from a series of that used in computed tomography (CT). The nuclides most generally exhibit chemical properties that render them particularly desirable in physiological studies. The radionuclides most widely used in PET are F-18, C-11, O-15 and N-13. Regarding to the number of the current PET Centers worldwide (based on ICP data), more than 300 PET Centers were in operation in 2000. The use of PET technology grew rapidly compared to that in 1992 and 1996, particularly in the USA, which demonstrates a three-fold rise in PET installations. In 2001, 194 PET Centers were operating in the USA.

In 1994, two clinical and research-oriented PET Centers at Seoul National University Hospital and Samsung Medical Center, was established as the first dedicated PET and Cyclotron machines in Korea, followed by two more PET facilities at the Korea Cancer Center Hospital, Ajou Medical Center, Yonsei University Medical Center, National Cancer Center and established their PET Center. Catholic Medical School and Pusan National University Hospital have finalized a plan to install PET machine in 2002, which results in total of nine PET Centers in Korea.

Considering annual trends of PET application in four major PET centers in Korea in Asan Medical Center recent six years (from 1995 to 2000), a total of 11,564 patients have been studied every year and the number of PET studies has shown steep growth year upon year. We had 1,020 PET patients in 1995. This number increased to 1,196, 1,756, 2,379, 3,015 and 4,414 in 1996, 1997, 1998, 1999 and 2000, respectively. The application in cardiac disorders is minimal, and among various neuropsychiatric diseases, patients with epilepsy or dementia can benefit from PET studies. Recently, we investigated brain mapping and neuroreceptor works. PET is not a key application for evaluation of the cardiac patients in Korea because of the relatively low incidence of cardiac disease and less costly procedures such as SPECT can now be performed.

Received Feb. 1, 2002; accepted Feb. 1, 2002

Corresponding author: Myung Chul Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Seoul National University,

College of Medicine, 28 Yongon-Dong, Chongno-ku,

Seoul 110-744, Korea

Tel: 02-760-3386, Fax: 02-745-7690

E-mail: mcllee@plaza.snu.ac.kr

The changes in the application of PET studies indicate that, initially, brain PET occupied almost 60% in 1995, followed by a gradual decrease in brain application. However, overall PET use in the diagnosis and management of patients with cancer was up to 63% in 2000.

The current medicare coverage policy in the USA is very important because reimbursement policy is critical for the promotion of PET. In May 1995, the Health Care Financing Administration (HCFA) began covering the PET perfusion study using Rubidium-82, evaluation of a solitary pulmonary nodule and pathologically proven non-small cell lung cancer. As of July 1999, Medicare's coverage policy expanded to include additional indications: evaluation of recurrent colorectal cancer with a rising CEA level, staging of lymphoma and detection of recurrent or metastatic melanoma. In December of 2001, National Coverage decided to expand Medicare reimbursement for broad use in 6 cancers: lung, colorectal, lymphoma, melanoma, head and neck, and esophageal cancers; for determining revascularization in heart diseases; and for identifying epilepsy patients. In addition, PET coverage is expected to further expand to diseases affecting women, such as breast, ovarian, uterine and vaginal cancers as well as diseases like prostate cancer and Alzheimer's disease. (*Korean J Nucl Med* 2002;36:1-7)

key words : radiopharmaceuticals, metabolic imaging, reimbursement, PET

서 론

PET란 Positron Emission Tomography의 약칭이며 양전자(positron)를 방출하는 방사성동위원소(양전자방출핵종)에 표지된 대사물 혹은 약제를 투여 하여 그 체내분포를 PET 스캐너를 사용하여 영상화 하는 새로운 기능적 혹은 생리적인 영상기법이다. 전산화단층촬영(CT) 및 핵자기공명영상법(MRI)등은 해상력이 우수한 영상기법이나 아직 해부학적인 병변을 주로 진단하는데 널리 이용되고 있다. 이에 반해 PET는 질병 과정에 대한 독특하고도 중요한

