

# PET/CT (Fusion PET) 국내의 현황

서울대학교 의과대학 핵의학교실

이 명 철

## 서 론

PET(Positron Emission Tomography)는 양전자(positron)를 방출하는 방사성동위원소(양전자방출핵종)에 표지된 대사물 혹은 약제를 투여하여 그 체내분포를 영상화하는 새로운 기능적 혹은 생리적인 영상기법이다. 지난 20년간의 기기 및 방사성의약품의 개발에 힘입어 최근 PET의 임상적인 효율성 및 그 가치가 많은 임상 연구에 의하여 증명되어 많은 나라의 의료기관에서 PET기기가 설치 운영되고 있고 그 속도는 기하급수적으로 늘어나고 있다. 특히 PET검사로 암환자에서 병기 결정에 도움을 주어 25-30%에서 환자 치료를 결정하는데 기여하고 치료 효과 판정에 필수적임이 증명되었다.

그러나 그 임상 유용도가 확산되면서 PET이 아직도 해상력에 한계가 있고 FDG도 정상적으로 근육, 뇌, 심장, 간, 대장, 그리고 신장비뇨기계에도 분포되어 정확한 진단에 문제가 되기도 한다. 그렇기 때문에 기능적인 영상에 해부학적인 병변을 추가함으로써 좀 더 정확하게 병변을 국소화하고자 하는 노력의 일환으로 해부학적인 병변을 진단하는데 널리 이용되고 있는 전산화단층촬영(CT)를 이용하여 Fusion 영상을 얻게 되었다. 최근 PET과 CT를 기계적으로 합친 PET/CT가 1998년 개발 사용하기 시작하여 동시에 PET과 CT영상을 얻어 PET의 해부학적인 한계를 보완하고 CT의 기능적인 특이도를 증대시켜 영상기술의 중요한 계기를 만들었고 현재 전 세계에서 PET/CT 설치 운영 기기 수는 엄청나게 증가하고 있다. 그래서 혹자는 FDG를 "Molecule of the century" 그리고 PET/CT를 "Instrument of the century"라고 부르기도 한다.

PET/CT는 병변의 진단과 부위를 더욱 우수한 해상력으로 더 정확히 검사할 수 있고 수술 결정 그리고 방사선 치료 부위나 조직검사 부위를 결정하는데 유용하다. 또한 동시에 attenuation correction image를 얻음으로서 환자 검사건수를 최대화할 수 있고 그리고 수술하는 외과 의사나 의뢰 의사들이 선호하는 경향이 있어 임상 이용은 급증할 것으로 예상된다.

2002년에 전 세계에 1,077의 PET카메라가 설치되었으나 2004년 1월 현재 미국 1,255대, 유럽에 291대, 일본 120대, 한국에 32대, 중국 28대 등 전 세계에 총 약 1,850대의 PET기기가 설치된 것으로 추정된다. 이중 PET/CT는 28%를 차지하는 510대이며 미국에 355대 그리고 유럽에 92대가 설치되었으며 새로 설치되는 PET기기의 50%는 PET/CT이며 미국에서는 매년 400-500대의 PET장비가 설치되는바 지난 18개월간 설치된 PET중 PET/CT가 70% 이상을 차지한다.

전 세계에서 시행된 PET영상건수는 2001년 약 255,000건, 2002년 약 450,000건 그리고 2003년에 약 1,300,000건으로 추산되며 2004년에는 더욱 증가되어 미국에서만 900,000건의 PET,검사가 시행되었다.

연자는 PET/CT의 국내와 국외에서의 사용 현황을 가능한 한 수집할 수 있는 설치 기기수와 PET이용통계를 중심으로 간단히 기술하고자 한다.

## 한국 PET센터 설치 현황

현재 우리나라에서는 1994년 서울대학교병원과 삼성의료원에 처음 센터가 운영되기 시작한 후 관심이 증대되고 임상적인 가치가 인정되어 2002년까지 원자력의학원(2대), 아주대학교병원, 연세대학교병원, 서울아산병원, 국립암센터 등 7개 병원에서 진료에 사용하고 있고 2003년에는 방사선보건연구원에 최초의 Fusion PET(PET/CT)가 설치가 된 후 계속 가톨릭의대, 전남대, 경북대, 부산대 등 여러 종합병원에서 PET센터를 설치하고 있다 (Table 1). 또한 삼성의료원, 원자력의학원, 그리고 서울아산병원 등에서 2003년에만 4대의 PET기기와 15대의 Fusion PET이 설치되어 2003년말 한국에는 총 18 PET Center에 27대의 PET기기가 운영되고 있다. 2004년에도 같은 속도로 전남대, 경북대, 영남대 등에서 18대의 PET/CT 및 1대의 PET이 설치 또는 설치 예정으로 2004년 말에는 한국에 13대의 PET과 32대의 PET/CT가 설치되어 총 35개 센터에 45개의 PET기기가 설치되며 PET/CT 점유율이 64%이다. 2004년말이 되면 총 40대의 PET 기기가 운

