

## 국내외 초전도 MRI 개발 역사

이 해근  
고려대학교 신소재공학부

### 1. 서론

1895년 뢰트겐이 X-선을 발견하여 의학의 새로운 장을 연 것과 더불어 현대물리학의 응용으로 CT(Computer Tomography)와 함께 MRI(자기공명영상)은 의학의 새로운 신기원을 열었다. MRI는 CT보다 좀 더 발전된 형태이고 최근에 개발된 의료기술이라고 할 수 있다. MRI의 장점 등을 열거하자면 대조 해상도가 우수하고 생체의 영상을 원하는 어느 단면으로도 선명하게 만들 수 있으며, 생체 분광분석이 가능하며, 유해한 방사선이 나오지 않으며, 혈류의 상태와 같은 기능적 정보를 얻을 수 있고, CT에서 뼈에서 흔히 생기는 X-선경화인공물(beam hardening artifacts)이 없으며, 많은 펄스파형을 쓸 수 있다는 점 등을 들 수 있겠다. MRI는 신체 내부의 영상을 구획적으로 얻도록 도와주는 현대적이고 정확한 의료장비로서, MRI장치에서 만들어지는 강력한 자장 내에서 신체조직의 원자핵은 전자신호를 발산하게 되며 이 신호들은 환자 주위의 원형 안테나에 의해 포획되며 컴퓨터에 의해 각 신체부위에 해당되는 영상으로 보여지는 원리를 이용한다. 본고에서는 국내외 MRI 개발 역사와 기술 동향에 대하여 간략하게 논하고자 한다.

### 2. MRI 기본 원리

MRI 시스템에는 냉각장치를 포함하는 마그넷 시스템, 경사자장 코일, 경사자장 앰프 등을 포함하는 경사자계 시스템(gradient system), RF 코일, RF 앰프, RF 전송장치, RF 수신장치 등을 포함하는 고주파 RF 시스템(RF system) 및 스캔제어부, 주파수 발생장치, 신호처리 장치를 포함하는 여러 주변장치들로 구성된다. 각각의 장치들은 spectrometer의 main processor에 의해 제어됨으로써 서로 유기적으로 동작되어 진다. NMR

의 경우와 마찬가지로 만약 자장이 틀리면 기본적으로 신호/잡음비가 틀려지게 되므로 모든 MRI 장비는 시료로부터 정보를 수집하고자 하는 관심 영역에서 균질하고 정적인 자장을 갖는 초전도 전자석이 필수적이다.

MRI는 자장을 순간적으로 발생시켰다 제거할 경우, 인체 내부 물질이 반응하는 정도를 컴퓨터로 처리해 영상을 만들게 되므로 강력한 자장을 발생하는 MRI 장비일 경우 신호 대 잡음비(SNR)의 증가로 공간 분해능 및 시간 분해능이 획기적으로 향상되며 따라서 영상의 해상도가 더욱 선명해지게 된다. 초창기에는 0.004~0.3 T 급의 상전도 자석용 MRI가 보급되었으나, 현재는 영상의 해상도를 높이기 위해서 0.5~3 T 급의 초전도 자석을 사용한 MRI가 대부분이며, 따라서 요즘 일반 병원에서 사용하는 MRI는 1.5~3 T로 해상도는 1 mm 수준이다. 그러나 영상과 함께 수소이외의 탄소나 인의 스펙트럼에 의한 에너지 대사 정보를 검출하기 위해서 대학이나 종합병원에서는 4 T 이상의 높은 자장을 갖는 MRI의 요구하고 있는 추세이다. 현재 널리 쓰이는 MRI의 공간 분해능이 수 밀리미터이고 시간 분해능이 수 초인데 비해 자장이 7 T 급 이상이 되면 머리카락 정도의 공간 분해능 및 수 밀리 초의 시간 분해능이 가능하게 되어 뇌 혹은 혈관 등의 영상이 획기적으로 개선된다.

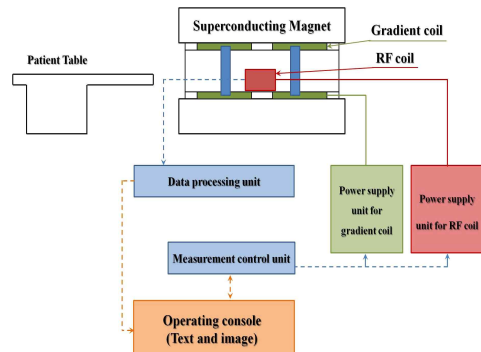


그림 1. MRI 시스템의 구성도.

