

자기공명검사실 내 전자기파 차단이 이루어지지 않은 부속장치의 차폐에 관한 연구

Study on the Electromagnetic Shielding of Accessory Device without Electromagnetic Shielding Technology in the Magnetic Resonance Room

손순룡

원광보건대학교 방사선과

Soon-Yong Son(son6392@hanmail.net)

요약

본 연구는 자기공명검사실 내 전자기파가 나오는 부속장치를 대상으로 새로운 차폐방법을 적용하여 전자기파로 인한 인공물의 발생을 방지하고자 하였다. 연구방법은 차폐 기술이 적용되지 않은 환자 감시용 CCTV에 metal plating fiber 섬유로 제작된 새로운 차폐체를 적용하여, CCTV의 전원을 차단한 경우(type I)를 기준으로 전원을 차단하지 않은 경우(type II)와 차단하지 않은 상태에서 새로운 차폐 기술을 적용한 경우(type III)를 noise map을 획득하여 비교평가 하였다. 연구 결과, 유의한 차이가 존재하는 집단이 하나 이상 존재함을 알 수 있었으며 이를 바탕으로 사후분석을 시행한 결과 type I과 type III는 집단 1로 type II는 집단 2로 나타나 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우와 새로운 차폐 기술을 적용한 경우가 동일집단임을 알 수 있었다. 결론적으로 검사실 내에서 추가적인 부속장치로 인해 전자기파가 발생할 경우 본 연구가 제시한 차폐체를 적용한다면 noise가 발생하지 않는 type I과 동일한 상태를 만들 수 있어 전자기파로 인한 인공물의 발생을 방지할 수 있으리라 판단된다.

■ 중심어 : RF 차폐 | 전자기파 | 자기공명영상 |

Abstract

In this study, a new shielding method was applied to an accessory device that produces electromagnetic waves in the magnetic resonance room to prevent the generation of artifact caused by electromagnetic waves. The research method applied a new shielding made of metal plating fiber to patient surveillance CCTVs without shielding technology, and obtained and evaluated noise map when the power was not cut off and when the new shielding technology was applied without shutting down the CCTV. As a result of the study, it was found that there was at least one group with significant differences. Type I and type III belonged to group 1 while type II belonged to group 2 in the Post-hoc analysis, which meant blocking power of the CCTV and the applying new shielding technology were in the same group. In conclusion, if electromagnetic waves are generated due to additional accessories in the scanning room, the shielding material proposed in this study should be applied which enables the electric state become similar to type I, not generating noise, thereby preventing the artifacts caused by electromagnetic waves.

■ keyword : RF Shielding | Electromagnetic Waves | Magnetic Resonance Imaging |

* 본 연구는 2020년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행되었습니다.

접수일자 : 2020년 10월 23일

심사완료일 : 2020년 11월 25일

수정일자 : 2020년 11월 17일

교신저자 : 손순룡, e-mail : son6392@hanmail.net

I. 서론

방사성 동위원소나 방사선 발생장치를 이용하는 시설은 환자나 종사자의 방사선 피폭을 줄이기 위해 납이나 콘크리트 등으로 벽을 차단하고 있다[1][2].

사이클로트론 가동 시설에서도 핵반응으로 인해 발생하는 중성자를 차폐하기 위해 두께에 차이가 있지만, 콘크리트를 사용하고 있다[3].

그러나 자기공명영상(magnetic resonance imaging, 이하 MRI) 검사실은 인체에 직접적인 위해가 있는 전리방사선의 차폐와 달리 비전리방사선으로서 다른 개념의 차단이 이루어져야 한다. MRI는 고자장 하에서 인체에 전자기파(electromagnetic wave)를 인가하여 수소 원자핵을 공명시킨 후 이완될 때 메아리와 같은 신호가 발산되면 이를 되받아 영상화하는 기술이다[4]. 이때 사용되는 전자기파는 전기장(electric field)과 자기장(magnetic field)이 시간에 따라 주기적으로 변환하면서 발생하는 파동으로 매질이 없어도 에너지를 전달할 수 있기 때문에 공간을 통해 한 영역에서 다른 영역으로 전파된다[5]. 이와 같은 원리로 인해 MRI는 무선으로 전자기파를 인가하여 인체를 공명시키는데 주로 사용하는 전자기파 주파수는 64 MHz에서 128 MHz이다. 64 MHz에서 128 MHz의 주파수는 전자기파 중 라디오 주파수 대역(radio frequency, 이하 RF)으로 우리가 일상적으로 접하는 FM 라디오 주파수 대역이다[6].

