

Application of the Orally Inserted Guiding Device for the Improved Motion Artifacts of the Cervical Spine MRI

Jaheun Lee*, Yunsik Yu**, Jaeseung Lee**, Inchul Im**

*Department of Biomedical Health Science, Graduate School of Dongeui University**

*Department of Radiological Science, Dongeui University***

경추부 자기공명영상의 움직임 인공물 개선을 위한 구강내 삽입 유도 기구의 적용

이재훈*, 유윤식**, 이재승**, 임인철**

동의대학교 대학원 보건 의과학과* 동의대학교 방사선학과**

Abstract

This study aims to suggest and test methods using an orally inserted guiding device in order to improve a motion artifact by involuntary oral motor such as removing one's dentures and swallowing saliva clinically structured cervical spine scan and to make the optimal image by minimizing motion artifact. A cervical spine test was conducted with 30 patients who wore dentures among those who had a cervical spinal disease from January 1, 2014 through June 30, 2014. As for testing methods, after removing denture, T1-TSE-Sagittal, T2-TSE-Sagittal, T1-TSE-Axial and T2-TSE-Axial were obtained in a normal position and a supine position; the orally inserted guiding device was inserted in patients' mouth; and then T1-TSE-Axial and T2-TSE-Axial were retested. As a result, in SNR, T1-TSE-Axial before inserting an orally inserted guiding device was 22.33 ± 8.59 ; T1-TSE-Axial after inserting the orally inserted guiding device was 25.21 ± 7.93 ; T2-TSE-Axial before inserting the orally inserted guiding device was 14.49 ± 5.74 ; and T2-TSE-Axial after inserting the orally inserted guiding device was 16.61 ± 6.72 . In CNR, T1-TSE-Axial was measured at 0.23 ± 0.01 while T2-TSE-Axial at 0.21 ± 0.01 . As a result of the qualitative analysis, T1-TSE-Axial before inserting the orally inserted guiding device was 3.49 ± 0.11 ; T1-TSE-Axial after inserting the orally inserted guiding device was 3.95 ± 0.14 ; T2-TSE-Axial before inserting the orally inserted guiding device was 3.25 ± 0.18 ; and T2-TSE-Axial after inserting the orally inserted guiding device was 3.68 ± 0.09 . As a result of using an orally inserted guiding device, the resolution and contrast of the images improved as the patients' involuntary artifact decreased because of removing dentures and swallowing saliva, and it was found that the interpretation of the images and identification of the diseases improved.

Key Words: Magnetic resonance imaging (MRI), Motion artifact, Contrast, Resolution

요 약

본 연구는 임상적으로 정형화된 경추부 MR 검사에서 틀니 제거 환자들의 불수의적 구강운동, 침 삼킴 등의 불수의적 구강 운동에 의한 움직임 인공물을 개선하기 위해 구강내 삽입 유도 기구를 이용한 검사방법을 제안하고 인공

물을 최소화하여 질환의 경계가 불분명했던 부분을 명확하게 하여 최적의 영상을 만들고자 하였다. 2014년 1월 1일부터 2014년 6월 31일까지 경추부 질환으로 내원한 환자 중 틀니를 착용한 30명을 대상으로 경추 자기공명검사를 시행하였다. 방법으로는 틀니를 제거한 후 바로 누운(supine position) 자세로 T₁-TSE-Sagittal, T₂-TSE-Sagittal, T₁-TSE-Axial, T₂-TSE-Axial을 획득하고 환자의 입에 구강내 삽입 유도 기구를 삽입한 후 T₁-and T₂-TSE-Axial을 검사하였다. 결과로는 정량적 분석 SNR은 구강 삽입 유도 기구 사용 전 T₁-TSE-Axial이 22.33±8.59, 사용 후 25.21±7.93, T₂-TSE-Axial은 사용 전 14.49±5.74, 사용 후 16.61±6.72이었다. CNR은 T₁-TSE-Axial이 0.23±0.01, T₂-TSE-Axial이 0.21±0.01로 측정되었다. 정성적 분석으로는 T₁-TSE-Axial에서 구강내 삽입 유도기구 사용 전 3.49±0.11, 사용 후 3.95±0.14로 나타났으며 T₂-TSE-Axial에서는 구강내 삽입 유도기구 사용 전 3.25±0.18, 삽입 후 3.68±0.09로 나타났다. 결론적으로 구강내 삽입 유도 기구의 사용으로 움직임 인공물이 해소되어 영상의 대조도와 분해능이 향상되었고 영상 판독에 있어 질환의 식별능력이 우수하여 영상의 질이 향상됨을 알 수 있었다.

