

Signal Change of Normal Saline by Oxygen Injection in FLAIR Image

Woon-Jae Shin

Department of Radiological Technology, Dong-Eui Institute of Technology

Received: January 08, 2019. Revised: February 20, 2019. Accepted: February 28, 2019

ABSTRACT

It was reported that there were some cases in which signal was not inhibited but high signal appeared in cerebrospinal fluid on FLAIR(fluid attenuated inversion recovery) of MRI(Magnetic Resonance Imaging) in case a person inhales high-concentration oxygen. This study was to prepare basic database. We produced a phantom fixed with agar gel and by using it, obtained the images of the signals of normal saline into which oxygen was injected and normal saline diluted with contrast media by changing the TI(Inversion Time) of FLAIR technique and analyzed them. In the result of FLAIR technique of MRI using Philips Achieva MR 3.0T in Busan P Hospital, the SNR(Signal to Noise Ratio) of normal saline into which oxygen was injected was higher than the SNR of normal saline into which oxygen was not injected. However, it was not higher than the SNR of normal saline diluted with contrast media. In the TI 1,800ms, we could obtain the images which do not have the rise of the signal due to oxygen. In the CNR(Contrast to Noise Ratio) of normal saline into which oxygen was injected and normal saline diluted with contrast media as well, it was higher in the TI 1,800ms than in the TI 2,800ms that is mainly used clinically. It is thought that the result of this study could be basic database for studies on change of signal of cerebrospinal fluid as a result of injection of oxygen in FLAIR technique of MRI.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, FLAIR, Inversion time, Oxygen, Normal saline, Phantom

I. INTRODUCTION

뇌 자기공명영상의 다양한 검사방법 중에서 액체감쇠반전회복(fluid attenuated inversion-recovery, FLAIR) 영상은 조영제를 주입하기 전에 획득하는 T2 강조영상과 T1 강조영상과 더불어 통상 촬영으로 반드시 포함하는 영상이 되었다.^[1] 이 기법은 뇌의 T2 강조영상에서 측뇌실과 지주막하강에 있는 뇌척수액(cerebrospinal fluid, CSF)의 신호를 억제하여 병변을 진단하는데 임상에서 매우 유용하게 이용되고 있다. 뇌 자기공명영상의 FLAIR 기법은 180도 RF pulse를 먼저 인가하고 가로 면으로 회복되는 시간과 일치하는 반전시간(inversion time, TI)에 RF pulse를 인가하여 뇌척수액에서 고신호가 나타나지 않게 한다.

FLAIR 영상에서 뇌척수액 혹은 거미막하공간에

고신호강도가 보이면 거미막하출혈을 진단할 수 있다. 그러나 이런 양상은 거미막하출혈 외에도 수막염, 악성 종양의 수막 전이, 마취제, 100% 흡입 산소에 의해서도 나타날 수 있는 것으로 알려져 있다.^[2] 산소는 인간의 신체 및 정신 활동에 필수적인 물질이며, 뇌 기능에 중요한 역할을 수행한다. 중추 신경계는 산소 부족에 가장 민감한 조직이며, 동맥혈 산소 분압의 저하는 주의력, 기억력, 의사결정 능력 등의 뇌 기능의 변화를 초래한다.^[3] 산소 유입량의 증가는 뇌조직의 유출 정맥계의 산화혈색소 농도를 증가시키고 상대적으로 탈산화혈색소의 농도가 감소되면서 나타나는 신호 차이를 이용하여 인간의 뇌 기능을 연구하는 비 침습적인 기능적 자기공명영상법(functional MR Image, fMRI)의 검사 및 연구가 증가하고 있다.^[4] 국내 연구에서 외부에서의 산소 30% 고농도와 공기 중의 21% 농도가 공

간 지각 능력에 어떠한 변화를 미치는가의 비교에서 고농도의 산소 공급이 공간 인지 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 보고가 있었다.^[5] 자기공명영상에서 흡입 산소 농도가 낮은 경우에는 고신호로 나타나지 않는다고 알려져 있지만 낮은 흡입산소농도(fraction of inspired oxygen, FiO₂)에 의해 발생한 FLAIR 영상에서 거미막하공간의 고신호강도가 나타났다는 보고가 있었다.^[6]