라디오 주파수 대역은 우리 주변에서 흔히 사용되는 전기장치나 기구로부터 방출되며, 특히 방송이나 통신을 위해 사용하는 TV, 라디오, 레이더, 가정용 전원의 교류전기 등등 생활 공간의 거의 모든 환경에서 발생한다[7]. 그러다 보니 MRI 장치를 설치할 때 외부에 떠다니는 주파수를 차단하지 않으면 영상을 얻기위해 코일에서 인가하는 주파수와 외부 주파수가 혼재되어 영상에 고주파 인공물(artifact)이 발생한다[8]. 이로 인해 MRI 장치 설치 시 외부 주파수 유입으로 인한 고주파 인공물의 발생을 방지하기 위해 동판이나 아연, 합석 등을 이용하여 장치가 설치된 공간의 벽 뿐만 아니라 바닥이나 천정까지 차폐(shield)를 한다[9]. 또한 내부에서도 전자기파가 발생할 수 있기 때문에 MRI 장치가 설치되어 있는 공간에 추가적인 부속장치를 설치해야

하는 경우에도 설치될 부속장치는 EMI/EMC 대응 전자기파 차폐기술이 적용된 장치를 사용하고 있다. 왜냐하면 부속장치에 전자기파 차폐기술이 적용되지 않을 경우 부속장치내에서도 전류가 흐르기 때문에 전자기파가 발생하여 고주파 인공물을 발생시키기 때문이다[10].

그러나 MRI 장치가 설치된 공간에는 많은 부속장치가 필요하고 또 사용되다 보니 일부 장치는 기술력과 금전적인 한계로 인해 전자기파 차폐기술이 적용되지 않고 설치되는 경우가 있으며, 차폐기술이 적용된 부속장치라도 오랜 시간 사용하다 보면 노후화로 인해 차폐 성능이 떨어져 전자기파의 발생으로 고주파 인공물이 발생하고 있다. 하지만 대부분의 검사실에서는 이러한 문제점을 인지하지 못하고 있는 상황이며, 인지하더라도 마땅한 대안이 없어 이를 간과하고 검사를 시행하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 전자기파가 나오는 부속장치를 대상으로 새로운 차폐 기술을 적용하여 기존 부속장치의 교체 없이 부속장치에서 나오는 전자기파를 차폐하여 고주파 인공물의 발생을 방지할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 새로운 차폐 기술

MRI 검사 시 인가되는 전자기파는 자기장과 전기장이 직각으로 교차하는 파로써 이러한 전자기파를 차폐하기 위해서는 자기장과 전기장을 각각 차폐하여야 한다[4]. 일반적으로 전기장과 자기장을 차폐하는 방법은 전기장의 경우 금속물질을 사용하여 차폐하며, 자기장의 경우는 반대 방향의 역자기장을 이용하여 차폐한다[11]. 이에 저자는 금속으로된 얇은 전선을 이용하면 전선자체가 금속물질이므로 전기장을 차폐할 수 있고 전선에 자기장이 인가되면 전류가 생성되어 다시 반대방향의 자기장이 형성됨으로 이를 응용하면 전자기파의 자기장을 차폐할 수 있을 것이라는 점에서 착안하였다[10].

이를 위해 차폐체를 특수 제작한 후 전자파가 나오는 부속장치에 새로운 차폐기술을 적용하여 고주파 인공물의 발생을 방지할 수 있는지 알아보았다.

연구에 사용된 차폐체는 자기장에 반응하지 않는 순도 99.9% 구리재질로 제작은 0.1mm의 metal plating fiber(MPF)로 제작된 섬유를 구입한 후 섬유 가공회사에 의뢰하여 자기장이 동시에 차단될 수 있도록 mesh 구조 형태의 원단으로 특수 제작한 후 mesh 표면에 흐를 수 있는 유도전류를 차단하기 위해 초박막 무전해 도금 처리를 하여 완성하였다[Fig. 1].



Fig. 1. metal plating fiber

2. 연구방법

MRI 장치가 설치되어 있는 공간 내 전자파 차폐 기술이 적용되지 않은 환자 감시용 폐쇄회로 텔레비전 (closed circuit television, 이하 CCTV)을 대상으로 새로운 차폐기술을 활용하여 전자파의 차폐 유무를 3가지 type으로 구분하여 연구하였다.

