

## 1.0 Tesla 자기 공명 진단 장치의 개발

이흥규, 오창현\*, 안창범\*\*, 장용호, 신 동희+, 이근남\*\*, 장기현+++  
(주)메디슨, 고려대학교\*, 광운대학교\*\*, 파워테크+, 동보시스템\*\*, 서울대학교+++

### Development of 1.0 Tesla Compact MRI System

H.K. Lee, C.H. Oh\*, C.B. Ahn\*\*, Y.H. Chang, D.W. Shin+, K.N. Lee\*\* and K.H. Jang+++  
Medison Ltd., Korea Univ.\*, Kwangwoon Univ.\*\*, PowerTec+, Dong-Bo System++  
and Seoul National Univ+++

#### 요약

1차년도 G-7 개발 과제로 수행된 자기 공명 진단 장치 (Magnetic Resonance Imaging System)의 개발 내용을 간략히 소개하였다. 성공적인 1T Compact 자기 공명 진단 장치의 완성을 위해 일차적으로 (1)RF (고주파), Gradient(경사 자계), Spectrometer 등의 Hard-ware 관련 MRI 핵심 부분, (2) RF, Gradient, Spectrometer, Magnet 등의 각 Sub-system을 연결, 조합, 조정하여 하나의 체계적인 시스템으로 통합하고 운영하는 과정(System Integration), (3)사용자와 시스템을 연결하는 User Interface, Data Base Management, Real time 운영 SW 등과 (4)임상에 적용하여 구체적인 성능과 효용성을 확인하는 기술 등에 대하여 집중 연구하였다. 개발 방법은 (1)지난 16년간 국내에 축적된 연구 개발 인력들을 최대한 활용하고 (2)연구 개발을 국제화 시켜 필요한 경우 부분별로 개발 인력을 해외에서 보완하고 (3)소수 정예 전문 인력 주의와 요소 기술 또는 중요 부품을 경쟁성 검토 후 필요 시 Out-sourcing 활용으로 최저의 비용으로 개발 기간을 최소화 하는 데 두었다.

개발된 1.0 Tesla 자기 공명 영상 장치는 미국 물리 학회에서 규격화한 Phantom 및 임상 적용을 통하여 서울대 의대 연구 팀과 지속적으로 성능을 평가해왔다. 개발된 시스템의 해상도는 256 x 256 head 영상에서 1mm 이하의 해상도를 가짐을 resolution phantom 을 통하여 확인할 수 있었고, 512 x 512 영상에서는 약 0.5 mm 의 물체를 분리해냄으로써 외제 시스템들 보다 우수하게 평가 되었다. 차폐 경사 코일의 Eddy current 영향은 2% 이내로 촬영 시 영향은 거의 무시할 수 있었다. 또한, 개발된 영상 기법들, 즉 Multislice/Multi Echo, Oblique angle imaging, 64 Echo train을 갖는 고속 촬영 기술들이 자기 공명 장치에 장착되어 임상 적용 에 문제가 없도록 하였다. 또한 20mT/m/Amp의 강력한 능동 차폐 경사 자계 코일(Active Shield Gradient Coil)을 기본 사양으로 하고, 수신단을 최대 6개로 확장토록 하여 2차년도의 초고속 촬영 기법(EPI) 및 Phased Array 코일 촬영이 가능토록 하였다.

1차년도 개발 과제 수행 결과와 향후 개발 과제를 바탕으로 최종 목표인 국제 경쟁력이 있는 자기 공명 진단 장치 즉 기능과 영상의 질은 선진국 제품과 동일하거나 우수하되, 저가격을 구현한 상용화 제품이 완성되어, 첨단 의료기기로서 산업 구조 고도화에 기여하고 수입대체 뿐만 아니라 수출을 통한 국익 창출과 국가의 기술을 통한 위상 제고에 기여될 것 기대한다.

