

초고해상도 미세영상 기법을 이용한 Mouse 뇌의 자기공명영상 연구

한덕영¹ · 윤문현² · 최보영²

목적 : 본 연구는 핵자기공명 분광기를 개조한 미세영상 기법을 이용하여, 동물실험에 주류를 이루는 mouse를 대상으로, 0.1 mm 이내의 초고해상도 자기공명영상을 5분 정도 시간 안에 획득할 수 있는 방법을 개발하고자 하였다.

대상 및 방법 : 사용된 mouse는 C57BL/6로서 무게 50 그램 이내의 mouse를 사용하였다. 본 연구에 활용된 초전도 자석은 구경 89 mm, 4.7 T의 자기장 세기를 가진 수직형 자석이며, 사용된 샘플 코일의 직경은 30 mm 이고, 사용된 펄스시퀀스는 fast spin echo (FSE) 및 gradient echo (GE) 기법들이다.

결과 : 최적의 자기공명영상 파라미터를 확보하면서 2차원 영상으로서 수소밀도 및 T2 강조 영상을 획득하였다. 영상으로부터 mouse 뇌의 미세부분까지 상세히 해부학적 구조를 확인할 수 있었고, 또한 입체적인 정보를 획득하기 위하여 3D 영상도 부가적으로 획득하였다. 조영제를 이용한 dynamic contrast 연구에 3D 영상이 매우 유용하였다.

결론 : 본 연구를 통하여 mouse 뇌에 대한 고해상도 자기공명영상 획득을 위한 최적의 파라미터를 확보할 수 있었고, 또한 성공적인 자기공명영상도 획득하였다. 즉, 사람이나 다른 소동물 뇌의 경우와 같이 mouse 뇌 조직의 다양한 부위의 미세부분을 확인할 수 있는 충분한 고해상도의 영상을 획득하였다. 최근 국내에서 mouse를 이용한 자기공명영상 연구가 시작되었으나 아직 초기단계라고 평가할 수 있고, mouse는 다른 동물에 비하여 취급/관리하기 쉬우므로 향후 mouse를 이용한 뇌 연구가 활성화 될 것으로 사료된다.

서 론

자기공명영상 (magnetic resonance imaging: MRI)의 장점은 살아 있는 상태에서, 비파괴적으로, 생체 내부의 고해상도 영상을 조영제의 도움 없이도 얻을 수 있는 것이다. 다양한 연부조직 (soft tissue) 들에 대해, CT 나 초음파에 의한 영상보다 고해상도의 영상을 제공할 수 있고, 생체에 비침습적인 방법으로서의 무해하다는 것도 장점이다. 따라서 실험동물로 많이 사용되는 mouse에 대한 연구에 MRI 기법을 사용하고자 하는

의도는 매우 타당하다고 사료된다(1, 2). mouse에 대한 MRI 영상 연구에 임상용 MRI 기기를 사용하는 것은 사용상의 문제점도 있으려니와, mouse에 적절한 고해상도의 영상을 얻을 수 있는 프로브를 얻기 힘들고, 영상 변수들을 최적화 하는 것도 쉽지 않다. 따라서 mouse에 대한 MRI 연구를 하기 위하여는 일반적으로 동물용 MRI 전용기기가 필요하며 현재 국내에도 한국기초과학지원연구원을 비롯한 몇몇 대학병원에서 도입되어 운영되고 있다.