중심단어: 자기공명검사, 움직임 인공물, 대조도, 분해능

I. INTRODUCTION

경추부 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 연부조직에 대한 대조도와 분해능(contrast and resolution)이 우수할 뿐 만 아니라 경추 전용 위상 배열코일(neck matrix coil)과 고속 스핀 에코(turbo spin-echo, TSE)를 사용하여 해상력을 증가시킬 수 있기 때문에 경추부 퇴행성 질환(degenerative disease) 및 추간공의 협착(spinal stenosis), 척수염(myelitis), 추간판 탈출증(herniations of intervertebral disc) 등의 신경 질환 검사에 이용되고 있다^[1-2]. 경추부 자기공명검사는 정상적인 해부학 구조물로부터 신경 질환을 묘출할 수 있고 대조도와 분해능을 향상시킬 목적으로 1.5T(tesla) MRI가 권고되고 있으며 일반적으로 고속 스핀에코 기법을 사용하여 T₁과 T₂ 강조영상(T₁ weighted image and T₂ weighed image, T₁WI, T₂WI)을 얻거나 질환의 특성에 따라 가돌리늄을 이용한 조영 증강 영상을 사용하고 있다^[3]. 특히 임상적으로 정형화된 뇌 검사와 척추 검사에 보편화된 고속 스핀에코는 1회 반복시간(repetition time, TR)으로 여러 개의 에코 신호를 동시에 획득할 수 있고 각각의 에코 신호 앞에서 위상부호화 경사자장(phase encoding gradient)을 인가하여 하나의 영상을 만들기 때문에 수집된 에코 신호의 수(echo train length, ETL)만큼 정보 획득 시간을 줄일 수 있다^[4]. 그러나 신경 질환에 의한 배경신호 강도(background noise intensity)가 증가되어 신호대 잡음비(signal to noise ratio, SNR)가 감소하고 이를 보상하기 위해서 여기 횟수(number of excitation, NEX)가 증가되며 이로

인해 검사 시간(scan time)이 길어지는 단점이 있고, 뇌척수액(cerebrospinal fluid, CSF)의 맥동(pulsation)이나 틀니 제거 환자들의 불수의적 구강운동, 침 삼킴 등에 의한 움직임 인공물(motion artifact)이 발생할 수 있다^[5-7]. 이와 관련된 선행 연구로는 견착식 고정도구를 사용하여 경추부 자기공명 검사에서 발생하는 움직임 인공물을 최소화 하고자 하는 노력이 있었다. 그러나 숨, 실린저, 거즈는 실험적 시도에 불구하고였으며, 불수의적인 구강운동을 하는 틀니 제거 환자에게는 임상적 적용에 어려움이 있었다.

따라서 본 논문은 임상적으로 정형화된 경추부 자기공명검사에서 틀니 제거 환자들의 불수의적 구강운동, 침 삼킴 등의 불수의적 구강 운동에 의한 움직임 인공물을 개선하기 위해 구강내 삽입 유도 기구를 이용한 검사방법을 제안하고 인공물을 최소화하여 질환의 경계가 불분명했던 부분을 명확하게 하여 최적의 영상을 만들고자 하였다.