I. 서론

현대 사회가 고도화되고 국민 생활 수준이 향상됨에 따라 의료 분야도 첨단기술의 접목으로 새로운 의료 장비들의 개발과 신규 수요가 급증하게 되었다. 그 중 자기 공명 진단 장치는 최신 영상 진단기로 고가의 장비임에도 불구하고 넓은 진단 범위, 다양한 진단 방법, 정확성 및 인체의 안전성으로 지난 15년간 폭발적으로 수요가 창출 되어왔다. 우리도 G-7 선진국의 대열에 들어선 만큼 국민의 건강 복지 증진 차원에서도 상대적으로 저조한 국내 의료기기 산업을 선진국 수준으로 발전 시켜야 할 것이다. 특별히 자기 공명 진단 장치는 첨단 고가 장비이고, 1980대부터 원천 기술과 연구 개발 인력이 국내에 축적 되어 왔다는 점을 감안하여 적극적인 육성으로 국가의 기술력에 대한 위상 제고 뿐 아니라 실제적으로 의료기기 산업 발전에 주요 견인차가 되도록 해야 할 것으로 판단 된다. 다행히 보건 복지부에서 G-7 개발 과제로 선정하여 성공적인 추진의 발판을 만들어 주고있다. 먼저 제안된 연구 개발 목표와 방법 그리고 성공적으로 완료된 1.0T Compact MRI(Magnetic Resonance Imager)를 중심으로 1차년도 연구 결과를 요약하고자 한다.

II. 연구 개발 목표 및 방법

연구 개발의 최종목표인 1T Compact MRI를 최저의 비용으로 최단기일 내에 개발하기 위하여 일차적으로 (1)RF(고주파), Gradient(경사자계), Spectrometer 등의 Hardware 관련 MRI 핵심 기술에 대한 연구, (2) RF, Gradient, Spectrometer, Magnet 등의 각 system을 연결, 조합, tuning하여 하나의 system으로 통합하고 시스템으로 운영하는 과정(System Integration)에 관한 기술, (3) 사용자와 system을 연결하는 User Interface 등 software에 관한 관련 기술과 (4) 임상에 적용하여 구체적인 성능과 효용성을 확인하는 기술 등에 대하여 연구하였다.

개발 최종 목표는 최신의 첨단 기술을 적용하여 기능과 영상의 질은 선진국 제품과 동일하되, 가격은 70% 이하이며, 사용자의 운영 유지비를 최소화할 수 있는 고품질 저가의 실용적인 제품을 개발하여 국제 경쟁력을 갖추도록 하는 데 있었다.

개발 방법은 (1) 국내에 축적된 연구 개발 전문 인력들을 최대한 활용하고 (2) 연구 개발을 국제화 시켜 필요한 경우 부분별로 개발 인력을 해외에서 보완하고 (3) 소수 정예 인력으로 개발 기간을 최소화 하는 데 두었다. 따라서 원천 기술을 보유하고 있어도 경쟁력에 입각하여 필요 시 해외 부품 구입도 적극 활용 하도록 하였다.

III. 세부 연구 목표

1. Hardware 관련 핵심 기술 개발

- 가. 고주파 코일 및 경사 자계 코일의 개발 (Brain, Spine, Body, Knee, Extremity 촬영용)
- 나. Spectrometer 관련 HW 및 SW개발 (자료 수집, 작성 및 회로 설계)
- 다. 고주파 송수신 장치 개발 (주파수변조 사양 및 복조 장치, Coupler)
- 라. 경사 자계 증폭기 개발 (자료수집, 사양 작성 및 회로 설계)

2. Software 및 영상 기법에 관한 기술

- 가. User Interface Software 개발 (운영 시스템, 환자 Data base, Laser Film 콘트롤러)
- 나. 영상 처리 기법 개발 (고속 촬영 기법, 3D 영상재구성 및 영상 처리 기술)

3. 시스템 구성 및 임상 적용

- 가. 시스템 Integration (코일 및 고주파 회로, Software와 구입된 부품의 Integration)
- 나. Gantry 및 침대 개발 (레이저를 이용한 환자 위치 설정과 가변 속도 자동조정침대)
- 다. Magnet Shimming 및 차폐 핵심 기술 개발 (1.0T, 80cm bore)
- 라. 임상 연구 (서울대 의대)

IV. 연구 결과

1. Hardware 관련 MRI 핵심 기술

가. 고주파 관련 Electronics 개발  
고주파 송수신 장치는 자기 공명 신호를 1차적으로 hardware 상에서 처리하는 부분으로써 Preamp (0.5dB NF, 55dB gain), 저잡음 Power supply(2mv ripple noise), Transmission gating electronics 부분 등이 개발 되었다.

