

주요국 의료영상기기산업의 기술, 시장 및 정책분석

An Analysis on Medical Imaging Technology Industry in Korean Perspective

이 충 희* · 김 상 우**

〈目 次〉

I. 서 론	IV. 국내의 시장동향
II. 의료영상기술 개요	V. 주요국의 수준 비교분석
III. 국내외 정책과 연구개발 동향	VI. 결 론

<Abstract>

We have examined and analyzed the status of policy, R&D investments, patents and market share of medical imaging technologies for major countries including Korea, the United States, Japan and European Union. Korea is mostly inferior compared to the others in priority of industrial policy, R&D investment, research manpower, number of patents, technological level and world market share. However, Korea can recover competitiveness, if there are intensive government supports for this technology.

Key words : 의료영상기술, 의료영상기술산업, 의료영상기술산업 경쟁력

* 전 한국물리학회장, 전 한국표준과학연구원장, 한국과학기술정보연구원 전문연구위원, crhee@kisti.re.kr

** 생물학 전공, 한국과학기술정보연구원, 16년간 기술특허분석 업무 종사, swkim@kisti.re.kr

I. 서론

선진국일수록 고령화 추세로 가기 때문에 국가차원에서 의료기술이나 의료기기 개발에 많은 연구개발 투자를 하고 있다. 삶의 질을 향상시키고, 안전하고 비침습적인 의료기술을 개발해야 하고, 또한 국민들이 저비용의 의료서비스를 받도록 하기 위한 것이다. 그런데 보건의료기술은 선진국에서도 국가가 주도한다는 공통점이 있다. 의료의 수요자인 국민들의 삶의 질에 대한 요구가 높아지는 현상을 충족시켜야 한다는 점과 함께 기술측면에서는 시장도 크고 부가가치도 큰 신기술이기 때문이다.

소득수준이 높아지며 의료서비스에 대한 관심이 높아지는 만큼, 의료산업은 장치의존형이 되어가고 있다. 의사의 직관에 의한 진단과 처방도 중요하지만 진단오차를 줄이기 위해서도, 나아가 치료 자체와 인체의 일부를 대체할 장치개발을 위해서도 점차 장치의존형이 되어가고 있는 것이다. 그렇기 때문에 신기술의 개발에 대한 국가의 지원 역시 크다.

그런데 의료영상기술은 의료기기 중에서도 가장 기본적인 기술이고, 부가가치가 높을 뿐 아니라 시장 또한 전체 의료기기 시장의 약 40%를 차지할 정도로 크다. 따라서 이 기술의 경쟁력을 확보한다는 것은 의료기기 전체 산업의 경쟁력을 확보할 수 있는 초석을 닦는 길이기도 하다. 그러기에 미국은 보건의료기술을 21세기 기술로 선포하여 보건의료기술 전반에 대한 기술개발을 독려하고 있으며, 2001년에는 의료영상기술만을 전담하는 연구소를 설립하기에 이르렀다.

그러나 한국의 보건의료정책이나 의료기기 나아가 의료영상기기 개발 정책은 그렇게 만족할 수준이 아

니다. 수요측이나 기술의 공급측 모두에서 중요한 의미를 가짐에도 국가적인 관심과 노력은 낮은 것이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 미국, 일본, EU, 한국 등 주요국의 의료영상기술 관련 정책, 연구집단, 특허동향, 국내외 시장동향 및 업체의 기술력 정책 등을 비교 분석하여, 한국의 실상을 알리고자 한다. 궁극적으로는 그를 통해 국내의 정밀 의료영상기기 기술과 산업의 발전방향의 단초를 제공할 것이다.

II. 의료영상기술 개요

1. 의료영상기술의 개요

의료영상기술이란 여러 방법으로 생체에서 발생하는 신호를 측정, 컴퓨터로 연산 처리하여 영상으로 재구성하는 기술로, 비침습적으로 생체내부를 영상으로 나타내어 질병진단에 필요한 정보를 제공하는 기술이다. 생체신호는 X선이나 초음파를 생체에 조사하거나, 양성자방출 동위원소 또는 단일광자(감마선) 방출 동위원소 의약품을 생체에 주입하여 그 반응을 검침, 또는 자기장 속에 놓인 생체에 핵자기공명 주파수의 고주파를 조사하여 발생시킨다.

2. 의료영상기술의 유형 및 특징

주요 의료영상기술은 X선영상기술, CT, 초음파영상진단기술, MRI, PET, SPECT 등으로 분류할 수 있으며 각 기술의 정의와 특징은 다음과 같다.

1) X선 영상기술

X선 영상기술(X-ray imaging, Radiography)은 X선

을 생체에 조사하여 각 부위 조직의 투과된 X선의 감쇄특성을 이용하여 평면형광판이나 필름에 생체내부의 구조를 영상화하는 기술로 MRI, CT, PET 등 다른 영상진단기술에 비해 오래된 기술이다. 최근에는 X선필름 대신에 디지털X선 검출기가 사용된다. 디지털 방식은 X선 영상 획득시간이 수초 정도로 짧아 X선 조사량이 적어 방사선 위험을 감소시킬 수 있고 영상데이터를 컴퓨터로 처리함으로써 영상의 질과 진단의 정확성을 높일 수 있다. 또한 영상을 정보기록매체로 저장 가능하고, 전송할 수 있어서 진료서비스의 질을 높일 수 있다.

2) CT

CT(컴퓨터단층촬영기, Computed Tomography)는 생체에 X선을 한 단면 주위로 돌면서 조사하여 각 부위를 영상으로 재구성하는 기술이다. CT는 인체의 두경부, 흉부, 복부 등의 영상 촬영에 이용될 뿐만 아니라 X선 대신 감마선을 사용하여 두꺼운 부품의 내부를 3차원으로 촬영할 수 있다.

3) 초음파영상진단기

초음파 영상진단기기(Diagnostic Ultrasound Scanner)는 생체의 특정부위에 초음파를 투사하여 감쇄된 투과초음파를 검출하거나(투과법) 또는 음향임피던스가 서로 다른 매질로 이루어진 경계면에서 반사하는 초음파를 검출(반사법), 신호처리하여 컴퓨터를 통하여 재구성, 영상화하는 기술이다.

초음파 영상진단기기는 CT, SPECT와는 달리 인체에 해가 없으며 MRI, CT에 비해 가격과 검사료가 저렴하고 실시간 영상이 가능한 장점을 갖고 있으나 해상도가 나쁘다는 단점이 있다. 초음파 영상진단기기는 내과, 산부인과, 소아과, 비뇨기과, 안과, 방사선과

등 거의 모든 분야에서 사용되고 있다.