II. MATERIALS AND METHOD

1. 연구 대상

본 연구는 2014년 1월 1일부터 2014년 6월 30일까지 부산 소재 P 대학교 병원을 내원하여 경추부 자기공명검사를 의뢰 받은 환자 중 틀니를 보유한 환자 30명을 대상으로 하였다. 평균 연령은 59±7.23세 이었으며 남자 15명(평균 58.29±8.83세), 여자 15명(평균 59.83±5.53세)이었다. 모든 대상자는 사전에 자기공명

검사 경험자만을 선정하여 실험을 하였고, 본 연구의 취지를 상세하게 설명한 후 자발적 동의를 얻어 연구를 진행하였으며 또한 폐쇄공포증환자, 진정제를 사용한 환자는 본 연구에서 제외 하였다. 모든 대상자는 연구 개시 전 동의대학교 연구윤리심의위원회 (institutional review board, IRB)의 심의와 승인 (DIRB-201309-HR-R-003)을 통해 진행되었다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 자기공명기기는 경추부 자기공명 검사에 최적화된 1.5T(Magnetom Avanto, Siemens, Germany)를 사용하였으며 고 신호 강도를 획득하기 위한 경추 전용 위상 배열코일(neck matrix coil)을 사용하였다. 경추부 시상면 영상(sagittal image)은 T1-TSE-sagittal (TR: 570msec, TE: 10msec)과 T2-TSE-sagittal (TR: 3000msec, TE: 90msec)을 얻었으며 축상면 영상(axial image)은 T1-TSE-Axial 영상과 T2-TSE-Axial 영상으로 자세한 매개변수는 다음과 같다(Table 1).

임상적으로 정형화된 경추부 자기공명검사 방법에 따라 검사 범위는 제1 경추부에서 7 경추부까지 경추간(interspace of cervical spine)사이를 절편 두께(slice

판(endplate)과 평행한 방향으로 영상을 획득하였다. 본 연구는 틀니 제거로 기인된 불수의적 구강 운동으로 발생된 움직임 인공물을 개선할 목적으로 구강내 삽입 유도 기구(Endo-piece, Vision, Korea)를 사용하여 영상에 영향을 미친 범위에 대하여 삽입 전 영상의 범위와 동일하게 하여 T1-TSE-Axial과 T2-TSE-Axial을 추가적으로 검사를 시행하였다. 이때 동일 영상 획득 단면의 위치 변화를 최소화하기 위하여 사전 교육을 시행하였으며, 검사 전 환자를 정중시상면(midsagittal plane, MSP)에 평행하게 위치를 시키고 안와하이공선 (infraorbitalmental line, IOML)과 미간치조선 (glabellaveolar line, GAL)이 수직이 되도록 두·경부를 위치시킨 다음 장비에 설치되어 있는 레이저 빔 (laser beam)을 통해서 해부학적 위치 변화를 확인 하였다. 집게손가락(index finger)으로 비근점(nasion)을 가볍게 누르면서 아래턱(mandibular)만을 개구하여 구강내 삽입 유도 기구를 삽입하였다(Fig. 1).

또한 본 연구에 사용된 구강내 삽입 유도 기구는 재질이 플라스틱이며 침 삼킴 또는 혀의 움직임을 억제 하기 위한 바(bar)가 부착되어 있으며 기구를 삽입한 후 잇몸의 통증을 완화하기 위하여 부드러운 극세사 거즈와 치료용 보루스를 사용하였고, 검사 중 침이 고이는 경우를 대비하여 소량의 숨을 혀(tongue)의 밑에 위치 시켰다. 자기공명기기의 안정성에 의해 사용환

Table 1. The pulse sequences & parameters for the T1-and T2-TSE of axial view in c-spine MR scan.

Parameters	Pulse sequences	
	T1-TSE	T2-TSE
FOV (mm)	150	150
TR (ms)	2500	500
TE (ms)	124	13
FA (degree)	150	150
Slice thickness (mm)	3	3
Slice gap (%)*	30	30
Slice number	15	15
NEX	2	2
Matrix	256 × 256	256 × 256
TS (min: sec)	1:30	1:40

Note) TSE: turbo spin-echo, FOV: field of view, TR: time repetition, TE: time to echo, FA: flip angle, NEX: number of excitation. TS: scan time.