나. Quadrature Coupler제작

Quadrature type의 RF coil의 송신 과 수신되는 신호를 분리 및 합성 하는 역할을 하는 장치이며 Micro-strip Line 기술을 이용하여

## 1.0 Tesla Compact MRI 시스템의 개발

개발하였고 송신 출력 20KW와 수신 입력 100microWatt의 입출력을 성공적으로 분리시켜 신호대잡음비를 1.414 배만큼 증가시킬 수 있었다.

### 다. 고주파 코일 개발

고주파 코일은 환자에 신호를 전달하고 인체로부터 나오는 신호를 일차적으로 받는 부분으로 안테나의 역할을 한다. 코일의 모양에 따라, 또는 영상을 얻는 부위에 따라 그 종류가 다양하게 나뉘어 지며 부가가치가 높은 장치 중의 일부이다. 일차년도에서는 임상에서 routine 하게 사용되는 두부코일(Head), 척추코일(Spine), Body Coil, 사지 촬영용 코일(Extremity), Surface Coil 등을 개발하였다.

### 라. Gradient Coil Driving Amplifier

경사 자계 코일을 구동하는 전류 증폭기로 영상의 질을 결정하는 중요한 부분이다. 1차년도에는 100V/100A (50% duty cycle), 300V/300A (peak)의 사양을 갖는 자계 경사 증폭기를 (주)Power Tech과 공동으로 개발하였으며, 일차 영상 촬영 평가를 완료하였다.

### 마. Gradient Coil Design

경사 자장을 발생시키는 기하학적인 형상을 가진 코일로 이루어져 있다. 기하학적인 형상에 의하여 field의 선형성과 세기 그리고 동작 반응 시간이 결정된다. 자동차폐(Active shield) 경사 자계 코일을 경제성에 입각 외부 구입으로 대체하였으며, 특수 목적의 영상이 가능하게 하기 위하여 Radial Coil, Head Only Coil (x,y,z 방향) 등을 자체 디자인하고 일부 prototype을 제작하여 그 수행능력을 평가중에 있다.

### 바. 차폐 및 Magnet Shimming 핵심 기술

능동 자장 차폐(Active magnetic shielding)는 초전도 shielding coil에 전류를 제어하여 stray 자기장을 차폐하는 방식으로 주변에 자기장의 영향을 줄이게 된다. 본 연구에서는 Oxford Magnet와 공동으로 magnet 사양을 준비하였고, Active 차폐 기술을 사용하여 5 Gauss line을 종래의 10x15 m<sup>2</sup>로부터 5x8 m<sup>2</sup>로 대폭 축소시켰으며, Magnet 길이도 종전의 200cm에서 145cm로 대폭 축소해서 설치면적의 최소화 외에 환자의 폐쇄 공포증을 최소화 하도록 하였다.

Passive magnetic field shimming은 얇은 철판을 사용하여 자기력선의 방향과 집속 밀도를 변화시켜 특정 부위의 주자기장의 균일도를 높이는 방식이다. 철판의 양과 위치는 영국 Oxford사에서 제공하는

software를 사용하고, 만족할 수 있는 균일도에 도달 할 때까지 반복과정을 거치게 하여 5ppm/40cm DSV(0.1ppm/25cm)를 유지할 수 있었다. 부수적으로 Room temperature shimming power supply 를 사용하지 않도록 해서 공간과 비용을 절감을 할 수 있었다. 또한 2단계 냉동 기술을 사용해서 Helium Gas 소모량을 0.05 liter per hour로 억제하여 운영 유지비의 최소화를 도모 하였다.