이에 본 연구에서는 환자를 대상으로 반복적으로 검사를 할 수 없으므로 팬텀을 대상으로 병원에서 환자에게 사용하는 낮은 산소 농도를 이용하여 FLAIR 기법에서 거미막하공간의 고신호강도가 나타난 증례와 비교 분석할 뿐만 아니라 다양한 반전 시간을 이용하여 고신호가 나타나지 않는 FLAIR 영상의 검사 조건을 규명하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 팬텀 제작 및 산소 주입 방법

본 연구에 사용된 MRI 장비는 부산P병원에 설치되어 있는 3.0T Phillips Achieva의 Head 코일을 사용하였으며 자기공명영상실 벽면에 설치되어 있는 Fig 1(a)의 산소 주입기를 사용하여 Fig. 1(b)과 같이 산소를 15L/min 주입량으로 5분간 주입하였다.

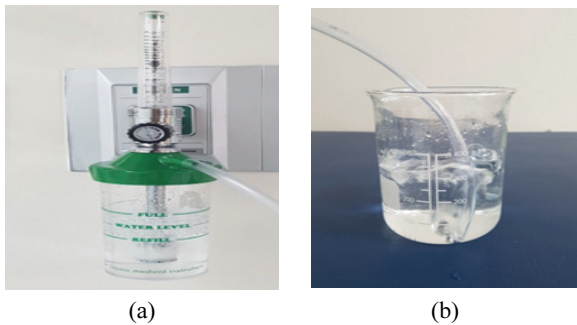
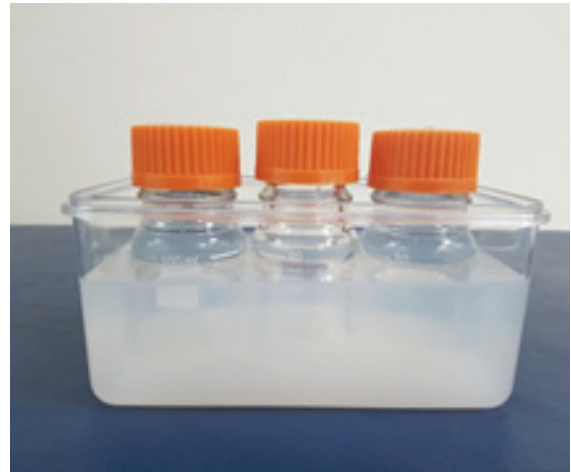


Fig. 1 The oxygen injector (a) installed on the wall of the MRI room, and the oxygen injection process into the saline solution (b).

팬텀 제작은 용기 내 액체 흔들림에 의한 인공물 발생을 억제하기 위하여 인체의 피부 조직과 유사한 아가 젤을 만들어 실험용기가 고정되도록 하였으며, 뇌척수액을 대체하는 액체 물질로 130ML 시험관에 생리식염수를 채워 산소를 주입하였다. 비

교 대상으로 산소를 주입하지 않은 생리식염수와 생리식염수에 상자성체 성분의 자기공명영상용 조영제를 0.46% 비율로 희석하여 Fig. 2(a)와 같이 시험관 팬텀을 고정하였고, 3.0T 자기공명영상장치의 두부 코일에 Fig. 2(b)와 같이 배치하여 영상을 획득하였다.



(a)



(b)

Fig. 2. Self-made phantom test tubes fixed on agar gel (a) and 3.0T head coil of magnetic resonance imaging (b).

2. 영상 획득

두부 자기공명영상을 획득하는 전용 코일에 팬텀의 용액이 흔들리어 발생하는 인공물 발생이 최소화되도록 주변을 고정하여 횡단면으로 4mm 두께로 11슬라이스를 Fig. 3과 같이 설정하여 영상을 획득하였다.

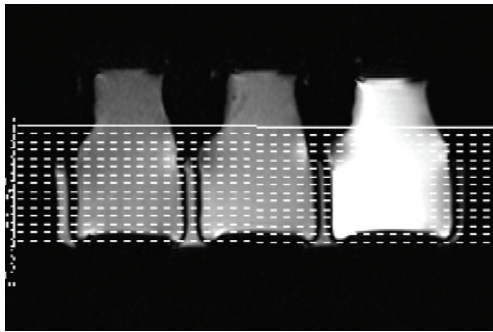


Fig. 3. A photograph of obtaining magnetic resonance images of 11 slice cross-sections from three kinds of test tubes.