4) MRI

MRI(자기공명영상진단기, Magnetic Resonance Imaging)는 인체를 구성하는 물질의 자기적 성질을 측정하여 컴퓨터를 통하여 다시 재구성, 영상화하는 기술이다. MRI는 X선처럼 이온화 전자기파가 아니므로 인체에 무해하고, 3-D 영상화가 가능하며 컴퓨터 단층촬영(CT)에 비해 대조도(contrast)와 해상도가 뛰어나다. 횡단면 촬영만이 가능한 CT와는 달리 관상면과 시상면도 촬영할 수 있고, 필요한 각도의 영상을 검사자가 선택하여 촬영할 수 있다. MRI는 주로 중추신경계, 두경부, 척추와 척수등 신경계통의 환자에게 이용되나 이용범위는 넓다. 그러나 MRI는 장치가격이 고가이며 검사료가 비싸다는 단점이 있다.

5) PET

PET(양전자방출단층촬영기, Positron Emission Tomography)는 생체내에 양전자를 방출하는 방사성의약품을 정맥주사 또는 흡입으로 주입한 후 양전자 소멸현상에 의해 발생한 감마선이 생체를 투과한 것을 검출기로 측정하여 영상으로 재구성하는 기술이다. CT와 MRI는 생체의 해부학적(형태학적)영상을 제공하는 반면 PET는 생체의 생화학적 현상인 생체기능영상을 제공한다. 즉 PET는 혈류량, 기저대사율 및 합성율을 측정할 수 있고 신경수용체와 전달체 농도측정 및 유전자의 영상화도 가능하다. PET는 뇌신경계, 심장질환, 종양진단에 이용되고 CT, MRI로는 발견할 수 없는 FDG-PET영상은 정확한 정보를 제공해준다.

6) SPECT

SPECT(Single Photon Emission Computed To-

mography, 단일광자방출컴퓨터단층촬영기)는 생체내에 단일광자(감마선)를 방출하는 방사성의약품을 주입하여 생체내에서 발생한 감마선이 생체를 투과한 것을 생체의 주위에 설치한 섬광카메라(검출기)로 여러 각도에서 측정하여 영상으로 재구성하는 기술이다. SPECT는 PET와 같이 핵의학영상기술의 하나로 종양의 전이위치 같은 해부학적영상과 혈류량과 세포의 신진대사 등 생체의 생화학적 현상인 생체기능영상을 제공한다. SPECT는 CT, MRI, PET보다 해상도가 떨어지는 단점이 있으나 검사비용이 저렴하여 경제적, 실용적이어서 뇌신경계, 심장질환, 종양진단 등에 사용되고 있다.

III. 국내외 정책과 연구개발 동향

1. 한 국

1) 관련 정책 및 예산

정부는 21세기를 주도할 핵심 전략기술개발에「선택과 집중」의 원리를 적용하여 정보기술(IT), 생명공학기술(BT), 나노기술(NT), 환경에너지기술(ET), 우주항공기술(ST)분야를 집중 육성하고 있다. 2001년도 BT분야 연구개발예산은 3,742억원으로 국가 전체 연구개발비의 8.3%로서 IT분야 다음 순위이다. 정부는 기술집약적이고 부가가치가 높은 보건의료기술 육성을 위하여 1995년에「보건의료기술진흥법」을 제정·공포하고, 1996년에「중장기 보건의료기술개발전략」에 따라 2010년까지 보건의료기술진흥사업으로 1조 6천여억원의 연구개발투자를 계획하고 있다. 특히 고령화 사회에 대비하여 뇌신경·정신계질환 치료기술 개발과 의료영상기술개발에 중점을 두고 있다.

의료영상기술이 포함된 생명공학·보건의료분야의 연구개발비는 보건복지부, 과학기술부와 산업자원부에서 일부를 지원하고 있다.

- (1) 선도기술개발사업(G7) 중 '의료공학기술개발사업'(1995-2001년)은 영상진단, 측정·치료기기 개발연구로서 보건복지부가 주관하고 있으며 과학기술부와 산업자원부가 협력부처로 참여하고 있다. 1999년도 연구개발예산은 308억원(보건복지부 90억, 과학기술부 60억, 산업자원부 8억, 민간 150억원)이다.
- (2) 보건복지부 지원 '보건의료기술진흥사업'에는 생명·의과학, 뇌과학 등을 연구지원하는 '보건의료기술 연구개발사업'과 의료복지기술, 생체측정기와 의료영상기기 개발 관련기술을 지원하는 '의료공학융합기술 개발사업'이 포함되어 있다.
- (3) 과학기술부는 특정연구개발사업 중 '원자력 실용화연구사업'으로 의료영상기기 개발연구를 지원하고 있다. 또한 '중점국가연구개발사업'으로 뇌과학연구사업과 분자의과학연구사업을 지원하고 있다. 생명과학분야는 한국과학기술원의 첨단과의과학연구센터 운영과 G7사업의 생명공학분야를 지원하고 있다.
- (4) 산업자원부는 '산업기반기술사업' 중 '중기거점 기술개발사업'으로 산·학·연 콘소시엄 형태의 협동연구로 의료영상진단기기 개발연구를 지원하고 있다. 또한 '산업기반기술 개발사업' 중 '공동핵심기술개발사업'으로 생명공학분야를 지원하고 있다.

특히 보건복지부 산하 한국보건산업진흥원은 최근에 '의료공학융합기술개발사업(휴먼텍 21)'의 특정연

구센터지원 프로그램인 '휴먼의료공학융합센터 지원 사업'을 2002년 후반기에 추진, IT, BT, NT와 같은 첨단기술이 융합된 생체계측기기 및 의료영상기기 개발에 연간 77억원씩 6년 동안 462억원을 지원한다고 발표하였다. 지원대상은 연구소와 병원·연구소·기업의 컨소시엄 형태로 구성된 11개 연구센터이다.

<표 3-1>에서 보는 바와 같이 한국의 보건의료분야 2001년도 연구개발투자액은 국가 총 연구개발 투자액의 7.7%로서 미국의 19.8%, 영국의 14.5% 보다 낮으며 한국의 투자액은 미국의 1/55, 영국의 1/5, 일본의 1/4에 불과하다. 한국의 생명공학분야 연구개발투자액은 국가 총 연구개발 투자액의 8.3%로서 미국의 25.9%, 영국의 12.6%, 독일의 11.0%, 일본의 10.0%보다 낮으며 한국의 투자액은 미국의 1/82, 일본의 1/9, 영국의 1/4, 독일의 1/3에 불과하다.

2) 관련 연구기관 및 연구분야

보건복지부, 과학기술부, 산업자원부가 지원한 의료영상기술관련 주요 연구과제를 대학, 출연연구기

관, 기업연구소별로 정리하면 <표 3-2>와 같다.

