
자기공명영상에서 프로토콜 변화를 이용한 금속인공물의 영상평가

이수현, 김도경, 김요한, 염혜정, 이헌준, 임주연, 최우전*, 김동현

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

Evaluation of image quality for metal artifact

using protocol parameters in the MRI

Su-Hyun Lee · Do-Gyoung Kim · Yo-Han Kim · Hyei-Jeong Yeum · Heon-Jun Lee

Ju-Yeon Lim · Woo-Jeon Choi* · Dong-hyun Kim

Dept. of Radiological Science, Collage of Health Science, Catholic University of Pusan

Dept. of Diagnostic Radiology, Bone Hospital*

E-mail : yhj1100@naver.com

요 약

고령화 사회로 인한 관절 질환 환자의 증가로 TKRA(Total Knee Replacement Arthroplasty)가 증가하고 있다. 이에 따라 TKRA에 사용되는 인공관절에 의해 MRI영상에서 금속인공물이 발생하게 되는데 이는 진단에 영향을 미치게 된다. 그러므로 본 논문에서는 Co-Cr, Ni-Ti 소재의 인공관절과 시퀀스 변화를 주어 영상에서의 영향을 최소화시켜 진단의 효과를 높이고자 한다. 1.5T AVANTO 장비와 플라스틱 통, 각각의 인공관절(Normal, Co-Cr, Ni-Ti)을 사용하였으며 종이컵 안에 인공관절을 고정시킨 후 원통 모양의 플라스틱 통 안에 넣어 신호강도를 측정하였다. 균일하고 강한 신호강도를 획득하기 위하여 플라스틱 통은 물로 채웠다. 시퀀스는 T1 TSE, T2 TSE, PD TSE로 변화하면서 실험하였고 Axial영상을 획득하였다. 신호강도는 동일한 크기의 관심영역을 설정하여 최대값, 최소값을 제외한 후 평균을 구해 SNR, CNR을 측정하고 Image J를 이용해 PSNR을 측정하였다. 결과적으로 PD TSE가 T1 TSE, T2 TSE에 비하여 SNR과 CNR 값이 크게 나타났고 Co-Cr이 Ni-Ti에 비하여 PSNR의 수치도 크게 나타나고 Normal의 SNR 값과 유사하게 나타난 것으로 보아 PD TSE의 시퀀스와 Co-Cr의 합금을 사용하는 것이 진단 및 판독을 하는데 있어서 유용할 것으로 사료된다.

ABSTRACT

In the aging society, TKRA is steadily increased because of joint diseases. Artificial joint used in TKRA generates metal artifacts in the MRI. Metal artifact may affect diagnosis. In study, We are going to minimize the effect of metal artifact to improve the value of diagnosis by changing the sequence and the type of artificial joint(Co-Cr, Ni-Ti). 1.5T AVANTO, plastic containers and each of the artificial joint (Normal, Co-Cr, NiTi) were used. After the artificial joints fixed in a paper cup was inserted in a plastic container of cylindrical, Signal intensity was measured. To obtain strong and uniform signal intensity, the plastic container was filled with water. We changed Sequences(T1 TSE, T2 TSE, PD TSE) and obtained an Axial image. After excepting the maximum and minimum values, We calculated the average of SNR, CNR and PSNR. Consequently, The SNR, CNR value of PD TSE are measured higher than these of T1 TSE, T2 TSE and The PSNR of Co-Cr is higher than this of Ni-Ti. The SNR of Co-Cr is similar to the SNR of normal comparing this of Ni-Ti. As a result, Using sequence of PD Tse and Co-Cr alloy is considered to be useful.

키워드

TKRA, SNR, CNR, PSNR, 금속인공물

I. 서 론

노인 인구가 증가함에 따라 관절 질환이 증가하고 있다. 이에 따른 TKRA(Total Knee Replacement Arthroplasty)빈도 또한 증가하여 보편화되는 추세이다. 2006년도부터 2013년도까지의 통계청 자료를 보면 TKRA가 2006년도 대비 137.7% 증가하였다. 그러나 슬관절 병변은 다른 관절에 비하여 그 진단이 어려운 경우가 많은데 이는 인대 손상이나 반달연골 파열은 단순 방사선 사진으로는 진단이 불가하기 때문이다. 다만 최근에는 자기 공명영상(MRI)검사로 인대, 반달연골, 슬관절 주위의 연조직 손상의 정확한 진단에 많은 도움을 얻고 있다.