### 사. Spectrometer

자기 공명 진단 장치 중에서 Spectrometer는 필요한 모든 형태의 파형들(RF 2 Channel, Gradient 3 channel) 을 변조해서 송신하며, 검출된 신호를 최종 입력시킬 때까지 주파수 복조, Low Pass Filtering을 하게 된다. 이러한 이유들 때문에 최근에는 디지털 신호 처리 기술을 이용해서 송수신부의 Mixer 와 Low Pass Filter를 디지털 영역에서 직접 처리하여 아날로그 기술에서 오는 문제점들을 해결하고 있다. 1차년도에서는 최신의 디지털 기술을 바탕으로 한 Digital spectrometer를 외주 용역으로 대체하고 있으며, 2차 년도에 자체 기술로 개발된 Spectrometer를 생산하여 신호의 선명도와 충실도를 더욱 높이고 신뢰성과 가격을 개선할 예정이다.

구성 내용은 4개의 64 bit DSP (Digital Signal Processing) Chip이 기본으로 장착되어 RF 및 Gradient파형의 발생과 시간 제어를 하며 Preamp gain control, Auto frequency tuning RF coil dynamic tuning 및 detuning 기능, RF power monitoring, RF coil switching network 제어를 한다.

### 아. Gantry와 침대(Couch) 개발

가변 속도 전자 제어(Electronic Control) 방식의 Couch와 Laser Positioning System을 개발하였으며, Gantry의 Control pannel 혹은 Console의 computer로부터 User interface software에 의하여 전자동 제어가 가능하게 되었다.

## 2. User Interface 및 운영 SW 관련 기술

가. 현재 MRI System은 Windows NT가 운용되는 Dual Pentium Pro와 OS-9 Real time Operating SW 및 SPOX monitor가 가동되는 고속 DSP chip을 활용한 VME Cluster를 고속 Ethernet으로 연결되어 있다. VME cluster는 주로 MRI System과의 Data의 교환과 Pulse 정보를 지시하는 기능을 가지고 있다. Host Server로는 Network환경, 개발 환경, 경제성

등을 고려 Windows NT를 MRI System의 기본 운영 체제로 사용하였고. Visual C++ 및 MFC Class를 이용하여 MRI Operating Software를 구현하게 되었다. 그래픽 입력, 다중 환자 정보 입력 구현, Multithreading 기능 구현, Display 구성, Pop-up Menu 구성, File Format 변환 기능 구현, Laser Film Interface, 영상 처리 기법 구현 등을 예로 들 수 있다. 또한 환자 자료 관리를 위해 성능이 입증된 NT MS Access 사용하여 Cascade Hierachy Structure인 Relational Data Base 관리 프로그램을 완성하였다.

나. 자기 공명 영상 재구성(Reconstruction)

고속 영상 재구성을 위해 DSP Chip을 활용하여 256x256 Complex FFT를 100msec에서 가능토록 하였다. 이를 바탕으로 Multi-Slice 2D Fourier Transformation, Chunk 3D Fourier Transformation Phase Correction, Subtraction/Addition Variable-Size Matrix Fourier Transformation의 완성 및 고속화를 완료하였다.

3. 시스템 자원 관리 기술

MRI system은 고가의 부속 장비들로 구성되며 기기 오 동작에 의한 인체의 위험성을 없애고 응급환자를 처리할 수 있도록 최고의 신뢰성을 갖고 운용되어야 한다. 이를 위해 각 부속 장비들의 정상 동작 여부를 상시 감시와 심각한 장애 따른 시스템 가동 중지, 예방 정지, 신속한 보수 유지를 위한 진단 체계를 갖춰야 한다. 세부 내용을 보면,

- RF power deposition 측정 및 감시 장치
- RF dynamic tuning/detuning 구동 회로의 변수들의 감시 및 RF coil 보호 회로
- RF 및 Gradient Amp, Magnet Control Unit등의 전류, 전압 및 온도 측정을 통한 원격 감시 체제 구축과 동작 범위 설정
- Gradient coil temperature 측정 및 감시
- Power Sequence 제어 및 Power Quality 감시
- Magnet Helium 개스, 온도, Compressor, Water chiller 상태 감시 및 보호 등을 예로 들 수 있다.

