

치아 임플란트 재료에 따른 자기공명영상의 SNR 비교

Comparison of the SNR in the MR images on dental implant material

김동현*, 고성진*, 예수영*
Dong-Hyun Kim*, Seong-Jin Ko*, Soo-Young Ye*

요약

치아 임플란트는 구강 내에 위치하여 목, 뇌 기저부와 안면부 MR 영상에 영향을 미친다. MR 검사에 사용되어지는 자장의 비균일성은 주로 주파수 부호화 방향으로 신호강도의 변화 및 기하학적인 왜곡으로 인공물을 발생시킨다. 본 연구는 치아 임플란트에 의한 왜곡 정도를 자기공명영상의 신호대 잡음비(signal to noise ratio:SNR)를 평가하여 임플란트 영향 정도를 확인하고자 하였다. 이를 위하여 인체와 유사하게 지방, 근육, 물로 구성된 돼지고기 팬텀을 이용하여 신호대 잡음비를 측정하고, 실험을 위해 제작한 고정형 물 팬텀을 이용하여 신호대 잡음비를 측정하여 치아 임플란트 재료 종류에 따른 신호대 잡음비의 크기를 비교 분석하였다. 돼지고기 팬텀의 Brushite, HSA, Metal, RBM 은 T1 SE에서 2.76, 2.22, 1.88, 1.57 이었고, T2 FLAIR에서 1.88, 1.78, 1.65, 1.79, T2 FSE에서 2.28, 2.25, 2.88, 2.05 T2 GRE에서 2.74, 1.94, 1.67, 1.48의 신호대 잡음비가 측정되었다. 고정형 물 팬텀의 Brushite, HSA, Metal, RBM 은 T1 SE에서 1.93, 1.87, 1.93, 2.06, T2 FLAIR에서 1.83, 1.76, 1.82, 1.92 T2 FSE에서 1.85, 1.79, 7.86, 1.97 T2 GRE는 1.97, 1.93, 1.99, 2.06의 신호대 잡음비가 측정되었다. 이러한 결과를 고려해 볼 때, 치아 임플란트의 재료를 선택할 경우 환자와 치과 의사는 치아의 수복이 주된 목적이지만 여러 분야의 검사에 미치는 영향도 고려해야 한다. 또한 환자의 치아 임플란트 재료에 따라 검사 프로토콜을 선택하는데 이 연구 결과가 기초자료로 활용될 수 있다.

ABSTRACT

Tooth implant is located in oral cavity and affects neck, skull base, and facail image. These magnetic inhomogeneities are usually frequency encoding direction which cause artifacts due to change of signal strength and geometric distortion. First, to evaluate signal to noise ratio (SNR) of magnetic resonance image caused by tooth implant this study uses meat phantom which is similar to human body and is consisted with fat, muscle, and water to measure signal to noise ratio. Second, signal to noise ratio by using custom-made fixed phantom is measured, and then signal to noise ratio size of different tooth implant types is compared and analyzed. The measured signal to noise ratio values of Brushite, HSA, Metal, and RBM for meat phantom were 2.76, 2.22, 1.88, and 1.57 on T1 SE, 1.88, 1.78, 1.65, and 1.79 on T2 FLAIR, 2.28, 2.25, 2.88, and 2.05 on T2 FSE, and 2.74, 1.94, 1.67, and 1.48 on T2 GRE. The measured signal to noise ratio values of Brushite, HSA, Metal, and RBM for fixed water phantom were 1.2, 1.06, 1.12, and 1.22 on DWI, 1.93, 1.87, 1.93, and 2.06 T1 SE, 1.83, 1.76, 1.82, and 1.92 on T2 FLAIR, 1.85, 1.79, 7.86, and 1.97 on T2 FSE, and 1.97, 1.93, 1.99, and 2.06 on T2 GRE. By considering through the results, patients and dentists need to consider some impacts from testing many aspects although their main purpose of having tooth implants is a dental restoration. Moreover, depending on the tooth implant characteristics of individual patients this study results can be used as baseline data when choosing test protocol.