자기공명영상(MRI)은 방사선 피폭에 대한 위험이 없고, 기존의 전산화단층촬영(CT)에 비해 조직간 대조도가 우수하여 연부조직 간의 구분이 용이하다. 인체의 생리적·기능적 정보를 얻을 수 있으며, 환자의 자세를 바꾸지 않고도 관상면, 시상면, 축면을 자유롭게 설정할 수 있다. 이러한 기능은 인체의 해부학적·병리학적 형태 변화를 3차원적으로 보여줄 수 있어서 병변의 정확한 위치 파악이 가능하여 진단 영상학 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 수술 후 금속 물질이 체내에 존재하는 상황에서 질환을 감별해야 할 경우가 많아지고 있어 이러한 경우 금속에 의한 자장의 불균일성에 의해 금속인공물이 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 1.5T MRI장비에서 8channel knee coil을 사용하여 영상획득조건을 T1WI, T2WI, PDWI로 다르게 하고, 금속물의 종류(Cobalt chrome합금, Titanium합금)를 변화하여 두 가지의 금속 합금에서 나타나는 금속인공물의 차이를 SNR, CNR, PSNR을 통해 비교·분석 하였다. 실험 결과를 바탕으로 금속인공물을 최소화하는 시퀀스와 합금을 찾아서 양질의 영상을 얻어 진단의 효과를 높이고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

실험 재료는 임상에서 실제로 사용되고 있는 Co-Cr과 Ni-Ti의 인공관절을 이용하였다(그림 1). Normal상태와 신호강도 비교를 위해서 물로만 채워진 플라스틱 통을 준비하였다. 각각의 인공관절은 종이컵 안에 고정시킨 후 원통 모양의 플라스틱 통 안에 넣어 신호강도를 측정하였으며 균일하고, 강한 신호강도를 획득하기 위하여 플라스틱 통을 물로 채웠다. 장비는 1.5T AVANTO A TIM SYSTEM (SIEMENS사, Germany)을 사용하여 검사하였고, 데이터 획득을 위해 자기공명영상 수신코일로서 8channel knee coil을 사용하였다.

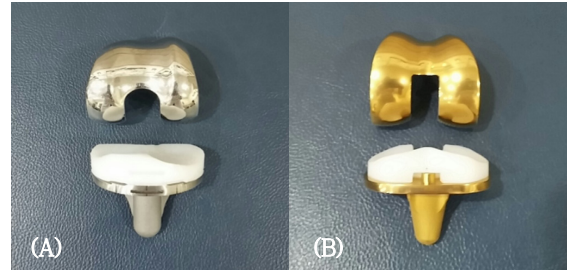


그림 1. 금속 인공 관절 종류
(A) Co-Cr, (B) Ni-Ti

2. 실험 방법

실제 임상에서 사용되고 있는 1.5T AVANTO 장비와 영상 protocol을 이용하여 동일한 조건으로 Normal, Co-Cr, Ni-Ti와 T1WI TSE(T1 weighted image turbo spin-echo), T2WI TSE(T2 weighted image turbo spin-echo), PDWI TSE(Proton density weighted image turbo spin-echo)로 변화하면서 실험하였다. 실험 조건으로는 T1 TSE(TR:400, TE:8.9, Flip Angle:150, Matrix:320×192, FOV:160×160) T2 TSE (TR:4930, TE:76, Flip Angle:150, Matrix:320×192, FOV:160×160) PD TSE(TR:3800 TE:29, Flip Angle:150, Matrix:320×192 FOV:160×160) Axial영상을 획득하였다. 신호강도는 SIEMENS사의 Syngo MR 소프트웨어를 사용하여 측정하였다. 동일한 크기의 관심영역을 설정하여 통계적 유의성을 위해 조직, 메탈, 백그라운드 신호강도의 최대값, 최소값을 제외하고 3회 평균을 구해 SNR(Signal to Noise Ratio), CNR(Contrast to Noise Ratio), PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 측정하였다(식 1, 2)[1].

$$SNR = \frac{tissue(SI)}{background(SD)} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{tissue(SI) - metal(SI)}{background(SD)} \quad (2)$$