Table 1. 전세계 PET 센터 현황

국 가	1992	1996	2000	2003	2010
미 국	60	82	176	800	3000
일 본	23	24	31	60	150
독 일	15	16	22	66	100
벨 지움	6	6	8	11	20
영 국	8	8	8	11	25
오스트레일리아	2	2	5	7	15
한 국	0	2	5	18	50
중 국				14	100
대 만			8	13	30
기 타	36	35	37	150	500
합 계	150	175	287	1150	3990

영될 것으로 예측되고 PET/CT 점유율은 71% 이다. 특히 최근에는 국내 최초로 개인 종합병원(성애병원 등)과 개인 의원 각 3곳에서도 PET/CT 카메라를 설치하여 이미 진료에 이용되고 있다.

Cyclotron도 여러 가지 종류의 기기가 설치 운용 중이다. 2002년 4대의 cyclotron이 주로 서울에만 설치되었으나 2004년에 5대 설치되었고, 현재 전국에 12대의 cyclotron이 운영 중이며 2004년말까지는 17대의 기기가 설치될 전망이다. 아직은 예산상의 어려움으로 PET센터나 cyclotron이 모두 서울 인근에 국한되어 있어 지방에도 점차 설치되고 있고 정부의 지원 혹은 기업체의 지원으로 이 문제가 해결되고 있다. 특히 과학기술부에서는 3년간 매년 2-4개 기관을 선정하여 전국에 총 9개소의 권역별 사이크로트론센터를 설립하고 국산 사이크로트론(KIRAMS-13)을 설치하기로 확정하여 더욱 국내 PET 이용이 촉진될 것으로 기대된다.

### 국외 PET 센터 설치 현황

전세계 PET센터 설치 현황을 보면 (Table 1) 1992년에는 150개소, 1996년 말에 약 175개 PET센터 인 것이 2000년에는 약 287개, 2003년에는 거의 1,140개의 기관에 1-2대의 PET 카메라가 설치되었고, 2003년 현재기준으로 최근 5년간 거의 2-3배의 PET기기가 운영 중이며 통계보고에 의하면 앞으로 5년 내 3배로 증가할 전망이다. 미국의 예를 들어보면 1992년에 60 PET센터, 1996년에 82 PET센터이던 것이 2000년에는 176개소로 늘어났고, 2004년 1월 현재 총 800개 병원에 355대의 Fusion PET포함하여 1255대의 PET기기가 이용되고 있고 2003년에만 245대의 Fusion PET를 포함하여 405대의 PET기기가 설치되었다. 이 외에도 독일에 66개소 일본에 71개 병원에서 설치, 운영되고 있다.

유럽에는 25개국 중 19개국에 PET이 도입되었고 총 291대

의 PET기기가 설치되었는데 (PET 227대, PET/CT 64대) 이중 PET/CT는 22%를 차지하고 있다.

독일이 PET이용이 매우 활발한데, 1988년 6개 PET가 설치되었다가 1994년에 최초의 PET/CT를 도입하였고, 1999년에는 65개소에 85대의 PET 기기가 운영되었고, 2004년 현재는 66개 센터에 92대의 PET 카메라 및 30대의 cyclotron이 운영되고 있으며, 이 중 PET/CT는 12대로 13%를 차지하고 있다. 2004년 5월 현재 유럽의 다른 나라에 설치되어 있는 총 PET(PET/CT) 카메라수를 보면 Table 3에서 보듯이 오스트리아 9(2)대, 덴마크 6(4)대, 이탈리아 40(18)대, 네델란드 10(1)대, 벨지움 15(1)대, 프랑스 57(9)대 (2002년에는 34대), 영국 14(7)대, 핀란드 3대, 그리고 스페인에서는 2002년에는 17센터에 17대의 PET기기가 운영되다가 현재 29(4)대가 설치되었다.