개발된 1.0 Tesla 자기 공명 시스템은 미국 물리 학회에서 규격화한 Phantom 및 Volunteers의 영상을 통하여 서울대 의대 임상팀과 지속적으로 성능을 평가 해왔다. 개발된 시스템의 해상도는 256 x 256 head 영상에서 1mm 이하의 해상도를 가짐을 resolution phantom을 통하여 확인할 수 있었고, 512 x 512 영상에서는 약 0.5 mm의 물체를

분리해냄으로써 계획한 목표 이상을 달성할 수 있었다. Shielded gradient coil의 Eddy current 영향은 2% 이내의 사양으로 촬영 시 영향은 거의 무시할 수 있었다. 신호대 잡음비는 기존의 비슷한 가격대의 시스템들 보다 우수하게 평가 되었다. 또한, 개발된 영상 기법들, 즉 Multislice/Multi Echo, Oblique angle imaging, 64 Echo train을 갖는 고속 촬영 기술들이 자기 공명 장치에 장착되어 임상 적용에 문제가 없도록 하였다. 또한 20mT/m/Amp의 강력한 능동 차폐 경사 자계 코일을 기본으로 설치케 하고, 수신단을 최대 6개로 확장토록 하여 2차년도 의 초고속 촬영 기법(EPI) 및 Phased Array 코일 개발이 가능토록 하였다.

V. 결론

1차년도 G-7 개발 과제로 자기 공명 진단 장치의 개발된 내용을 간략히 소개하였다. 최근의 자기 공명 진단 장치는 초고속 촬영 장치 (EPI)의 보급 확대, Functional Imaging 연구, 실시간 촬영 장치의 연구, 촬영 정밀성의 제고 등 임상 범위를 해부학적 진단에서, 신진 대사 및 생화학적 진단과 인체 기능 진단까지 범위를 넓혀 가고 있어 수요는 지속적으로 증가될 것이다. 국내에서도 최근 수요가 급증해서 대략 200대 이상이 설치된 것으로 파악되며 수입 의료기로 인한 막대한 적자가 예견되며 조기에 고품질의 국산 MRI이 요청되고 있다.

그러나, 자기 공명 진단 장치는 시스템으로서 복합적인 기술 요소가 많고 특히 상용화 개발에는 많은 인력과 시간과 막대한 비용이 요구된다. 신뢰성과 정밀도 또한 엄격히 요구되어 어느 모로나, 개발이 용이치 않은 것도 사실이다. 그러나 다행히도 국내에 많은 연구, 개발 인력과 기술이 지난 16년간 축적되어 왔고, 산업체의 자체 개발 의지가 있으며, G-7 Project에서 보듯 정부 차원에서 첨단 의료기기 전반에 걸친 발전을 위해 정책 지원이 있을 때 국내 자기 공명 진단 장치도 조기에 상용화까지 성공 하여 첨단 의료 기기로서 의료기기 산업 구조 고도화에 기여하고 수입대체 뿐만 아니라 수출을 통한 국익 창출과 국가의 기술을 통한 위상 제고에 기여되길 기대한다.

감사의 글: 국내 자기 공명 진단 장치 개발에 참여하는 많은 분들과 G-7 Project의 과제로 자기 공명 진단 장치의 개발을 지원해주는 보건 복지부에 감사하고자 한다.