그러나 동물용 MRI 전용기기가 없는 경우에도 기존의 NMR 장비를 개조한 micro-imaging 장비를 활용하면, 일반 NMR

대한자기공명의과학회지 12:142-147(2008)

¹한국기초과학지원연구원 나노바이오팀

²가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

접 수 : 2008년 12월 7일, 채 택 : 2008년 12월 12일

통신저자 : 최보영, (137-701) 서울시 서초구 반포동 505번지, 가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

Tel. (02)-590-2427 Fax (02)-590-2425 E-mail: bychoe@catholilc.ac.kr

실험실에서도 mouse에 대한 고해상도의 영상 연구가 가능하다. 그 이유는 NMR 실험실에서는 기본적으로 4.7 T 이상의 자기장을 제공하는 초전도 자석과 수소뿐 아니라, 핵스핀이 있는 대부분의 핵종들, 예를 들면 중수소, 탄소, 인, 질소 등에서 나오는 핵자기공명 신호들을 측정할 수 있는 분광기가 구비되어 있기 때문이다. NMR 장비를 MRI 장비로 변환하기 위하여 필요한 것은 영상을 만들어 내는데 필요한 frequency encoding 및 phase encoding 을 수행할 수 있는 기능만 추가하면 된다. 하드웨어 측면에서 볼 때, NMR 장비에, 경사자기장을 만들 수 있는, gradient amplifier 와 gradient 코일, 그리고 핵자기공명 신호를 수신할 수 있는 프로브만 추가하면, MRI 장비로 전용될 수 있다. 이와 같이 NMR로부터 개조된 micro-imaging 장비는 자동화된 동물 전용 MR 장비의 운용에 비하여, 각 요소를 최적화할 수 있는 전문적인 인력이 요구되는 단점은 있으나, 장비의 모든 요소를 제어할 수 있다는 면에서, 새로운 MR 기법 연구에는 적합한 장점도 있다.

전통적으로 NMR 장비는 Unix 를 기반으로 한 OS 위에, GUI 운용 소프트웨어가 탑재되어 있는데, 펄스 시퀀스를 포함한 대부분의 프로그램이 C 로 쓰여져 있다. 따라서 사용자가 연구의 목적에 따라 다양한 펄스 시퀀스를 쓰는 것이 허용되어 있다. 또한 모든 실험 과정이 수동으로 이루어지며, 최적화를 하게 되므로, 영상의 질이 뛰어나다. 관련 소프트웨어가 사용자에게 편리하지는 않지만, 하드웨어의 각 부분을 제어할 수 있는 기본적인 모든 요소가 주어졌기 때문에, 새로운 기능을 사용자가 필요에 따라 추가할 수 있다. 이런 점들은 임상용 기기에서는 불가능한 일들이다.

하드웨어 적인 면에서 보면, NMR 기기들은 4.7 T 이상의 수직형 초전도 자석을 사용한다. 다양한 프로브를 갖춘 임상용이나 동물 전용 MR 기기에 비하여, micro-imaging 기기는 하나의 프로브로 mouse의 모든 부위에 대한 영상을 얻는다. 대부분의 경우, 하나의 프로브로도 임상용과 같은 MRI, MRS 의 모든 기법들을 모든 부위에 대하여 적용할 수 있다. 이것이 가능한 이유는 프로브에 들어가는 mouse의 filling factor가 크기 때문에, 매우 높은 S/N 비가 보장되기 때문이다. Filling factor란 프로브 내의 전체 공간 중에서 실제로 시료가 차지하는 공간의 비율로 1 에 가까울수록 동일 프로브 내의 신호는 커지게 된다. 이 filling factor 는 MR physics 에서 많이 쓰이는 90 도 펄스에 필요한 rf-amplifier의 요구 조건에도 본 논문에서는 micro-imaging 장비를 이용한 다양한 영상 연구가 가능함을 보이고자 한다(3-5).

결론적으로, micro-imaging은 임상용 MRI 장비에 비하여 몇 배 높은 자기장 (1-3T vs 4.7-14.1T)을 가짐과 동시에 프로브 내에서 측정 대상의 filling factor가 높다는 두 가지 요인에 의하여 수소 핵 자기공명신호의 감도가 매우 높아지게 된다. 이런 고감도의 신호획득이 가능하기 때문에, 작은 pixel (0.1-0.01 mm 해상도)의 MRI 영상 및 작은 voxel (한편이 1-2 mm 인 정육면체) 에 대한 MRS 연구가 가능하다. 이상의 논의

를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 자기장이 높고 (4.7~14.1 Tesla) rf-코일 내의 filling factor가 매우 크기 때문에, 고해상도의 영상과 MRS 연구가 가능하다.