기능적인 정보를 제공할 수 있으며 환자의 임상평 가 과정에서 해부학적인 병변이 없는 시기나 질환에서 질병의 병인 연구, 진단, 예후판정, 그리고 치료방침 설정에 유용하게 이용될 수 있다.¹⁻³⁾

한국 및 세계 PET센터 설치 현황

현재 우리 나라에서는 1994년 서울대학교병원과 삼성의료원에 처음 센터가 운영되기 시작한 후 관심이 증대되고 임상적인 가치가 인정되어 원자력병원(2대), 아주대학교병원, 연세대학교병원, 서울중앙병원, 국립암센터 등 7개 병원에서 진료에 사용하고

표 1. 한국내 PET 관련장비

병 원	PET 카메라	싸이크로트론
서울대학교병원	Siemens ECAT-EXACT	Ebcu(Canada)TR13
삼성의료원	GE Advance	PET Tracer
원자력병원	GE Advance Siemens ECAT-EXACT HR+	Scanditronix 50MeV IBA 30MeV
아주대학교병원	Elscint CoDe PET	-
연세의료원	GE Advance	-
국립암센터	GE Advance	-
서울아산병원	Siemens ECAT-EXACT HR+	IBA 18MeV
강남e병원	ADAC C-PET Plus	

표 2. 전세계 PET 센터 현황 (ICP)

국 가	1992	1996	2000	2001
미 국	60	82	176	194
일 본	23	24	35	40
독 일	15	16	22	25
벨지움	6	6	8	
영 국	8	8	8	
오스트레일리아	2	2	10	
한 국	0	2	5	8
기 타	36	35	37	
합 계	150	175	287	

있고 금년에는 부산대학교병원 등 여러 종합병원에서 PET센터 설치할 계획을 세우고 있다.⁴⁾

특히 최근에는 국내 최초로 개인 종합병원인 강남e병원에서 PET 카메라를 설치하여 이미 진료에 이용되고 있다. 그리고 한국수력원자력발전주식회사 산하의 방사선보건연구원에도 곧 PET기기를 설치 계획이 확정 되어 각종 질환의 조기 발견에 도움을 주려는 노력을 하고 있다.

한국에 설치되어 있는 PET 관련 장비는 표1에 정리하였다. 대개 Siemens카메라와 GE 카메라가 반반 설치되어 있고 한 대의 ADAC PET 카메라도 도입되었다. Cyclotron도 여러 가지 종류의 기기가 설치 운영중이다. 아직은 예산상의 어려움으로 PET센터나 cyclotron이 모두 서울에 국한되어 있어 지방에는 이용에 한계가 있어 하루 빨리 정부의 지원 혹은 기업체의 지원으로 이 문제가 해결되어야 할 것이다.

전세계 PET센터 설치 현황을 보면(표2) 1992년에는 150개소, 1996년 말에 약 175개 PET센터 인 것이 2000년에는 약 300개의 기관에 1-2대의 PET 카메라가 설치되었고, 2001년 현재기준으로 최근 5년간 거의 2-3배의 PET기기가 운영중이며 통계보고에 의하면 앞으로도 5년 내 3배로 증가할 전망이다. 미국의 예를 들어보면 1992년에 60 PET센터, 1996년에 82 PET센터이든 것이 2000년에는 176개소로 늘어났고, 2001년 현재 총 194개 병원에서 이용되고 있다. 이 외에도 독일에 25개소 일본에 40개 병원에서 설치, 운영되고 있다.

한국과 일본 그리고 미국에서의 현재 PET 센터 수 및 이용 건수를 비교하여 보면 한국에서 8개소에서 매년 약 4400건의 PET 영상을 얻는 반면 일본에서는 40개소에서 매년 15000건, 미국에서는 194개소에서 200000건의 검사를 시행하고 있다. 이를 쉽게 비교하기 위하여 인구 100만명당 수 및 건수로 환산하면 한국, 일본 및 미국에서의 PET센터 수는 각각 0.17, 0.3 및 0.7이며 PET건수는 각각 94, 119 및 727건으로 아직 큰 차이를 보인다.