Keywords : *Magnetic resonance imaging, Tooth implant, Signal to noise ratio*

I. 서론

치아 임플란트는 인공 치아 또는 제3의 치아라고도 한다. 치아의 결손이 있는 부위나 치아를 뽑은 자리의 턱뼈

에 골 이식, 골 신장술 등의 부가적인 수술을 통하여, 충분히 감쌀 수 있도록 부피를 늘린 턱뼈에 생체 적합한 치아 임플란트 본체를 심어서 자연치의 기능을 회복시켜주는 치료방법이다. 치아 임플란트의 발전이 가속화된 계기는 1951년 스웨덴의 의과대학 교수였던 Branemark이 뼈와 티타늄의 결합이 우수하다는 것을 발견하고 부터이다. Branemark은 15년간의 임상실험에 의해 티타늄소재

* 부산가톨릭대학교

투고 일자 : 2015.9.15 수정완료일자 : 2015.11.3

게재확정일자 : 2015.11.8

(titanium)의 치아 임플란트는 인체에 무해하여 안전하며, 수명 또한 장기간 인정받게 되었다. 치아 임플란트는 임상에서 1965년부터 현재까지 사용되어 안정성이 검증된 시술로써, 상실된 치아의 저작, 발음, 심미 회복을 위한 치료시에 가장 먼저 고려하는 시술방법으로 금세기 치의학을 대표하는 혁명적인 방법이다[1].

자기공명영상은 양자의 경우 자장이 없는 상태에서는 정렬되지 않은 상태로 있다가 자장이 걸리게 되면 자장이 걸린 방향으로 정렬되거나, 그 반대 방향으로 정렬하는데, 이때 에너지 차이와 같은 값의 라디오 주파수를 가하게 되면 낮은 상태의 양자들이 높은 에너지 상태로 변화 하는데 이 현상을 공명 이라고 하며 자기공명영상의 기본 물리가 된다[2].

자기공명영상기기는 전리 방사선을 사용하지 않고 비 전리 방사선을 사용하게 되는데, 높은 신호대 잡음비로 인하여 각 조직의 우수한 대조도로 인하여 정확한 진단에 필수 요소로 자리 잡고 있다.

강자성체의 경우 자기공명영상에서 주파수 방향으로 비정상적인 신호 강도와 기하학적인 왜곡(distortion)을 유발하므로 체내에 삽입된 금속은 자기공명영상 획득시 정확한 영상의 정보를 얻는데 방해가 요소가 된다. 예를 들어, 금속 스텐트 삽입의 경우, 자기공명영상을 이용한 영상평가에서 강자성 인공물 인하여 금속 스텐트 주위 신호가 감소하거나 증가되는 문제점을 발생 시킨다[3],[4].

치과 관련 금속 물질은 구강 내에 위치하여 목, 뇌 기저부 및 상악부에 영향을 미친다[5]. 구강 내 병변 검사는 매우 중요하며, 심뇌혈관 질환과 더불어 가장 많은 사망원인 중 하나이다. 한국의 경우 뇌혈관 질환은 2013 보건복지통계연보의 사망원인 통계자료에 따르면, 인구 10만 명당 사망원인이 51.1명으로 심장질환 다음으로 많은 사망원인이다.

자기공명영상은 뇌·신경계분야의 검사에서 유용하게 활용되고 있다. 그러나 자기공명영상 검사는 영상 왜곡의 정도는 금속 물질의 재질, 모양, 위치 그리고 물질의 방향, 자기공명영상 검사 방법 등에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다[6]. 그리고 자장의 비 균일성의 경우 주파수 부호화 방향으로 신호강도의 변화, 기하학적인 왜곡으로 인한 인공물이 발생된다. 발생된 인공물은 금속 주변으로 고신호 강도의 밝은 테두리 또는 신호의 밝기가 전혀 없는 어두운 구역으로 나타나게 되며, 금속물의 재질이나 종류, 크기 및 위치, 외부자장과의 방향, 주자장의 세기에 다양하게 발생된다[7].

