

<원저>

은(Ag)이온이 함유된 항균필름이 MRI에 미치는 영향

신병근¹⁾·김성후²⁾·안성민³⁾한림대학교 강남성심병원 영상의학과¹⁾·마산대학교 방사선과²⁾·가천대학교 방사선학과³⁾

Effect of Antibacterial Film Containing Silver Ions on MRI

Shin Byeong Geun¹⁾·Kim Seong Hu²⁾·Ahn Seong Min³⁾¹⁾Department of Radiology, Hallym University Gang-Nam Sacred Heart Hospital²⁾Department of Radiological Science, Masan University³⁾Department of Radiological Science, Gachon University

Abstract The purpose of these experiments is often to scan infected patients with MRI. Therefore, it is to investigate whether the antibacterial film containing silver ions, which is a non-magnetic substance, affects magnetic resonance imaging. In this experiment, the ACR phantom was used, not the patient. The ACR phantom was wrapped in an antibacterial film and the SNR, CNR, sagittal localization image, and geometrical accuracy were compared before and after. The experiment was performed 10 times and the averaged values were compared. There were no significant differences in the results of all experiments. The FDA recommends removing metal and antibacterial film masks during MRI scans. The reason is that there was one case of injury with facial burns. When I touched the antibacterial film to check the fever during the 2 hour experiment, I did not feel any particular fever. In light of the experimental results, it would be helpful to use an antibacterial film when testing an infected patient. The reason is that there isn't a difference before and after the experiment of SNR, CNR, and sagittal localization images.

Key Words: Silver, Silver ions, MRI, Antibacterial film, ACR Phantom, Signal to Noise Ratio(SNR), Contrast to Noise Ratio(CNR)

중심 단어: 은, 은이온, MRI, 항균필름, ACR 팬텀, 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비

I. 서론

MRI(Magnetic Resonance Imaging) 장치는 진단용 방사선 발생장치와 달리 인체에 유해하지 않아 방사선에 관한 장해가 없다[1]. 자기공명영상은 자기장과 비전리 방사선인 RF(Radio Frequency) 펄스를 이용하여 내적인자와 외적인자를 사용하여 여러 펄스시퀀스를 만들어 영상화한다[2]. 펄스시퀀스에서 받은 신호는 K-space의 raw data로 저장되며 위치정보와 대조도 정보를 모두 가지고 있다[3]. 검사부위에 이물질, Metal이 있거나 Coil에 직접적으로 검사부위에 닿는 경우 artifact가 발생한다[4]. 이물질에 의한 artifact를 줄이기 위해서는 TSE (turbo spin echo) 또는

FST(E)(fast spin echo)사용, 낮은 TE, wide band width를 사용한다[5].

은(Ag)은 비자성체이다. 금속성이기 때문에 검사부위에 직접 닿거나 검사부위 주위에 있으면 artifact가 생길 수 있다. 그래서 은(Ag)나노코팅이 아닌 입자가 더 작은 은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 사용하여 artifact가 발생할 확률을 줄이고자 한다.

본 연구에서는 여러 환자들이 사용하는 MRI Table, Coil을 사용하여 MRI검사 시 전염성균 보유 환자가 왔을 경우, 은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 사용하였을 때 영상에 미치는 영향을 알아보기로 ACR (American College of Radiology)팬텀을 사용하였다. 은(Ag)은 구리(Cu), 아연

Corresponding author: Seong-Min Ahn, Department of Radiological Science, Gachon University, 191, hambakmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 21936, Republic of Korea / Tel: +82-32-820-4263 / E-mail: sman@gachon.ac.kr

Received 16 June 2021; Revised 21 June 2021; Accepted 28 June 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

(Zn)에 비해 항균력이 우수하여 본 연구에 사용하게 되었다. ACR 팬텀은 MRI 기기의 표준 팬텀으로 확립이 되어 있다. ACR 팬텀은 기하학적 정확도, 공간 분해능, 절편 두께 정확도, 절편 위치 정확도, 영상강도 균일성, 고스트 신호 백분율, 대조도 분해능 총 7가지 항목을 검사하는 표준 팬텀이다[6][7].

선행 연구에서는 보철물과 ACR 팬텀을 이용하여 절편위치 정확성 및 고스트 신호 백분율을 이용하였고 인공보철물에 대한 영상의 왜곡과 신호 소실은 수신대역폭을 조절함으로써 감소시킬 수 있다고 하였다[8]. 본 연구에서는 기하학적 정확도, SNR과 CNR 비교분석을 통해 자기공명영상이 은(Ag)이온이 함유된 항균필름에 의해 영향을 받는지 알아보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

장비는 3.0T Skyra (Siemes, Germany)를 사용하였다.