특별히 가까운 일본에서의 PET이용 현황을 간략히 소개하고자 한다. 1997년만 하여도 24 PET센터 이던 것이 현재는 40개소에서 운영중이며 건수로는 1992년에 총 5900건, 1997년에는 11470건으로 거의 2배가되었다. 일본에서 가장 흔하게 이용되는 PET방사성의약품은 역시 F-18-FDG로 거의 51%를 차지하며 그 다음이 ammonia⁵⁾이고 그 외에도 O-15-CO, O-15-water, O-15-O₂, O-15-CO₂이다. FDG 사용량을 보아도 1992년에 비하여 1997년에는 약3.2배의 증가추세를 볼 수 있다.

한국 내 PET 임상이용 현황

표3에서 우리 나라 주요 4개 기관에서의 최근 6년간 PET 이용 연도별 현황을 볼 수 있다. 총 11,564건의 PET 검사가 여러 가지 질환에서 시행되었다. 그리하여 연간 약 4000건의 PET가 이용되었고 특히 최근에 매년 급증하고 있음을 알 수 있다.

PET는 여러 질환에서 이용되는데 초기에는 이용 분야가 뇌신경 분야가 주이던 것이 시간이 흐름에

표 3. 국내 PET 이용 건수

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	합 계
서울대병원	446	457	719	894	1,020	1,039	4,575
삼성의료원	574	739	730	522	679	826	2,757
원자력병원	-	-	307	963	1,316	1,457	4,043
연세의료원	-	-	-	-	-	1,092	1,092
합 계	1,020	1,196	1,756	2,379	3,015	4,414	11,564

따라 종양질환 진단 및 평가를 위한 상대적, 절대적 활용 건수가 늘어나고 있다.(Fig.1)

즉 1995년에는 뇌신경 분야가 약 60% 차지하던 것이 종양 질환의 진단 및 관리를 위하여 총 건수의 약 63%를 차지하게 되었다. 그러나 다른 나라와는 달리 아직 한국에서는 PET 심장 질환에서는 이용도가 매우 미미한데 이는 한국내 심장질환 유병률이 낮거나 더 수가가 싼 검사법, 예를 들어 SPECT 등과 같은 방법들이 활용되고 있기 때문이다.

서울대학교병원에서의 PET이용을 질환별 중심으로 분석하여 보면 종양에서는 폐, 갑상선, 난소, 대장, 유방 및 뇌종양순으로 이용되고 있다. 뇌신경 분야에서는 주로 간질 병소 국소화에 거의 46%나 차지하고 있고 그 다음이 치매 및 뇌종양 평가에 이용되고 있다. 특히 PET은 MRI에서 정상 소견을 보인 환자의 70%에서 정확히 간질 병소 부위를 진단할 수 있었다. 최근 저자들은 청각 장애가 있는 환자

에서 cochlear implant를 하기 전에 PET를 시행하면 수술후의 예후를 미리 알 수 있음이 확인되어 이 유용성이 최초로 보고되어 이 논문이 2001년 1월호 Nature지에 게재되어 PET의 학문적인 위력을 실감케 하였다.

최근 우리나라에서의 핵의학 관련 학문 연구가 활발하여지고 있는데 특히 핵의학학술활동의 가장 객관적이고도 정확한 지표로서 미국핵의학회에 발표되는 연제 수를 들 수 있다.⁵⁾ 우리나라 전국에서 매년 발표된 연제수는 1990년대 초기에는 겨우 1-5 편에 불과하던 것이 작년과 금년에는 총 85편과 87편으로 이는 총 연제수의 6.3%를 차지하며 이는 미국, 독일, 일본다음으로 세계4위 국가가 되었다. 그런데 이 중 서울대학교병원에서 발표된 연제 수를 연도 별로 보면 표5와 같다.