PSNR은 Image J를 이용하여 측정을 하였으며, 관심영역을 영상의 전체로 잡고, Normal영상(T1, T2, PD)을 기준으로 하여 Co-Cr, Ni-Ti의 영상들을 비교하여 PSNR의 값을 도출해 내었다(식 3)[2].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\max(r(x,y))^2}{\frac{1}{n_x n_y} \sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2} \right\} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{n_x n_y} \sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2 \quad (4)$$

III. 결 과

1. 시퀀스 변화에 따른 SNR, CNR

자기공명영상에서 동일한 크기의 관심영역을 설정하여 최대값, 최소값을 제외하고 3회의 신호강도 평균값을 이용해 SNR, CNR을 구하였다(그림 2). 다음 표는 Co-Cr와 Ni-Ti의 SNR, CNR 값을 나타내고 있다(표 1). Co-Cr SNR의 경우, PD TSE가 235.95로 가장 높았으며 CNR도 15.7로 가장 높았다. Ni-Ti SNR 역시 PD TSE가 201.85로 가장 높았으며 CNR도 77.39로 가장 높았다. Normal 역시 PD TSE가 227.3로 가장 높았다. 시퀀스 변화에 따른 SNR, CNR 값을 그래프로 나타내었다(그림 3).

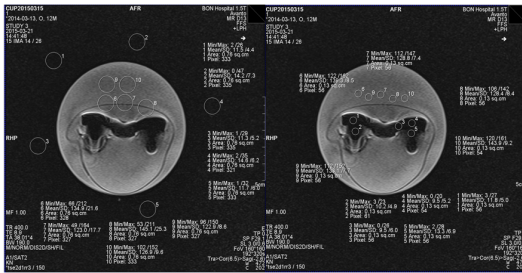


그림 2. 관심영역(ROI)의 신호강도

표 1. 시퀀스에 따른 SNR, CNR

	Co-Cr		Ni-Ti		Normal
	SNR	CNR	SNR	CNR	SNR
T1	31.55	9.07	22.11	15.02	35.38
T2	149.37	7.75	103.2	52.63	144.91
PD	235.95	15.7	201.85	77.39	227.3

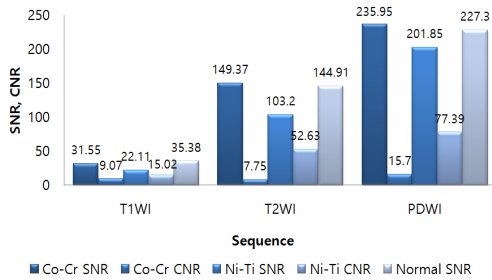


그림 3. 시퀀스에 따른 SNR, CNR

2. 합금의 종류에 따른 SNR

Normal의 T1, T2, PD SNR 값은 각각 35.38, 144.91, 227.3로 나타났다. Co-Cr이 Normal의 값

과 가장 가깝게 나왔다. Co-Cr의 T1은 31.55, T2는 149.37, PD는 235.95로 나타났다(표 2). 합금 종류에 따른 SNR값을 그래프로 나타내었다(그림 4).

표 2. 합금의 종류에 따른 SNR

	Co-Cr	Ni-Ti	Normal
T1	31.55	22.11	35.38
T2	149.37	103.2	144.91
PD	235.95	201.85	227.3

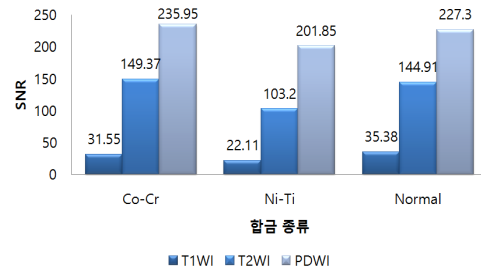


그림 4. 합금의 종류에 따른 SNR

3. 합금의 종류에 따른 PSNR

Normal과 Co-Cr의 PSNR값은 T1, T2, PD에서 각각 11.55, 11.93, 13.22가 나왔고 Ni-Ti의 값은 각각 7.53, 8.56, 9.51로 나타났다(표 3). 이를 그래프로 나타낸 결과 Co-Cr의 PSNR의 값이 Ni-Ti에 비하여 더 높게 나타난 것을 확인할 수 있다(그림 5).

