

RF 코일로 사용된 구리선 코팅재질이 자기공명영상에서의 신호대잡음비에 미치는 영향

이현승¹ · 문혜영^{1,2} · 장용민³ · 홍관수^{1,2,4}

목적 : 자기공명영상 장비에서 신호를 주고 받는 주요 부분인 RF 코일의 성능 특성인 Q 값 (quality factor)과 신호대잡음비 (SNR, signal-to-noise ratio) 값에 미치는 코일 구리선 코팅 재질의 영향을 조사하고자 하였다.

대상 및 방법 : 폴리에스테르 (polyester), 폴리우레탄 (polyurethane), 폴리이미드 (polyimide), 폴리아마이드이미드 (polyamideimide), 폴리에스테르이미드 (polyesterimide)가 코팅된 직경 0.4 mm 구리선을 사용하여, 내경이 1.7 mm인 RF 코일을 솔레노이드 형태로 제작한 후 network analyzer로 Q 값을 측정하였다. 또한 제작된 RF 코일을 600 MHz MRI (14.1 T, Bruker DMX600) 장비를 이용하여 표준시료를 이용한 자기공명영상 실험을 수행하였으며, 5개의 다른 코팅 재질과 코팅이 없는 경우에 대하여 영상에서의 신호대잡음비를 비교하였다.

결과 : 코팅 피복을 벗겨내고 측정한 신호대잡음비는 오차 범위에서 유사하였으며, 코팅되어 있는 경우에는 그 재질에 따라 Q 값 및 신호대잡음비가 다르고, 폴리에스테르의 경우를 제외하면 코팅 피복이 없는 경우와 비교하여 큰 값을 보였다. 폴리우레탄 코팅 구리선을 사용하였을 때 Q 값 및 신호대잡음비가 가장 크게 나타났으며, 가장 작은 값을 보인 폴리에스테르 코팅재질인 경우와 비교할 때 신호대잡음비가 34% 정도 큰 값을 보였다.

결론 : 1.2 mm 이하의 작은 생체시료에 적합한 솔레노이드형 RF 코일을 상용 프로브에 장착하여 사용할 수 있도록 손쉽게 제작하였으며, 폴리우레탄으로 코팅된 구리선으로 만들어진 코일의 경우 신호대잡음비가 30% 이상으로 가장 우수한 결과를 보였고, 따라서 코팅 재질의 선택이 자기공명영상의 결과에 중요하게 작용함을 확인할 수 있었다.

서 론

자기공명영상 (MRI, magnetic resonance imaging)의 신호대잡음비 (SNR, signal-to-noise ratio)와 해상도 (resolution)는 많은 영상 연구자들에게 주요 관심 사항인데, 측정 대상물의 미세구조 정보를 제공하는데 있어서 중요한 매개

변수이기 때문이다. 자기공명 신호의 크기는 체적소 (voxel)에 있는 핵스핀 수에 비례하기 때문에 체적소 부피가 감소하면 자기공명신호의 신호대잡음비가 낮아지면서 해상도 또한 제한하는 주요 요인이 된다 (1). 고주파 영역에서는 신호대잡음비가 외부자장(B_0)에 비례하고 RF 코일의 직경에 반비례하므로, 고자기장에서 도선의 직경이 작은 마이크로코일을 사용하면 신호대잡음비를 높일 수 있다 (2, 3). 또한, 초전도체 RF 코일을 사

대한자기공명의과학회지 13: 171-176(2009)

¹한국기초과학지원연구원 자기공명영상팀

²과학기술연합대학원대학교 생물분석과학 전공

³경북대학교 의과대학 영상의학과

⁴충남대학교 분석과학기술대학원

접 수 : 2009년 11월 23일, 수 정 : 2009년 12월 21일, 채 택 : 2009년 12월 21일

통신저자 : 홍관수, (363-883) 충청북도 청원군 오창읍 양청리 804-1번지, 한국기초과학지원연구원 자기공명영상팀

Tel. (043) 240-5100, Fax. (043) 240-5119, E-mail: kshong@kbsi.re.kr

이현승 외

용하여 잡음을 줄여서 높이는 방법은 최근의 기술이기도 하다 (4). 이와 같이 자기공명영상에서 공간 해상도를 높이는데 중요한 역할을 하는 것이 RF 코일이다. RF 코일의 민감도 (susceptibility)는 신호대잡음비에 영향을 주며, 코일의 형태와 크기에 따라 코일의 민감도가 다르다 (2). 신호대잡음비는 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다 (5).