2. 미 국

미국의 대통령은 국민의 보건의료 향상을 위한 의료연구의 중요성을 인식하여 생의료연구비를 '21세기를 위한 연구지원비'로 의회에 대폭 증액된 예산신청을 하여 통과되었다. 반면 IT, NT등 다른 분야 예산은 삭감되었다. 보건의료분야 연구비는 미국 연방정부 전체 R&D 예산의 22%로서 국방분야(50%) 다음 순위이다. DHHS(보건성) 산하 NIH(미국립보건연구원)는 미국 생의료분야연구의 중심기관으로서 암연구소, 인간게놈연구소 등 19개 연구소와 7개 연구센터로 구성되어 있으며 년 예산이 200억 달러로서 의과대학, 병원, 대학 연구소 등에 연구비를 지원하고 있다.

2001년에는 NIH 산하에 NIBIB(국립생의료영상·생명공학연구소)를 설립하여 1)신의료 영상기기의 연구개발, 2)영상정보처리, 정보분석용 알고리즘의 개발, 3)다차원 영상기술의 비교평가 등을 수행하여 의료영상기술 향상의 중심체 역할을 하고 있다.

<표 3-1> 주요국의 관련 연구개발투자 현황

(2001년, 억원)

국 명	보건의료분야 ¹⁾	생명공학분야 ²⁾
한 국	3,485 (7.7%)	3,742 (8.3%)
미 국	193,700 (19.8%)	307,970 (25.9%)
일 본	13,000 (3.7%)	34,770 (10%)
영 국	18,200 (14.5%)	15,278 (12.6%)
독 일	7,410 (3.2%)	11,171 (11%) ³⁾
프랑스	10,270 (5.5%)	n.a

자료 1. OECD, Basic Science and Technology Statistics(2000).

2. 과학기술부(2002)

주 1. ()은 국가 총 연구개발 투자액에 대한 비율

2. 환율: 1\$ = 1,300원, 100¥ = 1,000원, 1DM = 600원, 1£ = 1,900원

3. 2000년

〈표 3-2〉 한국의 주요 관련 연구활동

주관연구기관	연구과제	연구기간
한림대학교	유방진단전용 초음파기탐촉자개발	1996 -
부산대학교	골다공증진단 초음파영상장치개발	1998 -
인제대학교	Non-Film Digital X-Ray Vision System개발	1996 - 1999
인제대학교	a-Se를이용한 일반촬영용평판형디지털X선검출기개발	1998 -
한양대학교	3차원의료영상시스템의 개발	1996 - 1999
한국전기연구소	X선용고주파고전압발생장치개발	1993 - 1996
한국전기연구소	디지털X선영상진단기기개발	1998 - 2002
한국화학연구소	의료용X선필름개발	1998 - 2001
(주)메디슨	디지털빔포밍방식의 고품위초음파진단기술개발	1995 - 1997
(주)리시스템	고주파발생장치를 탑재한원격조정진단X선시스템개발	1995 - 1998
(주)리시스템	나선형단층촬영기(Spiral X-CT)개발	1998 - 2002
동진메디칼(주)	고주파유방촬영기개발	1993 - 1996
(주)중외메디칼	전산화레이도그래피개발	1994 - 1998
(주)메디너스	초고속핵자기공명영상진단기기개발	1997 - 2001
ISOL 테크놀로지	저피폭약안면용 X선CT개발	2000 - 2002
	SPECT/PET겸용감마선단층촬영기개발	1999 -
파월(주)	진단디지털X선용고주파전원발생장치개발	1998 - 2001
현대의료기기	DR용 Gantry 및 구동장치개발	1998 - 2001
(주)제너럴시스템	식도를 통과하는 초음파영상진단기기 제조기술개발	1991 - 1994
마로테크(주)	X-rayFilm Digitizer개발과 DICOM필름파일전송시스템개발	1998 - 1999
(주)바이오메드렘	CCD소자를 이용한 치과용Digital X-ray시스템개발	1998 - 2000
(주)브레인투웬티원	골다공증과 구강골 골밀도계측을 위한 2차원X선 인체 컴퓨터영상처리	1999 - 2000
(주)동아X선	기계나선형주사방식 X선전산화단층촬영장치개발	1998 -

- 자료 1. 전자의료기기 종합정보지원센터(Medic) 연구개발정보
- 2. 보건의료기술 연구기획평가단 사업소개자료(1999)
- 3. 각 기관 홈페이지

NASA는 의료영상분야의 개발기술(영상검출기, 영상데이터처리 및 관리기술 등)을 산업체에 이전하여 상품화하는 일을 하고 있다. 주요 이전기술은 다음과 같다.

- Fourier영상시스템기술(Marshall Space Flight

Center, Alabama)

- 영상압축기술(Ames Research Center)
- 3차원영상재구성기술(Ames Research Center)
- 환자의 얼굴과 뇌의 3차원영상을 수술시 볼 수 있는 기술(Ames Biocomputer Center)

미국 연방정부의 보건의료관련 연구개발예산을 보면 보건의료분야가 연간 150 - 180억 달러이고 DOC 산하 NIST와 DOE, DOD, NIH, NASA, NSF등에서 생명과학분야 연구비로 연간 126-150억 달러를 지원하고 있다. 이중 NIH 연구비가 90%로 주류를 이루고 있으며 다음이 NSF, DOD, NASA 순이다. 관련된 주요 국립 연구기관과 대학 및 연구소는 <표 3-3> 및 <표 3-4>와 같다.

3. 일 본

종합과학기술회의(의장 : 총리)가 의결한 '신과학기술기초계획' 중 21세기 산업발전과 삶의 질 향상을 위한 4개 중점육성분야는 생명과학, 정보통신, 환경, 나노기술·재료분야로서 국민의 보건의료와 관련되는 생명과학분야가 첫 번째 우선순위이다. 생명과학분야의 중점추진과제로 '질병예방·치료기술 및 생의학영상기술개발'이 추진되고 있다. 후생노동성의 보건의료정책 중 하나가 '21세기 의료서비스 향상을 위

한 의료기기개발과 의료기기산업육성'이다.

의료영상기술이 포함된 생의료분야의 연구비 지원 체계는 <표 3-5>와 같이 (1)후생노동성의 '후생과학 연구비보조금'을 (재단법인)의료기기센터(JAAME)를 통해 국립 및 민간 연구기관에 지원한다. (2)경제산업성은 '생명과학기반연구지원금'과 '의료복지기기고도화 지원금'을 신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO)를 통해 산업기술종합연구소(AIST), 대학, 기업, 연구조합에 지원한다. (3)문부과학성은 '과학연구비보조금'과 '과학기술진흥조성비'를 일본학술진흥회(JSPS)를 통해 대학, 국립 및 민간연구기관에 지원하고, (4)과학기술진흥사업단(JST)을 통한 기초연구, 신기술기업화추진 연구비를 대학, 국립 및 민간 연구기관에 지원하고 있다.