표 3. 합금의 종류에 따른 PSNR

	Co-Cr	Ni-Ti
T1	11.55	7.53
T2	11.93	8.56
PD	13.22	9.51

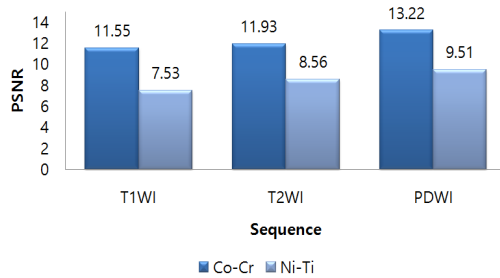


그림 5. 합금의 종류에 따른 PSNR

IV. 고 찰

자성체란 자석에 의해 이끌리는 철(Fe), 금(Au)과 같은 금속을 말하는 것으로 이로 인해 MRI영상에서 주파수 방향으로 비정상적인 신호강도와 기하학적인 왜곡을 일으키는 데 이를 금속인공물(Metal artifact)이라고 한다. 금속인공물을 줄이는 방법으로는 GE시퀀스보다 SE시퀀스를 사용하고 저자기장 장치를 사용하며 자성체에 사전포화(Presaturation pulse)기법을 사용하고 주파수 부호화와 위상 부호화 방향을 바꾸어 사용한다[3]. 이러한 이론적 바탕으로 본 논문은 금속인공물의 발생에 따른 영상평가를 실시하였다.

신호강도가 Co-Cr이 Ni-Ti에 비해서 Normal에 가깝게 나타났지만 TKRA를 시행하는 것은 MRI에서 좋은 영상을 얻고자 하는 것이 아닌 환자의 편의 및 치료를 위한 수술이므로 본 논문에서 제시된 결과가 환자의 수술에 있어서 근본적인 기준을 제시하지는 못 할 것으로 사료된다. 또한 본 실험은 제목 그대로 자기공명영상에서 프로토콜 변화를 이용한 금속 인공물의 영상평가를 한 것으로 금속인공물(metal artifact)의 왜곡범위를 평가하는 실험과는 상이하기 때문에 영상평가에 있어서 금속인공물의 발생 정도가 영상자체의 SNR을 저하시키는지에 대한 상관관계는 나타낼 수가 없었다. 이에 따라 왜곡의 범위를 측정 가능한 기준이 제시 될 수만 있다면 SNR 값과의 상관관계를 도출 해 낼 수 있을 것으로 기대되고 영상 판독에 있어서도 좋은 제안이 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

자기공명영상은 조직해상력이 뛰어난 장점이 있으나 체내에 금속성 인공관절이 부착된 환자의 경우 영상의 왜곡발생으로 진단에 어려움을 주고 있다. 따라서 진단학적 영상을 얻기 위해서는 SNR과 CNR을 고려하지 않을 수 없다[4]. 본 연구에서는 PDWI, T2WI, T1WI 의 순서로 SNR과 CNR이 크게 나타났으며 Co-Cr과 Ni-Ti 중에서는 Co-Cr의 SNR과 CNR이 Normal의 값과 근사하게 나타난 것으로 보아 TKRA시에 조건이 동일하다면 PDWI 시퀀스를 이용하고 합금 물질은 Co-Cr을 사용하는 것이 수술 후 자기공명영상에서의 진단학적 가치를 높일 수 있을 것이다. 또한 추후에 수치상으로 영상을 평가하는 SNR과 CNR 등과 금속 인공물의 왜곡의 정도와의 관계를 증명하는 연구를 한다면 영상 판독에 있어 진단을 내리는데 좋은 지표가 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 김윤기 : 다발성 경화증 진단 시 지방과 액체를 동시에 억제한 STIR-FLAIR 영상의 유용성에 대한 고찰, 대한 자기 공명 기술 학회, Vol.20, No.1, pp.52-58, 2010.
- [2] Available at : <http://bigwww.epfl.ch/sage/soft/snr/> April, 2015.
- [3] TEXTBOOK of Magnetic Resonance Imaging. 청구문화사, pp180-200, 2011.
- [4] 김형균, 최성대 : 정형보철용 금속이 자기공명영상에 미치는 영향3, 한국기계공학회지, Vol.11, No.6, pp.42-47, 2012.