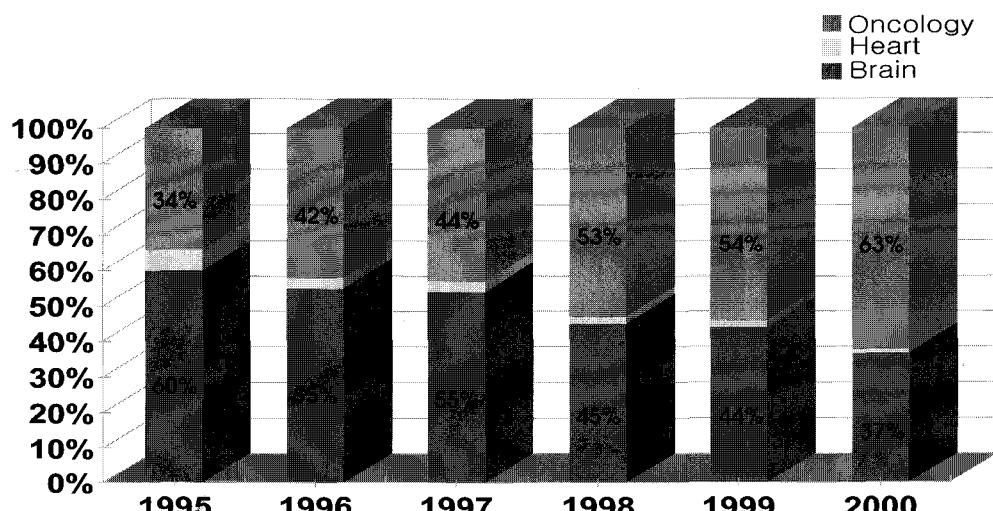


Fig 1. 분야별 PET 이용 분포

표 5. 미국핵의학회에서 발표된 서울대병원 논문 수 및 PET 관련 논문 수

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
발표 논문 수	7	13	19	26	25	28
PET 관련 논문 수	0	3	6	10	12	13
%	0	23	38	39	48	46

즉 1996년에 총 7편의 연제가 발표된 이후 매년 급증하여 1998년 19편, 2000년에 25 편이던 것이 금년에는 28편이나 되었다. 여기서 특기 할 만한 사실은 이 중 PET관련 논문 수를 비교하여 보면 PET가 학문 연구에 이바지하는 바가 얼마나 큰지를 분명하게 알 수 있다. 즉 거의 30%에서 50%의 연제가 PET관련 논문으로 이는 PET의 임상적 유용성과 의학 학문의 중요성을 반영한다고 생각된다.

미국에서의 의료보험인정 현황

이와 같이 고가의 의료 장비가 되는 한 PET수기가 활용화되기 위해서는 의료보험에서 인정되는 것이 중요하며 이를 위해서는 대규모의 의학적, 과학적인 연구 분석과 정책적 홍보가 필수적이다. 의료 보험 인정에 제일 까다로운 미국에서는 불과 5년 전인 1995년 5월 처음으로 HCFA(Health Care Financing Administration)에 의하여 Rb-82를 이용한 관류검사와 폐암에서 극히 제한된 경우 (단순폐결절 진단, 병리적으로 확진된 초기 암 감별 및 초기 진단)에만 보험 급여 인정이 되었다가 다른 암 질환에서 수많은 연구를 분석한 후 1999년7월에야 겨우 대상을 확대하여 극히 일부 경우 (CEA가 증가된 대장암 재발 평가, 임파종 초기 평가 및 흑색종 재발과 전이 진단)에 국한하여 인정하게 되었다. 그러나 최근 보고에서 많은 질환에서도 속속 증명됨으로서 결국 2000년 12월에는 폐암, 대장암, 임파종, 두경부암, 식도암, 흑색종의 모든 경우로 확대하기로 결정하였으며 인정 범위도 초기에 일부 경우에만 국한하던 것을 이들 암환자의 진단, 병기 결정 및 치료 경과후의 재병기결정시 등 모든 경우에 적용하기로 하였다. 이 외에도 심장혈관질환 평가와 간질환자 평가까지 인정 범위를 확대하였다. 이 밖에도 곧 여성암인 난소암, 유방암, 자궁암, 질암과 전립선암 및 치매에서도 곧 인정될 것으로 확실시