일본의 보건의료관련 연구개발예산은 <표 3-5>에서 보는 바와 같이 후생노동성/의료기기센터, 경제산업성/NEDO, 문부과학성/JSPS, JST 등에서 연간 보건의료분야 연구비로 1,111억엔 이상을 지원하고 있다.

<표 3-3> 미국의 관련 주요 국립연구기관

연구기관	주요연구분야
NIH - National Cancer Institute - PET Interest Group - Computational Bioscience & Engineering Lab. - Laboratory of Diagnostic Radiology Research - Multimodality Radiological Image Processing System	- CT, MRI, PET, SPECT사용 뇌종양연구 - 신경계 및 종양의 PET영상연구 - 영상처리기술 - X선진단연구 - 핵의학영상처리
NASA	- Fourier영상시스템기술, 영상압축기술, 3차원영상재구성기술
LosAlamos National Lab.	- 의료데이터분석, 인간두뇌연구, 생물리학분야 fMRI연구
Lawrence Berkley National Lab.	- 생체기능영상연구, 신경과학연구

자료 : <http://www.comp.leeds.ac.uk/comir/resources/links.html>
<http://www.nasamedicalimaging.com/technologies.cfm>

〈표 3-4〉 미국의 관련 주요대학 및 연구소

대 학 / 연 구 소	주 요 연 구 분 야
Columbia대학, STAR Integrated Imaging Center	- 기능신경계 고분해능영상연구
Massachusetts General Hospital/Harvard대 - Center for Imaging and Pharmaceutical Research. - PET Lab.	- fMRI, PET영상연구 - The Whole Brain Atlas운영
Pennsylvania대학, 의료영상처리그룹	- 자기신진대사연구
Medical College of Wisconsin - Functional Imaging Research Center	- fMRI사용 뇌기능, 뇌종양, 심장마비, 알츠하이머병, 파킨슨병연구
Washington의과대학(ST. Louis), CVIA Lab.	- 의료영상처리기술
Minnesota대학 - Virtual Neuron & Virtual Brain Lab.	- 가상neuron과 뇌의영상처리기술
Wisconsin대학(Madison), MRI Center	- MRI연구
Pennsylvania주립대학 - 국립초음파변환기센터 - Multidimensional Imaging Process. Lab.	- 의료진단용 초음파변환기개발 - 다차원영상처리기술
UC Berkeley, Health Service Initiative	- 의료영상(MRI), 암, 뇌연구
Caltech, Human Brain Project	- 인간뇌과학연구
UCLA - Crump Institute for Biological Imaging. - Brain Research Initiative	- 생의학영상연구 - 뇌과학연구
Illinois대학(Urbana-Champaign) - Biomedical Visualization Lab. - Bioacoustic Research Lab.	- 생의학영상처리기술 - 생의학초음파영상기술
Michigan대학, Digital Image Processing Lab	- 의료영상처리기술
Stanford대학 - Medical Image Process. CAMIS - Signal Compression, Classification Group	- 의료영상처리기술 - 신호압축 및 분류기술
Texas대학 - Radiological Imaging Res. Center - Center for Vision and Image Sciences	- 핵의학영상연구 - 의료영상처리기술
Yale의과대학 - NMR Research Group - Image Processing & Analysis Group	- 의료NMR연구 - 의료영상처리분석기술
SUNY(Stony Brook) - Medical Image Processing Lab.	- 의료영상처리기술
Johns Hopkins의과대학 - Psychiatric Neuro-Imaging Dept. - PET Dept. - Dept. of Radiology & Radiolog. Science	- 신경계 정량적뇌분석 - PET영상기술연구 - CT, MRI, 초음파, PET영상연구
Cornell대학 - Visual Communication Lab.	- 신호영상처리기술연구

자료 : <http://www.comp.leeds.ac.uk/comir/resources/links.html>

〈표 3-5〉 일본의 생의료기기 관련 연구비 지원 제도 및 분야

지 원 기 관	연구비제도	연 구 지 원 분 야
후생노동성/ 의료기기센터 (JAAME)	- 후생과학연구비 보조금	- 비침습의료기기개발 - 뇌과학연구사업 - 고도첨단의료연구(의료기기 개발)
경제산업성 /NEDO	- 생명과학연구지원금 - 의료복지기기고도화 지원금	- 의료기기개발사업: 기업이 단독개발, 제품화에 위험부담이 큰 사업으로 기업제품화를 목표로 함 - 의학·공학연대형연구사업: 대학의 의학과 공학 협동연구로 고차원생체정보영상시스템개발
문부과학성 /JSPS	- 과학연구비보조금 - 과학기술진흥조성비	- 뇌과학연구, 암·에이즈난치병관련연구 - 종합과학기술회의 종합조정방침에 따른 과학기술 진흥분야 예: 뇌과학연구

경제산업성 산하 산업기술종합연구소(AIST)는 종합연구기관으로서 종합과학기술회의에 의한 중점연구분야 4개 중 생명과학분야에서 의학과 공학의 융합 연구로 '첨단의료기기 및 MRI 등 생의료영상기술'과 '뇌과학연구'를 수행하고 있다. AIST의 2002년도 생명과학분야 연구비는 전체 예산의 30%인 119억엔이다. 의료복지기기기술사업의 주요연구결과는 '광학적 단층영상시스템연구'(1992-1998년) 등이다.

문부과학성 산하 이화학연구소(RIKEN)의 뇌과학

종합연구센터에서는 뇌기능연구, 알츠하이머병 같은 뇌신경계치료연구, 새로운 생체측정기술개발연구를 수행하고 있으며 연간 뇌과학연구예산은 102억엔이다. 관련 주요 국립연구기관 및 대학과 연구소는 <표 3-6>과 <표 3-7>에 나타나 있다.

4. EU

EU 회원국들은 각국이 고유정책을 수행하면서도

〈표 3-6〉 일본의 관련 주요 국립연구기관

연 구 기 관	주 요 연 구 분 야
산업기술종합연구소(AIST)	- 첨단의료기기개발 및 MRI 등 의료영상기술 - 뇌과학연구
이화학연구소(RIKEN)	- 뇌과학종합연구
국립암센터	- X선CT, PET를 이용한 종양연구, 고분해능의료영상 데이터베이스구축
Kobe의료산업개발프로젝트 생의학혁신연구소	- 의료영상기기개발 - CT, PET, 개방형 MRI real time 영상연구
통신종합연구소(CRL)	- 차세대의료영상처리와 통신시스템연구 - 뇌기능연구 - 컴퓨터에 의한 폐암검진용 지원시스템 및 두뇌연부조직수술 시뮬레이션