둘째, 프로브 내경의 크기가 mouse의 크기와 비슷하므로, mouse 전체의 3 차원 영상 획득이 비교적 짧은 시간에 가능하다. 2차원 영상에 비하여 3차원 영상은 mouse의 상태를 한층 더 용이하게 파악할 수 있게 해준다.

셋째, 3차원 영상에 입각하여 원하는 ROI를 정확히 파악할 수 있으며, MRS 를 위한 3차원 voxel의 위치선정도 매우 정확하게 할 수 있다.

본 논문의 목적은 핵자기공명 분광기를 개조한 micro-imaging 기법을 이용하여, 동물실험에 주류를 이루는 mouse를 대상으로, 0.1 mm 이내의 초고해상도 자기공명영상을 5 분 정도 시간 안에 획득할 수 있는 방법을 개발하고자 하였고, 이 기술을 토대로 국내 micro-imaging 관련 연구자들에게 본 실험실에서 얻는 mouse의 2차원 및 3차원 영상의 질을 소개함으로써 mouse를 이용한 MRI 연구가 필요한 연구자들에게는 현재의 연구 상태를 알리어 참고가 되고, 비슷한 관련 연구를 수행하는 실험자들과 상호교류의 장을 활짝 열고자 하였다.

대상 및 방법

마우스 처리방법

실험용 mouse로는 가장 일반적으로 많이 쓰이는 C57BL/6 를 사용하였다. 복강에 주사로 마취액을 주입하였으며, NMR 장비에 변온 실험용으로 장착되어 있는 온도 조절용 공기를 섭씨 35 도를 유지하여 마취된 mouse에게 공급하였다. 이와 같은 온도 조절은 mouse의 생존에 매우 중요하였으며, 본 실험실에서 실시한 6개월간 20 마리의 mouse에 대하여 240 여 회의 실험을 진행하였던 경우에도 단 2 마리만 폐사하였었다. 마취액은 케타민 (유한양행 제품) 과 렘폰 (바이엘 코리아 제품)을 50 대 50으로 혼합하였고 용량은 30 ml/kg을 사용하였다. 마취시간은 2 시간 내외로 지속되었다. 실험 시간을 자유롭게 조절할 수 있는 가스에 의한 마취법 보다는 제약이 있지만 본 실험실에서 수행한 거의 모든 실험에 복강 마취는 충분히 유용하였다.

실험 프로토콜

Micro-imaging 기기는 NMR 기기를 개조한 것이기 때문에, 모든 실험 변수들을 단계적으로 최적화하는 과정이 필요하다. 이 과정은 복잡하지 않으며, 따라서 단점이라기 보다는 높은 S/N 의 영상을 얻기 위하여 반드시 필요한 과정이라고 할 수 있다. mouse를 마취한 후 영상 획득 실험 순서는 다음과 같다.

1. single hard pulse를 사용하며, 얻어진 신호를 Fourier 변환한다. 이 신호는 프로브 내의 mouse 샘플 전체에서 오는 신호이다. mouse의 NMR peak 는 지방과 물의 peak로 양분

한덕영 외

되며, 각각의 위치는, TMS를 기준으로, 4.7 ppm 및 1.1 ppm에 나오게 된다. shimming을 하여 각각의 linewidth가 1 ppm 이내로 하여 준다. 본 실험실의 경우에는 4.7 T의 초전도 자석을 사용하였기 때문에 1 ppm은 약 200 Hz에 해당한다. rf-pulse의 carrier frequency를 on-resonance 조건으로 맞추어 준다. single pulse의 길이를 변하여 가며, 180도 펄스의 조건을 찾는다. 여기에서 주어진 조건은 주어진 샘플에 대한 프로브의 특성으로 파악될 수 있으며, 후에 사용될 다른 영상 기법들의 90도 pulse의 최적 조건을 확립하는데 이용된다.