3.0T 자기공명영상 장치에서 주로 사용하는 FLAIR 기법의 반전시간 2,800ms를 기준으로 반전시간을 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms, 800ms로 구분하여 영상을 획득하여 산소의 영향을 모색하고자 하였다. 팬텀의 시험관 내 희석된 조영제와 주입된 산소가 생리식염수의 깊이에 따른 농도를 확인하기 위하여 FFE T1강조영상으로 상층부, 중간부, 하층부로 구분하였다. 또한 산소 주입 후 실험 경과 시간에 따른 산소 포화도의 변화를 확인하기 위하여 반전시간을 2,800ms에서 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms, 800ms까지 영상을 획득한 후에 반전시간 2,800ms의 영상을 획득하여 시작하는 시점의 반전시간 2,800ms와 비교하였다.

팬텀을 통한 FLAIR 기법의 검사조건(반전시간 2,800ms, 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms, 800ms)은 TR/TE는 11,000ms/125ms, FOV 210mm, matrix size 256×256, slice 두께 4mm을 사용하였고, T1 FFE는 TR/TE는 118ms/2.3ms, FOV 210mm, matrix size 256×256, slice 두께 4mm로 자기공명영상 데이터를 얻었으며 검사 조건을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Pulse sequence and parameters to acquire MR images

| Image | TR(ms) | TE(ms) | Matrix | FOV (cm) | Slice Thickness (mm) | NEX |
|-------------------|--------|--------|---------|----------|----------------------|-----|
| Coronal Localizer | 200 | 20 | 256×256 | 210 | 20 | 1 |
| FLAIR | 11,000 | 125 | 256×256 | 210 | 4 | 1 |
| T1 FFE | 118 | 2.3 | 256×256 | 210 | 4 | 1 |

3. 영상 데이터 분석

신호강도(signal intensity; SI) 크기는 횡단면 4mm 두께로 11 slice 영상을 획득한 팬텀 영상을 DICOM 파일로 저장하여 별도의 장소에 설치되어 있는 INFINITI PACS Viewer에서 측정하였다. 산소 주입 전·후의 생리식염수와 자기공명영상을 위한 상자성체 조영제를 생리식염수와 0.46%로 희석한 시험관 횡단면 11개의 영상에서 상층부에 있는 5번 slice와 중간부의 8번 slice, 하층부의 11번 slice로 구분하여 신호크기의 평균값과 표준편차를 구하여 노이즈 값으로 Eq. (1)의 공식에 대입해 얻은 계산 값이 신호 대 잡음비를 의미하며 (2)의 공식에 대입하여 Fig. 4와 같이 대조도 대 잡음비를 구할 수 있다.

$$SNR_{ROI} = \frac{SI_{ROI}}{SD_{background_noise}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{|SI_A - SI_B|}{SD_{background_noise}} \quad (2)$$



Fig. 4. The ROI and the measured value of the signal intensity in the phantom image.

III. RESULT

1. 신호 대 잡음비

3.0T 자기공명영상 장치에서 생리식염수에 산소 주입 전·후 팬텀 영상에서 깊이와 농도에 따른 산소 주입의 생리식염수의 신호 크기를 확인하기 위하여 획득한 FFE T1 강조영상에서 산소 주입 영상의 상층부 5번 slice는 632.87, 중간층의 8번 slice 653.23, 하층부의 11번 slice에서 667.44로 측정되었다. 산소가 없는 생리식염수는 상층부는 484.42, 중간층은 501.86, 하층부는 517.67로 산소 주입 전·후의 양상이 동일하게 아래층에서 다소 높게 나타나고 있었다. 또한 검사 경과 시간에 따른 일정한 신호 크기를 유지하기 위하여 TI 2,800ms로 획득한 영상과 TI 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms, 800ms 영상을 획득한 후에 동일한 조건의 TI 2,800ms를 다시 획득하여 비교 측정한 결과 산소를 주입한 생리식염수가 984.78로 측정되어 시간 경과에 따른 영상의 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