본 연구는 치아수복 장치인 치아 임플란트로 인한 자기공명영상의 신호대 잡음비를 평가하기 위하여, 첫 번째로 인체와 유사하게 지방, 근육, 물로 구성된 돼지고기 팬텀을 이용하여 신호대 잡음비를 측정한다. 그리고 두 번째로 자체 제작한 고정형 팬텀을 이용하여 신호대 잡음비를 측정하여 치아 임플란트 종류에 따른 신호대 잡음비의 크기를 비교 분석한다.

II. 재료 및 방법

2.1 재료

① Brushite

유아의 뼈는 성인의 뼈보다 재생속도가 빠르다. 원인을 분석해본 결과 재생이 진행 중인 파절된 유아의 뼈에서 Brushite가 발견되었고 유아의 뼈에 함유되어 있는 Brushite (CaHPO)는 Hydroxyapatite의 전구체로서 Ca^{2+} 와 PO_4^{2-} 의 이온저장기 역할을 하게 되어 치아 임플란트 표면에서 높은 이온 밀집도를 유지하여 골 재생 및 광화학을 촉진한다. 또한, 조골세포 배양실험에서 Brushite는 Hydroxyapatite와 비교하여 단백질 생성과 알칼리포스파타제 활동을 보였다

Brushite의 높은 용해도로 인한 칼슘농도의 증가로 신생골 형성이 촉진된다. 생체적 환경에서 용해가 잘되는 흡수성을 가지며 식립 후 6~12주 내에 코팅층은 신생골로 대체됨으로 코팅층 박리의 우려가 전혀 없다. 그림 1은 Brushite의 현미경 영상을 나타내었다.



그림 1. Brushite의 현미경 영상
Fig.1. Brushite microscope image

② HSA (Hybrid Sandblasted & Acid-etched)

티타늄 치아 임플란트의 골 융합 증진을 위한 최신 표면 처리기술로 티타늄 산화 막은 산소와 결합한 양에 따라 대표적으로 TiO , TiO_3 , TiO_2 가 존재하여 가장 안정된 상은 잘 알려진 TiO_2 1~10 μm 크기를 갖는 마이크로 수준의 거칠기로 조골세포의 부식성 증가 및 분화를 촉진 시키고, 세포외 기질의 형성과 광화를 증가시켜서 빠른 골 융합 반응을 제공한다 보고된 바 있다. 또한 거친 표면은 광화된 치아 임플란트 표면 사이의 결합력을 크게 증대시켜 준다.

Hassen 등은 이상적인 거칠기에 대한 이론적인 접근을 통하여 대략 1.5 μm 의 깊이와 3~5 μm 의 직경을 갖는 반구형태가 최적이라고 보고한 바 있다[8].

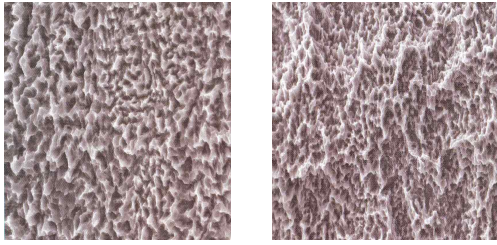


그림 2. HSA의 현미경 영상
Fig.2 HSA microscope image

③ 티타늄 (Titanium)

은백색 금속으로, 순수한 것은 전성·연성이 있고, 가열에 의해서 단련할 수 있으며, 내 부식성이 있기 때문에 공업상 중요한 금속이다. 결정은 α 형과 β 형의 2종이 있는데, α 형은 상온에서 안정하다. α 형은 육방정계에 속하며, 882°C 이상에서는 등축정계인 β 형이 된다. 공기 4.0으로 차가울 때는 극히 취약하여 가루로 만들 수도 있으며 적열 상태에서는 선으로 만들 수 있다. 강도는 탄소강과 거의 같고, 자중에 대한 강도 비는 철의 약 2배, 알루미늄의 약 6배이다. 또, 열전도율·열팽창률이 작고, 400°C 이하에서는 강도의 변화가 작다. 공기 중에서는 안정하나, 산소 속에서 강열하면 산화티타늄이 된다. 할로젠과 가열하면 반응하고, 산에는 철보다 잘 녹지 않는다. 바닷물 속에서는 백금에 이어서 내식성이 강하다. 많은 금속과 합금을 만든다.