$$SNR \sim \frac{\omega B_{1xy} M_0 \Delta V \sqrt{T_2^*}}{\sqrt{4k(R_C T_C + R_S T_S) F}} \quad (1)$$

여기서 ω 는 라모주파수 (Larmor frequency), B_{1xy} 는 RF 코일의 단위 전류가 만드는 xy 평면에서의 자기장 성분, M_0 는 시료의 자화 정도의 크기, ΔV 는 시료의 부피, T_2^* 는 전체 횡축이완 시간 (overall transverse relaxation time), k 는 볼츠만 상수 (Boltzmann constant), R_C 와 R_S 는 각각 RF 코일과 시료의 저항 값이며, T_C 와 T_S 는 각각 코일과 시료의 온도, F 는 preamplifier의 noise figure이다.

Q 값은 저장되어 있는 에너지와 단위 시간당 사라지는 에너지의 비로 정의된다. Q 값은 RF 코일의 주파수 선택적 특성을 나타내는데, Q 값이 높을수록 효율이 좋은 공명회로이다. 코일의 Q 값은 공명주파수(ω), 코일의 인덕턴스(L)에 비례하며 코일의 저항(R)에 반비례하여 과 같은 식으로 표현할 수 있고, 따라서 Q 값과 신호대잡음비 SNR 사이에는 근사적으로 $Q \propto SNR^2$ 의 관계식이 성립하게 된다.

자기공명신호의 세기는 코일에 가까울수록 크다. 또한 RF 코일에 의해서 생성되는 자기장을 전체 시료에 균일하게 만들어 주기 위해서 코일의 감은 수를 늘리고, 코일을 시료보다 크게 만들어야 한다 (6). 하지만 코일속의 시료가 차지하는 비율인 filling factor가 작아지면 신호대잡음비가 떨어진다. 결국 적당한 신호대잡음비를 얻기 위해서 시료의 크기와 모양을 고려하여 최적의 코일을 만들어야 한다 (7, 8).

본 실험에 사용한 솔레노이드형 RF 코일은 수직형 초전도 자석이 갖추어진 마이크로 자기공명영상시스템에서 수 mm 이하의 아주 작은 생체시료에 대한 자기공명영상 연구를 위하여 실험실에서 만들어 사용하고 있다. 솔레노이드형 RF 코일은 안장형 (saddle), 새장형 (birdcage) 또는 표면형 (surface) 코일

보다 국소적으로 균일한 RF 자기장을 만들어 주고, 따라서 보통 10 mm 이내의 작은 시료용으로 사용될 때 유리하다 (6, 9, 10).

본 연구에서는 솔레노이드 형태의 RF 코일을 내경이 1.7 mm인 크기로 구성하고, 구리선 코팅재질을 달리했을 때 RF 코일의 Q 값과 자기공명영상 실험을 수행하여 획득한 영상에서의 신호대잡음비를 비교/분석하였다.

대상 및 방법

14.1 T 장비의 상업용 프로브 (Micro5; Bruker사, 독일) 상단에 장착하여 RF 코일을 사용할 수 있도록 제작하였다. 직경이 0.4 mm인 구리선을 솔레노이드 형태로 코일 내경이 1.7 mm이고, 도선간의 간격이 0.2 mm가 되도록 5번 감고, 높이 34 mm, 직경 13 mm의 테프론 지지대에 고정하여 프로브 머리부분 (insert)을 제작하였다. 폴리에스테르 (PE), 폴리우레탄 (PU), 폴리이미드 (PI), 폴리아마이드이미드 (PAI), 폴리에스테르아마이드이미드 (PEAI)의 다른 코팅 재질로 만들어진 구리선을 이용하였고, 1.0 pF의 축전지를 사용하여 공진회로를 구성하였다. 자세한 사양을 [표 1]에 제시하였다. 또한 코팅된 구리선을 사포로 문질러서 벗긴 후 동일한 방법으로 제작하여 코팅이 되지 않은 경우를 비교할 수 있도록 준비하였다. 테프론 지지대의 아래 부분에 직경 3.2 mm인 소켓 핀을 고정시켜 프로브 머리부분을 프로브에 장착하여 사용할 수 있도록 제작하였