## 1.0 Tesla Compact MRI 시스템의 개발

논문 발표 실적 (95-96 년도)

- ▶ H.K. Lee, A. Yaman and O. Nalcioglu "Homonuclear J-Refocused Spectral Editing Technique for Quantification of Glutamine and Glutamate", *Mag. Reson. in Med.* 34, 253-259, 1995
- ▶ Wen. Ge, H.K. Lee, O. Nalcioglu, "Discrete Fourier Transform of Non-equidistance K-space Data" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ C.C. Guclu, H.K. Lee, O. Nalcioglu, "A Novel RF Coil Design for MR Breast Imaging" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ H.K. Lee, A. Ersahin, O. Nalcioglu, "An Bilateral Cylindrical Gradient Coil for Microscopic Breast Imaging" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ H.K. Lee, R. Raman, R. Slates, A. Ersahin, O. Nalcioglu, "An Optimized Gradient Coil for Breast Imaging" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ H.K. Lee, W. Ge, S.E. Choi, O. Nalcioglu, "Improved Water Reference Deconvolution Method for H1 MR Spectroscopy" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ H.K. Lee, A. Yaman, O. Nalcioglu, "Homonuclear J-Refocused Spectral Editing Technique for Quantification of Glutamine and Glutamate" *Proc. 14th Annual Meeting, Soc. of Mag. Res. in Med.*, 1995.
- ▶ H.K. Lee, G.C. Kashmer, O. Nalcioglu, "A Practical Measure of EPI Gradient Shapes Using the FID Signals" *Proc. of ISMRM, 4th Annual Meeting*, 1996.
- ▶ G.C. Kashmer, H.K. Lee, A. Ersahin, O. Nalcioglu, "A Novel Ghost Elimination Method for EPI" *Proc. of ISMRM, 4th Annual Meeting*, 1996.
- ▶ C.H. Oh, Y.J. Yang, J.K. Lee, Y. Yi, Z.H. Cho, "Localized MRS, CSI, and MRI with SHOT Using Radial SGC" *Proc. SMR III*, p.311, 1995.
- ▶ C.H. Oh, J.K. Lee, Z.H. Cho, "Minimum Inductance Gradient Coil Design with Arbitrarily-Selected Shape" *Proc. SMR III*, p.945, 1995.
- ▶ C.H. Oh, Y.J. Yang, J.K. Lee, H.J. Choi, Z.H. Cho, "New Localized Imaging Method with Locally Linear Gradient Field" *Proc. SMR III*, p.952, 1995.
- ▶ C.H. Oh, J.K. Lee, Y.J. Yang, H.J. Choi, "Spatial Selection Using High-Order Surface Gradient Coil for Localized MR Spectroscopy and Imaging" *TOPICAL NMR IMAGING SYMPOSIUM - A Joint Symposium to "BECIA" 95*, p.5227, 1995.
- ▶ Y.J. Yang, J.K. Lee, S.T. Jeong, Z.H. Cho, C.H. Oh, "Localized MR Imaging Technique by Using Locally-Linear Gradient Field" *대한의용생체공학회 추계학술대회*, Vol. 17, No. 2, 1995.
- ▶ J.K. Lee, Y.J. Yang, C.H. Oh, "Radial Surface Gradient Coil Design Using Target Field Approach" *대한의용생체공학회 추계학술대회*, Vol. 17, No. 2, 1995.
- ▶ H.J. Choi, J.H. Kim, J.H. Cho, C.H. Oh, "Implementation of Training Board and PC Interface Board Using AM29200 RISC Microprocessor" *대한의용생체공학회 추계학술대회*, Vol. 17, No. 2, 1995.
- ▶ J.K. Lee, Y.J. Yang, H.J. Choi, C.H. Oh, "High-Order Surface Gradient Coil Design Using Target Field Approach" *J. of KOSOMBE*, Vol. 17, No. 1, 1996.
- ▶ Y.J. Yang, J.K. Lee, S.T. Jeong, Z.H. Cho, C.H. Oh, "Fast MR Imaging Technique by Using Locally-Linear Gradient Field" *J. of KOSOMBE*, Vol. 17, No. 1, 1996.
- ▶ 안창범, 박정일, 김치영, 박대준, 유완석, 오창현, 이흥규, "World Wide Web을 이용한 원격제어 자기공명영상 대한의용생체공학회 춘계학술대회", pp. 139-142, 1996.
- ▶ 박정일, 김치영, 박대준, 유완석, 안창범, "Network을 이용한 원격 핵자기공명영상" *대한전기학회 하계학술대회*, 1996.
- ▶ 윤기병, 안창범, "Wavelet 변환을 이용한 무손실에 가까운 의료영상압축 대한의용생체공학회 추계학술대회", pp. 113-116, 1995.
- ▶ 이승학, 안창범, "DICOM based 원격진단 시스템, 대한의용생체공학회 추계학술대회", pp. 71-74, 1995.
- ▶ 배상훈, 今井豊, 간세포암의 동맥화학색전요법 *인간과학*, Vol. 18, pp. 781-793, 1994.
- ▶ 윤대영, 김호철, 윤구섭, 최철순, 배상훈, 두개강내 자기공명혈관조영술과 CT 혈관조영술 *인간과학*, Vol. 19, pp. 259-268, 1995.
- ▶ 조소연, 김호철, 배상훈, 이열, 이길우, 김규선, 이상조, 경부 결핵성 림프절염의 자기공명영상 소견 *대한방사선의학회지*, Vol. 33, pp.512-525, 1995.
- ▶ 今井豊, 曾根脩輔, 芹澤信一郎, 裴湘勳, 今井直美, 長谷川實, 山下公仁彦, 위장의 Non-Hodgekin 임파종의 CT 및 MR imaging 소견 *일본의학방사선학회잡지*, Vol. 55, pp.562-568, 1995.