④ RBM (Resorbable Blast Media)

흡수성인 칼슘 포스페이트로 거친 입자(180 ~ 425 μ m)를 분사하여 티타늄 표면에 잔류물을 남기지 않고 표면 조도가 증가된 면을 만든 후 약산으로 부동태화 하는 방법이다. 표면을 거칠게 형성하는 방식으로 매질로는 알루미늄, 산화티타늄, 산화칼슘이 있다. 이런 물질들은 흡수성 물질이므로 골과의 융합에 도움이 된다고 할 수 있다.



그림 3. RBM 현미경 영상
Fig. 3 RBM microscope image

Sand Blasting 방법을 사용하여 주물이나 강재 등의 표면에 붙어있는 모래나 스케일 등을 제거하기 위해 모래분사기를 이용하여 금속 표면에 분사하는 작업이다.

2.2 실험 방법

본 연구에서는 돼지고기 팬텀과 고정형 물팬텀을 제작하여 코팅 방식이 다른 Metal, RBM, HSA, Brushite의 치아 임플란트를 삽입하여 자기공명영상을 촬영하였다. 획득된 영상을 분석하기 위하여 Image J 프로그램을 사용하여 신호대 잡음비를 계산하였다[9].

① 팬텀 제작

돼지고기 팬텀은 인체와 유사한 근육, 지방, 물로 구성된 팬텀으로 그림 4(a)와 같이 제작 하였다. 고정형 물 팬텀은 그림 4(b)와 같이 물을 주체로 하여 구성된 물질로써 지름 15cm, 높이 12cm의 원통형으로 치아 임플란트를 고정 할 수 있는 팬텀으로 제작하였다.

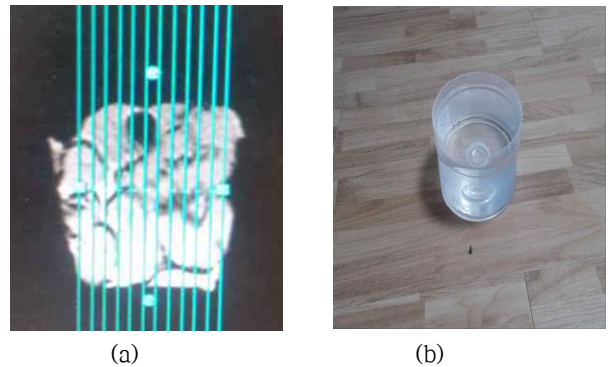


그림 4. 제작된 팬텀 (a) 돼지고기 팬텀, (b) 고정형 물팬텀
Fig. 4. Designed phantom (a) Meat phantom, (b) Fixed water phantom.

② 치아 임플란트

치아 임플란트는 그림 5와 같이 코팅 방식이 서로 다른 Metal, RBM, HSA, Brushite를 사용하고 크기는 $\phi 4.5 \times 8$ mm로 모두 같은 크기의 치아 임플란트를 사용하였다.

③ MR 영상 장비

MR 영상은 인체를 전자석 속에 들어가게 한 후 비전리 방사선인 라디오 고주파를 발생시켜 인체에 풍부한 물분자의 수소원자핵을 공명시켜 각 조직에서 나오는 신호의 차이를 영상화하여 진단에 이용한다. 자기공명영상 촬영 기법 중 T1 SE(Spin Echo), T2 FLAIR(Fluid Attenuated Inversion Recovery), T2 FSE(Fast Spin Echo), T2 GRE(Gradient Recalled Echo)를 이용하여 치아 임플란트 종류에 따라 촬영을 실시하였다.