표 1. 솔레노이드형 RF 코일 사양

| | |
|-----------|--|
| RF 코일 내경 | 1.7 mm |
| 코팅 재질 | 폴리에스테르(PE), 폴리우레탄(PU), 폴리이미드(PI), 폴리아마이드이미드(PAI), 폴리에스테르아마이드이미드(PEAI)의 5가지 |
| 구리선 직경 | 0.4 mm |
| 감은 수 | 5회 |
| 사용한 축전지 | 칩축전지 1.0 pF (American Technical Ceramics, USA) |
| 구리선간의 간격 | 0.2 mm (구리선 직경의 1/2) |
| 코일 지지대 재질 | 테프론 |

표 2. 코팅재질이 다른 구리선으로 제작한 RF 코일과, 코팅을 벗겨내어 (uncoated) 만든 코일을 프로브 머리부분 형태로 구성된 후 측정된 Q와 신호대잡음비 값의 비교. 코팅을 벗겨낸 경우에는 오차범위에서 24.3 ± 1.2 의 평균값을 보이며, 코팅 재질에 따라 신호대잡음비가 다르고 PU인 경우 가장 큰 값을 보인다. PU와 PI, 그리고 PI와 PEA의 비교에서 $p < 0.05$ 인 유의수준에서 차이를 보였고, 코팅을 벗겨낸 경우와 비교하여 PU, PI, PEA의 경우 $p < 0.05$ 인 유의수준에서의 차이를 보였다 (*).

| 구리선 코팅 재질 | | PU | PE | PAI | PEAI | PI | 평균값 |
|-----------|----------|-------------------|------------|------------|-------------------|-------------------|------------|
| Q 값 | unloaded | 146 ± 6 | 105 ± 7 | 120 ± 7 | 130 ± 2 | 140 ± 3 | - |
| | loaded | 140 ± 5 | 100 ± 4 | 115 ± 3 | 132 ± 6 | 132 ± 3 | - |
| 신호대잡음비 | coated | 31.0 ± 1.4 (*) | 23.2 ± 1.1 | 25.8 ± 1.7 | 27.0 ± 1.2 (*) | 28.7 ± 1.5 (*) | - |
| | uncoated | 24.9 ± 1.3 | 22.6 ± 1.3 | 24.7 ± 1.2 | 23.7 ± 1.7 | 25.6 ± 1.5 | 24.3 ± 1.2 |

다 (그림 1).

제작한 RF 코일의 특성을 조사하고자 Q 값을 측정하였다. 코일의 Q값을 측정하기 위하여 제작한 프로브 머리부분을 프로브에 고정하여 장착하였다. 프로브를 네트워크 분석기 (network analyzer: Agilent 8712ET, 300 ~ 1300 MHz)에 연결하고, 프로브 내의 가변축전지를 조절하여 원하는 공명 주파수 (600.0309 MHz)에 정확히 일치시킨 후, Q 값을 측정하였다. 작은 유리관 (내경 1.3 mm)에 담긴 시료 (CuSO4 수용액; CuSO4/H2O = 1 g/L)를 RF 코일에 넣고 (loaded), 그리고 시료 없이 (unloaded) 측정하여 비교하였다.