자료 : 각 연구기관 홈페이지

〈표 3-7〉 일본의 관련 주요 대학 및 연구소

대학/연구소	주요 연구 분야
Shiga의과대학, 분자신경과학연구소	- 일본에서 첫 번째 개방형 MRI설치 - 시스템 뇌기능연구 - 극고자장 MRI를 이용한 생체의혈류 분포 등 생리학적 기능연구
Fukui의과대학, 고에너지의학연구소	- 방사선의학, CT, MRI, 초음파, PET를 이용 뇌, 심장 등의 종양진단, 치료연구 - 생체의 기능분자영상연구
Shimane의과대학, 지역의학공동연구소	- 3차원 MRI, CT로 뇌종양연구 - 영상의료기기개발
Keio대학, 신경멀티미디어센터	- 의료영상처리, 3차원 운동인식
Toyohashi공과대학, 생체신경정보공학연구소	- 뇌신경계연구 - 생리학, 신경계 신호처리분석 - 인공신경계이론연구
Tokyo대 Okabe연구소	- 뇌컴퓨터연구 - SQUID를 이용한 뇌활동연구
일본의과대학	- 원숭이 뇌의 MRI영상연구
Kyoto대학, 뇌기능종합연구소	- PET, SPECT, MRI를 이용한 뇌기능평가, 질병상태분석

자료 : 각 기관 홈페이지

유럽위원회(EC) 차원에서 기술개발프로그램(Framework Programme for R&TD)를 추진하고 있다. 5차 계획(1998-2002) 중에는 '컴퓨터의료시스템', '원격의료 및 고용량의료통신 네트워크' 등 의료기술과 의료기기 관련 과제가 명시되어 있으며, EUREKA 프로그램에는 '생명공학/의료'기술분야에서 의료기술과 의료기

기 관련 과제를 추진하고 있다. 5차 계획의 연구예산은 150억유로(euro)이다. 6차 계획(2002-2006)에는 BT, NT, IT 등이 포함되어 있으며 BT에는 보건의료를 위한 뇌과학연구, 계측 및 생명공학 과제가 들어있다. 6차 계획의 연구예산은 162억 유로이다.

〈표 3-8〉 영국의 보건의료관련 연구개발예산 (100만 파운드)

지 원 기 관	2001년	2002년
생물공학·생물학연구회(BBSRC)	213.9	232.6
의학연구회(MRC)	349.6	371.9
공학·이학연구회(EPSC)	436.2(전체) 18.6(생명과학)	461.5(전체)
보건성(DH)	69.9(1999년)	
국민건강서비스(NHS)	400.6(1999년)	
사회복지성(DSS)	4.0(1999년)	
보건안전위원회(HSC)	21.9(1999년)	
계(보건의료분야)	연간 약 1.079	

자료 : 1. The Science Budget 2001-02 to 2003-04, DTI, OST.
2. 일본특허청(2001)

〈표 3-9〉 영국의 관련 연구기관 및 연구분야

연구기관	주요 연구분야
Leeds대학, Centre of Medical Imaging Research	- 디지털X선, CT, MRI, 초음파영상진단기를 이용한 의료영상연구
Edinburgh대학, Center for Interactive Image Analysis	- 의료영상해석기술
London대학, 컴퓨터센터	- AVS를 이용한 3차원의료영상연구
Oxford Brookes대학, Applied Analysis Research Group	- 전기임피던스단층촬영기술(EIT)
King's College of London, Image Processing Group	- 뇌의 MRI연구
Oxford대학, - Centre for Functional MRI of Brain - Center for Cognitive Neuroscience	- 뇌의 MRI연구 - 신경과학연구
Nottingham대학, MRI분광영상연구실	- MRI영상연구

자료: http://www.comp.leeds.ac.uk/comir/resources/links_g.html

1) 영 국

영국은 과학기술정책실(OST)(실장은 수상)의 과학 고문)이 7개의 연구협의회(Research Council)를 통해 분야별 연구비를 지원하고 있으며 보건의료관련연구는 생명공학·생물학연구협의회(BBSRC)와 의학연구회(MRC)를 통해 지원을 하고있다. 그 이외에 보건성(DH), 국민건강서비스(NHS), 사회복지성(DSS), 건

강안전위원회(HSC) 등을 통하여 보건의료관련 연구비가 지원되고 있다. 의료영상기기 개발에 있어서는 위의 기관 뿐 아니라 공학·이학연구협의회(EPSRC)도 지원하고 있다. 영국의 보건의료관련 연간 총 연구개발예산은 약 11억 파운드이다. 무역기술성(DTI)은 「산업융용기초기술(BTIA)프로그램」을 운영하고 있으며, 개발된 기술을 산업체에 이전시키고 있다.

〈표 3-10〉 독일의 보건의료관련 연구개발예산 (1999, 백만 마르크)

지원기관	보건의료분야	생명공학분야
교육연구성(BMBF)	175	185
Max-Planck연구협회	144	-
Helmholtz연구협회	524	117
독일연구공동체	430	-
계	1,273	302

자료 : 일본특허청(2001)

〈표 3-11〉 독일의 의료영상기기관련 연구기관 및 연구분야

대 학/연 구 소	주 요 연 구 분 야
Hamburg대학, 의료·수학·컴퓨터공학연구소	- 3차원의료영상처리기술
Virchow Medical School, Berlin, Digital Imaging Processing & Computer Graphics Dept.	- 디지털의료영상처리기술
GSF, Biomedical Image Analysis Group	- 2차원, 3차원 디지털영상처리기술
DKFZ(독일암연구소), Medical PET Group	- 생의료영상기술 - PET영상진단
Fraunhofer Institute, Multimedia Systems & Image Processing Group	- 의료영상처리기술
Forschungszentrum Karlsruhe	- KISMET를 이용한 3차원의료영상 시뮬레이션

자료 : http://www.comp.leeds.ac.uk/comir/resources/links_g.html

2) 독 일

독일의 국가연구개발 지원체계는 교육연구성(BMBF)이 중심이 되어 Max-Planck연구협회(MPG), Helmholtz연구협회(HGF), Fraunhofer응용연구협회(FhG), Leibnitz과학협회(WGL)를 통하여 대학, 연구기관에 연구개발예산이 지원되고 있다. 보건의료관련 연구는 교

육연구성, Max-Planck연구협회, Helmholtz연구협회와 독일연구공동체를 통해 지원되고 있다. 독일정부는 GDP의 2.4%를 연구개발에 투자하고 있어 미국, 일본 다음 순위이며 2002년도 연구개발예산을 대폭 인상하여 생명공학분야는 49%, 의료연구분야는 31%의 예산을 증액하였다. 보건의료관련 1999년도 총 연구개발예산은 1,575백만 마르크이다.