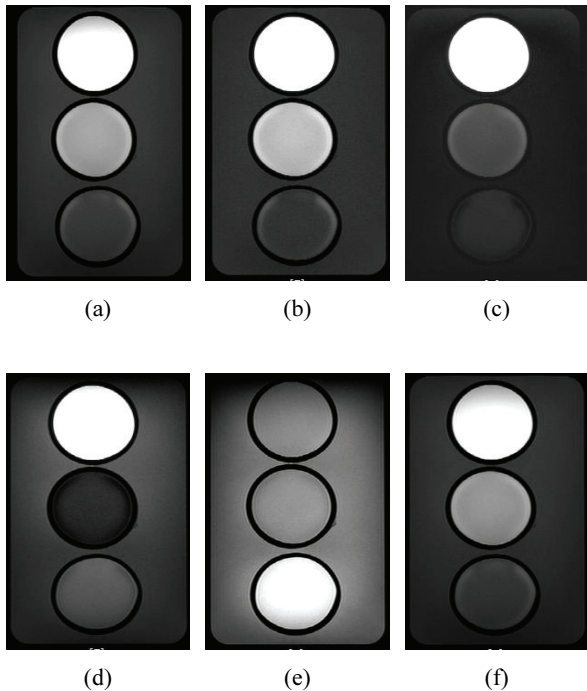


Fig. 5. FLAIR MR imaging with inversion time. 2,800ms (a), 2,300ms (b), 1,800ms (c), 1,300ms (d), 800ms (e), delay 2,800ms (f).

를 포함하여 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms, 800ms로 설정하여 각각에서 조영제와 산소 주입 생리식염수, 생리식염수로 구분하여 팬텀의 중간층 8번 slice에서 측정된 결과를 Table 2와 같이 표시하였다.

반전시간 2,800ms를 기준으로 2,300ms, 1,800ms까지는 생리식염수에 산소 주입 전에는 363.85, 177.29, 84.80으로 감소되었고 주입 후에도 973.29, 670.82, 219.15로 감소되었지만, 1,300ms에서는 산소 주입 전·후가 반전되었고 800ms에서는 산소 주입 전에서는 조영제 신호보다 매우 높게 불규칙적으로 신호가 났다. 조영제 신호는 반전시간 2,800ms를 기준으로 신호 강도가 1844.68로 측정되었고 2,300ms, 1,800ms, 1,300ms까지는 일정하게 800ms에서는 급격하게 감소되었다. 반전시간에 따른 FLAIR 영상에서 생리식염수와 조영제의 신호의 변화를 Fig. 5에 나타내었다.

Table 2. Signal intensity of contrast medium, normal saline injected with oxygen, and normal saline according to inversion time

| | Classification | Signal Intensity (Avg. ± SD) |
|---------------|-----------------------|------------------------------|
| 2,800ms | Contrast media | 1844.68 ± 118.44 |
| | O ₂ Saline | 973.29 ± 24.44 |
| | Saline | 363.85 ± 20.37 |
| 2,300ms | Contrast media | 1719.97 ± 148.43 |
| | O ₂ Saline | 670.82 ± 14.13 |
| | Saline | 177.29 ± 7.38 |
| 1,800ms | Contrast media | 1773.70 ± 124.64 |
| | O ₂ Saline | 219.15 ± 16.99 |
| | Saline | 84.80 ± 8.40 |
| 1,300ms | Contrast media | 2043.52 ± 159.65 |
| | O ₂ Saline | 246.85 ± 20.11 |
| | Saline | 467.48 ± 38.24 |
| 800ms | Contrast media | 948.21 ± 78.88 |
| | O ₂ Saline | 1061.66 ± 20.28 |
| | Saline | 1703.29 ± 52.37 |
| delay 2,800ms | Contrast media | 1840.67 ± 140.35 |
| | O ₂ Saline | 986.36 ± 28.81 |
| | Saline | 364.43 ± 23.83 |

임상에서 사용하는 FLAIR기법의 반전시간 2,800ms

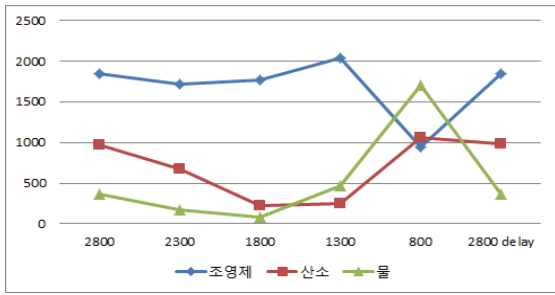


Fig. 6. A graph of the signal intensity of contrast agent, oxygenated normal saline, and normal saline according to inversion time.