최근에는 7 T MRI 개발에 뒤쳐진 프랑스와 일본이 11.7 T MRI 제작 개발에 주력을 하고 있는 가운데 사실상 새로운 X선이나 CT를 개발한 과학자들이 노벨상을 탄 데서 알 수 있듯이 고자장 MRI 초전도 마그넷 개발은 전 세계적으로 국가간의 자존심을 건 최첨단 의료진단 기술의 확보라는 차원에서 매우 중요하다고 하겠다.

### 3. 국내 개발 역사

MRI 시스템 개발 분야는 크게 초전도 마그넷 시스템과 MR Imaging 시스템으로 구분 지을 수 있으며, 국내에는 초전도응용기술에 관한 기술기반이 취약하여, 초전도 마그넷 개발 보다는 Imaging 분야에서 먼저 개발이 시작되었다. 국내 MRI 개발 역사는 1981년에 당시 금성사(Gold Star)와 함께 당시 KAIST에서 제작하였던 조장희 박사 연구실에서 초전도가 아닌 상전도 0.1 T MRI용 RF 및 Gradient Coils, Spectrometer를 포함하는 MR Imaging 시스템 개발로 거슬러 올라간다. 그 후 1983년도에는 0.15 T MRI 개발에 성공하였고, 그 이듬해인 1984년도 금성사에 의해 상용화를 시도하였다. 또한 조장희 박사팀은 1985년도에 들어서 세계 최초로 초전도 마그넷이 장착된 2 T MRI (일명 "KAIS 2.0") 개발에 성공하여, 1988년도에는 역시 금성사가 상용화를 위한 작업에 착수하기에 이른다. 결국에는 금성사의 상업화 시도는 성공하지는 못하였으나, 조장희 박사팀의 연구성과로 MR Imaging 분야에 관련 많은 전문가를 배출하여, 그 후 메디슨(메디너스), 에이아이랩, 아이솔테크놀로지, 카이 등과 같은 MRI 전문벤처기업을 창업하는 계기가 되었다.

1995년도 삼성 생명과학 연구소 의료기기 연구팀 내 MIS팀 발족과 함께 국책 연구과제인 보건복지부 G7 의료기술개발 사업의 일환으로 개방형 자기공명영상장치 개발이라는 연구과제(과제명: 0.32 T Open MRI)를 시작, 1999년에 완료되었다. 이로 인해 2000년 삼성전자 벤처사업팀 내 MRI 사업화 팀이 발족하게 되며, 그 후 2001년도에는 벤처기업인 (주)에이아이랩(AILab)의 설립으로 상용화 단계에 이르게 된다. 또한 1998년 설

립된 (주)한메는 2000년 회사명을 (주)아이솔테크놀로지(ISOL)새롭게 변경하고 세계 3번째로 능동 차폐형(active shielding) 3 T MRI를 자체 개발에 성공하여 KIASST 뇌과학연구소에 납품을 완료하게 된다. 또한 (주)아이솔테크놀로지는 2000년에 1.5 T MRI ("CHORUS"), 2001년에 0.5 T open MRI ("ENCORE"), 그리고 2008년에는 0.35 T MRI ("RELAX")를 순차적으로 개발, 생산하여 국내는 물론 일본, 중국 및 동남아 지역에 납품하게 된다.

한편 1995년에 대표적 의료기기 회사인 메디슨 내에 MRI 사업부가 신설되었고, 2000년 MRI 전문 벤처 기업으로 거듭난 (주)메디너스는 상용화 시스템인 MAGNUM 1 T / 1.5 T / 3 T MRI 개발에 순차적으로 착수하게 된다. (주)메디너스는 완벽하고 빠른 A/S를 기본으로 성능 면에서 우수하고, 무엇보다 PC를 기반으로 한 편리한 운영체제를 도입하여 현재 70여 개의 국내외 병원에 설치하게 된다. 특히 MAGNUM 1 T / 1.5 T MRI는 1995년부터 2002년까지 보건복지부 G7 의료기술개발 사업의 일환으로 개발되었으며, MAGNUM 3 T MRI는 산업자원부 중기거점기술개발사업(사업명: 초고속 핵자기공명 진단기기의영상처리기술개발) 등의 과제지원을 통하여 제작을 완료하게 된다.