된다. 그 외에도 개인 의료보험회사에서는 심장 판류 검사나 간질 혹은 뇌종양환자등 다른 질환에도 보험 적용을 확대하고 있는 경향이다. 이와 같이 적극적이고도 긍정적인 의료 정책에 의하여 앞으로 PET는 임상응용과 연구의 중요한 첨단 기법으로 정착화 될 전망이다.⁶⁾

최근 미국에서는 많은 종류의 질환에서 PET를 시행한 후 기존의 질병 관리 특히 치료 방법이 바뀌게 됨을 확인되고 있다. 예를 들어 보고에 의하면 유방암환자의 60%에서 PET로 임상 치료 방법이 달라 졌다고 하여 진단뿐만 아니라 치료법 특히 그에 따른 비용효과분석에도 매우 긍정적임이 알려졌다. 아직 미국에서는 암환자에서 화학요법, 수술요법 그리고 방사선 치료후의 반응 평가나 예후 판단에서 PET가 인정되고 있지 않으나 유럽에서는 많은 의료 기관에서 이미 그 유용성과 의의가 확인되어 조만간 인정될 것으로 예측되고 있다.⁷⁾

독일에서의 종양분야에서의 PET 적용 분류

최근 독일에서는 독일핵의학회가 주관하여 FDG-PET의 각종 종양에 대한 10000개 이상의 PET 관련 논문을 분석하여 각종 종양에서 PET 적용유용성을 다음과 같이 분류하였다.⁸⁾ 그 분류기준을 보면 1a: established clinical use, 1b: clinical use probable, 2: useful in individual cases, 3: not yet accessible, 4: clinical use rare로 하였는바 여기서는 참고로 Grade 1a, 1b 및 2에 해당하는 경우만 열거하겠다.

갑상선암 : 방사성옥소섭취되는 병변의 재병기 결정(1a), 방사성옥소섭취되는 병변(1b)

식도암 : 임파선 및 원격전이 평가(1a)

췌장암 : 양성병변과 감별(1a), 재발 진단(1b)

대장암 : 치료효과 판정(1b), CEA증가등 재발의 심시 평가(1a)

유방암 : 양성병변과 감별(2), 임파선 전이 평가

(1b), 원격전이 평가(2)

난소암 : 재발 진단(2)

두경부암 및 원인불명암 : 이차암(2), 임파선 전이 평가(1a), 재발 진단(1a), 원인불명암(1a)

폐암 : 수술위험도가 있는 환자에서 폐병변 감별(1a), 수술위험도가 없는 환자에서 폐병변 감별(1b), 임파선 전이 평가(1a), 재발 진단(1a), 흉부외 전이 진단(1a), 치료 효과 판정(2)

악성임파종 : Hodgkin's 병; 병기 결정 및 치료 효과 판정(1b), High grade NHL; 병기결정(1b), 치료효과 판정(1a)

악성흑색종 : 임파선 및 전이 평가(1b), 재발 진단 및 경과 관찰(1a)

골격암 : 감별 및 수술계획(1b)

뇌종양 : 재발과 고사 감별(1a), 재발시 악성 유무 진단(1a), 조직검사 부위 결정시(1a), 악성도 분석(1b), 수술후 잔류 암병변 평가(1b), 뇌임파종과 toxoplasmosis와의 감별(1b)

이 외에도 독일을 중심으로 유럽 여러 나라에서는 PET를 이용하여 암환자에서 화학요법, 수술요법 그리고 방사선치료후 경과 관찰이나 치료 반응 평가시 유용성에 대한 활발한 연구가 진행되고 있는데 아직은 결론을 유도하기는 이르나 많은 연구자들이 이미 그 우수성이 인정된다고 학회에 보고되었다.