아시아에서는 중국에 28대의 PET가 가동 중이고 대만이 매우 빠르게 발전하는 바 현재 13개 센터에 총 19대가 설치되었으며 이중 PET/CT점유율은 53%로 제일 높다. 그리고 호주에는 현재 7개 PET센터에 총 14대의 PET이 설치되었고 이중 PET/CT는 3대이다. 중국에는 현재 28대의 PET과 19대의 cyclotron이 가동 중이며 인도에는 1대의 PET과 2대의 CoPET이 가동되고 있고 1-2년내에 3대의 PET/CT를 도입할 계획이며 싱가포르와 필리핀에 각각 1대의 PET/CT장비를 운영하고 있다. 남미에는 브라질 (4 PET)과 칠레 (1 PET, 1 PET/CT)를 제외하고는 발전이 미미하다.

한국과 일본 그리고 미국에서의 현재 PET 센터 수 및 이용 건수를 비교하여 보면 한국에서 8개소에서 2002년 약 12,000건의 PET 영상을 얻는 반면 일본에서는 40개소에서 매년 26,000건, 미국에서는 194개소에서 200,000건의 검사를 시행하였다. 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 727건

Table 2.

Installation of PET and PET/CT in Asia (2004)

	PET	PET/CT	Total (%PET/CT)	No/million	Cyclotron
Korea	13	32	42 (71%)	0.9	12
Austria	11	3	14 (21%)	0.7	
Taiwan	9	10	19 (53%)	0.8	8
China			28		19
India	1				
Singapore		1	1		
Japan	113	7	120 (6%)	0.9	91
Philippine	1		1		

Installation of PET and PET/CT in America(2004)

	PET	PET/CT	Total (%PET/CT)	No/million	Cyclotron
USA	90	355	1255 (28%)	4.2	
Chile	1	1	2 (50%)	0.1	
Brazil	3	1	4 (25%)	0.02	
Mexico	1		1		

European Countries with PET but without official Indications for PET & PET/CT(n=11)

	PET	PET/CT	Total (%PET/CT)	No/million	Cyclotron
Austria	7	2	9 (22%)	1.1	4
Czech.Rep.	2	1	3 (33%)	0.3	
Denmark	2	4	6 (67%)	1.1	2
Germany	80	12	92 (13%)	1.1	18
Greece	0	1	1 (100%)	0.1	0
Italy	22	18	40 (45%)	0.7	16
Netherlands	9	1	10 (10%)	0.6	3
Poland	0	1	1 (100%)	0.0	
Portugal	2	0	2	0.2	0
Slovakia	1	1	2 (50%)	0.4	
Sweden	2	1	3 (33%)	0.3	4

European Countries with official Indications for PET & PET/CT(n=11)

	PET	PET/CT	Total (%PET/CT)	No/million	Cyclotron
Belgium	14	1	15 (7%)	1.4	6
France	48	9	57 (16%)	0.9	9+2
Luxembourg	0	1	1 (100%)	2.0	
Rep.Ireland	2	0	2 (0%)	0.5	1
England	7	7	14 (50%)	0.2	
Finland	3	0	3 (0%)	0.6	2
Hungary	1	0	1 (0%)	0.1	
Spain	25	4	29 (14%)	0.7	10
Switzerland	7	4	11 (36%)	0.7	2
Turkey	5	4	9 (44%)	0.1	

으로 아직 큰 차이를 보였다. 그러나 최근 2년간 PET건수가 급증하여 2004년도에 한국, 일본, 유럽 및 미국에서의 PET 센터수는 인구 100만명당 0.5, 0.6, 0.6 및 2.7로 급증하였고 PET 검사건수는 각각 40,000, 50,000, 900,000, 900,000건으로 인구 100만명당 각각 833, 393, 2000 및 3020건으로 늘어났다.

특히 가까운 일본에서의 PET이용 현황을 간략히 소개하고자 한다. 1982년 첫 PET센터가 설립된 후 1997년만 하여

도 24 PET센터, 2000년에 31 PET 센터이던 것이 2002년엔 40 PET 센터에 70대의 PET 기기, 2003년에는 60 PET 센터에 95대의 PET 기기가 운영되었고, 2004년 현재는 91대의 사이크로트론이 설치되어 있고 PET 센터는 71개소로 120대의 PET 스캐너가 운영 중인데, PET/CT기기는 일본 정부의 규제로 아직은 7대만 설치되어 있으나 규제 완화로 곧 많은 PET/CT 장비가 설치될 전망이다. 특히 Nihon-Medipysics

Table 3. 국내 PET 이용 건수

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
합 계	1,020	1,196	1,756	2,379	3,015	4,414	7,895	12,484	20,721