그러나 MRI 전체 가격 원가의 60~70 % 이상을 차지하는 초전도 마그넷은 전량 영국, 일본, 독일 등에서 수입하여 완제품을 판매하였기 때문에 GE, 지멘스, 도시바 등의 대기업의 가격경쟁력에서 밀려서 메디너스, 카이가 도산을 하였고, 아이솔 역시 최근 히다치가 인수하게 되어 국내에 초전도 MRI 기업은 전멸하게 된다. 다만 AILAB만이 영구자석을 이용한 0.3 T 미만의 저자장급 MRI를 시판하고 있는 실정이다. 참고로 2007년도까지 국내에 설치된 MRI의 87 %는 GE, 히다치, 지멘스, 필립스 등의 수입제품이며, AILAB, ISO, 메디슨에서 제조된 국산 MRI의 점유율은 13 % 미만으로 조사되어, MRI의 수입의존도가 심각한 수준임을 알 수 있다.

MRI용 초전도 자석 개발의 경우를 살펴보면, 한국전기연구소(KERI)에서 1991년 12월부터 1996년 5월까지 통상산업부의 생산기술개발사업의 일환으로 "저온 초전도선재 개발"연구를 수행함과 동시에 MRI용 초전도선 및 동물화상실험용 초전도 자석의 개발을 동시에 수행하게 된다. 이로 인하여 국내에서

## 고자장 magnets 개발 특집

최초로 MRI용 초전도 마그넷의 핵심소재인 초전도선 및 동물화상실험이 가능한 크기인 상온 보아 직경이 210 mm인 2 T 급 초전도 마그넷이 개발되는 기틀을 마련하게 된다. 이후 한국전기연구원에서 1998년부터 2002년까지 “고자장 자기공명영상장치 및 초전도 자석 개발” 과제를 통해 1.5 T급 전신촬영용 MRI와 MRI용 3 T급 고자장 초전도 마그넷 개발에 성공하게 된다. 그러나 불행이도 참여기업의 경영 악화로 MRI 사업화가 지연되면서 현재까지 국산 초전도 MRI의 시장진입이 이루어지지 않고 있고, 아울러 MRI용 초전도 마그넷에 대한 연구도 잠정적으로 중단되는 안타까운 상태에 이르게 된다.

한편 2005년도에는 가천의대 뇌과학연구소의 조장희 박사팀이 외국에서 7 T급의 MRI 및 양전자 방출 단층촬영기 (PET: Positron Emission Tomography) 도입하고, 뇌과학연구센터를 구축하게 된다. 이로 인해 PET과 연계하여 인간 뇌의 대사기능 및 해부학적 영상을 고해상도로 동시 추출을 가능케 하여 암의 전이나 발병부의 정확한 진단이 용이하게 되었으며, 더불어 치매, 뇌성마비와 같은 뇌질환 연구의 활성화에 커다란 기여를 하게 된다. 이러한 연구 분위기로 최근에 MRI용 고자장 초전도 마그넷의 국산화를 위한 연구개발 필요성이 다시 대두되기 시작하였고 최근에는 14 T급 초고자장 MRI 구축을 위해 많은 노력을 기울였으나 결국 성사는 되지 못하는 아쉬움을 남기게 된다.



그림 2. 가천의과대학 길병원 뇌과학 연구소.

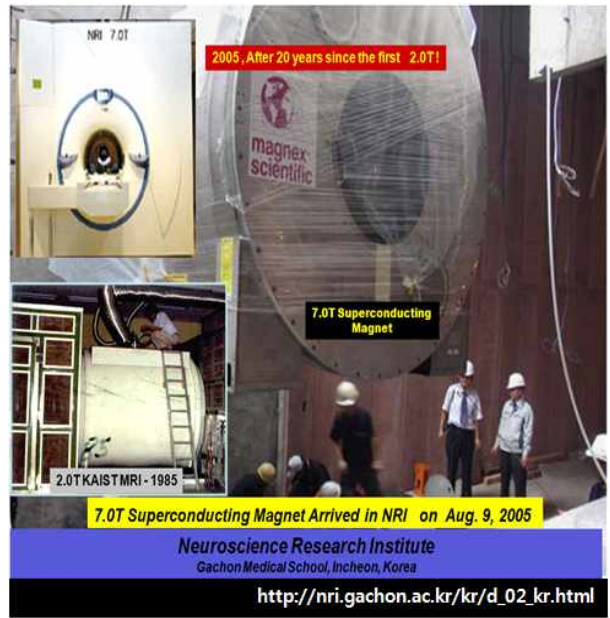


그림 3. 7 T MRI 시스템을 구축, 가천의과대학 뇌과학 연구소, 2005년.