2. 고속 영상 기법을 이용하여 scout image를 얻는다. 주로 gradient echo 기법이나 fast spin echo 기법을 이용한다. 양 기법 모두 여러 면에 대한 영상을 얻을 수 있다. 실험 시간은 10초 내외이다.

3. 원하는 부위가 결정되면, 고해상도의 영상을 얻는다. 대부분의 경우 fast spin echo 기법을 이용하였다. 원하는 평면과 부위가 결정되면 matrix size와 ROI를 조절하여 최적화된 영상을 얻는다.

마이크로 이미징 기기 사양

사용된 기기는 미국 베리안 회사의 Unity Inova 모델이며, 초전도 자석 및 기기의 하드웨어 사양은 Table 1과 같다.

Table 1. Hardware Specifications

Magnet type		4.7T vertical type
Magnet	ID	89 mm
Shimming unit	(OD/ID)	89/73 mm
Gradient 코일	(OD/ID)	73/45 mm
Probe	(OD/ID)	45/30 mm
Rf-코일	(ID/length)	30/50 mm
Max. Field Gradient		80G/cm
rf-amplifier output		100 Watt

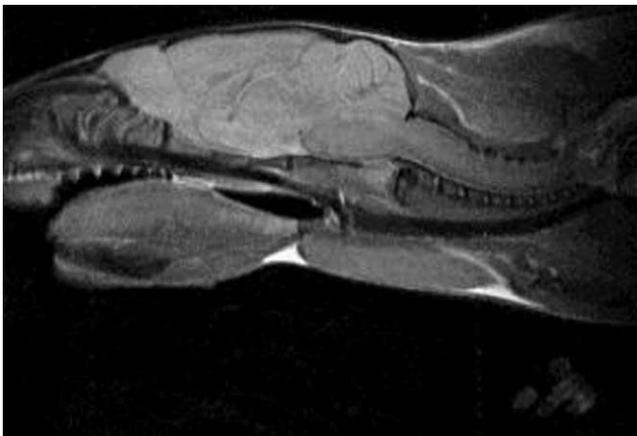


Fig. 1. Sagittal image of mouse brain. ROI, 30×20 mm; Matrix, 512×256; image acquisition time, 4 min. 10 sec.

결 과

그림 1-4는 mouse에 대한 2차원 및 3차원 영상 자료들이다. 그림 1은 mouse 뇌의 sagittal 영상을 얻은 것이다. 영상의 ROI는 30×20 mm였으며, matrix는 512×256이었다. 영상 획득시간, 4분 10초. TR/TE 시간은 2000/13 ms이며, 수소농도 영상 조건이다. 여기에 제시된 2차원 영상의 slice thickness는 공히 1 mm이다. 펄스시퀀스 기법은 fast spin echo (FSE)를 사용하였고, ETL 8, NEX 4를 사용하였다. 부수적으로 mouse의 이와 눈으로 가는 신경들도 확인할 수 있다. 여기서 얻은 모든 영상들은 mouse가 살아 있는 상태에서 얻은 것들이다.

그림 2는 mouse의 눈을 포함한 평면에 대한 수소밀도 영상과 T2 강조 영상을 대비하여 놓았다. T2 영상의 포인트라고 할 수 있는 CSF 부분이 분명히 구분되었다. 각각의 영상 획득시간은 1분 2초 및 6분 17초였다. ROI는 공히 40×20 mm, matrix 512×256을 사용하였다.