코일의 특성을 파악하는 다른 하나의 방법으로, 600 MHz 장비에서 동일 시료에 대한 자기공명영상 실험을 수행하여 신호대잡음비를 측정하였다. 스핀에코 펄스열을 이용한 양성자 밀도 측정 방법으로 영상을 얻었는데, 사용한 펄스열은 스핀에코 (spin echo) 펄스열이고, 파라미터로는 center frequency = 600.0309 MHz, field of view (FOV) = 3×3 mm², matrix = 64×64, spectral bandwidth = 50 kHz, 반복시간 (repetition time) = 5 sec, 에코 시간 (echo time) = 1.908 ms, 전체 스캔시간 = 5분 20초, 절편 두께 (slice thickness) = 0.2 mm, 절편 수 = 10이었다. Sinc 함수 형태의 일정한 RF 펄스폭을 이용하였고, 사용한 RF 코일과 시료에 따라 자동으로 펄스의 높이(power)에 따른 90도와 180도 펄스가 만들어지도록 하였다. 획득한 시상면 영상의 중심 5개의 절편에서 관심영역 (ROI, region of interest)을 설정하여 신호대잡음비를 측정하였다.

본 연구는 한국기초과학지원연구원 오창캠퍼스에 설치되어 있는 14.1 T (600 MHz, DMX600, Bruker사, 독일) 자기공명미세영상 장비를 사용하여 수행하였다.

결 과

[표 2]는 다섯 가지 다른 코팅재질의 구리선으로 제작한 RF 코일과 각각의 코팅재질을 벗겨낸 RF 코일을 프로브 머리부분으로 구성된 후 Bruker 프로브에 장착하여 측정한 Q 값과, 각 경우에 위에서 제시한 시료에 대하여 측정한 자기공명영상에서의 신호대잡음비를 측정한 값이다. 이 값은 코팅재질별로 3개씩 프로브 머리 부분을 제작하여 3번의 반복실험을 통해서 얻은 결과이다. 측정한 Q 값은 시료를 넣지 않았을 때가 넣었을 때와 비교하여 5% 정도 크고, 폴리에스테르 (PE), 폴리아마이드이미드 (PAI), 폴리에스테르아마이드이미드 (PEAI), 폴리이미드 (PI), 그리고 폴리우레탄 (PU)의 순서로 그 값이 크게 나타났다. 가장 큰 폴리우레탄의 경우 146±6으로 가장 작은 폴리에스테르의 경우인 105±7보다 40% 정도로 큰 Q 값을 보여주었다.

또한 자기공명영상 실험을 수행하여 획득한 시상면 영상 중심에서의 신호대잡음비를 측정한 결과에서도 폴리우레탄으로 코팅된 구리선으로 만들어진 RF 코일의 경우에 31.0±1.4로서 가장 크게 나타났으며, 폴리에스테르 코팅된 경우의 값인 23.2±1.1와 비교하여 34% 정도의 차이를 보였다. 코팅되지 않은 구리선으로 만들어진 RF 코일에서는 평균값이 24.3±1.2로서 벗겨낸 코팅재질에 따라 그 크기 변화가 비교적 적게 나타났다. 폴리에스테르의 경우에는 코팅 유무에 따라 거의 변화를 보이지 않는데 반하여 Q 값이 큰 경우일수록 코팅에 의한 신호대잡음비의 증대효과가 크고, 폴리에스테르아마이드이미드, 폴리이미드, 폴리우레탄의 경우 그 차이가 p < 0.05인 유의수준으로서 그 차이가 확연함을 확인할 수 있었다 (그림 2). 신호대잡음비의 제곱과 Q 값의 비례관계를 확인하고자 시료를 넣은 경우와