Table 4. 미국핵의학회에서 발표된 서울대병원 논문 수 및 PET 관련 논문 수

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
발표 논문 수	7	13	19	26	25	28	27	31	33
PET 관련 논문 수	0	3	6	10	12	13	11	15	18
%	0	23	38	39	48	46	41	48	55

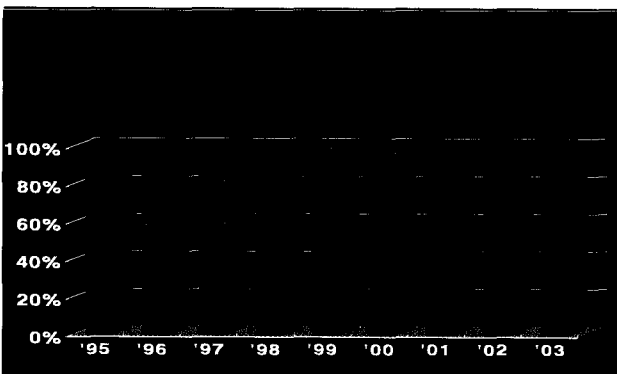


Fig. 1. 분야별 PET 이용 분포

사에서 GMP시설로 8개소의 FDG분배센타를 운영하기 시작하였고, 2005년에는 10-11개소로 늘려 PET검사를 활성화 될 것으로 예상되고 또한 개인 의료재단에서는 10-12대의 PET 기기 및 2대의 사이크로트론을 설치된 대형PET센타를 이미 요코하마에 개설하였고, 조만간 고베 및 오오사카에도 설치할 예정이다. 건수로는 1992년에 총 5,900건, 1997년에는 11,470건, 그리고 2002년에 26,000건으로 거의 2배가 되었다. 일본에서 가장 흔하게 이용되는 PET방사성의약품은 역시 F-18-FDG로 거의 51%를 차지하며, 그 다음이 ammonia이고 그 외에도 O-15-CO, O-15-water, O-15-O<sub>2</sub>, O-15-CO<sub>2</sub>이다. FDG사용량을 보아도 1997년에 비하여 2002년에는 약 3.2배의 증가추세를 볼 수 있다.

### 한국 내 PET 임상이용 현황

Table 3에서 우리나라에서의 최근 9년간 PET 이용 연도별 현황을 볼 수 있다. 총 52,664건의 PET 검사가 여러 가지 질환에서 시행되었다. 그리하여 연간 약 20,000건의 PET가 이용되었고 특히 최근에 매년 급증하고 있음을 알 수 있고 특히

2004년에는 추세로 보아 40,000건의 검사가 시행될 것으로 예측된다.

PET는 여러 질환에서 이용되는데 초기에는 이용 분야가 뇌신경 분야가 주이던 것이 시간이 흐름에 따라 중앙질환 진단 및 평가를 위한 상대적, 절대적 활용 건수가 늘어나고 있다(Fig. 1). 즉 1995년에는 뇌신경 분야가 약 60% 차지하던 것이 중앙 질환의 진단 및 관리를 위하여 총 건수의 약 70% 이상을 차지하게 되었다.

최근 우리 나라에서의 핵의학 관련 학문 연구가 활발하여 지고 있는데 특히 핵의학 학술활동의 가장 객관적이고도 정확한 지표로서 미국핵의학회에 발표되는 연제 수를 들 수 있다. 우리나라 전국에서 매년 발표된 연제수는 1990년대 초기에는 겨우 1-5편에 불과하던 것이 작년과 금년에는 총 94편과 106편으로 이는 총 연제수의 7%를 차지하며 이는 미국, 독일, 일본 다음으로 세계4위 국가가 되었다. 그런데 이 중 서울대학교병원에서 발표된 연제 수를 연도 별로 보면 Table 4와 같다.

즉 1996년에 총 7편의 연제가 발표된 이후 매년 급증하여 1998년 19편, 2000년에 25 편이던 것이 2003년과 2004년에는 32편 및 33편이나 되었다. 여기서 특기할만한 사실은 이 중 PET관련 논문 수를 비교하여 보면 PET가 학문 연구에 이바지하는 바가 얼마나 큰지를 분명하게 알 수 있다. 즉 거의 40%에서 55%의 연제가 PET관련 논문으로 이는 PET의 임상적 유용성과 의학 학문의 중요성을 반영한다고 생각된다.