3가지 type은 전자파 차폐기술이 적용되지 않은 동일한 1대의 CCTV를 대상으로 CCTV의 전원을 차단한 경우(Type I)를 기준으로 기존의 CCTV의 전원을 차단하지 않은 경우(Type II)와 그리고 차단하지 않은 상태에서 새로운 차폐 기술을 적용한 경우(Type III)로 나누어 실험하였으며 새로운 차폐기술이 전자파를 차단할 수 있는지는 noise map을 획득하여 비교평가 하였다[Fig. 2].

3가지 type으로 나는 기준은 전자파 차폐기술이 적용되지 않은 CCTV를 사용했을 때 전자파가 발생한다는 문제점과 그 문제점을 저자의 개발한 차폐 기술이 해결할수 있다는 것을 증명하기위해 CCTV의 전원을 차단하여 전자파가 발생하지 않는 상황을 type I으로 CCTV의 전원을 공급하여 전자파가 발생하는 상황을

type II로 전자파가 발생하는 상황에서 저자의 차폐 기술을 적용하여 문제점을 해결하는 상황을 type III로 설정하여 분류하였다.



Fig. 2. experimental method

Noise map은 3.0T 초전도 자기공명영상장치 (Achieva, Philips Medical System, Netherlands)를 사용하여 측정의 정밀성을 높이기 위해 3가지 type 별 각 500회씩 1,500회를 측정하였으며 1회 측정시간은 1분 10초였다. 획득한 영상은 영상 평가프로그램 (Image J, ver. 1.47v, NIH, USA)을 이용하여 noise map의 중심부에 직선을 설정한 후 profile의 신호강도를 측정하였으며 측정된 신호강도는 Gray Value가 1,500 이상인 경우 noise 값으로 규정하여 일원배치분산분석(One-way Anova, SPSS Ver.22)과 사후분석을 통해 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우와 차이가 있는지 평가하였다[Fig. 3].

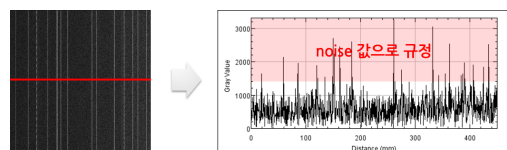


Fig. 3. measurement method

III. 연구결과

Noise 값은 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우 (Type I) 1698.56 ± 182.87 , 기존의 CCTV의 전원을 차단하지 않은 경우(Type II) 2056.94 ± 415.42 , 그리고 차단하지 않은 상태에서 새로운 차폐 기술을 적용한 경우(Type III) 1724.36 ± 227.26 으로 나타났다. 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우(Type I)와 차이가 있는지 알아보기 위해 일원배치분산분석을 시행한 결과,

집단 간 제곱합 3590253.144, 집단 내 제곱합 60474751.345, F값 45.773, 유의확률 0.000으로 나타나 noise 값 중 유의한 차이가 있는 집단이 하나 이상 존재함을 알 수 있다[Table 1].

Table 1. measured noise value

Group	Mean±SD	F	Sig.
Type I	1698.56±182.87	45.773	.000
Type II	2056.94±415.42		
Type III	1724.36±227.26		

유의한 차이가 있는 집단을 알아보기 위해 Duncan의 사후분석을 시행한 결과 유의수준($p < 0.05$)에 대한 부집단이 2개로 나타났다. 집단 1은 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우(Type I)와 차단하지 않은 상태에서 새로운 차폐 기술을 적용한 경우(Type III), 집단 2는 기존의 CCTV의 전원을 차단하지 않은 경우(Type II)로 나타나 새로운 차폐 기술을 적용한 경우가 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우와 동일한 것을 알 수 있다[Table 2].

Table 2. Post-analysis of measured noise values

Group	Subset for alpha = 0.05	
	1	2
Type I	1698.556	
Type III	1724.358	
Type II		2056.940
Sig.	.425	1.000

이는 육안으로도 확인할 수 있는데 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우(Type I)와 차단하지 않은 상태에서 새로운 차폐 기술을 적용한 경우(Type III)는 noise로 규정한 Gray Value 1,500 이상의 peak 수가 작아 영상이 균일하지만, 기존 CCTV의 전원을 차단하지 않은 경우(Type II)는 noise로 규정한 Gray Value 1,500 이상의 peak 수가 많아 noise가 수직의 선형태로 존재하여 영상이 불균일한 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 자체 제작한 차폐체를 이용해 새로운 차폐 기술을 적용했을 때 noise가 발생하지 않은 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우(Type I)와 동일한 상태를 만들어 있어 부속장치에서 발생하는 전자기파로 인한 인공물의 발생을 방지할 수 있음을 의미한다[Fig. 4].