### 3. 국외 개발 역사

해외의 경우 MRI에 관한 본격적인 연구개발은 1973년 뉴욕주립 대학교의 Latebur에 의한 경사자장 개발로부터 시작되었다고 본다. 그는 NMR 분광기를 변형시킨 장치로 물이 채워진 두 개의 모세관의 NMR 단면상을 최초로 촬영하는데 성공하였다. 그 후 1975년에는 Damadian에 의해 동물영상이 세계 최초로 얻어졌고, GE사의 Bottomley는  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy,  $^{31}\text{P}$  NMR spectroscopy,  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy를 1.5 T 초전도 마그넷으로 영상한 후, DRESS(depth resolved surface-coil spectroscopy)로 나타내었다. 이 성과는 생체의 spectroscopy나 1.5 T의 영상으로서도 획기적이었으며, 그때까지 1.5 T 영상에 관해서는 RF의 심부 도달 능력이 낮았으므로 정자장  $H_0$  강도와 함께 S/N비는  $H_0$  3/2의 값으로 증가하여도 영상이 좋지 않고, 중자장 이상에서는 생체내의 와전류손실로 NMR 신호의 감쇄가 심하여 0.3 T 급 상전도 마그넷을 이용한 MRI가 개발되기 시작하였다.

1983년도에는 임상용 MRI의 첫 시작품이 개발되면서 마침내 FDA의 승인을 얻어 전세계의 병원에 본격적으로 보급되기 시작하였

다. 이로 인하여 이전까지 X선-CT로는 얻기 힘들었던 생체 조직의 외관뿐만 아니라 조직의 내부와 병소의 시간적 변화나 생체기능까지도 연구할 수 있게 되면서 세계적으로 의료 기술의 수준을 한 차원 높이는 데 큰 기여를 하게 된다. 최근에는 미국, 유럽에서 고자장 및 고균등의 자장을 발생시킬 수 있는 다양한 형태의 초전도 마그넷을 개발하여, 인체 내의 해부학적 구조를 촬영하는 단순한 기능에서 벗어나, 병세의 진단, 각종 인체조직의 정상유무를 비파괴적으로 검사하고, 나아가 치료의 기능을 가미한 spectroscopy기능이 강화된 차세대 MRI-CT(MRS)를 판매하고 있다.

또한, 폐쇄공포증 환자나 소아촬영, extremity 검사를 위해 영구자석을 이용한 0.3 T급 open MRI와 open MRI 보다 해상도가 더 우수하고, 수직 개방도가 크고, 촬영 시간을 절반으로 줄이고(10~20 분), 기존 폐쇄형 MRI용 초전도 자석의 길이(3 m)를 절반(1.4 m)으로 축소한 short-bore MRI와 실시간으로 MR 영상을 얻으며 동시에 수술을 하는 MR 중재적 시술(MR interventional)과 환자 맞춤형 MRI(dedicated MRI)가 시판 보급되기 시작하였다. 영상촬영 기법도 급속한 발전을 보여 90년대 초반에 active shield gradient coil이 개발되어 고속영상 촬영기법들이 본격적으로 개발되기 시작하였으며, EPI, 실시간 영상법, Angiography 등이 개발 보급되었고, 고자장 및 고속 영상기법을 이용하여 신경의 기능을 영상화한 뇌기능영상법(functional MRI)등이 도입되었다.

최근에는 뇌기능의 규명 등 MRI의 기능을 한 차원 높일 수 있는 functional MR Imaging과 Spectroscopy의 기능을 확장하여 MR Image로부터 특수 부위의 구조, 성분, 상태 등을 정량적으로 분석하여 질병의 종류 및 진단 상태 등을 정확하게 검진할 수 있는 fMRI 및 MRS의 기능이 부가된 차세대 고자장 MRI의 개발이 활발히 진행되기 시작하였다. 현재 4.7 T급 고자장 MRI가 임상시험용으로 보급되어 있으며, 미국의 Ohio 대학에 800 mm의 상온 bore를 갖는 8 T급 고자장 MRI가 구축되었고, Minnisota 대학에서는 7 T, 900 mm bore의 고자장 MRI를 설치하였다.