2. 대조도 대 잡음비

3.0T 자기공명영상 장치에서 생리식염수에 산소 주입 전·후 영상과 조영제를 희석한 영상에서 상호간의 대조도 대 잡음비를 Table 3과 같이 표시하였다.

Table 3. Contrast to noise ratio of contrast medium, normal saline injected with oxygen, and normal saline according to inversion time.

| Classification | | CNR (Average) |
|----------------|---|---------------|
| 2,800ms | Contrast media vs O ₂ Saline | 0.084 |
| | Contrast media vs Saline | 0.142 |
| | O ₂ Saline vs Saline | 0.058 |
| 2,300ms | Contrast media vs O ₂ Saline | 0.969 |
| | Contrast media vs Saline | 1.424 |
| | O ₂ Saline vs Saline | 0.455 |
| 1,800ms | Contrast media vs O ₂ Saline | 5.357 |
| | Contrast media vs Saline | 5.820 |
| | O ₂ Saline vs Saline | 0.463 |
| 1,300ms | Contrast media vs O ₂ Saline | 0.067 |
| | Contrast media vs Saline | 0.058 |
| | O ₂ Saline vs Saline | -0.008 |
| 800ms | Contrast media vs O ₂ Saline | -0.001 |
| | Contrast media vs Saline | -0.006 |
| | O ₂ Saline vs Saline | -0.005 |

신호가 매우 높은 조영제와 산소 주입 생리식염수의 대조도 대 잡음비는 반전시간 2,800ms에서는 0.084로 낮은 값으로 측정되었고 2,300ms에서는 0.969로 약간 증가하다가 1,800ms에서는 5.357로 매

우 높게 증가하였다가 1,300ms에서는 0.067로 급격하게 감소되었다.

조영제와 산소 주입 전의 생리식염수의 대조도 대 잡음비는 반전시간 2,800ms에서는 1.142로 낮게 측정되었고 2,300ms에서는 1.424로 약간 증가하다가 1,800ms에서는 5.820로 매우 높게 증가하였다가 1,300ms에서는 0.058로 급격하게 감소되었다.

산소 주입 전·후의 생리식염수의 대조도 대 잡음비는 반전시간 2,800ms에서 0.058로 가장 낮게 측정되었고 2,300ms에서도 0.455로 약간 증가하다가 1,800ms에서는 0.463 1,300ms에서는 -0.008, 800ms에서도 -0.005로 매우 낮게 측정되었다.

상대적으로 반전시간 1,800ms에서 특이하게 대조도 대 잡음비가 크게 변화되고 있음을 Fig. 7에 나타내었다.

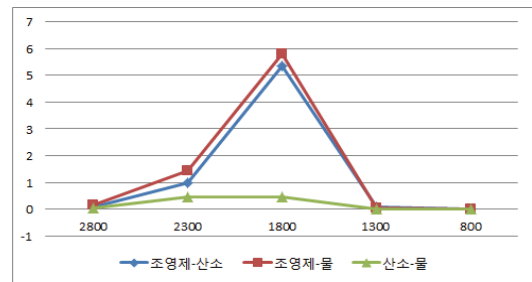


Fig. 7. A graph of the co of contrast agent, oxygenated normal saline, and normal saline according to inversion time.

IV. DISCUSSION

FLAIR의 MR영상은 뇌척수액의 신호를 없애거나 매우 약화시키는 방법으로, 뇌척수액에 의한 부분용적 효과를 감소시켜 병변과의 대조도를 높임으로써 기존의 T2강조영상보다 뇌실주위나 뇌피질 병변을 발견하는데 유용하다고 한다.^[7,8] 뇌출혈의 MR영상에서 T1강조영상과 T2강조영상에서 출혈의 경과시간에 따라 다양하게 나타나고 있다.