*,The space between successive sections

thickness) 3mm, slice gap(30%): 0.9mm로 경추체의 중

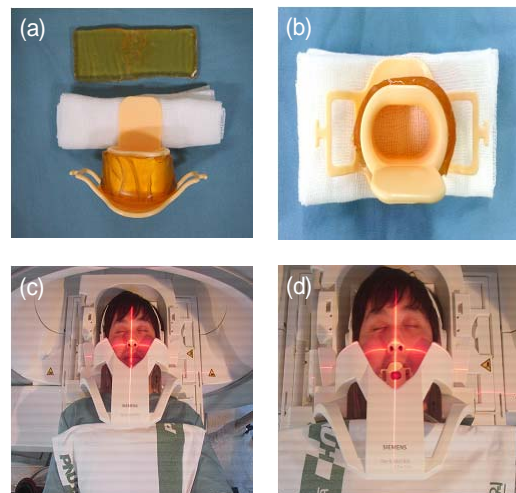


Fig. 1. Show the endo-piece (a) and (b) and setting up the position (c) and (d).

구강내 삽입 유도 기구는 자장과 상호 작용이 없음

이 규명되었으며 자세한 물리적 특성은 다음 표와 같다^[8-9](Table 2).

Table 2. Physical characteristic table for the endoscopic piece in oral cavity composed the Acrylonitrile, Butadiene, and Styrene.

Compound	Structural formula	Molecular weight (g/mol)	Density (g/cm3)
Acrylonitrile	C3H3	53.1	0.81
Butadiene	C4H6	54.1	0.61
Styrene	C8H8	104.0	0.91

3. 데이터 분석

불수의적 구강 운동에 의한 경추부 자기공명 영상의 움직임 인공물의 화질 개선 평가를 위하여 정량적 분석 및 정성적 분석을 시행하였다. 정량적 분석은 구강내 삽입 유도 기구를 삽입 전·후 축상면 영상에서 불수의적 구강 운동에 의한 움직임 인공물이 발생한 동일 위치에 2.5 cm² 크기의 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하여 신호강도(signal intensity, SI)를 측정하였으며, 위상 부호화 방향으로 움직임 영향이 최대화 되는 영역에서 배경신호(background noise)를 측정하였다(Fig. 2).

모든 영상에 대한 측정은 신뢰성 향상을 위하여 10회 반복하여 반복 측정에 대한 불확정도(uncertain type A)^[10]를 구하였다. 여기서 구강내 삽입 유도 기구를 삽입 전·후 축상면 영상에서 관심 영역 내 측정된 신호

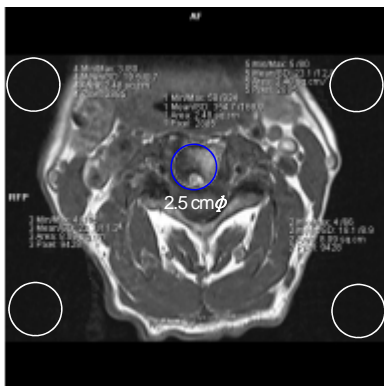


Fig. 2. Measurement method of signal intensity & background.

강도를 $SI_{endo_without}$ 와 SI_{endo_with} 라 하고 배경신호에 대한

표준편차를 $SD_{background_noise}$ 라 할 때 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)는 주어진 식 (1) 및 (2)과 같이 구하였다^[11].

$$SNR_{without} = \frac{0.66 \times SI_{endo_without}}{SD_{background_noise}} \dots\dots\dots(1)$$

$$SNR_{with} = \frac{0.66 \times SI_{endo_with}}{SD_{background_noise}} \dots\dots\dots(2)$$

그리고 구강내 삽입 유도 기구를 삽입 전·후 영상의 화질 개선 효과를 분석하기 위하여 대조대 잡음비(contrast to noise ratio, CNR)는 주어진 식 (3)과 같이 구하였다^[12].

$$CNR = \frac{SI_{endo_with} - SI_{endo_without}}{SD_{background_noise}} \dots\dots\dots(3)$$

또한 정성적 분석은 연구 목적을 설명하지 않은 상태에서 근 골격계(musculoskeletal)를 담당하는 영상의 학과 전문의 2명, 전공의 1명과 MR 전문방사선사 2명이 영상을 평가하였다. 평가 항목은 한국의료영상품질관리원^[12]에서 규정한 환자의 움직임에 관한 인공물, 포함범위, 영상 대조도에 대해 각 항목별평가 내용은 Table 3에 제시하였다. 각각의 구강내 삽입 유도 기구의 삽입 전과 후의 영상을 나쁨(1점), 보통(2점), 좋음(3점), 매우 좋음(4점), 우수(5점)로 5점 척도화하여 임상적 유용성을 평가하였다.