(A)

(B)

(C)

Fig. 1. (A). ACR Phantom in MRI containing Antibacterial Film positioned ready to study (B). ACR Phantom on MRI (C). Antibacterial Film containing Silver ions

MRI table에 결합된 Head & Neck coil(20Ch.) 안에 ACR 팬텀을 넣고 sagittal localizer, T1 spin echo, T2 spin echo검사를 실시한다. ACR 팬텀은 양끝이 막혀있는 아크릴 플라스틱으로 길이가 148 mm, 직경이 190 mm 원통이며, 75ml NaCl₂, 10ml NiCl₂으로 채워져 있다. 은(Ag)이온 항균필름을 사용하여 실험을 한다. FITI(Friend of Industry Technology Information Testing)시험연구원의 시험을 통과한 업체 중 선정하였다. 은(Ag)이온이 포함된 항균필름은 지하철 및 엘리베이터 등에서 사용되는 제품 중 FITI시험연구원에서 발표한 항균활성수치가 2.0이상인 제품 중 무작위로 선정 하였다.(항균활성수치 2.0이상 균 99% 감소) 해당 제품의 항균활성수치는 6.1이다. 6.0이상은 항균력이 99.9999%이다.

2. 연구방법

실험은 2번 실시를 하였다. 첫 번째와 두 번째 실험 전부 10번씩 반복 실시하여 통계적 유의성을 보고자 한다. 실험은 은(Ag)이온이 함유된 항균 필름을 감싸고 10번, 안 감싸고 10번 실시하였다. 실험 시 ACR 팬텀의 공기방울을 이용하여 수평 및 평행하게 ACR 팬텀을 맞추었고 육안으로 맞춰지지 않는 부분은 localizer 영상과 T1 영상을 획득한 다음 팬텀의 수평 및 평행을 맞추었다. 검사의 프로토콜은 특수의료장비인증평가에 사용되는 자기공명영상 프로토콜인 sagittal localizer, T1 스핀에코, T2 스핀에코 프로토콜을 이용하였다. 각 병원 스타일에 맞는 검사가 아닌 기준이 있는 파라미터로 실험을 실시하였다(Sagittal Localizer:58초, T1 :2분21초, T2 :8분 32초)<Table 1>.

3. 영상평가 및 분석(SNR, CNR)

실험은 항균필름을 감싸지 않은 상태를 기준으로 평가하였다. 측정방법은 평가영상을 Dicom File로 받아 INFINITT PACS M6 프로그램을 사용하였으며, ROI는 10 × 10 mm로 설정하였다.(Object SI) SNR은 측정된 Object SI를 Background Noise SD로 나누어 계산하고(Eqs 1), CNR은 Object SI₁과 Object SI₂의 차를 Background Noise SD로 나누어 계산하였다(Eqs 2)[9]. 영상은 첫 번째 영상으로 측정하였다. 통계프로그램은 IBM SPSS Statistics 23을 사용하여 전·후 SNR, CNR값을 Diff변수로 정규성 검정을 실시 후 정규성 검정이 되면 대응표본 t 검정으로 검정하고 정규성 검정이 안되면 Wilcoxon Signed Rank Test를 실시하였다. 그리고 항균필름 적용 전·후 SNR, CNR을 분석·비교하였다. 측정값들은 평균과 표준편

Table 1. ACR Phantom study Sequence Parameters

Image	TR (ms)	TE (ms)	Fov (cm)	Slicke Thickness(mm)	Slice Gap (mm)	NEX	Matrix
Sagittal Localizer	200	20	25	20	N/A	1	256 ×256
T1 Spin Echo	500	20	25	5	5	1	256 ×256
T2 Spin Echo	2000	20 /80	25	5	5	1	256 ×256

차를 구하고 기준은 항균필름을 감싸지 않은 영상의 SNR과 CNR로 하였다. 이때 *p*값 기준은 0.05으로 하고 0.05이상 일 경우 차이가 없다고 본다.

$$SNR = \frac{Object\ SI}{Background\ Noise\ SD} \quad Eqs.1$$

$$CNR = \frac{Object\ SI_1 - Object\ SI_2}{Background\ Noise\ SD} \quad Eqs.2$$

니라 항균필름을 감싸기 전·후를 비교 평가한다. 실험한 영상이 기하학적 정확도의 오차범위 안에 들어가는지 평가하였다. 측정은 DICOM File을 INFINITT PACS M6에서 각각의 값들을 측정하였다. 측정값은 IBM SPSS Statistics 23에서 항균필름 적용 전·후를 비교·분석하였다. 평균과 표준편차를 구하고 기준은 항균필름을 감싸지 않은 영상의 측정값으로 하였다. *p*값 기준은 0.05으로 하고 0.05이상일 경우 차이가 없다고 본다.