본 연구에 사용된 MRI 장비는 GE사의 Signa EXCITE Echo Speed를 사용하였다.

④ 영상 분석

신호대 잡음비는 노이즈 신호 대비 관심영역(Region of

Interest : ROI의 신호의 세기를 측정하여 영상을 평가하는 방법 중 하나이다. 신호대 잡음비를 계산하기 위하여 미국 국립보건원에서 제공하는 영상 감약 분석 프로그램 Image J를 이용하여 그림 6과 같이 관심영역의 평균값과 배경의 표준편차를 이용하여 계산하였다[10][11].

$$\text{신호대 잡음비} = \frac{\text{관심영역의 픽셀의 평균}}{\text{Background의 표준편차}} \quad \text{식(1)}$$

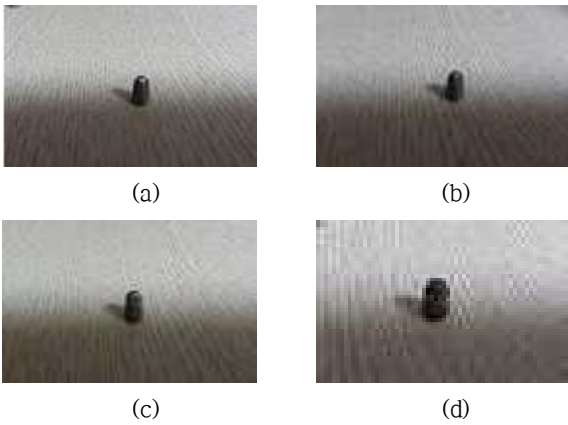


그림 5. 치아 임플란트 (a) 금속, (b) RBM, (c) Brushite, (d) HAS

Fig. 5. Dental implants (a) Metal, (b) RBM, (c) Brushite, (d) HAS



그림 6. 신호대 잡음비 측정
Fig. 6. Measure of the SNR

III. 결과 및 고찰

자기공명영상기기를 이용하여 코팅 방법이 서로 다른 4가지 치아 임플란트를 이용하여 T1 SE, T2 FLAIR, T2 FSE, T2 GRE 각각의 검사 촬영 방법에 따른 치아 임플란트의 신호대 잡음비를 측정하였다. 첫 번째 방법은 인체와

유사조직으로 구성된 돼지고기 팬텀을 이용하여 관심영역인 ROI의 평균값과 배경 영역의 ROI의 표준편차 값을 구하여 신호대 잡음비를 측정하였다. 돼지고기 팬텀의 경우 자기공명영상기기의 자장에 노출되는 시간이 경과됨에 따라 자기공명영상기기의 자장에서 발생하는 기계적인 열에 의해 돼지고기 팬텀에 변형이 발생 하였다. 그리고 돼지고기 팬텀의 경우 고정형 물 팬텀과는 달리 정확하게 치아 임플란트를 삽입하는 것이 불가능 하였고, 이러한 한 문제점을 보완하기 위하여 고정형 팬텀을 사용하였다.

3.1 돼지고기 팬텀과 고정형 팬텀의 자기공명 영상 촬영 조건과 신호대 잡음비의 값 계산

돼지고기 팬텀 사용 시 검사 조건은, T1 SE 경우 TR450, TE10, T2 FLAIR 경우 TR8002, TE130, T2 FSE 경우 TR3600, TE107, T2 GRE 경우 TR550, TE20의 조건으로 검사를 진행 하였다.

고정형 팬텀의 사용 시 검사 조건은 T1 SE 경우 TR366, TE9, T2 FLAIR 경우 TR8002, TE126, T2 FSE 경우 TR3600, TE106, T2 GRE 경우 TR417, TE20의 조건으로 검사를 진행 하였다.