Inversion Recovery (IR) 기법에서 먼저 180° pulse를 가한 후 각 조직에 해당되는 null point 시점을 맞추어 지방과 뇌척수액을 억제하여 영상에 유용하게 사용하고 있다.

FLAIR 영상에서는 정상 뇌척수액의 신호 강도를 없애는 것이기 때문에 급성기의 출혈에서 T1이완 시간의 단축 때문에 정상 뇌척수액보다 고 신호 강도를 보이며, T2이완시간은 희백질보다 길기 때문에 긴 에코시간의 FLAIR 영상에서는 뇌실질의 희백질보다 고 신호 강도를 보인다고 한다.^[7,8]

FLAIR 영상에서 뇌실 내 출혈은 고신호강도로 나타나 CT로는 진단이 불가능 했던 경우를 포함하여 모든 증례에서 관찰되었으며, 병변의 명확성에 있어서도 CT 보다 FLAIR MR영상이 우수하여 민감하게 급성 뇌실내출혈을 진단할 수 있다고 하였다.^[9]

고 자장의 3.0 Tesla에서 뇌 기능적 자기공명영상법을 이용하여 고농도의 산소를 주입하여 휴지기 와 활성기의 평균 신호 강도 변화 크기와 신호 강도는 산소 주입 전보다 주입 후에 더 많은 활성화 를 보였다고 하였다.^[10] 흡입 산소에 의해 발생한 FLAIR 영상에서 뇌척수액의 신호강도 변화는 드물 지 않게 나타나는 것으로 알려져 있으며 이는 프로 포폴과 같은 마취제 투여가 동반되거나 100% 산소 를 공급하였을 때 발생한다.^[11,12] 100% 산소를 투여 하였을 경우 FLAIR에서 신호 강도의 변화가 나타 날 가능성이 4-5.3배 정도로 증가하는 것으로 알려 져 있고 50% 산소 정도로 감량하여도 신호 변화가 없는 것으로 보고되고 있다.^[13]

본 실험의 산소는 자기공명영상실에 설치된 병 원의 산소 공급 관에서 15L/min 주입량으로 유리 시험관에 주입한 후 산소 포화도를 측정 한 후에 고 정된 팬텀의 시험관에 넣어 실험을 실시하였다. 50% 이상의 고농도의 산소 공급은 인간에게 유해 할 수 있기 때문에 본 실험에서는 일반 공기 중의 산소 농도(21%)에 비해 고농도인 30%의 산소농도 를 주입하였다. 팬텀의 MR 영상에서 인체에 적용 할 수 있는 결과를 도출하고자 시험관 주변의 background를 인체의 피부 조직의 등가물질인 아가 젤을 사용하여 신호 대 잡음비를 구하였다.

FLAIR 영상 조건에서 반전시간 2,800ms에서 많 이 벗어나면 선택적으로 다른 조직이 영향을 받게 되는데 본 실험에서는 1,800ms까지는 조영제를 포함 한 생리식염수 신호가 반전되지 않았으며, 1,300ms

이하에서는 신호가 반전되어 뇌척수액의 신호 변 화를 목적으로는 사용할 수 없을 것으로 판단된다. 반전시간이 2,800ms에서 1,300ms로 변화할 때 생리 식염수는 일정하게 신호가 감소되었지만 조영제의 신호는 거의 변화되지 않고 유지되었고, 오히려 1,300ms에서 신호가 증가되어 산소가 주입된 생리 식염수를 비교하기가 적합하였으며 또한 대조도 대 잡음비가 매우 높게 형성되어 영상의 화질이 향 상 될 것으로 여겨진다.

본 연구에 앞서 3.0T에서 건강한 자원자를 대 상 으로 연구한 결과에서는 FLAIR의 반전시간이 1,100ms와 950ms에서는 뇌척수액이 고신호로 밝게 나타났었고, 반면에 희게 나타났던 부종(edema)의 신호가 감소되어 어둡게 변화되는 것을 확인한 바 있다. 따라서 반전시간을 1,800ms 이하에서는 FLAIR 영상을 분석하고 판독하는데 혼란을 초래하는 영 상이 획득될 수 있을 것이다.