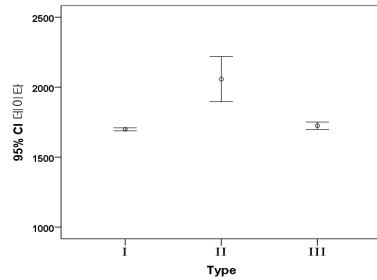


Fig. 4. 95% CI chart

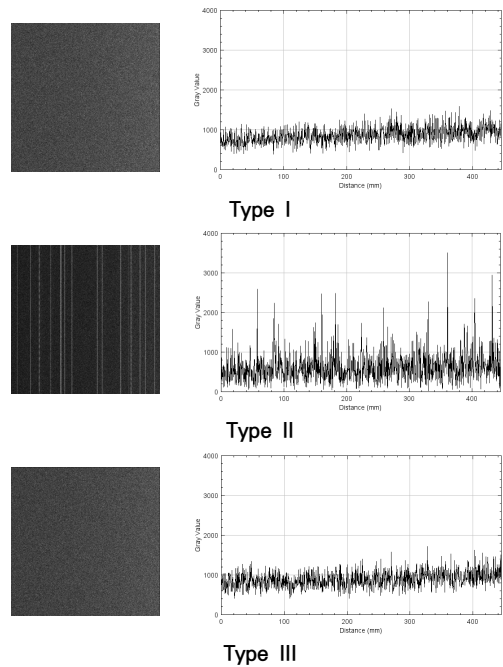


Fig. 5. noise map

IV. 고찰

MRI 장치를 설치하기 위해서는 전자기파의 차폐가 매우 중요하다. 왜냐하면 외부 전자기파가 내부로 들어올 경우 영상에 인공물이 발생하기 때문이다. 이러한 이유로 인해 장치 설치 시 구리 또는 아연이나 함석판으로 사방을 완벽하게 차폐하고 전기 배선 및 케이블 선정에도 신중을 기한다[10]. 그러나 외부에서 발생하는 전자기파를 완벽히 차폐하더라도 내부에서 전자기

파가 발생 한다면 인공물이 동일하게 나타나기 때문에 위와 같은 노력이 의미가 없다. 특히, 검사나 안전을 위하여 MRI 장치가 설치된 공간에 추가적으로 부속장치를 설치할 경우 부속장치에 전자파 차폐기술이 적용되어 있지 않다면 영상에 고주파 인공물이 발생한다[11].

이러한 문제점에도 불구하고 현재까지 이를 개선하기 위한 연구나 기술개발은 전무한 실정이다. 즉, Kanal 등[12]과 Shellock 등[13]의 기존 연구들은 전자기파가 인체에 미치는 영향에 대해 연구하였을 뿐, 실제 장치가 설치된 내부 공간에서 noise가 발생하여 영상에 영향을 미치는 현상에 대해 간과한 실정이다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 인지하고 이를 개선하기 metal plating fiber로 제작된 섬유를 이용하여 차폐체를 제작한 다음 전자기파가 발생하는 부속 장치에 새로운 차폐방법을 적용하여 전자기파로 인한 인공물의 발생을 방지하고자 하였다.

연구결과, 새로운 차폐 기술을 적용한 경우 noise가 발생하지 않은 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우와 동일집단 임을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 저자가 만든 차폐체를 이용해 새로운 차폐 기술을 적용하면 기준인 CCTV의 전원을 차단한 경우와 동일한 상태를 만들 수 있어 부속장치에서 발생하는 전자기파로 인한 인공물의 발생을 방지할 수 있음을 의미한다.

MRI 관련된 전자기파의 차폐에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 왜냐하면 기본원리 상 공명을 시키는 세차주파수가 전자기파이기 때문이며 전자기파를 사용하지 않으면 영상을 획득할 수 없기 때문이다.

Kotsuka[14]는 금속 분말과 페라이트 소재를 혼합한 전자파 흡수재를 사용하여 전자기파를 차폐하였고, Choi[15]는 스테인레스와 니켈의 합금의 mesh를 이용하여 전자기파를 차폐하였다. 이 연구들은 인체 내부에 흡수되는 전자기파를 감소시키기 위한 연구이며 사용한 재질도 자장에 반응하여 영상에 영향을 미치는 재질로서 이로 인해 또 다른 인공물이 발생할 수 있다는 단점이 있다. 즉, 본 연구처럼 장치가 설치된 공간에서 발생하는 전자파를 차폐한 연구는 아직까지 없으며, 재질 또한 자장에 영향을 주지 않고 인체에 안정성이 입증된 구리 성분이므로 기존 연구에 비해 학술적으로 진일보한 성과라고 할 수 있겠다.