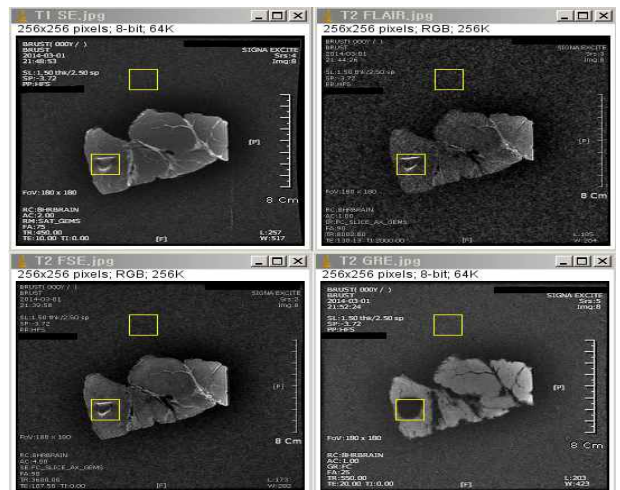


그림 7. 돼지고기 팬텀에서 신호대 잡음비 측정
Fig. 7. SNR measure at the meat phantom

그림 7은 돼지고기 팬텀에서 배경영역과 관심영역을 이용하여 신호대 잡음비를 계산하는 프로그램을 나타내었다. 치아 임플란트 Metal, RBM, HSA, Brushite와 자기공명 영기법 T1 SE, T2 FLAIR, T2 FSE, T2 GRE에 따른 신호대 잡음비 계산 결과값을 표 1에 나타내었다.

표 1. 실험결과

[단위:dB]

Table 1. Result of the experiment

[Unit:dB]

Method	Metal		RBM		HSA		Brushite	
	Meat	Water	Meat	Water	Meat	Water	Meat	Water
T1 SE	1.88	1.93	1.88	2.06	2.22	1.87	2.76	1.93
T2 FLAIR	1.65	1.82	1.65	1.92	1.78	1.76	1.88	1.83
T2 FSE	2.88	1.86	2.88	1.97	2.25	1.79	2.28	1.85
T2 GRE	1.67	1.99	1.67	2.06	1.94	1.93	2.74	1.97

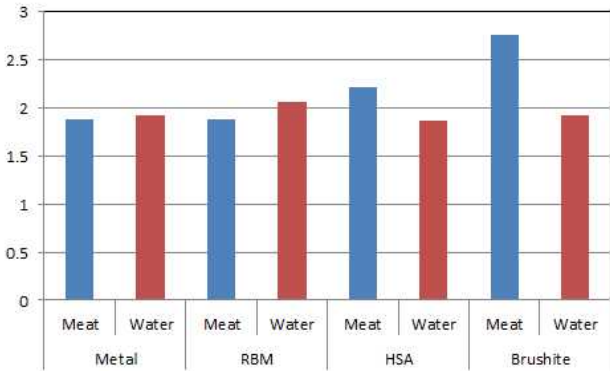


그림 8. T1 SE 방법에 대한 결과
Fig. 8. Result of the T1 SE

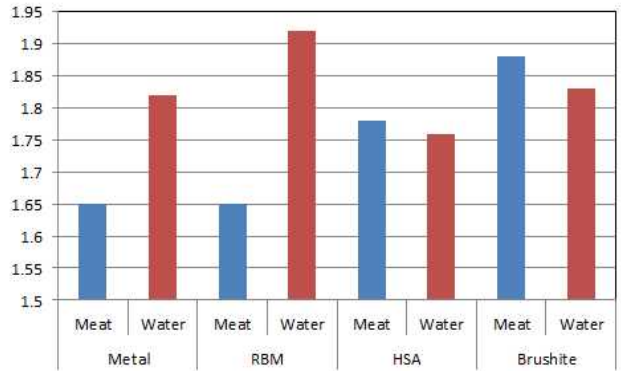


그림 9. T2 FLAIR 방법에 대한 결과
Fig. 9. Result of the T2 FLAIR

그림 8에서 T1 SE 방법을 사용 하였을 때 돼지고기 팬텀에서는 Brushite에서 신호대 잡음비 값이 높게 나타났다. 즉, 다른 방법의 치아 임플란트보다 Brushite을 사용 하였을 때 영상의 질이 높음을 알 수 있다. 고정형 물 팬텀에서는 RBM에서 신호대 잡음비 값이 높게 나타났으나, 다른 방법과 유의한 차이는 보이지 않았다.