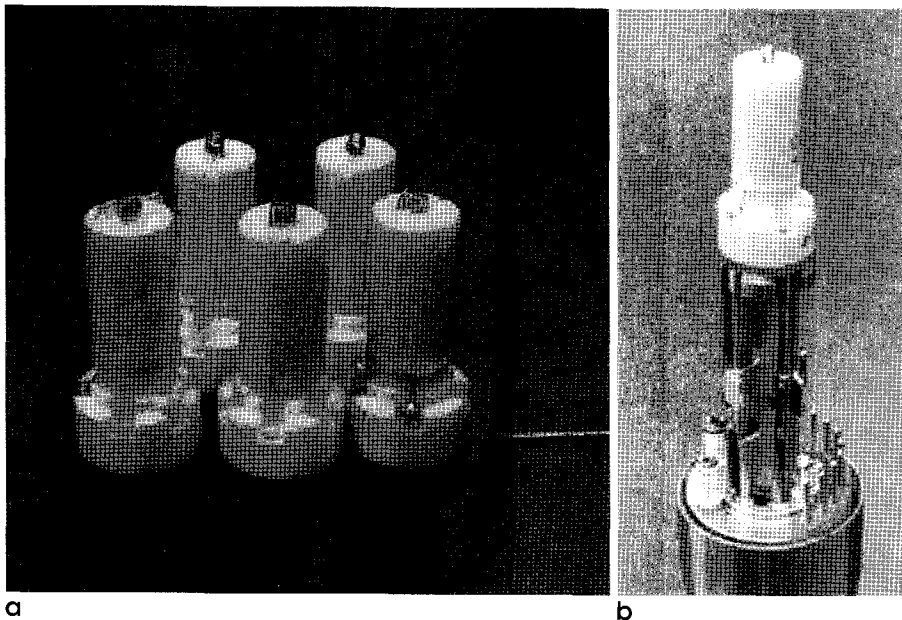


그림 1. 다섯 가지 다른 코팅재질의 구리선으로 제작한 프로브 머리부분들을 찍은 사진(a)과 Bruker 프로브에 장착한 사진(b). 직경이 1.7 mm인 유리관 안에 시료를 넣어서 사용할 수 있도록 하였으며, 보통 1.3 mm 이하의 생체시료(예를 들면 개구리알)에 대한 MRI 영상용으로 활용할 수 있도록 제작하였다. 기존의 Bruker 프로브에는 수소핵(¹H)과 불소핵(¹⁹F) 용도로 안장형 코일(saddle coil)이 장착되어 있는데, 높이를 같이 하고 유사한 구조로 고안하여 손쉽게 장착하여 사용할 수 있도록 하였다.

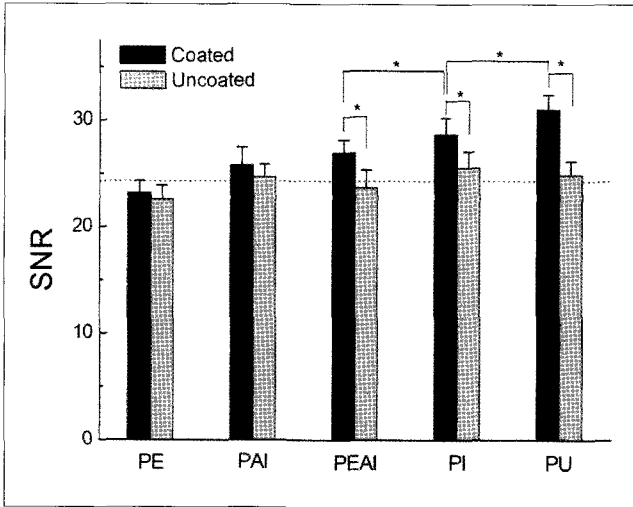


그림 2. 코팅재질에 따라 측정된 신호대잡음비(SNR) 값을 코팅을 벗겨낸 경우(uncoated)와 비교하여 나타낸 그래프. 코팅을 벗겨낸 경우에는 오차범위에서 24.3 ± 1.2 의 평균값(그림에서의 점선)을 보이며, 코팅 재질에 따라 신호대잡음비가 다르고 PU인 경우 가장 큰 값을 보인다. PU와 PI, 그리고 PI와 PEAI의 비교에서 $p < 0.05$ 인 유의수준에서 차이를 보였다. *: $p < 0.05$.