그림 3은 뇌 부위에 ROI를 한정함으로써 관심 있는 부위만을 확대하는 효과를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. ROI는 20×15 mm, matrix는 512×256이었다. 영상 획득시간은 4분 14초였고, 눈의 미세 구조가 잘 확인되었다. 이상의 결과로 판단하건대, 뇌의 해부학적 정보를 39×59 마이크로 정도의 해상도로 어렵지 않게 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

그림 4는 mouse의 머리 부분과 다리 부분에 대한 3차원 영

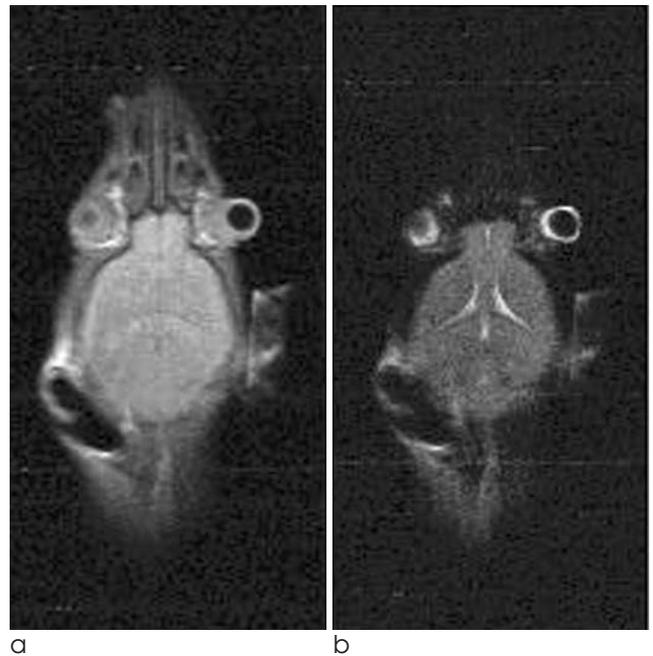


Fig. 2. (a) Proton density image (b) T2 weighted image. Fast spin echo is used respectively, with TR/TE, 2000/13, 2000/30 ms; ETL 8; NEX 1, 6. Image acquisition time was 1 min. 2 sec and 6 min. 17 sec., respectively.

상을 in-vivo 상태에서 구한 것이다. mouse 상반신에 대한 3차원 영상이 내부 혈관과 함께 나타나 있음을 볼 수 있다. Maximum intensity projection 방법으로 표시하였다. 다리 부분의 영상은 Gd 제제를 정맥 주사 5분 후 획득한 영상이다. 크게 밝은 부분은 신장이며, 작고 밝은 부분은 암 조직이다. 3

차원 영상 기법은 암 조직, 지방 조직과 같이 3차원적 공간 및 부피 변화를 관측해야 하는 경우 특히 유용할 것으로 판단된다. 두 영상의 획득시간은 각각 5분 소요되었으며, ROI 및 matrix는 $50 \times 30 \times 30$ mm, $256 \times 128 \times 128$ 이었다. 영상기법으로는 gradient echo가 사용되었다.

고 찰

초고해상도 자기공명영상의 장점으로서, 고자장 NMR 기기를 개조한 micro-imaging은 mouse의 크기에 최적화된 프로브 코일의 크기 때문에, mouse에 대한 100 마이크로 이하의 초고해상도 영상이 5분 이내의 시간에 가능하였다. NMR 기기가 가지는 고자장장과 프로브 내에서 시료의 filling factor가 높았기 때문에, 높은 S/N의 MR 신호획득이 가능하였다. NMR physicist 들에게는 실험과정에서 핵스핀들에 일어나는 모든 일들과 하드웨어에서 실제로 수행되는 일들을 숙지하는 것이 일반적이며, 기존의 NMR 실험 변수를 최적화 하는 것과 같은 과정을 거쳐 MR 영상 실험의 최적화 조건을 찾아 낼 수 있다. 그럼으로써, 자동화된 기기에 비하여 더 정밀하게 실험조건을 설정할 수 있다.