Table 3. Cervical magnetic resonance imaging evaluation items: korean institute for accreditation of medical imaging.

	평가내용
인공물	1. 환자의 움직임에 대한 인공물이 없다.
	2. Aliasing 인공물이 없다.
	3. Radiofrequency interference 인공물이 없다.
	4. 기기자체나 검사자의 조작으로 인한 인공물이 없다.
포함 범위	1. 3개 이상의 경추 추간판에 대한 축상 영상이 있다.
	2. 축상 영상에서 상하종판이 포함된 추간판 준위가 3개 이상이 있다.
영상 대조도	1. 축상 영상에서 섬유륜과 수핵이 구분되는가?
	2. 병소 부분은 추간판과 척추체 종판의 후면 경계가 잘 보이는가?
	3. 축상 영상에서 추간판과 척추체 종판의 후면 경계가 잘 보이는가?
	4. 축상 영상에서 척수핵과 척수가 잘 구분되는가?

4. 통계적 분석

통계적 분석은 SPSS for Windows Ver. 21(SPSS

Inc., Chicago, and IL, USA)을 사용하여 전·후 설계를 바탕으로 한 대응 표본 t-검정을 통해 본 실험의 통계적 분석을 검증하였다.

Ⅲ. RESULT

1. 정량적 분석 결과

정량적 분석 결과 SNR은 구강내 삽입 유도 기구 사용 전 T1-TSE-Axial은 22.33±8.59, 사용 후 25.21±7.93, T2-TSE-Axial은 사용 전 14.49±5.74, 사용 후 14.49±6.72로 측정되었다(Table 4). CNR은 구강내 삽입 유도 기구 사용 후 T1-TSE-Axial이 사용 전 보다 약 0.23배, T2-TSE-Axial은 0.21배 증가되었다(Table 5). 구강 삽입 유도 기구 사용 전과 후의 신호 강도(SI)는 T1-TSE-Axial에서 0.99배 감소, 배경잡음의 신호강도(Background noise)는 0.84배 감소, T2-TSE-Axial에서도 관심 영역 신호강도(SI)는 0.98배 감소, 배경잡음의 신호강도(Background noise)는 0.84배 감소하였다(Table 6). 이는 구강 삽입 유도 기구를 적용함으로써 구강 운동과 침 삼킴 등의 불수의적 운동이 저감화되면서 위상 부호화 방향의 움직임 인공물이 감소하여 영상의 배경잡음의 신호강도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

2. 정성적 분석 결과

정성적 평가 결과 T1-TSE-Axial 과 T2-TSE-Axial에서 구강 삽입 유도 기구를 적용함으로써 각각 1.13배의 영상 개선을 가져왔다. 특히 병소부분과 척수핵, 척수, 섬유륜과 같은 영상 평가 시 중요한 해부학적 구조물에서 움직임 인공물이 저감화됨에 따라 질환의 경계와 식별에도 유리하게 평가되었다(Table 7),(Fig. 3).

Table 4. Results of the quantitative analysis: SNR.

	Endo _{without}	Endo _{with}	Endo _{without}	Endo _{with}
	T1-TSE	T1-TSE	T2-TSE	T2-TSE
SNR	22.33 ± 8.59	25.21 ± 7.93	14.49 ± 5.74	16.61 ± 6.72
P-value	.004		.005	

Table 5. Results of the quantitative analysis: CNR.

	T1-TSE $\frac{with}{without}$	T2-TSE $\frac{with}{without}$
CNR	0.23±0.089	0.21±0.098
P-value	.864	

Table 6. Results of the quantitative analysis: SI and background noise.