본 연구는 MRI실 내에 고자장으로 인하여 전자파 측정 장비를 직접 지참하여 들어갈 수 없는 현실로 인하여 설치된 부속 장치에서 발생하는 전자기파를 정량적으로 측정하지 못하였으며, 차폐체가 어느 정도의 전자기파까지 차폐할 수 있는지 정량적으로 측정하지 못하였다는 제한점이 있다. 그럼에도 불구하고 관련 연구가 전무한 상황에서 부속 장치로 인한 전자기파의 발생을 인지하고 그에 대한 대안을 제시한 연구라는 점에 의의가 있다. 향후 새롭게 제시한 차폐체를 이용한 전자기파의 차폐 정도를 정량화 하는 연구를 진행하면 임상적용에 매우 효과적일 것으로 판단된다. 결론적으로 MRI 장치가 설치된 공간에서 추가적인 부속 장치로 인해 전자기파가 발생할 경우, 본 연구가 제시한 차폐체를 이용한 새로운 차폐방법을 적용한다면 부속 장치에서 발생하는 전자기파로 인한 MRI 영상에 인공물이 발생하는 문제를 예방할 수 있으리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] S. G. Kim, H. S. Choi, P. S. Moon, and J. C. Yook, "Radiation Shielding Analysis for the X-ray Facility," *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol.12, No.1, pp.34-39, 1987.
- [2] G. Simmons, *structure shielding design and evaluation for medical use of X-ray and gamma rays of energies up to 10 Mev*, NCRP report, No.49, p.126, 1976.
- [3] D. G. Jang and S. H. Shin, "Radiological Impact Assessment for Radioactive Concrete in Dismantling of the Medical Cyclotron," *Journal of the Korea Society Radiology*, Vol.13, No.1, pp.73-81, 2019.
- [4] 이학일, *자기공명 영상과 분광법의 이해*, 계명대학교 출판부, 2016.
- [5] K. W. Choi and S. Y. Son, "Usefulness of the Technique of Collecting Signals by Selecting Elements from RF Receive Phase Array Coil in Magnetic Resonance Imaging," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.18, No.6, pp.461-466, 2018.

- [6] 대한자기공명과학회, *임상 자기공명영상학*, 일조각, 2015.
- [7] I. L. Pykett, J. H. Newhouse, F. S. Buonanno, T. J. Brady, M. R. Goldman, J. P. Kistler, and G. M. Pohost, "Principles of nuclear magnetic resonance imaging," *Radiology*, Vol.143, No.1, pp.157-168, 1982.
- [8] V. A. Stenger, F. E. Boada, and D. C. Noll, "Three-dimensional tailored RF pulses for the reduction of susceptibility artifacts in T2*-weighted functional MRI," *Magnetic resonance in medicine*, Vol.44, No.4, pp.525-531, 2000.
- [9] M. Alecci and P. Jezzard, "Characterization and reduction of gradient-induced eddy currents in the RF shield of a TEM resonator," *Magnetic Resonance in Medicine*, Vol.48, No.2, pp.404-407, 2002.
- [10] C. J. Wiggins, *MRI method for reducing artifacts using RF pulse at offset frequency*, U.S. Patent No.7, 2009.
- [11] O. Marrufo, F. Vazquez, R. Martin, S. E. Solis-Najera, and A. O. Rodriguez, "RF shield parallel-plate waveguide for travelling-wave MRI experiments at 3T," *Journal of Physics*, Vol.1221, No.1, p.1-4, 2019.
- [12] E. Kanal and F. G. Shellock, "Burns associated with clinical MR examinations," *Radiology*, Vol.175, No.2, p.585, 1990.
- [13] F. G. Shellock, "MR imaging and cervical fixation devices: evaluation of ferromagnetism, heating, and artifacts at 1.5 Tesla," *Magn Reson Imaging*, Vol.14, No.9, pp.1093-1098, 1996.
- [14] Y. Kotsuka, "Ferrite electromagnetic wave absorber," *journal magnetics society of japan*, Vol.21, pp.1159-1166, 1997.
- [15] 최관우, *부분 촬영 MRI를 위한 RF 송신 차폐 방법에 관한 연구*, 고려대학교, 석사학위논문, 2010.

저 자 소 개

손 순 룡(Soon-Yong Son)

정회원



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과(보건행정학석사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 보건학과 (보건학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 원광보건대학교 방사선과 교수

〈관심분야〉 : 보건학, 방사선영상학, 투시조영학