### 전 망

PET카메라 및 PET/CT의 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 생

산하는 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 PET 센터를 설립할 수 있었으나 지금은 기기 가격이 각각 150-200만불이면 더 성능이 우수한 기기를 설치할 수 있고, 특히 최근 인근주변에 사이크로트론이 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 통상화 되고 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 건당 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/CT 임상 이용이 더 많은 병원에서 더 많은 환자를 대상으로 이용될 것으로 확신한다.

미국 내 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. 통계에 의하면 2001년 미국에서 16만건, 2002년 20만건 그리고 2004년에 90만건의 PET 검사가 시행되었는데 앞으로 암 환자수 및 적응례수, 간질환자수 및 심장환자중 적응례수를 기준으로 분석한 결과 한해 약 2,360,000 PET건수가 필요하다고 예측되어 곧 1,137 PET 센터가 전국에 필요하며 현재 인구 100만명당 1년 3,000건수에서 약 9,000건으로 증가할 것으로 예상된다. 유럽에서의 분석에서도 유사한 결과를 보여 곧 인구 100만명당 1-1.5 PET기기가 필요하며 당장 지금 설치된 PET의 약 두배인 450대가 필요할 것으로 판단되고 인구 100만명당 2,000-4,000건의 PET검사가 요한다고 예측된다.

PET/CT의 유용성이 더욱 확대되면서 최근 전 세계에서 판매되는 PET기기의 65%를 PET/CT가 차지하며 앞으로 몇 년 내에는 95% 이상을 점유할 것으로 전망된다. 또한 기기가 더욱 발전하게 되고 영상 software가 사용자에 더욱 편한 것이 개발되면 방사성의약품도 개발될 것이다. PET/CT가 더

많이 설치되면 전문가도 더욱 많아지게 되고 PET/CT의 활용은 상승할 것으로 예측된다. 앞으로는 영상 분석에서 다학제간 전문인력들의 상호 협력이 필수적이며 핵의학자, 방사선과학, 의뢰 임상 의사, 외과의 및 임상종양학분야 전문가와의 유기적인 협진으로 환자 의료관리에 효율성을 기하여야 하겠다.

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. 우리나라에서도 PET기법의 확대, 진흥을 위하여 정책개발 및 홍보를 위하여 한국PET협회(회장: 정준기교수)가 2002년 말에 설립되어 현재 많은 활동을 하고 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 경향이 있다. 즉 고급 신체검사나 종합 검진 목적으로 포함함으로써 그 가치가 인정받고 있는데 이를 위하여 미국에서는 이미 진단영상센터 혹은 종합영상센터라는 이름으로 많은 사람을 대상으로 검진을 하고 있으며 가까운 일본에서도 현재 7개 영상 센터에 3-5대의 PET기기를 설치하여 운영하고 있다. 우리나라에서도 1-2개 개인병원에서 이미 PET센터를 설립하여 검진을 하기로 되어 있다. 물론 기기의 높은 가격에 의한 환자 진단 수가 높아 이직은 그 경제성 분석과 의료비 상승효과에 대한 평가를 요하나 외국 선진 국가의 선례로 보아 그 가치는 우수할 것으로 예측된다.

특별히 과학기술부에서는 PET의 임상적 및 학문적 중요성을 인식하여 전 국민을 대상으로 이 기술의 활용을 확산시키기 위하여 국가의 대규모 정책 사업인 원자력 중장기 사업을 통하여 의학용 사이크로트론을 국산화하여 KIRAMS-13를 개발하였고 이미 기업(삼영유니텍)에 기술 이전하여 KOTRON-13으로 상품화에 돌입하였다. 전국에 5-7군데 정도의 권역별 PET, Cyclotron 혹은 동위원소 생산, 분배 센터를 운영하여 현재 서울에만 집중적으로 운영되고 있는 것을 모든 국민에게 첨단 지역의료 혜택을 주기로 계획을 확정하

였다. 우선 올해 2003년에는 조선대학교와 경북대학교에 우리나라 최초의 권역별 사이크로트론센터가 공모 후 확정되어 지방 PET활성화가 확실시 되고 또한 2004년에는 3개 기관(부산대학, 강원대학등) 그리고 2005년에는 그 결과에 따라 4개 기관을 추가 공모 예정이다. 다학제간 관련 연구도 기대되는 이러한 정책은 매우 바람직하며 아직 그 시설과 기기가 매우 고가인 점을 고려하면 하루 빨리 이 사업이 확대 추진되어 지방 의료정책의 선진화 및 관련 원자력 학문연구의 활성화를 도모하여야겠다.

인접 일본에서는 이미 오래 전부터 일본동위원소협회 산하

에 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 설립유도 및 유관 기관설립도 필요하다고 사료된다.