그림 9는 T2 FLAIR 방법을 사용 하였을 때 돼지고기 팬텀에서는 T1 SE와 마찬가지로 Brushite에서 신호대 잡음비 값이 높게 나와 영상의 질이 높음을 확인 할 수 있었다. 고정형 물 팬텀에서는 RBM에서 높은 값의 신호대 잡음비 값이 나타나서 영상의 질이 높음을 확인 할 수 있었다.

그림 10은 T2 FSE 방법을 사용 하였을 때 돼지고기 팬텀에서 Metal과 RBM에서 동일하게 신호대 잡음비 값이 높게 나타나 영상의 질이 높음을 확인 할 수 있었다. 고정형 물 팬텀에서 RBM에서 높은 값이 나타났으나, 다른 방법과 유의한 차이를 보이지 않았다.

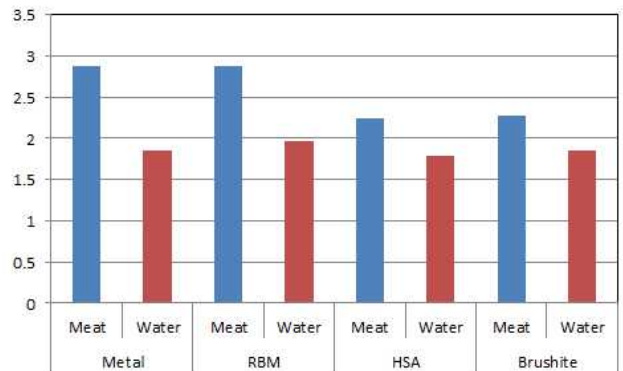


그림 10. T2 FSE 방법에 대한 결과
Fig. 10. Result of the T2 FSE

그림 11은 T2 GRE 방법을 사용 하였을 때 돼지고기 팬텀에서는 Brushite에서 신호대 잡음비 값이 높게 나와 영상의 질이 높음을 확인 할 수 있었다.

고정형 물 팬텀에서는 RBM에서 높은 값이 나타났으나, 다른 방법과 유의한 차이를 보이지 않았다.

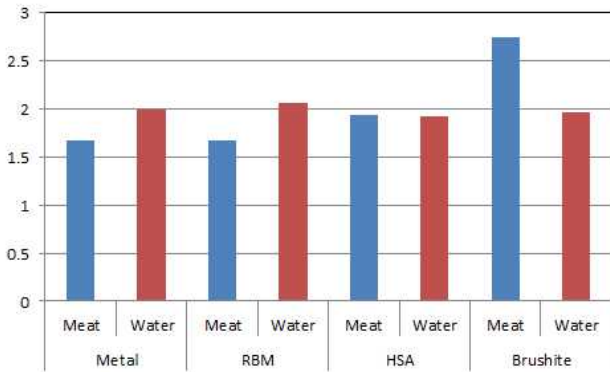


그림 11. T2 GRE 방법에 대한 결과
Fig. 11. Result of the T2 GRE

IV. 결론

본 연구는 치아수복 장치인 치아 임플란트를 Metal, RBM, HSA, Brushite 가공 방법 별로 자기공명영상의 신호대 잡음비를 평가하였다. 자기공명 영상 촬영 방법은 돼지고기 팬텀 고정형 물 팬텀을 이용하여 T1 SE, T2 FLAIR, T2 FSE, T2 GRE를 사용하였다.