한편 전신촬영용으로는 세계 최고 자장인

9.4 T MRI 장비가 시카고 소재 일리노이대학 (University of Illinois at Chicago, UIC) 병원에 도입되어 성공적으로 운영되고 있다. 이 장비로 인하여 인간의 뇌에서 일어나는 생물학적 과정을 실시간으로 관찰할 수가 있게 되었다. 사전 안전성 실험을 위해 건강한 12명의 남성과 13명의 여성이 자원을 했고 무작위적인 순서로 9.4 T 스캐너에 이들을 노출시킨 후 실험 전후의 심장박동수, 혈압, 호흡률 및 기타 중요한 수치를 비교해 본 결과 특별한 차이가 없는 것으로 드러났다. 이 실험에서 가장 흔히 나타난 불편한 증상은 자장 속으로 들어갈 때 느끼는 현기증이었으며, 한두 명의 자원자가 입에서 금속 맛이 나고 메스껍고 눈에 불뚱이 튀는 것을 경험했다고 한다. 그러나 이런 증상은 일단 자장 속으로 들어가 있으면 사라지는 것으로 확인되었다. 결국 실험결과 9.4 T 자장이 안전에 문제가 없다는 결론이 내려졌고, FDA가 요구하는 안전실험이 완료되었다. 이로 인하여 2003년까지 8 T까지만 허용이 되었으나 안전성에 대한 자료가 확보되면서 FDA의 제한도 상향 수정되었다. 이외에도 전신촬영용 10.3 T MRI 시스템이 미국 CMRR에 설치 예정이다. 또한 최근에는 상온 bore 사이즈는 700 mm 이나 최고의 자장을 자랑하는 11.7 T/700 mm MRI 시스템이 Bethesda에 위치한 NIH Laboratory of Functional and Molecular Imaging에 설치 완료되어 많은 주목을 받았다.

현재 진행되고 있는 명실상부한 세계 최대 자장 (11.75 T) 및 최대 상온 bore (900 mm)를 갖는 MRI용 초전도 마그넷 개발 계획은 프랑스 CEA life science division의 neuroscience research center (Neurospan center)가 독일과 공동으로 2013년까지 제작완료를 목표로 하는 Iseult/Inumac 11.75 T whole body MRI 시스템 구축 프로젝트이다. 초전도마그넷의 경우 그 동안 MRI 자석 개발에 활용된 적이 없는 Tore Supre 토코막 핵융합 장치의 초전도 자석 기술을 활용하여 더블 팬케이크(double pancake) 형태의 코일을 적층하는 방식을 취하고 있다. 이로 인하여 많은 더블 팬케이크 간의 초전도 접합 문제가 해결되지 않아 영구전류 모드(persistent currentmode) 운전 방식이 아닌 지속적으로 전류를 인가



그림 4. University of Illinois at Chicago (UIC)대학 병원에 설치 운영 중인 전신촬영 용으로는 세계 최고 자장인 9.4 T의 MRI 시스템.

(driven mode)하는 방식을 채택하였고, 10 센티미터의 반경 내에 0.05 ppm의 자장 균일도 및 분당  $10^{-10}$  이내의 안정성을 구현하는 목표로 개발 중에 있다. 마그넷의 직경 및 길이는 각각 4 m, 상온 보어 900 mm, 저장에너지는 약 340 MJ이며 전체 중량은 대략 105 톤 정도로 예상되고 있다. 또한 마그넷에 연결된 저항에 최대 4000 볼트의 전압이 걸리리라 예상되며 초전도 선체에 인가되는 압력도 170 MPa에 이를 것으로 본다. 그러나 많은 전문가들은 목표 달성에 회의적인 반응을 보이고 있으나, 만약 이러한 초전도 마그넷이 성공적으로 완성된다면 향후 고자장 MRI 마그넷 개발의 새로운 이정표가 되리라 기대된다.