〈표 3-12〉 프랑스의 관련 연구기관 및 연구분야

연 구 기 관	주 요 연 구 분 야
CNRS(국립과학연구원) 생명과학연구부/핵입자물리연구소	- 의료영상시뮬레이션, 모델링기술개발 - IN2p3팀의 가속기가 만든 양성자와 중이온을 이용한 치료기술 - 신경계영상연구 - THOR기술(광양자계수단층촬영기)개발
CREATIS(영상신호처리연구·응용센터) INSA, Lyon (CNRS의 하나)	- 의료영상신호처리기술 - 심장의 동적기능영상연구 - X선, 초음파, MR영상을 이용한 혈관촬영기술 - 다중경화증과 MRI영상과의 관계연구 - 초음파3차원영상 및 초음파대조제연구 - 3차원볼륨영상 다중해상도개발연구
CYCERON PET연구소	- PET 영상재구성, 해석기술
Center for Mathematical Morphology of the Ecole des Mines de Paris	- 의료영상처리기술

자료 : 1. http://www.leeds.ac.uk/comir/resources/links_g.html
2. <http://www.cnrs.fr>

4) 프랑스

프랑스는 각 부처간 연구·기술위원회(CIRT)(의장:수상)를 중심으로 국가 연구개발정책을 세워 각 부처가 연구개발예산을 연구소와 대학에 지원하게 되어 있으며 우선 중점 연구개발분야 7개중에 보건의료분야가 들어있다. 프랑스정부의 국방예산을 제외한 민생 연구개발 총예산은 1997년도에 523억 프랑이며 이중에 보건의료분야 예산은 약 45억 프랑이고, 1999년도 보건의료분야 예산은 47억 프랑이다.

관련 연구기관으로는 국립과학연구원(CNRS)과 국립위생의학연구소(INSERM)가 있다. CNRS는 18개 지역연구센터와 1,600여개 연구단위를 갖고 있는 프랑스의 기초과학 중심 연구소로서 CNRS의 생명과학부와 핵입자물리연구소는 의료영상기술 개발연구를 수행하고 있다.

IV. 국내외 시장동향

1. 국내 시장 및 업체동향

국내의 영상진단기기 시장은 1997년 1,900억원, 1999년 2200억원에서 2010년 3,125억원으로 연평균 4.2%의 성장을 예측하고 있으며 세계시장의 1.7%를 차지하고 있다. 국내의 의료영상기기 관련 주요품목별 수입현황을 보면 <표 4-1>과 같은데, 2000년의 X선영상기기, 초음파진단기 및 MRI의 총수입액은 7,700만 달러이다

국내의 관련 주요품목별 수출현황을 보면 <표 4-2>와 같이 초음파영상진단기가 주력 수출상품으로서 경쟁력이 있으며 2000년 수출액은 1억 5,600만 달러로서 1998년에 비해 2배정도 증가하였다.

〈표 4-1〉 관련 주요품목별 수입현황 (천달러)

품 목	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	주요수입국
X선영상기기	45,196	45,679	8,629	14,695	20,962	미국, 일본, 독일
초음파진단기	31,503	35,833	14,598	23,851	23,291	미국, 일본, 프랑스
MRI	60,628	33,849	13,074	21,665	32,766	독일, 미국, 일본
계	137,327	115,361	36,301	60,211	77,019	

자료: 한국의료용구공업협동조합, 2001

〈표 4-2〉 의료영상기기 관련 주요품목별 수출현황 (천달러)

품 목	1997년	1998년	1999년	2000년	주요수출국
초음파영상진단기	63,072	74,818	109,512	156,422	미국, 중국, 홍콩
X선영상기기	7,985	5,848	3,479	5,857	레바논, 태국
계	71,057	80,666	112,991	162,279	

자료: 한국의료용구공업협동조합, 2001

〈표 4-3〉 국내 의료영상기기 업체별 제품개발 수준현황

업 체	개발 또는 생산 제품	수출 또는 생산계획
메디슨엑스레이	디지털X레이 신제품(MCA6200) 출시 (2002. 10)	유럽 등 해외수출계획, DF 워크스테이션 부착시 PACS 연동가능
(주)리스템	나선형X선CT 국산화완료(2002. 11)	2003년 하반기 양산계획
(주)메디슨	3D동영상 초음파진단기 (Philips와 공동개발), 성능은 세계수준	Toshiba, Hitachi, Aloka 등과 매출규모/ 제품군이 비슷한 수준
(주)메디너스	MRI 국산화성공 (MAGNUM 1.0T, 1.50T, 3.0T)3T는 세계 최초개발, 촬영시간단축, 고화질 영상획득	국내시장 23% 점유(병원40개에 1.0T설치). 인도네시아, 수단, 기르키즈스탄, 중국 등 수출, 유럽규격인증 획득
에이아이랩	저자장 MRI 개발완료(연구자석사용 개방형)	수주에 의한 생산

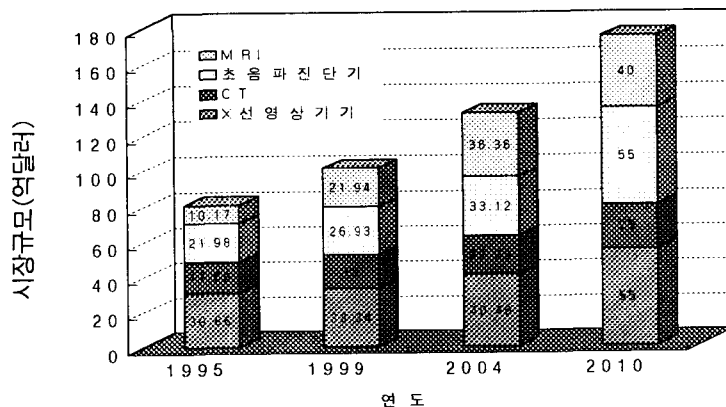
자료 : 각 업체의 홈페이지

국내 의료영상기기 업체별 제품개발 기술수준은 <표 4-3>과 같다.

1999년도 기준 101억 달러이고 2010년에는 175억 달러로 신장할 것으로 예측되고 있다(Frost & Sullivan, 1999). 미국의 GE, 독일의 Siemens, 일본의 Toshiba가 세계시장의 80%를 차지하고 있으며 세계시장 규모는 연평균 5.6% 성장을 보이고 있다.