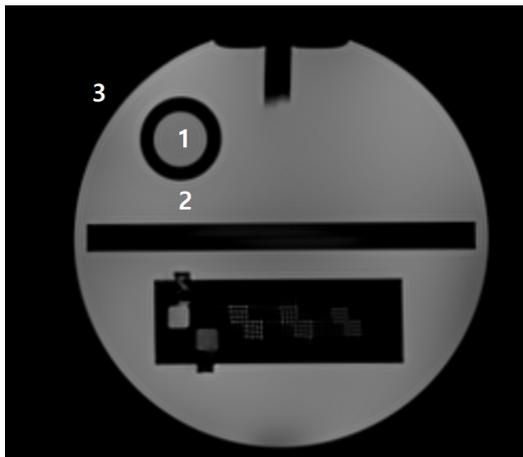
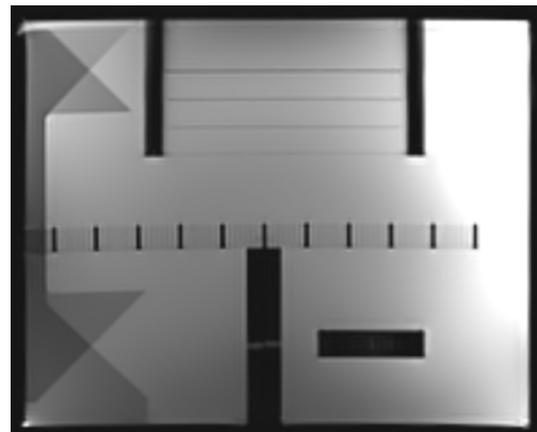


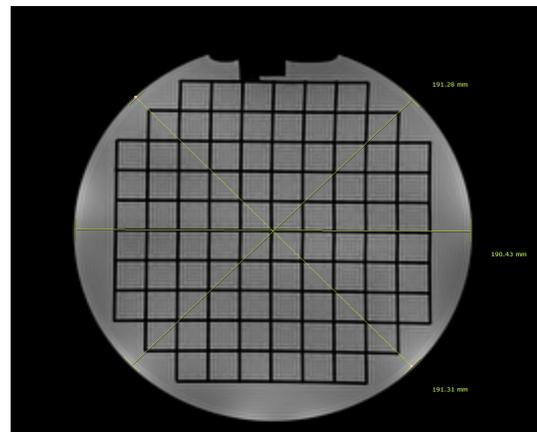
Fig. 2. ACR Phantom First image Calculate Standard No.1 SI, No.2 SI, No. Background Noise

1) 영상평가 및 분석(기하학적 정확도)

영상에서 나타나는 길이가 대상물의 실제 길이를 나타내는지 기하학적 정확도를 평가하였다. 시상위치확인영상 중앙부위의 상하 길이를 측정하였다(실제길이 148 mm) 오차범위는 146 ~ 150 mm이다. 표준 T1 5번째 영상 상하, 좌우, 대각선 방향 길이를 측정하였다(실제길이 190 mm). 오차범위는 188 ~ 192 mm이다. 모든 측정치는 실제길이와 ±2 mm의 오차범위 이내여야 한다. 상하 길이의 경우 공기의 영향으로 정확한 측정이 어려워 좌우, 대각선의 길이 2가지 총 3가지를 이용하여 측정하였다. 본 연구는 뿐만 아



(A)



(B)

Fig. 3. (A) Sagittal Localizer (B) T1 5th

III. 결 과

1. 항균필름 적용 전·후 SNR, CNR

Table 2. Results of pre and post SNR, CNR

		T1 Mean±SD	T2 Mean±SD
SNR	Pre	1184.5±58.6	339.7±33.6
	Post	1255.4±144.8	350.3±18.4
	<i>p</i> -value	0.175	0.366
CNR	Pre	-116.2±5.2	-345.7±36.6
	Post	-118.1±3.8	-332.4±18.6
	<i>p</i> -value	0.616	0.279

실험을 실시한 결과 T1 SNR의 *p*값은 0.175이고 T2는 0.366이다. T1 CNR의 *p*값은 0.616이고 T2는 0.279이다. SNR과 CNR의 *p*값이 전부 0.05 이상이므로 항균필름 적용 전·후의 차이가 없다.