	Endo _{without}	Endo _{with}	Endo _{without}	Endo _{with}
	T1-TSE	T1-TSE	T2-TSE	T2-TSE
SI	261.1±47	260.5 ±48.9	139.6 ±60.7	138.2 ±63.8
background noise	13.4 ±6.05	11.3 ±4.53	9.81 ±3.24	8.33 ±2.08

Table 7. Results of the qualitative analysis

	T1-TSE	T2-TSE
Endo _{without}	3.49±0.11	3.25±0.18
Endo _{with}	3.95±0.14	3.68±0.09
P-value	.001	.001

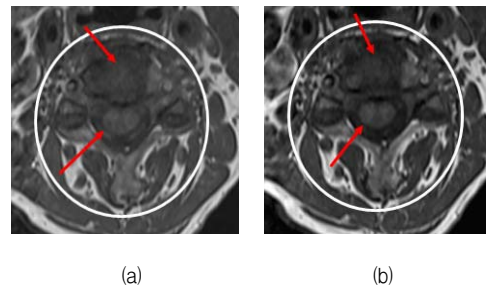


Fig. 3. T1 TSE Axial imaging. (a) Endowithout, (b) Endowith

3. 통계적 분석 결과

Endo_{without} 와 Endo_{with}에 대한 SNR의 통계적 분석 결과는 대응 표본 t-검정 결과 유의 확률 p=0.004와 0.005이며 유의 수준 5%미만으로 두 분류 간에 평균 차이가 있다고 할 수 있다(Table 4). CNR의 통계적 분석은 T1-TSE-Axial과 T2-TSE-Axial의 단순 비교로 이루어졌으며 유의 확률 p=0.864이고 유의수준이 5%이상으로 두 분류간 평균 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 5). 정성적 분석 결과에 대한 통계적 분석은 유의수준 5%미만으로 두 집단 간의 평균 차이는 있다고

할 수 있다(Table 7).

IV. DISCUSSION

자기공명 검사에서 환자와 관련된 인공물은 환자의 수의적 또는 불수의적인 움직임(불규칙적) 또는 심박동에 의한 혈관들 속의 움직임(규칙적)에 의해서 발생한다. 움직임에 의한 인공물들은 주로 위상 부호화 방향에서만 관찰된다. 그 이유는 위상 부호화 단계의 표본화 시간(sampling time)은 수 초 단위인데 비해 주파수 부호화 단계의 표본화 시간(sampling time)은 수 밀리 초 단위로 훨씬 짧게 소요되기 때문이다[13-14]. 경추 검사 시에 움직임 인공물에 대한 선행 연구로서 자체 제작된 견착식 고정 도구를 이용하여 인공물의 저 감화를 위해 의료 기관에서 임상 적용(clinical application)으로 숨과 실린저, 거즈를 사용하여 환자의 움직임 인공물을 저감화 하려는 노력이 있었으나 틀니 환자라는 특이한 경우에는 숨과 실린저, 거즈를 적용하여도 불수의적인 구강운동을 연속적으로 할 경우 일정 시간이 경과하면 고정도구로서 역할이 무의미해지며 호흡 또한 제한을 받는다. 이에 견착식 고정도구는 입 주변을 제외한 부분에 대한 움직임은 적절하게 저감화 하였으나 혀와 침 삼킴에 대한 문제점은 해결하지 못한 것 같다. 그러나 본 연구에 사용한 구강내 삽입 유도 기구는 앞부분이 개방되어 있어 호흡의 제한점을 극복할 수 있었고, 혀를 눌러주는 바(bar)가 있어 움직임을 억제할 수 있었다. 또한 검사에 대한 화질 향상 유무는 획득한 영상을 통해서도 증명할 수 있었다. 검사 후 환자들의 구강 구조와 구강내 삽입 유도 기구의 모양이 조금 상이하여 검사 시 잇몸이 약간 불편했다는 의견도 있었지만 검사 후 개선된 영상을 확인한 결과 영상 판독에서는 높은 긍정적인 평가를 받았다.