초고해상도 자기공명영상 획득 시 어려운 점은 수직형 자석을 사용하기 때문에, mouse를 적절한 위치에 위치하기가 쉽지 않다. 또한 소동물 전용기기처럼 필요한 주변 장치들이 없어, 직접 개발하여야 하는 어려움이 있다. 그러나 실험을 수행하면서 외국 전문연구자들의 자문을 받아 하드웨어 및 소프트웨어상 문제점들을 해결하였다. 국내에서는 아직 소동물 전용기기 이외의 기기로 mouse MR 영상 연구를 하는 실험실은 없기 때문에 본 연구결과를 토대로 앞으로 많이 시도할 필요성이 있다고 사



Fig. 3. ROI is reduced from the condition of figure 2. ROI, 20×15 mm; Matrix, 512×256 . Image acquisition time was 4 min. 14sec.

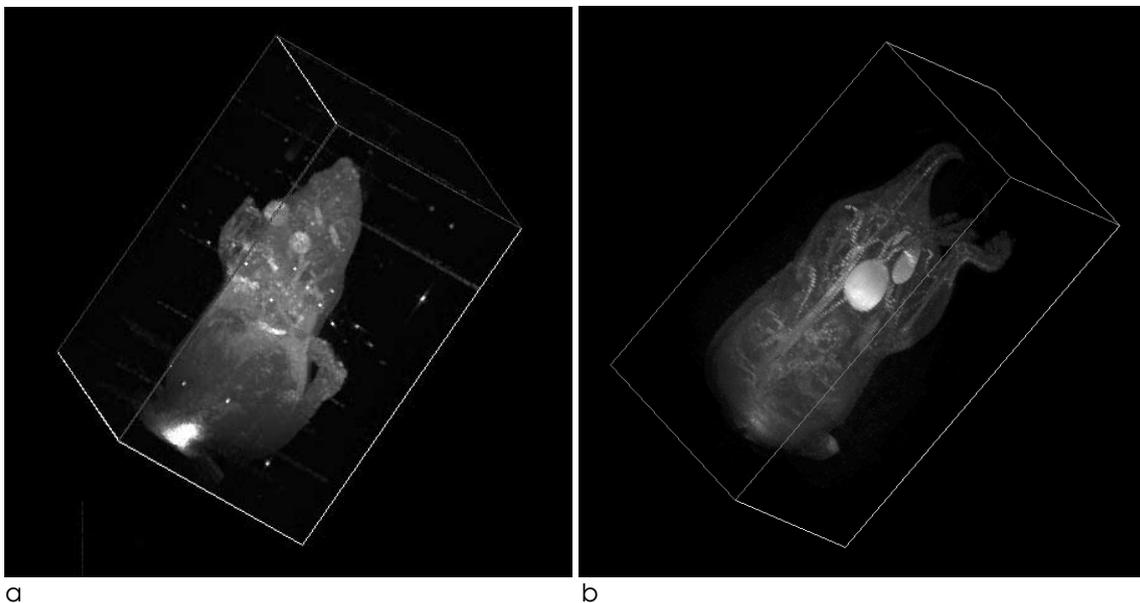


Fig. 4. Three-dimensional images for cranial and inferior part of mouse. (a) Head image obtained without contrast agent (b) Cancer tissue image contrasted by Gd-based agent.

한덕영 외

료된다.

기존 초고해상도 영상의 현황으로서 최근 국제적으로 mouse에 대한 MR 연구가 매우 활발하다. 국내에도 소동물 전용 MR 기기가 한국기초과학지원연구원을 포함하여, 여러 곳에 설치되어 운용 중이며, 최근에는 국제적인 학술지에도 발표된 바 있다. 그러나 아직 국내의 관련 연구는 초창기에 해당한다고 볼 수 있고 앞으로 국내의 관련 연구자들간 활발한 교류가 있기를 희망한다.