2. 항균필름 적용 전·후 시상위치 확인영상, 기하학적 위치

Table 3. Result of Sagittal Position1

		Mean±SD(mm)
Sagittal Position	Pre	147.2±0.3
	Post	147±0.18
<i>p</i> -value		0.063

시상위치확인 영상의 *p*값은 0.063이다. *p*값이 0.05 이상이므로 항균필름 적용 전·후의 차이가 없다.

기하학적 정확도 T1 *p*값은 좌 우 0.809, 대각선1 0.008, 대각선2 0.167이다. T2 *p*값은 좌 우 0.066, 대각선1 0.185, 대각선2 0.732이다. 기하학적 정확도T1의 대각선1만 항균 필름 적용 전·후의 통계적 차이가 있다는 결과이고, 나머지 T1, T2의 결과는 통계적 차이가 없다.

IV. 고 찰

ACR 팬텀은 특수의료장비품질관리에 사용되는 팬텀이다. 평등성을 위해 ACR 팬텀을 이용하였고, 정형화된 T1, T2시퀀스로 검사를 실시하였다[7]. 검사는 연속적으로 실시하였다. localizer, T1, T2 검사를 실시하였고 병원 고유 T1, T2는 실시하지 않았다. 항균력이 입증된 필름을 사용하였고 업체의 지원 및 제공은 받지 않았다. ACR 팬텀에 은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 덮어 검사를 하였을 때 artifact는 생기지 않았다.

은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 덮지 않고 ACR 팬텀을 검사를 하고 SNR, CNR을 측정하였을 경우와 덮고 검사를 실시하였을 경우 SNR과 CNR의 통계적 차이는 없었다. 하지만 분명 덮고 검사를 실시하였을 때 SNR이 증가하는 현상이 보였다. 이유를 추정해봤을 때 은(Ag)이온이 수소이온과 친화성을 가지며, 미생물에 존재하는 SH기에 이들이 결합하여 박테리아나 미생물의 호흡이나 전자이동을 방해하여 살균작용을 한다[10]. 은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 사용하였을 때 전체적으로 signal도 소폭 증가하였고 noise도 소폭 감소하였다. T1 SNR에서 가장 차이가 많이 나는 곳은 덮은 쪽이 23% 차이가나 신호가 증가하였다. 차이가 많이 나는 경우는 noise가 적게 나온 경우이며 signal의 차이는 거의 없다. 오히려 SNR이 감소하여 11.5% 감소한 결과도 있다. noise는 평균 4.7% 감소하였고 signal은 평균 0.06% 증가하였다. SNR평균을 비교하였을 경우 4.99% 증가하였다. T2 SNR에서 가장 차이가 많이 증가한 곳은 13.7% 증가하였다. T1과 마찬가지로 오히려 감소하는 연구 결과도 있다. T2의 signal은 평균 4.3% 증가하였고 noise는 0.6% 증가하였다. T2전체 평균 SNR비교하였을 때 3.1% SNR이 증가하였다. T1 CNR비교에서는 20% CNR 증가하는 결과가 있는 반면에, 18.7% 감소하는 결과도 있다. T1 CNR은 평균적으로 2% 감소하였다. T2 CNR의 많이 증가한 결과는 32% 차이가 났다. 이것도 마찬가지로 noise에서 차이가 많이 났다. signal 자체는 거의 영향이 없다고 할 정도로 차이가 미미하다. 감소하는 결과는 3.9%로 나타났다. 전체적으로 T2 CNR은 3.9% 증가하는 것으로 나타났다. CNR

Table 4. Results of Geometric Accuracy

(unit : mm)

		T1 Mean±SD L - R	T1 Mean±SD diagonal 1	T1 Mean±SD diagonal 2	T2 Mean±SD L - R	T2 Mean±SD diagonal 1	T2 Mean±SD diagonal 2
Geometric Accuracy	Pre	189±0.67	190.2±0.6	190.1±0.8	190.8±0.4	190.5±0.5	190.9±0.7
	Post	189.7±0.3	189.6±0.3	189.6±0.6	190.4±0.2	190.8±0.3	191±0.4
<i>p</i> -value		0.809	0.008	0.167	0.066	0.185	0.732

과 SNR의 측정은 주관적이며 차이가 많이 나는 구간은 실험 횟수를 증가하면 할수록 줄어들 것이라고 생각된다. SNR과 CNR의 SPSS 결과를 도출하였고 항균필름 적용 전과 후의 p 값 0.05이상이므로 차이가 없다.

시상위치확인영상은 항균필름 적용전의 평균 길이는 147.28 mm이고 항균필름 적용 후 측정 시 147.08 mm이다. 차이가 0.2 mm이고 SPSS의 p 값도 0.05이상으로 나와 항균필름 적용전과 후의 차이가 통계적으로 없다.