참고로 현재 개발되고 있는 메디슨(주) 자기 공명 진단 장치의 제원을 상세 설명 없이 첨부한다.

## **Magnum™ 1T Standard Specifications**

### **Magnet**

1.0T Superconducting actively shielded  
1.97m width × 1.45m long × 2.4m high  
±2.5ppm homogeneity@30cm DSV  
0.05 ℓ /hr helium boil off  
Less than 3.2tons with cryogenes

Gradient Subsystem  
Shielded 15 m/Tm(25mT option) strength  
30 mT/msec slew rate

Digital RF Subsystem  
Digital synthesizer with amplitude, phase & frequency control  
20 kW output RF amplifier  
Multichannels(up to 6) digital receivers with on-the-fly FFT in each channels  
Digital bandwidth control  
Simultaneous multi-coil connection

### **RF Coils**

Transmit/receive body coil(Quadrature)  
Transmit/receive open/shielding head coil (Quadrature)  
Volume neck coil (Quadrature)  
Transmit/receive knee coil  
Thoracic & lumbar coil (Quadrature)  
MRA coil (Quadrature)  
Phase array coils  
Other specialty coils

### **Operator & Image Display Subsystem**

21" (1280 × 1600) high resolution color monitor  
Window based point & click operator dialogue  
Digital filming interface  
Multitasking simultaneous operation of planning, acquisition, reconstruction, display & filming supported  
DICOM III compatibility  
Graphical scan planning  
Comprehensive operator /patient communication package  
Programmable clinical imaging protocols

### **Imaging Techniques**

Spin echo, Gradient echo, Inversion recovery  
MRA (2D, 3D TOF & Phase contrast)  
Fast SE up to 32 Echo train  
Single and Multishot EPI  
Functional Imaging

### **Image Processing**

Motorola 96002 64bit digital signal processor(s) with 100 MFLOPS and up to 256 Mbytes of memory  
256 × 256 complex image reconstruction time 140msec  
Magneto optical Archive with more than 4000 images  
2 GByte hard drive with more than 12,000 image on line  
Other features: zoom, pan, rotate, MPR, MIP, Cine, profiles, distance, scale, labeling, angle texts etc.  
Host computer is a dual pentium™ operating under windows NT™

### **Image Acquisition**

2D, 3D  
Square and rectangular FOV  
Partial echo  
Up to 128 multislices  
Arbitrary slice orientation, multiple-angle  
Operator selectable encoding  
Optimized bandwidth