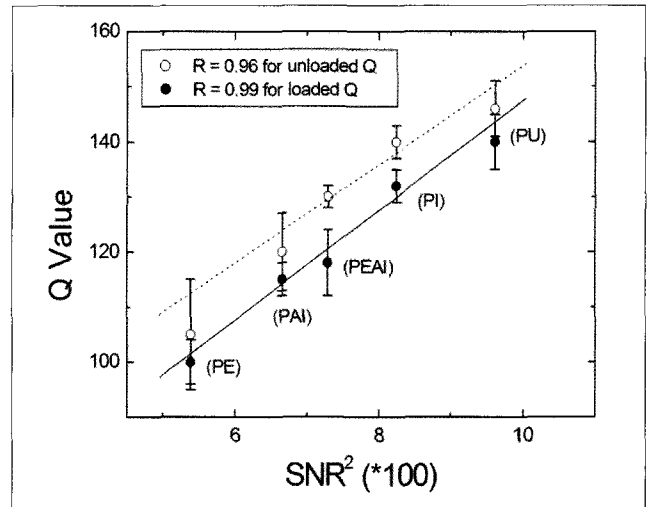


그림 3. 신호대잡음비와 비교하여 코팅 재질에 따라 측정된 Q 값을 시료가 있는 경우(loaded)와 없는 경우(unloaded)로 비교하였는데, Q 값이 신호대잡음비의 제곱에 비례하는지를 맞춤(실선은 unloaded, 점선은 loaded Q에 대한 것임)으로 표시하였다.

넣지 않은 경우의 Q 값과 비교하여 [그림 3]에 나타내었다. 0.09(unloaded)와 0.1(loaded)의 비례상수를 갖고 비교적 선형적으로 비례함을 (R 값이 각각 0.96과 0.99로서) 보여주고 있다.

RF 코일의 성능을 알아보기 위하여, 여기된 펄스의 진폭을 동일하게 하였을 때 90도 펄스의 길이가 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 같은 실험장비에서 하나의 RF 펄스 후에 주어지는 자기공명신호의 한 예인 자유유도감쇠 (free induction decay) 형태 및 크기를 관찰하여 각각의 RF 코일에 해당하는 90도 펄스 길이를 측정하였다. 코팅되지 않은 구리선으로 만들어진 경우 $8.5 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 으로서 신호대잡음비에서의 결과와 유사하게 특별한 변화 경향이 관찰되지 않았다. 이에 반하여, 코팅을 하였을 때에는 $8.9 \mu\text{m} \sim 7.9 \mu\text{m}$ 영역에서 Q 값과 신호대잡음비가 큰 코팅 재질의 경우 10% 정도 상대적으로 짧은 90도 펄스 길이를 갖는 것을 확인할 수 있었다 (PE, PAI, PEAI, PI, PU의 경우 90도 펄스의 길이가 각각 8.7, 8.9, 7.8, 8.2, $7.9 \mu\text{m}$).

고 찰

본 연구에서는 RF 코일에 사용되는 코팅 재질이 고자기장 (14.1 T)에서 자기공명영상에서의 신호대잡음비에 어떤 영향을 미치는지를 Q 값과 비교하여 보여주었다. 폴리우레탄으로 코팅된 구리선으로 만들어진 코일의 경우 가장 우수한 결과를 보였고, 신호대잡음비 값은 코팅하지 않았을 때, 그리고 가장 작은 신호대잡음비 값을 보인 경우의 코팅 물질인 폴리에스테르

와 비교하여 30% 이상으로 나타나서 코팅 재질의 선택이 자기공명영상의 결과에 중요하게 작용함을 확인할 수 있었다. 이런 경향은 RF의 진폭을 고정하여 측정된 90도 펄스의 길이에서도 유사한 형태로 반영됨을 확인하였다.

MRI용 코일 제작 시 신호대잡음비에 영향을 주는 요소는 여러 가지가 있을 수 있다. 먼저 코일 끝부분의 B1 자기장은 다소 왜곡되므로 시료가 균일한 B1 자기장을 경험하게 하려면 시료 크기보다 큰 코일을 만들어야 한다. 반면에 신호 손실을 최소화 하려면 코일 부피 내 시료가 차지하는 부피 비인 filling factor 를 크게 해야 한다. 코일을 구성하는 재료 또한 신호대잡음비에 영향을 주는 요소가 될 수 있다. 표면저항이 가장 작아질 수 있는 코일의 코팅 물질을 선정하여 제작하는 것이 신호대잡음비 개선에 효과가 있다고 할 수 있다.