기하학적 정확도에서는 평균 차이는 0.063 mm, 대각선1 0.579 mm, 대각선2 0.46 mm 차이가 났다. SPSS의 결과는 좌우는 차이가 없다. 좌우의 길이가 가장 차이가 적게 났으며 대각선의 길이 차이가 많이 났다. SPSS의 p 값은 좌우는 차이가 없다. 대각선1의 차이가 있다. 대각선 2의 차이가 없다는 결과를 얻었다. 대각선 1의 차이가 특수의료장비 품질관리의 기준에 영향을 미칠 만큼 영향이 있는 것은 아니라고 생각된다. 대각선1이 통계적으로는 차이가 있다고 나오지만 10번의 측정값 모두 통과기준에 충족하였고 차이가 1~2 cm씩 차이나지 않는 이상 문제가 없다고 생각하였다. SNR, CNR과 길이측정은 주관적이고 손으로 측정한다. 그래서 최대한 정형화된 방법과 대상으로 하였다.

FDA에는 2020년 12월 8일 “MRI검사 시 마스크 사용에 대한 안정성 정보 알림” 서한이 내려왔다. 마스크를 착용한 환자에게 안면 화상이 발생한 상해 사건이 보고가 되었다. 금속으로 만들어진 코지시대, 금속이 함유될 가능성이 있는 항균코팅 마스크는 착용하지 말라는 내용이다^[11]. 이것을 인지하고 항균필름을 덮고 실험을 2시간 연속으로 실시하였다. 온도 검사 장비를 들고 들어갈 수 없어서 측정은 하지 못하였지만 만졌을 때 열감을 느끼지는 못하였다. FDA에 보고된 화상사례를 실제온도를 측정하지 못한 것과 IRB에 승인을 받아 환자한테 측정하지 못한 것이 아쉬웠다.

추후 사람을 대상으로 한 연구와 실제 병원에서 사용되는 시퀀스를 이용하여 artifact 발생여부, SNR과 CNR 변화 여부, 판독에 영향이 없는지에 관한 후행연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

MRI검사 시 격리환자 및 감염환자가 왔을 경우 은(Ag)이온이 함유된 항균필름을 사용하여 검사를 실시하면 환자 감염에 유의할 수 있고 SNR과 CNR값의 변화가 없이 검사할 수 있다. 본 연구가 COVID-19와 같은 감염이 발생하고 있

는 시기에 MRI실의 환자 감염관리와 안전한 검사가 될 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Park BJ, Kim MG, Suh SI, Hong SJ, Cho KR, Seo BK, et al. The usefulness of test bolus examination in three dimensional contrast enhanced MR angiography of the carotid artery. *J Korean Soc Magn Reson Med*. 2001;44:317-23.
- [2] Brennan SC, Redd WH, Jacobsen PB, Schorr O, Heelan RT, Sze GK, et al. Anxiety and panic during magnetic resonance scans. *The Lancet*. 1988;332(8609):512.
- [3] Tan H, Mever CH. Estimation of K-space trajectories in spiral MR. *Magn Reson Med*. 2009;61:396-404. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mrm.21813>
- [4] Kim YG, Kim GG, Kim DH, Kim SH, Kim YL, Kim JS, et al. *MRI in Practice*. 2nd, An Yang, Academia; 2013.
- [5] Tartaglino LM, Flanders AE, Vinitzki S, Friedman DP. Metallic artifacts on MR images of the post-operative spine: Reduction with fast spin-echo techniques. *Radiology*. 1994;190(2):565-9.
- [6] Lee JW, Ahn KJ, Lee SK, Na DG, Oh CH, Chang YM, Lim TH. Usefulness of ACR MRI phantom for quality assurance of MRI instruments. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2006;54(1):47-55.
- [7] *Special Medical Device Quality Control Guide*. The Korean Society of Radiology; 2019.
- [8] Shin WJ. A study on the artifact reduction method of magnetic resonance imaging in dental implants and prostheses. *Journal of Radiology Research*. 2019;13(7):1025-33.
- [9] Lee EK. Measurement of SNR & CNR in brain MRI lesion [master's thesis]. 2016.
- [10] Dan MG. Preparation and characterization of silica nanofibers containing silver nanoparticles [master's thesis]. University of Chungna; 2006.
- [11] *Wear Face Masks with No Metal During MRI*. The U.S. Food and Drug Administration (FDA), Exams: FDA Safety Communication Date Issued: December 7, 2020.

구분	성명	소속	직위
제1저자	신병근	강남성심병원	방사선사
공동저자	김성후	마산대학교	교수
교신저자	안성민	가천대학교	교수