#### 4. 대표적인 상용화 MRI 제작회사

대표적인 상용화 MRI 제작 공급회사들은 전 세계적으로 유럽, 미국, 일본 등지의 회사들로 대표할 수 있으며, NMR 제작 및 상용화에 성공한 주요 회사들과 거의 일치하고 있다고 본다. 특히 고자장(Ultra High Field, UHF) MRI 시스템 부분에 있어서는 MAGNETOM 7 Tesla을 대표제품으로 앞세우는 독일의 Siemens가 선두그룹에 있다고 본다. Siemens는 최근 MRI 마그넷 공급업체로 명성을 널리 날린 영국 Oxford사를

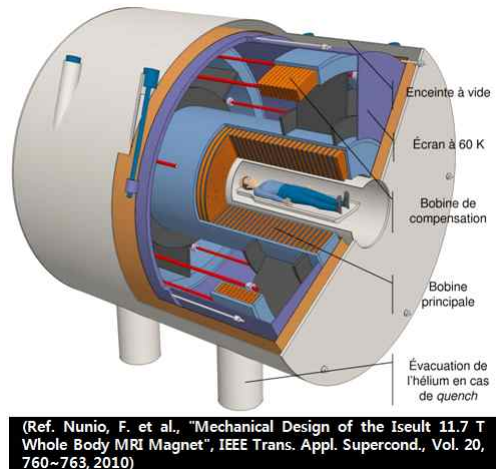


그림 5. 프랑스 CEA Neurospan center에서 개발 중에 있는 Iseult 11.75 T MRI 시스템 개략도.

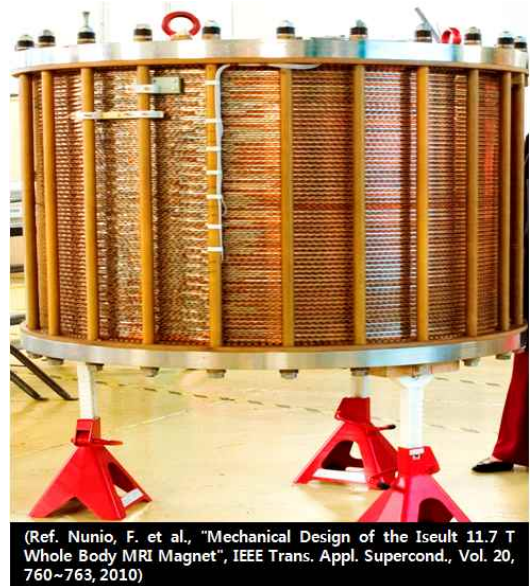


그림 6. Iseult 11.75 T MRI SEHT test station (8 T test station)용 16개의 더블 팬케이크로 구성된 prototype 마그넷의 모습.

인수하여 다른 업체로의 MRI 자석 공급을 원천적으로 봉쇄하는 사업 전략과 맞아 떨어져 현재 상용화 MRI 시스템의 전 세계시장 점유율은 27 %로서 미국 GE사에 이어 세계 2위를 달리고 있다. 최근 1990년에서 2010년 3분기까지 업체별 국내 판매 실적만 보더라도 전체 판매의 25 %가 Siemens 제품이다. 전 세계적으로 7 T 이상의 MAGNETOM UHF MRI 시스템이 현재까

지 관련 연구기관에 총 40여기가 설치되었다. 최근에는 고자장(UHF)에서 초고자장(Extreme High Field, EHF)로의 기치를 내걸고 11.7 T를 앞서는 14 T 급 MRI 제작에 많은 관심을 보이고 있는 중이다.

초고자장 NMR 마그넷에 있어서는 독보적인 회사로는 최근에 1-GHz NMR 상용화 개발에도 성공한 Bruker가 있다. MRI 시스템의 경우 주로 전신촬영용이 아닌 pharmaceutical 또는 biomedical 연구나 Molecular 및 Preclinical Imaging을 위한 작은 상온 bore 사이즈를 갖는 Animal용 MRI 시스템이 주요 상용화 제품이다. 고자장 MRI는 주로 주문자 제작에 의해서만 제작 납품하고 있다. 특히 Bruker BioSpin이라는 UHF 17 T preclinical MRI 제품은 상온 bore가 250 mm인 17.6 T horizontal MRI 시스템으로서 작은 동물용 실험이 목적이며 microscopic scale의 해상도를 자랑하는 최첨단 MRI 장비이다.