코일의 Q값은 공명주파수, 코일의 인덕턴스에 비례하며 코일의 저항과는 반비례한다. 본 연구에서 사용된 코일들은 모두 형태와 모양이 동일하여 공명주파수와 인덕턴스가 동일하다고 가정할 수 있다. 그러므로 코일의 저항 값 차이가 각 코일의 Q값 차이에 반영된다고 할 수 있다. 신호대잡음비는 신호가 클수록, 잡음이 적을수록 큰 값을 가진다. 코일의 코팅 물질의 변화로부터 생긴 결과만 본다면, 모든 코일로부터 유도된 신호의 크기는 동일하다고 가정하고, 따라서 신호대잡음비 값의 변화는 코일로 감지된 잡음의 크기로부터 비롯되었다고 볼 수 있다. 즉, 코일의 저항이 작아질수록 코일로 검출되는 잡음이 작아져서 신호대잡음비가 증가하게 되는 것이다.

직류 전류의 경우 도선의 저항은 도선재질의 비저항으로 결정된다. 하지만 교류의 경우 도선의 표면을 따라 흘러가므로 도

선의 표면 성질에 따라 도선의 저항이 결정된다. 따라서, 도선 표면을 특정 물질로 코팅하게 되면 이 표면저항을 변화시키게 된다. 코팅 물질에 따른 코일의 저항 값 변화는 이로부터 기인된다고 판단된다. 폴리우레탄의 경우에 Q값과 신호대잡음비가 다른 물질의 경우보다 크게 측정되었는데 이는 폴리우레탄으로 구리 도선을 코팅했을 경우에 표면저항 값이 가장 작다는 것을 의미한다.

구입한 각각의 구리선으로부터 코팅 물질을 가는 사포로 문질러서 벗겨내는 방법으로 코팅하지 않은 구리선을 만들었으며, 이렇게 만들어진 구리선으로 제작한 코일로 측정된 신호대잡음비는 비교적 고르게 오차범위내에서 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 다섯 가지 다른 코팅 재질로 피복을 입히기 전 각각의 구리선이 동일한 조건에서 출발했다고 볼 수 있다. 또한 [그림1가]에 보이는 것처럼 테플론 틀과 축전지 위치 등을 동일하게 함으로써 최종적으로 만들어진 프로브 머리 부분에는 단지 코일 자체만 다르게 하여 그에 의한 효과만이 반영될 수 있도록 제작되었다고 가정하였다.

본 연구에서는 코팅 재질의 어떤 특성이 구리도선의 표면저항을 결정하는지에 대한 규명이 이루어지지 않았으며, 따라서 이 부분에 대한 보다 근본적인 이해가 뒤따라야겠다. 도선의 표면저항을 포함한 전기적인 특성에 대한 구체적인 자료와의 비교 분석은 이루어지지 않았으며, 이 부분에 대한 것은 추가 연구 대상으로 남기고자 한다. 해당 구리의 순도를 제조사에 문의하였는데 이에 대한 상세한 정보를 얻는 것이 불가능하였고, 다섯 가지의 코팅 재질의 경우를 모두 하나의 제조사로부터 구입할 수 없었다. 동일한 구리선에 여러 가지 다른 코팅물질을 입힌 것을 사용한다면 보다 신뢰도 있는 결과를 도출할 수 있겠다. 또한, 본 연구결과가 다른 형태의 RF 코일의 경우, 즉 안장형, 새장형, 표면형 등에 일반화시킬 수 있을지, 그리고 코일 자체의 단면이 원형이 아닌 경우에까지 확대 적용할 수 있을지는 확인하지 못하였다.

결 론

1.2 mm 이하의 작은 생체시료에 적합한 솔레노이드형 RF 코일을 상용 프로브에 장착하여 사용할 수 있도록 손쉽게 제작하였으며, 이런 솔레노이드형 RF 코일을 사용하여 자기공명 영

상을 얻고자 할 때에는 코일의 코팅 재질 선택이 매우 중요하고, 코팅 재질에 따라서 신호대잡음비가 30% 이상 차이가 날 수 있음을 확인하였다. 따라서 같은 신호대잡음비의 영상을 얻기 위해서는 코팅 재질에 따라서 2배 이상의 전체 스캔시간을 필요로 한다는 것을 확인할 수 있었다.