개인의 능력에 따라 공간 지각과 관련된 외 활성화 양이 다르고, 대뇌의 편측화에도 차이가 난다는 연구^[14]와 고농도의 산소 공급에 따른 대뇌 편측화 변화에 대한 연구가 있었다.^[15] 자기공명영상에서 높은 해상도의 FLAIR 영상은 백질의 병변 및 실질 세포에서 높은 대조도를 제공하여 정맥들의 조사 에도 적합한 것으로 보고되었다.^[16] 본 연구에서 뇌 척수액과 같은 액체 성분인 생리식염수에 산소를 주입하여 도출한 실험 결과가 인체에서도 고농도 의 산소 공급에 의하여 동일한 결과가 나타난다고 는 할 수 없을 것이다. 하지만 산소흡입에 따른 FLAIR 영상에서 뇌척수액이고 신호로 나타나는 경 우에 상자성체 조영제 신호와 비교하면서 산소에 영향을 받지 않는 최적의 검사조건을 도출하기에는 직접 환자를 대상으로는 어려움이 발생하게 된 다. 따라서 팬텀영상을 통하여 대조도 대 잡음비가 우수하게 도출된 FLAIR의 검사 조건의 반전시간 1,800ms를 적용한 환자의 FLAIR 영상의 연구가 요 구된다.

V. CONCLUSION

3.0T 자기공명영상 장치의 FLAIR 영상에서 산소 가 주입된 생리식염수의 신호 대 잡음비는 산소가

주입되지 않은 생리식염수 보다 증가되었지만 희석된 조영제보다는 낮게 나타났다. 반전시간 1,800 ms에서는 산소가 주입된 생리식염수와 조영제의 대조도 대 잡음비가 반전시간 2,800ms보다 높게 증가되었을 뿐만 아니라 산소에 의한 신호 증강이 최소화되는 영상을 획득할 수 있었다. 결론적으로 FLAIR 기법의 반전시간 변화는 고농도의 산소흡입에 따라 나타나는 뇌척수액 MR영상의 신호 변화를 분석하고 연구하는데 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] A. Anzai Y, Ishikawa M, Shaw D.W., Artru A, Yarnhkh V, Maravilla K. R, "Paramagnetic effect of supplemental oxygen on CSF hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery MR images," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 25, No. 2, pp. 274-279, 2004.
- [2] S. L. Stuckey, T. D. Goh, Heffernan T. Rowan D, "Hyperintensity in the subarachnoid space on FLAIR MRI," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 189, No. 4, pp. 913-934, 2007.
- [3] T. Fujiwara, M. Maeda, "Effects of oxygen and refresh space for the elderly," *Journal of Human Life Engineering*, Vol. 2 No. 3, pp. 8-11, 2001.
- [4] B. D. Le, A. Karni, "Application of magnetic resonance imaging to the study of human brain function," *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 5, pp. 231-237, 1995.
- [5] S. C. Chung, J. H. Sohn, J. H. You1, J. S. Eom, "Observations of Oxygen Administration Effects on Visuospatial Cognitive Performance using Time Course Data Analysis of fMRI," *Journal of Korean Society of Magnetic Resonance in Medicine*, Vol. 9, No. 1, pp. 9-15, 2005.
- [6] Y. J. Choi, S. H. Lee, C. B. Bae, J. Y. Park, W. M. Kim, "Hyperintensity of Subarachnoid Space on FLAIR Images Caused by Supplemental Oxygen," *Journal of Korean Neurological Association*, Vol. 33, No. 1, pp. 26-28, 2015.
- [7] J. G. Adams, E. R. Melhem, "Clinical usefulness of T2-weighted fluid attenuated inversion recovery MR imaging of the CNS," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 172, No. 2, pp. 529-536, 1999.
- [8] B. D. Coene, J. V. Hajnal, P. Gatehouse, J. M. Pennock, G. M. Bydder, "MR of the brain using fluid-attenuated inversion recovery(FLAIR) pulse sequences," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 13, No. 6, pp. 1555-1564, 1992.
- [9] H. Y. Kim, Y. B. Lee, D. S. Choi, J. H. Mok, H. S. Kim, H. K. Park, "Comparison of Fluid-Attenuated Inversion-Recovery Magnetic Resonance Imaging with Computed Tomography in Acute Intraventricular Hemorrhage," *Journal of Korean Neurosurgical Society*, Vol. 32, No. 4, pp. 359-362, 2002.
- [10] E. H. Goo, D. C. Kweon, "Cerebral Activation Area Following Oxygen Administration using a 3 Tesla Functional MR Imaging," *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 24, No. 4, pp. 47-53, 2005.
- [11] C. Frigon, D. W. Shaw, S. R. Heckbert, E. Weinberger, D. S. Jardine, "Supplemental oxygen causes increased signal intensity in subarachnoid cerebrospinal fluid on brain FLAIR MR images obtained in children during general anesthesia," *Journal of Radiology*, Vol. 233, No. 1, pp. 51-55, 2004.
- [12] G. F. Goetz, H. Hecker, G. Haeseler, H. Becker, S. Münte, "Hyperintense cerebrospinal fluid on FLAIR images induced by ventilation with 100% oxygen," *Clinical Neuroradiology*, Vol. 17, No. 2, pp. 108-115, 2007.
- [13] Y. Anzai, M. Ishikaw, D. W. Shaw, A. Artru, V. Yarnhkh, K. R. Maravilla, "Paramagnetic effect of supplemental oxygen on CSF hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery MR images," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 25, No. 2, pp. 274-279, 2004.
- [14] J. H. Sohn, Y. H. Kim, K. H. Lee, S. H. Park, "Brain areas activated by different levels of individual's visuospatial ability: an fMRI study," *Korean Journal of Brain Science and Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 201-209, 2001.
- [15] S. C. Chung, J. J. Shon, I. H. Kim, "The effect of highly concentrated Oxygen Administration on cerebrum lateralization of young man during visuospatial task," *Journal of the Korean Society for precision Engineering*, Vol. 21, No. 8, pp. 180-187, 2004.