네덜란드의 Philips는 유럽을 대표하는 또 다른 MRI 제작회사로서 2000년과 2003년 사이에 헬스 관련 여러 회사들을 인수 합병하는데 약 50 억 유로를 투입하여 헬스케어 사업부의 규모를 두 배로 증가시키면서 이 시장에서 세계적인 선도 기업으로 자리 매김을 하고 있다. 또한 2006년 11월에 MRI 시스템에서 사용하는 초진도 마그넷의 주 제조업체이며 특수 MRI RF (Radio Frequency, 무선주파수) 코일 공급업체인 Intermagnetics General Corporation (IGC)을 인수함으로써 실질적으로 MRI 시스템 출시 시간이 단축되어 전 세계 MRI 시장에서 필립스의 입지가 강화 되었다고 본다. Philips는 상용화 MRI 시스템의 전 세계시장에서 16 %라는 점유율을 차지하고 있다. 특히 1.5 T & 3 T Mobile MRI를 출시하여 거동이 불편한 환자들을 직접 방문 촬영하고, 그 결과를 병원으로 직접 mobile로 송취하는 방식의 이동형 MRI 운영하여 각광을 받고 있다.

미국의 경우, 뛰어난 시스템 안정성을 자랑하는 중저자장 3 T 급 이하의 Brivo™ 및 Signa™ 시리즈를 출시하여 호평을 받고 있는 General Electric Co. (GE)는 상용화 MRI 시스템의 전 세계시장 점유율만을 보더라도 전체의 29 %로서 단연 선두로 달리고 있다. 또한 최근 1990년에서 2010년 3분기

까지의 MRI 시스템 국내 판매 실적은 업체별 전체 판매의 25 % 차지하고 있다. 최근 일리노이(UIC)대학에 설치된 전신촬영용으로는 최대 자장인 9.4 T의 MRI 시스템을 설치 완료했다. 특히 새롭게 7 T 급 MRI 제작 및 판매 활로를 위해 일본과 이탈리아에 새로운 파트너를 찾고, 이에 더하여 EHF MRI 마그넷 제작에도 투자를 아끼지 않겠다는 포부를 보이고 있다.

2004년에 NMR/MRI 마그넷 분야에 있어서는 독보적인 Magnex Scientific을 인수 합병한 Varian은 1982년도 창립 이래 Magnex가 세계 최초로 개발되었던 수많은 MRI 및 fMRI Magnet System의 화려한 명성과 독보적인 기술을 그대로 이어 받는 등 엄청난 시너지 효과를 보고 있다. 참고로 Varian에게 인수되기 전까지의 Magnex가 NMR/MRI 마그넷시스템 부분에 있어서 세계 최초라는 수식어를 붙일 만한 업적들을 보유하고 있었다. Varian은 2009년 말까지 Mid-bore 사이즈인 290 mm에 불과하지만 14.1 T 외 16.4 T MRI 시스템 개발에 성공하고, 최근에는 상온 bore가 680 mm인 14 T 급 MRI 개발을 위해 준비하는 등 EHF MRI 분야를 선도적으로 주도해 가고 있는 상황이다.

일본의 경우는 Hitachi 와 Toshiba가 대표적인 상용화된 MRI를 판매하는 회사로 정평이 나 있다. 두 일본회사의 MRI 시스템 국내 판매 실적은 최근 10년간 업체별 전체 판매량의 20 % (Hitachi: 15 %, Toshiba: 5 %)를 점유하고 있다.

Hitachi는 자회사인 Hitachi Medical Corporation을 통하여 0.2~1.5 T 급 MRI를 주력 상품으로 내세우고 전 세계 자사의 네트워크를 이용한 공격적인 마케팅으로 일본 회사 중에서 가장 좋은 판매 실적을 내고 있다. 2000년도 이후 국내에만 약 100대 이상의 MRI를 판매하는 기록을 세우기도 하였다. Toshiba의 경우도 Toshiba Medical Systems Corporation을 통하여 주력 상품인 1.5 T 급 Vantage™ MRI 시리즈를 전 세계를 상대로 판매하고 있다. 특히 KLAS에서는 매년 Medical Equipment Report를 통하여 MR, CR, CT, X-ray, Ultrasound 등을 포함하는 8개 주요 healthcare 시스템 분야의 대하여 “Best in KLAS medical

표 1. 대표적인 상용화 MRI 제작 공급회사

국가	MRI 제작 공급회사 및 도시명
미국	General Electric Co., Milwaukee, Wisconsin
	Varian Inc., Palo Alto, CA
	Picker International Inc., Highland Heights, Ohio
	Diasonics Inc., San Francisco, California
	Tchnicare, Solon, Ohio
	Fonar Corp., Melville, New York
	Stern Magnetics, Billerica, MA
일본	Hitachi Medical Corp., Tokyo
	Toshiba Medical Systems, Tokyo
	Sanyo Electrical Medical Co. Ltd., Osaka
	Shimadzu, Tokyo
유럽	Siemens Aktiengesellschaft, Erlange, 독일
	Bruker Medizintechnik GmbH, Rheinstetten, 독일
	CGR Koch and Sterzel, Essen, 독일
	Philips, Amsterdam, 네델란드
	Oxford Research Systems, Eindhoven, 네델란드
	M & D Technology, Aberdeen, 영국
	Instrumentarium Oy, Helsinki, 핀란드
	Elscent Ltd., Haifa, 이스라엘
중국	Shenzhen Anke High-tech Co., Ltd.