2. 세계 시장 및 업체 동향

세계의 의료영상기기 시장은 [그림 4-1]과 같이



자료: Frost & Sullivan(1999)

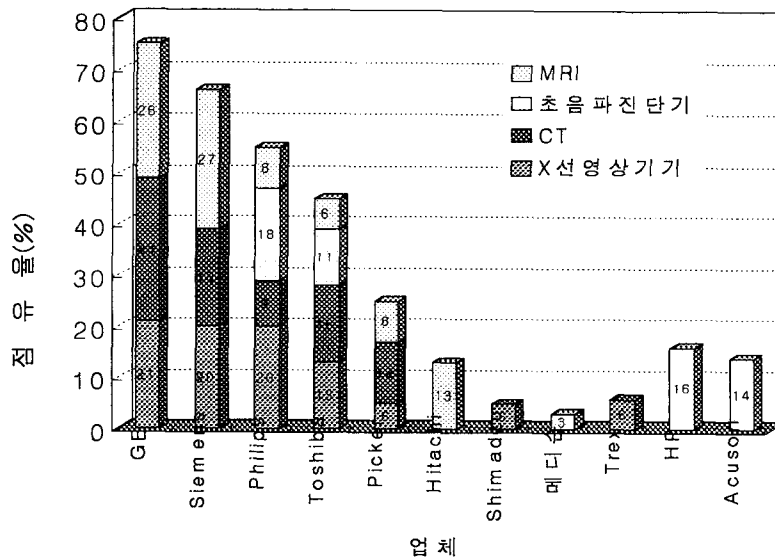
[그림 4-1] 세계의 의료영상기기 시장동향

세계의 주요 의료영상기기 생산업체 현황은 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 세계 주요 의료영상기기 생산업체 현황

업 체	생 산 제 품					
	X선영상기기	CT	초음파진단기	MRI	PET	SPECT
GE	○ (21%)	○ (28%)	○	○ (26%)	○	○
Siemens	○ (20%)	○ (19%)	○	○ (27%)	○	○
Philips	○ (20%)	○ (9%)	○ (18%)	○ (8%)	○	○
Toshiba	○ (13%)	○ (15%)	○ (11%)	○ (6%)	-	-
Picker	○ (5%)	○ (12%)	-	○ (8%)	-	-
Hitachi	○	-	-	○ (13%)	○	-
Shimadzu	○ (5%)	○	○	-	-	-
메디슨	-	-	○ (3%)	-	-	-
Trex	○ (6%)	-	-	-	-	-
HP	-	-	○ (16%)	-	-	-
Acuson	-	-	○ (14%)	-	-	-

자료 : 각 업체의 홈페이지
 주: ○ - 생산하고 있는 제품, () 는 세계시장 점유율



자료: 상동, MEDIC(2000) 재인용

[그림 4-2] 의료영상기기 업체별 세계시장 점유율(1998년)

V. 주요국의 수준 비교분석

정밀의료영상기술 수준과 경쟁력을 비교분석 하기 위하여 다음과 같은 4 가지를 토대로 하여 분석하였다.

- 1) 보건의료분야 정책
- 2) 연구개발 참여기관수와 수준
- 3) 주요국의 관련 특허취득현황
- 4) 주요국의 생산업체의 기술력과 세계시장 점유율

1. 정 책

한국은 「중장기 보건의료기술 개발전략」에 따라 2010년까지 1조6천여 억원을 투자할 계획이고 보건복지부 주관으로 '의료공학기술개발사업' 과 '휴먼의료공학융합센터 지원사업' 등 의료영상기기 개발연구를 지원하고 있다. 그러나 1995년부터 시작되어 아직은 시작단계에 불과하다. 또한 생명공학분야 투자 우선순위가 IT 다음순위로서 미국이나 일본에 비해 정책 우선순위 면에서 뒤떨어진다. 나아가, 한국의 2001년도 보건의료분야 연구개발투자액은 국가 총 연구개발투자액의 7.7%로서 미국의 19.8%, 영국의 14.5% 보다 낮으며 한국의 투자액은 미국의 1/55, 영국의 1/5, 일본의 1/4에 불과하여 열악한 상태이다.

미국은 보건의료분야 국가연구개발 지원체제가 NIH를 정점으로 하여 체계적으로 확립되어 있으며 의료영상기기 개발연구를 전담할 NIBIB가 설립되어 있다. 또한 관련 연구개발 투자 면에서 일본, EU(영국, 독일, 프랑스)보다 6-10배 이상 앞서고 있다. 어떠한 주요국의 보건의료분야 정책은 미국, 일본, EU, 한

국 순이다. 또한 주요국의 보건의료분야 연구개발투자 순위는 미국, EU, 일본, 한국 순이다.

2. 연구개발 기관수와 수준

주요국의 관련 연구기관과 연구분야를 비교해보면 한국은 몇 개 대학과 정부출연연구소 및 10여개 정도의 기업연구소에서 디지털 X선영상기기개발, 디지털 초음파진단기술개발, 나선형 X선CT개발, 초고속 MRI(3T)개발, 저자장 MRI개발, SPECT/PET겸용 감마선단층촬영기개발 등을 추진하고 있으나 연구개발이 대부분 초기단계이므로 기술축적이 필요하다고 본다.

미국의 관련 연구기관과 연구분야를 보면 4개의 국립연구기관과 20개 이상의 대학 연구소에서 X선영상기술, CT, 초음파진단기술, MRI, PET, SPECT 영상처리기술, 뇌과학연구 등 광범위한 수준높은 연구를 하고 있으며, 일본의 경우는 5개의 국립연구기관과 8개 대학에서 X선 CT, MRI, PET, SPECT 영상기술과 뇌과학연구를 하고 있다. EU의 경우는 영국 7개 대학에서 뇌의 MRI연구, 디지털X선, CT, 초음파영상진단기를 이용한 의료영상연구를, 독일 6개 대학 연구센터에서 3차원디지털 영상처리기술 연구를, 프랑스 4개 국립연구소와 대학에서 X선, 초음파, MR영상을 이용한 혈관촬영기술개발과 신경계영상연구를 하고 있다. 따라서 주요국의 의료영상기술 관련 연구기관수와 수준은 미국, 일본과 EU, 한국 순이라 할 것이다.

3. 특허취득 현황

의료영상기술 6개 분야인 X선영상기술, CT, 초음

파진단기술, MRI, PET, SPECT에 대하여 1976-2001년 기간의 한국, 미국, 일본, EU의 분야별 특허 건수를 비교분석한 결과 미국은 CT(2위) 이외의 모든 분야에서 1위이고, 일본은 CT와 MRI 분야에서 1위 다른 분야에서 2, 3위이고, EU는 모든 분야에서 2, 3위를 차지하였다. 한국은 MRI 분야에서 50건, 다른 분야에서 5건 미만의 특허취득을 하여 미국의 1/40, 일본의 1/32, 유럽의 1/27로 매우 취약한 실정이다. 주요국별 6개 기술분야 전체에 대한 특허 취득건수는 미국이 3,833건(40%)으로 1위이고, 일본이 3,125건(32%)으로 2위, EU가 2,645건(27%)로 3위, 한국은 62건으로 미국, 일본, EU, 한국의 총 특허건수 9,665건(100%)의 1%에 불과하다.