본 실험실의 장비는 전술한 대로 NMR 장비를 개조한 것이기 때문에, mouse 이외의 다른 동물, 예를 들어 rat에 대한 MR 연구는 불가능하다. 또한 자기장이 4.7 T 이어서, 현재 나오는 9.4 T 이상의 기기들에 비하여 불리한 점이 있다. 그러나 본문에서도 지적된 바와 같이, 신호의 세기는 자기장의 세기에도 의존하지만 프로브의 성능에서도 많은 차이가 있을 수 있고, 실험의 최적 변수에도 상당 부분 의존한다. 지금의 연구결과는 본인들이 앞으로 진행하려는 연구 목적에 적합하기 때문에, 하드웨어의 사양에 대하여 부족함을 느끼지는 않는다. 그러나 앞으로 표면 코일을 개발하여 활용할 계획은 가지고 있다.

향후 본 연구팀은 mouse의 뇌를 주 대상으로 연구를 진행할 계획이다. 3차원 영상의 ROI를 뇌에만 한정하여, 50 마이크로미터만의 영상을 10분 이내에 얻는 것을 목표로 하고 있다. 이와 같은 초고해상도 3차원 영상을 이용함으로써, 정확한 voxel을 설정하고, 1-, 2-차원 MRS 기법 개발을 추진할 계획이다 (6-9). mouse의 마취방법에 있어서도 가스에 의한 방법으로 실험 시간을 자유로이 제어할 계획이며, 나아가 심장 박동 및 호흡과 동기화되는 펄스기법과 하드웨어를 개발하여, 초고해상도 영상을 뇌뿐 아니라 전신이 가능하도록 준비 중이다(10).

결론

NMR 장비를 개조한 micro-imaging 장비를 이용하여, mouse의 뇌에 대한 고해상도 영상을 얻을 수 있었다. 영상의 해상도는 소동물 전용 기기와 대등하였다. 이것이 가능한 이유는 프로브의 filling factor가 높은 것과, 4.7T의 고자기장, 그리고 최적화된 실험 변수에 기인하는 것으로 추정된다. 3차원 영상을 통하여 mouse의 상반신 혹은 하반신에 대한 3차원 해부학적 정보를 얻을 수 있었다. 앞으로 이와 같은 고해상도의 2차원 및 3차원 영상을 이용한 mouse뇌의 영상 정보와 정확한 voxel 설정에 이은 MRS 연구를 추진하고 있다. 본 학회지에서 mouse에 대한 MRI 연구 발표가 이 보고서가 처음인 것은 의외로 생각하며, 앞으로 mouse 관련 MRI 관련 연구자들의 정보 교환이 활성화 되기를 저자들은 기대하며, 다양한 분야의 기초의학 연구자들과의 공동 연구도 바라고 있다(5, 10-13).

Acknowledgement

본 연구는 한국기초과학지원연구원 서울센터 기관고유사업으로 지원되었고, 또한 Seoul R&BD Program (10550), the

Korea Health 21 R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (02-PJ3-PG6-EV07-0002) (A081057) and a grant (R01-2007-000-20782-0) from the Purpose Basic Research Grant of the KOSEF로 지원되었다.