지하는 영예를 차지하기도 하였다.

### 5. 맺음말

1998년 “뇌 연구 촉진법”을 통해 10년간 (1998~2007) 총 4106 억 원을 투자하여 국내에서 뇌 연구 촉진을 위한 국가 연구개발 정책의 기본 틀을 확립하였다. 국내에서는 주로 대학을 중심으로 연구가 이루어지고 있으며, 연구소나 기업의 활동은 소수를 제외하고는 선진국에 비해 아직도 미미하다고 볼 수 있다. 2009년에는 국내에서도 국립뇌연구소 설립을 추진하기 시작하였다. 반면 상용화란 측면에서는 현재 국내에서 시판되는 상용화급 MRI의 국산화율은 40 %도 못 미치는 수준이며, 대부분 수입에 의존하고 있다. 특히, MRI 원가의 60~70 %를 차지하는 초전도 자석은 전량 수입에 의존하고 있어 조만간에 국산화가 이루지 않을 경우 대외 무역 역조가 갈수록 심화되어 국가 경제에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상황에 이르렀다. 저자장 급 초전도 MRI 자석은 한국전기연구원에서 국가 과제를 통해 대부분 국산화하였으나, 극저온 냉동기, LHe level sensor & gauge는 주로 유럽(Oxford, Otokumpu), 일본(Sumitomo), 미국(Leybold, AMI, Lakeshore)으로부터 전량 수입을 해야 하는 실정이고, MRI의 자장 보정 시 사용되는 자장 측정용 NMR probe 또한 외국에서 공급되고 있어 모든 소재 및 부품을 자체 생산하는 외국 제품과의 가격경쟁에서 원가 하락의 한계가 있는 참으로 안타까운 실정이라 아니 할 수 없다.

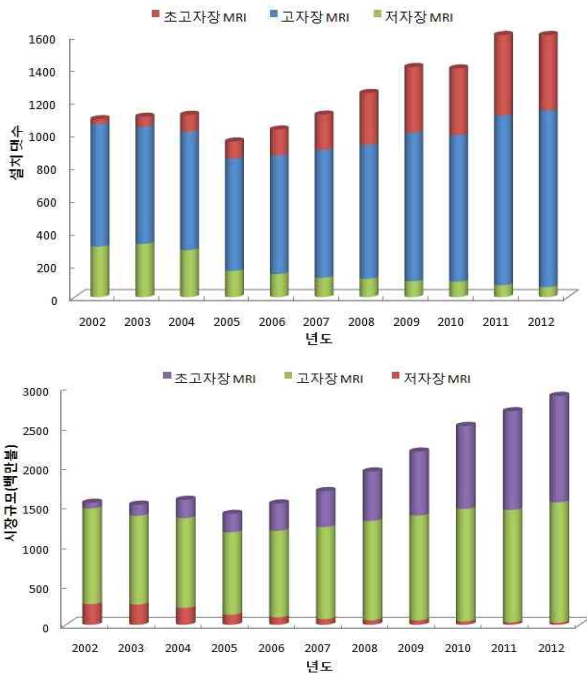


그림 7. 전 세계 MRI 보급현황(위) 및 시장규모(아래).

equipment vendor products”이라는 상을 수여하고 있는데, 4~5년 전만해도 MR 분야에서는 Toshiba Vantage™ 시스템이 고객 만족도 및 성능의 우수성을 인정받아 전 세계 모든 1.5 T 급 MRI 시스템 중에서 1위를 차

### 저자이력



#### 이해근(李海根)

1986년 고려대 공대 재료공학과 졸업, 1987~1995년 미국 일리노이(시카고)대 재료공학과 졸업(공학석사, 공학박사), 1995~1997년 MIT, FBML, 박사후과정, 1997~2006년 MIT, FBML 연구교수, 2006~현재 고려대학교 신소재공학부 교수.