4. 업체별 기술력과 세계시장 점유율

<표 4-4>에서 보는 바와 같이 GE는 의료영상기술 6개 분야에서 최고의 기술력과 세계시장 점유율을 갖고 있으며 Siemens와 Philips도 6개 분야의 영상기기를 생산할 수 있는 기술력을 갖고 있으나 세계시장

점유율에 있어 GE에 뒤지고 있다. Toshiba는 6개 분야중 PET와 SPECT를 생산하지 않으며 Hitachi는 X선영상기기, MRI, PET 분야에서만 제품을 생산하고, Shimadzu는 X선영상기기, CT, 초음파진단기 분야에서만 제품을 생산하고 있어 일본업체의 의료영상기기 관련 기술력은 미국이나 EU에 비해 떨어진다고 평가된다. <표 5-1>에서 일본의 특허취득건수가 EU에 비해 많으나 기술력이 EU보다 뒤지는 것은 특허의 제품화율이 낮기 때문인 것으로 생각된다.

주요국 관련 업체의 기술력과 세계시장 점유율을 <표 5-2>에서 분석해 보면 미국은 X선영상기기 분야에서만 2위이고 다른 5개 분야에서 모두 1위이며, EU는 X선영상기기, 초음파진단기, MRI 분야에서 1위이고 다른 3개 분야에서 2위이며, 일본은 5개 분야에서 2위 또는 3위를 차지하고 있다. 한국은 X선영상기기, 초음파진단기, MRI분야에서 최하위이다. 따라서 주요국의 의료영상기기 생산업체의 모든 분야에 대한 전체기술력과 세계시장 점유율은 미국이 1위, EU가 2위, 일본이 3위이고 한국은 다음 순위인 것으로 평가된다.

<표 5-1> 주요국의 관련 특허(1976-2001년)

기술분야	한국	미국	일본	EU	계
X선영상기술	1	1,091	494	763	2,349
CT	4	503	869	253	1,629
초음파진단기술	4	1,069	359	702	2,134
MRI	50	1,009	1,329	797	3,185
PET	-	89	14	68	171
SPECT	3	72	60	62	197
계	62(1%)	3,833(40%)	3,125(32%)	2,645(27%)	9,665(100%)
순위	4	1	2	3	

5. 경쟁력 비교분석

우리나라와 주요국의 의료영상기술 전체 경쟁력은 앞에서 기술한 4가지 항목에 대하여 평가한 결과 <표 5-3>에서와 같이 경쟁력은 미국이 1위이고 다음은 EU, 일본, 한국 순으로 평가된다.

향, 국내의 시장동향 및 업체의 기술력 등을 비교 분석한 것이다. 정밀의료영상기술은 X선영상기술, CT, 초음파영상기술, MRI, PET, SPECT 등 6개 기술분야이다.

주요국의 의료영상기술 전체 경쟁력은 미국이 1위이고 다음 EU, 일본, 한국 순으로 한국은 보건의료분야에 대한 정책의 우선순위, 연구개발투자, 연구인력, 특허취득건수, 관련 업체의 기술력과 세계시장 점유율에 있어 가장 열세를 보이고 있다.

한국의 의료영상기술개발 수준은 1995년부터 정부의 특정연구비 지원이 시작된 상태라 아직 초기단계이고, 국내 의료기기업체의 영세성으로 인하여 집중

VI. 결 론

본 논문은 한국, 미국, 일본, EU 등 주요국의 의료영상기술 관련 산업정책, 연구개발투자, 기술특허동

<표 5-2> 주요국의 관련 업체의 기술력과 세계시장점유율

기술 분야	한국	미국	일본	EU
X선영상기기	4	2 (32%)	3 (18%)	1 (40%)
CT	-	1 (40%)	3 (15%)	2 (28%)
초음파진단기	3 (3%)	1 (16%)	2 (11%)	1 (18%)
MRI	4	1 (34%)	3 (19%)	1 (35%)
PET	-	1	3	2
SPECT	-	1	-	2
전체 순위	4	1	3	2

주): 수자는 순위를 의미함, ()는 기술분야별 시장점유율임

<표 5-3> 주요국의 의료영상기술 관련사항 비교

평가 항목	한국	미국	일본	EU
정책순위/예산	4	1	3	2
연구기관수와 수준	4	1	2	2
특허취득건수	4	1	2	3
업체 경쟁력	4	1	3	2
전체 경쟁력 순위	4	1	3	2

주: 숫자는 순위를 의미함

투자와 복합적인 연구개발이 어려운 실정이다. 따라서 국가적 차원의 조직적인 「선택과 집중」 전략으로 집중지원 함이 필요하다.

정밀의료영상기기 산업의 발전방향은 다음과 같이 요약된다.

- (1) 의료기기의 저침습화, 소형화, 고속화, 정보종합화, 저비용화 방향으로 정밀의료영상기기 산업을 발전시켜야 할 것이다.
- (2) 대학, 연구기관, 병원 등 의료현장에서 의료영상기술 관련 기초연구 수준을 높이고 물리학, 화학, 의학, 재료공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등 학제간 연구를 활성화하며 대학·병원·연구소·기업의 컨소시엄 형태로 선택된 과제에 대하여 집중 지원한다.
- (3) 산·학·연의 연구개발 결과를 특허화 하는 것을 장려하고 특허기술을 관련기업이 제품화 할 수 있도록 정부차원의 지원이 필요하다.
- (4) 「정밀의료영상기술 발전 중장기계획」을 수립하여 정부차원의 연구개발 투자규모를 확대하고 인력양성과 연구개발을 병행토록 하는 것이 바람직하다고 본다.

참 고 문 헌

- 과학기술부(2002), 「2001년도 국가연구개발투자분석 결과」, 4.
- 보건의료기술 연구기획평가단(1999), 사업소개 자료.
- 일본특허청(2001), 「의료기기에 관한 기술동향」, 특허 조사보고서.
- 전자의료기기 종합정보지원센터(MEDIC)(2000), 「전자의료기기 산업의 분야별 R&D 동향」.
- Committee on the Mathematics and Physics of Emerging Dynamic Biological Imaging, National Research Council, *Mathematics and Physics of Emerging Biological Imaging*(1996), Chapter 2, X-ray Projection Imaging pp. 13-21, Chapter 5, Single Photon Emission Computed Tomography pp. 89-103, Chapter 6, Positron Emission Tomography, pp. 105-120. U.S. National Academy Press. (<http://www.books.nap.edu>).
- DTI, OST, *The Science Budget 2001-02 to 2003-04*.
- Frost & Sullivan(2000), *U.S. Medical Imaging Industry Outlook*. (<http://www.frost.com>).
- Frost and Sullivan(1999), 「세계의 영상진단기기 시장 동향」.
- NSF/DSRS(2002), *Survey of Federal Funds for R & D : 1999-2001*.
- OECD(2000), *Basic Science and Technology Statistics*.
- 일본 경제산업성, 「2002년도 예산요구개요」.
- 일본 후생노동성, 「2001년도 예산」.
- <http://www.comp.leeds.ac.uk/comir/resources/links.html>
- <http://www.nasamedicalimaging.com/technologies.cfm>
- <http://www.mext.go.jp/menu/shinkou/hojyo/020801.htm>
- <http://www.cnrs.fr>