자기공명영상 시퀀스 T1 SE에서는 돼지고기 팬텀의 신호대 잡음비 값이 높게 나타나 영상의 질이 높음을 확인할 수 있었다. T2 FLAIR에서는 돼지고기 팬텀의 Brushite와 고정형 물 팬텀의 RBM에서 높은 신호대 잡음비값을 나타내었다. T2 FSE에서는 돼지고기 팬텀에서 Metal과 RBM에서 높은 신호대 잡음비값을 나타내었다. T2 GRE에서는 돼지고기 팬텀의 Brushite에서 높은 신호대 잡음비값을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼때 치아 임플란트를 선택할 때 환자와 치과 의사는 치아의 수복이 주된 목적이지만 자기공명영상검사와 같은 여러 분야의 검사에 미치는 영향도 고려하여야 한다. 자기공명영상기기를 담당하는 방사선사는 치아 임플란트가 식립된 검사를 진행할 경우, 머리와 목 부위의 임플란트의 영향을 고려해야 할 것이다. 이에 본 연구가 임플란트가 식립된 환자의 자기공명영상 검사 및 영상 관독에 활용되기를 기대한다.

참고 문헌

[1] Branemark, Per-Ingvar, Zarb, George, Tissue-integrated prostheses (in English), Berlin, German: Quintessence Books, 1989.
 [2] S.C. Bushong, Geoffrey Clarke, Magnetic Resonance Imaging : Physical and Biological Principles(4Th edition), Elsevier, 2013.
 [3] Tymofiyeva, Vaegler S, Rottner K, Boldt J,

Hopfgartner AJ, Proff PC, Richter EJ, Jakob PM., "Influence of dental materials on dental MRI", Dentomaxillofac Radiol.,Vol.42, No.2, pp.20120271, 2013.
 [4] Dorota V. Burchardt, Maria Borysewicz-lewicka, "Disturbing effect of different dental materials on the MRI results: preliminary study", Acta of Bioengineering and Biomechanics, Vol.15, No.4, 2013.
 [5] Jana Starčuková, Jana Starčuková, Jana Starčuková, Zenon Starčuk Jr., Hana Hubálková, Igor Linetskiy, "Magnetic susceptibility and electrical conductivity of metallic dental materials and their impact on MR imaging artifacts", Vol. 24, Issue 6, pp. 715-723, 2008.
 [6] C. Fiolhais, F. Nogueira, and M.A.L. Marques (Eds.), A Primer in Density-Functional Theory, Lecture Notes in Physics, Vol. 620 (Springer, Berlin), 2003.
 [7] Marta Tanasiewicz, "Magnetic resonance imaging in human teeth internal space visualization for requirements of dental prosthetic", J Clin Exp Dent.,Vol. 2, No.1, pp.e6-11, 2010.
 [8] Hansson S., "The implant neck: smooth or provided with retention elements. Abiomechanical approach", Clin Oral Implants Res, Vol. 10, No.5, pp. 394-405, 1999.
 [9] Abramoff, M. D. and Viergever, M. A. "Computation and visualization of three-dimensional soft tissue motion in the orbit", IEEE Trans. Med.Imaging 21, 296-304, 2002.
 [10] D. J. Schroeder, Astronomical optics (2nd ed.). Academic Press. p. 433, 1999.
 [11] Bushberg, J. T., et al., The Essential Physics of Medical Imaging, (2e). Philadelphia: Lippincott Williams &Wilkins, 2006, p. 280.



김 동 현 (Dong-Hyun Kim)

正會員

2002년 8월 부산대 환경공학(공학석사)

2009년 2월 부산대 의공학협동과정(공학박사)

2011년 3월 ~ 현재 부산가톨릭대 방사선학과
조교수

※ 주관심분야 : 자기공명영상 장치 및 영상 처리
방사선과학



고 성 진 (Seong-Jin Ko)

1997년 8월 경성대학교 생물학과(이학박사)

1982년 3월~현재 부산가톨릭대학교

방사선학과 교수

※ 주관심분야 : 방사선생물학, 방사선
계측학, 방사선과학



예 수 영 (Soo-Young Ye)

正會員

1998년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)

2004년 2월 부산대 의공학협동과정
(공학박사)

2012년 3월 ~ 현재 부산가톨릭대
방사선학과 조교수

※ 주관심분야 : 신호처리, 영상처리, 패턴인식, 의공학,
방사선과학