V. CONCLUSION

구강내 삽입 유도 기구의 사용으로 틀니 환자들의 불수의적 인공물이 저감화됨에 따라 영상의 대조도와 분해능이 향상되었고, 영상 판독에 있어 질환의 식별 능력면에서도 기존 검사 기법에 비해 우수하였으며 특히 움직임 인공물로 인해 질환의 경계가 불분명했

던 부분이 명확해져 영상의 질이 향상됨을 알 수 있었다.

Reference

- [1] M. Modi, V. Singla, N. Khandelwal, S. Prabhakar, D. Duberkar, "Maroteaux-Lamy Syndrome(mucopolysaccharidosis VI) Presenting as familial myelopathy", international journal of Neuroscience, Vol. 121, No. 6, pp. 337-340, 2011.
- [2] C. B. Mohanty, D. P. Shukla, B. I. Devi, S. Ssmphath, "Craciovertebral junction pathology in high cervical disc disease", British Journal of Neurosurgery, Vol. 26, No. 6, pp. 845-850, 2012.
- [3] Held, J. Seitz, R. Frund, W. Nitz, M. Lenhart, A. Geissler, "Comparison of two-dimensional gradient echo, turbo spin echo and two-dimensional turbo gradient spin echo sequences in MRI of the cervical cord anatomy", European Journal of Radiology, Vol. 38, No. 1, pp. 64-71, 2001.
- [4] G. Sze, Y. Kawamura, C. Negishi, R. T. Constable, Merriam M, Oshio K, Jolesz F., "Fast spin-echo MR imaging of the cervical spine: influence of echo train length and echo spacing on image contrast and quality", Am. J. Neuroradiol., Vol. 14, No. 5, pp. 1203-1213, 1993.
- [5] E. G. Kholmviski, A. A. Samsonov, D. L. Parker, "Motion artifact reduction technique for dula-contrast FSE imaging", Radiological Society of North America, Vol. 183, No. 1, pp. 183-191, 1987.
- [6] L. Zang, E. G. Kholmviski, J. Guo, D. L. Parker, "TSE with averages-specific phase encoding ordering for motion detection and artifact suppression", Journal of Magnetic Resonance Imaging, Vol. 25, No. 6, pp. 1271-1282, 2007.
- [7] H. P. Fautz, M. Honal, U. Saueressig, O. Schäfer, S. A. Kannengiesser, "Artifact reduction in moving-table acquisitions using parallel imaging and multiple averages", Magnetic Resonance in Medicine, Vol. 57, No. 1, pp. 226-232, 2007.
- [8] F. G. Shellock, "Reference Manual for Magnetic Resonance Safety, Implants, and Devices", Zimmer Research Report WA 217910 Rev.1, pp. 136, 2008.
- [9] Mary Dempsey, Barrie Condon, M. Donald Hadley, "Seminars in Ultrasound, CT and MRI(MRI safety review)", Vol. 23, No. 5, pp. 392-401, 2002.
- [10] C. carol. kuhlthau, "A principle of uncertainty for information seeking", Journal of Documetation, Vol. 49, No. 4, pp. 339-55, 1993.
- [11] J. Sijbers, P. Scheunders, N. Bonnet, D. Van Dyck, E. Raman,

- "Quantification and improvement of the signal-to-noise ratio in a magnetic resonance image acquisition procedure", *Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 14, No. 10, pp. 1157-63, 1996.
- [12] Assessment and Items of Cervical spine in Magnetic Resonance Imaging, "Korean Institute for accreditation of Medical Imaging", <http://www.ikiami.or.kr>.
- [13] R. A. Zoroofi, Y. Sato, S. Tamura, H. Naito, "MRI artifact cancellation due to rigid motion in the imaging plane", *Medical Imaging, IEEE Transactions*, Vol. 15, No. 6, pp. 768-84, 1996.
- [14] Y. Shimada, H. Nishimoto, T. Kochiyama, H. Fujimoto, S. Masafi, K. Murase, "A technique to reduce motion artifacts for externally triggered cine-MRI(EC-MRI) based on detecting the onset of the artifacted word with spectral analysis", *Magnetic Resonance in Medical Sciences*, Vol. 11, No. 4, pp. 273-82, 2012.