전망

PET카메라의 개발로 더 우수한 성능을 가지고 적은 인원으로 많은 환자를 처리할 수 있게 되었고 무엇보다도 매우 낮은 가격의 기기가 상품화되어 임상에 널리 이용되고 있다. 또한 사용하기에 더욱 편리하게 방사성핵종을 생산하는 전자동화 장치가 상용화되어 병원에서 쉽게 활용될 수 있어 웬만한 종합 병원에서도 낮은 예산으로 설치 운용할 수 있다. 초기에는 PET카메라와 동위원소 생산 기기인 사이크로트론 가격이 각각 300만불로 총 600만불이 있어야 PET센터를 설립할 수 있었으나 지금은 기기 가격이 각각 150-200 만불이면 더 성능이 우수한 기기를 설치할 수 있고 특히 최근 인근주변에 사이크

로트론이 설치되어 있으면 동위원소를 공급받을 수 있어 PET카메라만 설치하면 임상에 이용할 수 있게 되었다. 특별히 PET 이용이 증가함에 따라 많은 환자를 대상으로 진단을 하기 위하여 최근에는 사이크로트론 한 대에 2대 이상의 PET 카메라를 설치 운영하는 것이 통상화되고 있다.

현재 PET촬영 수가는 고가의 기기 덕분에 국내에서는 병원마다 차이가 있는데 대략 50-100만원으로 아직도 원가에는 못 미치나 대개 하루 5-6건의 환자에서 시행하면 수익 사업도 가능한 것으로 분석되는데 미국에서는 대개 진단 1500에서 2000불의 수가가 인정받고 있다. 최근 촬영 건수의 증가, 기기 가격의 인하 그리고 방사성의약품 분배의 상업화에 의하여 가격이 1000-1500불로 내려 갈 것으로 예측하고 있어 PET 임상 이용이 더 많은 병원에서 더 많은 환자를 대상으로 이용될 것으로 확신한다.

미국내 유수한 Stanford연구소가 시행한 PET시장에 대한 보고에 의하면 곧 인구 50만명당 1개소의 PET센터가 필요하며 시장 또는 경제규모도 매년 35%-45%로 급성장할 것으로 예상하였으며 실제 그 예측대로 PET기술이 성장하고 있다.

2000년 10월 미국에서는 지금까지 PET을 진흥시키기 위하여 조직되어 운영되었던 ICP(the Institute of Clinical PET)기구가 더욱 더 효과적으로 활동하기 위하여 개편이 되어 Academy of Molecular Imaging이라는 새로운 기구로 변천하였다. 이 산하에는 세 개의 분과로 구성되는데 즉 Institute of Clinical PET, Institute for Molecular Imaging 및 Industry Council인데 앞으로 PET기술이 생물학적 분야와 분자의학적 진단과 분자의학적 치료를 위한 선도적 역할을 추구하기 위함이며 그만큼 PET의 중요성을 강조하고 있다.

최근 외국 선진 국가에서는 각종 질환에서의 진단과 치료 이용의 범위를 넘어서 많은 의료기관에서 각종 암 등 질환이 생기기 이전 특히 증상이 없을 때에 조기 진단 혹은 조기 평가하기 위하여 PET 기술을 활용하는 경향이다. 즉 고급 신체검사나 종합 검진 목적으로 포함함으로서 그 가치가 인정받고 있는데 이를 위하여 미국에서는 이미 진단 영상센터 혹은 종합영상센터라는 이름으로 많은 사

람을 대상으로 검진을 하고 있으며 가까운 일본에서도 현재 7개 영상 센터에 3-5대의 PET 기기를 설치하여 운영하고 있다. 우리나라에서도 1-2개 개인 병원에서 이미 PET 센터를 설립하여 검진을 하기로 계획이 거의 확정된 상태이다. 물론 기기의 높은 가격에 의한 환자 진단 수가가 높아 이직은 그 경제성 분석과 의료비 상승 효과에 대한 평가를 요하나 외국 선진 국가의 선례로 보아 그 가치는 우수할 것으로 예측된다.