- [16] Pascal Sati, PhD, Ilena C. George, BA, Colin D. Shea, MS, María I. Gaitán, MD, Daniel S. Reich, MD, "FLAIR*: A Combined MR Contrast Technique for Visualizing White Matter Lesions and Parenchymal Veins," *Journal of Radiology*, Vol. 265, No. 3, pp. 926-932, 2012.

산소주입에 의한 FLAIR 영상에서 생리식염수의 신호 변화

신운재

동의과학대학교 방사선과

요 약

고농도의 산소를 흡입하는 경우에 자기공명영상의 FLAIR(fluid attenuated inversion-recovery, FLAIR) 영상에서 뇌척수액에서 신호가 억제되지 않고 고신호로 나타나는 경우가 있다는 보고가 있었다. 본 연구는 아가 젤로 고정된 팬텀을 제작하여 산소를 주입한 생리식염수와 조영제를 희석한 생리식염수의 신호를 FLAIR 기법의 반전시간(TI : inversion time)을 변화하여 영상을 획득하고, 분석하여 기초자료를 마련 하고자 하였다. 부산 P병원의 Philips Achieva MR 3.0T를 이용한 결과에서 자기공명영상의 FLAIR 기법에서 산소가 주입된 생리식염수의 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)는 산소가 주입되지 않은 생리식염수 보다 증가되었다. 하지만 희석된 조영제보다는 높지 않았다. 반전시간 1,800ms에서는 산소에 의한 신호 증강이 없는 영상을 획득할 수 있었다. 산소가 주입된 생리식염수와 조영제의 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio)에서도 임상에서 주로 사용하는 반전시간 2,800ms보다 1,800ms에서 높게 증가되었다. 본 실험의 결과가 자기공명영상의 FLAIR 기법에서 산소 주입에 따른 뇌척수액의 신호 변화 연구에 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 자기공명영상, FLAIR, 반전시간, 산소, 생리식염수, Phantom

연구자 정보 이력

| | 성명 | 소속 | 직위 |
|--------|-----|--------------|----|
| (단독저자) | 신운재 | 동의과학대학교 방사선과 | 교수 |