참고문헌

1. Pautler RG. Mouse MRI: Concepts and applications in physiology. *Physiology* 2004;19:168-175
2. Kovacevic N, Henderson JT, Chan E, Lifshitz N, Bishop J, Evanx AC, Henckelman RM, Chen XJ. A 3-dimensional MRI atlas of the mouse brain with estimates of the average and variability. *Cerebral Cortex* 2005;15: 639-645
3. Natt O, Watanabe Boretius TS, Radulovic, Frahm JJ, Michaelis T. High-resolution 3D MRI of mouse brain reveals small cerebral structure in vivo. *J. Neuro. Meth.* 2002;120:203-209
4. Falangola MF, Dyakin VV, Lee SP, Bogart A, Babb JS, Duff K, Nixon R, Heipern JA. Quantitative MRI reveals aging-associated T2 changes in mouse models of Alzheimer's disease. *NMR in Biomedicine* 2007; 20: 343-351
5. Na HB, Lee JH, An K, Park YI, Park M, Lee IS, Nam DH, Kim ST, Kim SH, Kim SW, Lim KH, Kim K, Kim SO, Hyeon T. Development of a T1 contrast agent for MRI using MnO nanoparticles. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007;46:5397-5401
6. Frahm J, Bruhn H, Gyngell ML, Merboldt KD, Hanicke W, Sauter R. Localized high resolution proton NMR spectroscopy using stimulated echoes: initial application to human brain in vivo. *Magn. Reson. Med.* 1989;9:79-93
7. Yongbi NM, Payne GS, Collins DJ, Leach MO. Quantification of signal selection efficiency, extra volume suppression and contamination for ISIS, STEAM and PRESS localized 1H NMR spectroscopy using an EEC localization test object. *Phys. Med. Bio.* 1995;40:1293-1302
8. Lange T, Schulte R, Boesiger P. Quantitative J-resolved prostate spectroscopy using two-dimensional prior-knowledge fitting. *Mag. Reson. Med.* 2008;59:966-972
9. Thomas MA, Hattori N, Umeda M, Sawada T, Naruse S. Evaluation of two-dimension L-COSY and JPRESS using a 3T MRI scanner: from phantoms to human brain in vivo. *NMR in Biomedicine* 2003;16:245-251
10. Guilfoyle DN, Dyakin VV, OShea J, Pell, JA Helpers GS. Quantitative measurements of proton spin-lattice (T1) and spin-spin (T2) relaxation times in the mouse brain at 7T. *Mag. Reson. Med.* 2003;49:576-580
11. Benveniste H, Blackband S. MR microscopy and high resolution small animal MRI: application in neuroscience research. *Prog. Neurobiol.* 2002;67: 393-420
12. Dhenian M, Ruffins SW, Jacobs RE. Three-dimensional mouseatlas using high-resolution MRI. *Dev. Biol.* 2001;232:458-470
13. Watanabe T, Michaelis T, Frahm J. Mapping of retinal projections in the living rat using high-resolution 3D gradient-echo MRI with Mn++ induced contrast. *Magn. Reson. Med.* 2001;46:424-429

High-Resolution MRI Study on Mouse Brain Using Micro-Imaging

Doug-Young Han¹, Moon-Hyun Yoon², Bo-Young Choe²

¹Nano-bio team, Korea Basic Science Institute, Seoul, Korea

²Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose : By using the micro-imaging unit modified from NMR spectrometer, the high resolution MRI protocols of finer than 100 micron in 5 minutes, is sought for mouse, which plays a central role in animal studies

Materials and Methods : C57BL/6 mouse, lighter than 50 gram, is used for the experiments. The superconducting magnet is vertical type with 89 mm inner diameter at 4.9 Tesla. The diameter of rf-coil is 30 mm. Mostly used techniques are the fast spin echo and the gradient echo pulse sequence.

Results : For 2D images, proton density and T2 weighted images are obtained and their optimum experimental variables were sought. Minute structure of mouse brain can be recognized and 3D brain image is also obtained additionally. 3D image will be useful particularly for the dynamic contrast study using various contrast agents.

Conclusion : Like the case of human and other small animals, the high resolution of mouse brain is enough to recognize the minute structure of it. Recently, similar studies are reported domestically, but it seems only a beginning stage. Due to easiness of breeding /control, mouse MRI study will soon play a vital part in brain study.

Index words : Micro-imaging
Mouse brain
2D/3D imaging
Proton density
T2-weighted MR imaging

Corresponding author : Bo-Young Choe, Ph.D., Department of Biomedical Engineering, College of Medicine,
The Catholic University of Korea, #505 Banpo-Dong, Seocho-Gu, Seoul 137-040, Korea.
Tel. 82-2-590-2427 Fax. 82-2-590-2435 E-mail: bychoe@catholilc.ac. kr