특별히 과학기술부에서는 PET의 임상적 및 학문적 중요성을 인식하여 이 기술을 전 국민을 대상으로 활용을 확산시키기 위하여 국가의 대규모 정책 사업인 원자력중장기 사업을 통하여 의학용 사이크로트론을 국산화하기 위한 연구, 개발을 시도하고 전국에 5곳에 정도의 권역별 PET, Cyclotron 혹은 동위원소 생산, 분배 센터를 운영하여 현재 서울에만 집중적으로 운영되고 있는 것을 모든 국민에게 첨단 지역의료 혜택을 주기로 이미 단·중장기 계획을 확정하였다. 이는 매우 바람직한 정책으로 아직 그 시설과 기기가 매우 고가인 점을 고려하면 하루 빨리 이 사업이 추진되어 지방 의료정책의 선진화 및 관련 원자력 학문연구의 활성화를 도모하여야겠다.

인접 일본에서는 이미 오래 전부터 일본동위원회 산하에 권역별 PET 및 Cyclotron센터를 운영하여 인근 주민의 의료시혜는 물론 여러 대학병원 및 연구 기관과 공동 연구를 활성화한 좋은 예를 우리는 참고하여야 한다.

전 세계 10대 원자력국가인 우리나라에서 PET 기술의 선진화 및 확산을 위해서는 관련 연구 개발 기술 향상을 위한 국가 정책적인 지원도 중요하지만 공학, 화학, 물리, 약학, 전자 등 다학제간 협력이 필수적인 이 기술 분야가 발전하기 위해서는 핵의학을 하는 의료인력 뿐만 아니라 관련 전문 인력의 균형적인 양성을 위하여 협동연구, 대학원과정 설립 유도 및 유관 기관설립도 필요하다고 사료된다.

또한 미국의 ICP같은 PET 진흥을 위한 전문가, 과학자, 산업체, 정부부처, 관련 기관으로 이루어진 범의 기구(PET협의체)가 한국에도 설립되어 중요한 정책제시 및 관리가 필요하다는 의견을 제시하는 바이다.

참고문헌

- 1) Lee MC, Koh CS. 陽電子放出斷層攝影(Positron Emission Tomography : PET)의 最新 動向
The Korean Central Journal Medicine 1987;52:265-272
- 2) Choi YY, Moon DH, Son HK, Kim CY, Lee C, Lee HK. Effect of acute and chronic treatment with risperidone on the serotonin and dopaminergic receptors in the rat brain. Korean J Nucl Med 1997;31:9-18
- 3) Maini CL, Tofani A, Sciuto R, Semprebene A, Cavalieri R, Mottolese M, et al. Technetium-99m-MIBI scintigraphy in the assessment of neoadjuvant chemotherapy in breast carcinoma. J Nucl Med 1997;38:1546-51
- 4) Lee MC. 우리 나라 및 세계 PET 현황 (Current Status of PET). 녹십자의보 2001;31(1) (in press)
- 5) Chung J-K. 악성 종양에서 양전자단층촬영술(PET)의 임상이용 대한의사협회지 2001;44(11):1213-1222
- 6) Sanjiv S, Gambhir, Johannes Czernin, Judy Schwimmer, Daniel H.S, Silverman, R. Edward Coleman, and Michael E, Phelps. A Tabulated Summary of the FDG PET Literature. J Nucl Med 2001;42:93S
- 7) Okarvi SM. Recent progress in fluorine-18 labelled peptide radiopharmaceuticals. Eur J Nucl Med 2001;28:929-938
- 8) Reske SN, Kotzerke J. FDG-PET for clinical use. Results of the 3rd German Interdisciplinary Consensus Conference, "Onko-PET III" 21 July and 19 September 2000. Eur J Nucl Med 2001;28:1707-1717