Acknowledgements

본 연구는 교육과학기술부의 학연협력사업(2009-008146)과 지식경제부의 산업원천기술개발사업(PG8062)의 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

1. Callaghan PT. "Principles of nuclear magnetic resonance microscopy", Clarendon Press, Oxford, 1991
2. Hoult DI and Richards RE. The signal-to-noise ratio of the nuclear magnetic resonance experiment. J Magn Reson 1976;24:71-85
3. Peck TL, Magin RL, and Lauterbur PC. Design and analysis of microcoils for NMR microscopy. J Magn Reson 1995;108:114-124
4. Black RD, Early TA, Roemer PB, et al. A high-temperature superconducting receiver for nuclear magnetic resonance microscopy. Science 1993;259:793-795
5. Hoult DI and Lauterbur PC, The sensitivity of the zeugmatographic experiment involving human samples. J Magn Reson 1979;34:425-433
6. Minard KR and Wind RA, Solenoidal microcoil design I. Optimizing RF homogeneity and coil dimensions. Concepts Magn Reson 2001;13:128-142
7. Minard KR and Wind RA. Picoliter 1H NMR spectroscopy. J Magn Reson 2002;154:336-343
8. Olson DL, Peck TL, Webb AG, Magin RL, Sweedler JV. High-resolution microcoil 1H-NMR for mass-limited, nanoliter-volume samples. Science 1995;270:1967-1970
9. Lee S, Kim K, Kim J, et al. One micrometer resolution NMR microscopy. J Magn Reson 2001;150:207-213
10. Minard KR and Wind RA. Solenoidal microcoil design II. Optimizing winding parameters for maximum signal-to-noise performance. Concepts Magn Reson 2001;13:190-13210

The Effect of Coating Material of Copper-wire RF Coil on the Signal-to-Noise Ratio in MR Images

Hyeonseung Lee¹, Hyeyoung Moon^{1,2}, Yongmin Chang³, Kwan Soo Hong^{1,2,4}

¹MRI Team, Korea Basic Science Institute, Cheongwon 363-883, Korea

²Department of Bio-analytical Science, University of Science and Technology, Daejeon 305-333, Korea

³Department of Diagnostic Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

⁴Graduate School of Analytical Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Purpose : To investigate the effect of coating material in RF coil, which is one of main parts in MRI machine, on the Q-factor and SNR(signal-to-noise ratio) in MR images.

Materials and Methods : RF coils with inner diameter of 1.7 mm were made by using copper wires coated with polyester, polyurethane, polyimide, polyamideimide, and polyester-imide, and by using copper wires in which coating materials had been removed. Q-factors of the RF coils were measured by network analyzer, and SNR values in the spin-echo MR images obtained by 600 MHz (14.1 T, Bruker DMX600) micro-imaging system for the coated and uncoated cases.

Results : The measured SNRs were almost same for the RF coils with coat-removed copper wires, however SNRs and Q-factors were different for the coated cases depending on the coating material. They were maximized in the polyurethane-coated case in which the SNR was > 30% greater than polyester-coated case.

Conclusion : We made solenoid-type RF coils which were easily used for MR micro-imaging in Bruker MRI probe. There was a significant coating-material dependence in the measured Q values and SNRs for the home-made RF coils. The study demonstrated that the choice of coating material of RF coil may be a critical factor in the MRI sensitivity based on SNR value.

Index words : MRI

RF coil

Coating material

SNR

Address reprint requests to : Kwan Soo Hong, Ph.D., MRI Team, Korea Basic Science Institute
804-1, Yangchung, Ochang-eup, Cheongwon, Chungchengkuk-do 363-883, Korea.
Tel. 82-43-240-5100 Fax. 82-43-240-5119 E-mail: kshong@kbsi.re.kr