

<원저>

관자뼈의 확산강조영상검사 시 Single Shot Turbo Spin Echo 기법의 유용성

최관우

원광보건대학교 방사선과

The Utility of Single Shot Turbo Spin Echo Technique for Temporal Bone Diffusion Weighted Imaging

Kwan-Woo Choi

Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

Abstract The purpose was to reduce the distortion of the image that occurs in the temporal bone area due to the very strong differences in susceptibility. A new SS-TSE technique was applied when examining the diffusion-weighted image of the temporal bone, where the auditory and facial nerves to be imaged were very thin and were adjacent to the cranial base including bone and air. This study was conducted from March 2020 to August of the same year, targeting 32 subjects who underwent the diffusion-weighted imaging of the temporal bone. To compare the distortion, existing SS-EPI technique and the new SS-TSE technique were both applied on the temporal bone area. As a result of the study, applying the new SS-TSE technique appeared to lower the distortion of images by 87.44, 46.13 and 42.35 % on the b-value 0, 800 and the ADC images, respectively. In conclusion, when using the new SS-TSE technique on the temporal bone DWI, distortion can be reduced, and thus images with high diagnostic value can be obtained.

Key Words : Temporal bone diffusion weighted image, Single-shot turbo spin echo, Single-shot echo planar imaging, Distortion, Susceptibility

중심 단어 : 관자뼈 확산강조영상, Single-shot turbo spin echo, Single-shot echo planar imaging, 뒤틀림, 자화율

I. 서론

물 분자의 미시적인 움직임에 감지하여 영상화하는 자기 공명 확산강조영상(diffusion weighted image; DWI)은 개발 초기에는 허혈성 뇌졸중(ischemic stroke)의 조기 발견과 예후를 평가하는 데 주로 사용되었으나[1], 종양을 감별하는데 유용성이 입증되어 현재에는 종양의 진단과 치료 후 평가를 위해 전신에 활발히 적용되고 있다[2].

DWI는 일반적으로 single-shot echo planar imaging (SS-EPI) 기법을 주로 사용하여 영상을 촬영한다[3]. 왜냐하면 아주 짧은 시간에 일어나는 물 분자의 미시적인 움직임을 감지하기 위해서는 빠른시간 내에 K-공간(space)을

채워야 하는데 SS-EPI 기법은 K-공간에서 위상부호화 방향의 픽셀 당 대역폭을 작게 할 수 있어 한 번의 여기 펄스로 K-공간을 채울 수 있기 때문이다[4, 5].

그러나 위상부호화 방향의 픽셀 당 대역폭을 작게 할 경우에 영상획득 시간이 단축되어 물 분자의 확산을 정밀하게 감지할 수 있다는 장점이 있으나[6], 자화율 효과(susceptibility effect)에 매우 민감하게 반응한다는 단점이 있다[7]. 이러한 자화율 효과는 조직과 자화율 차이가 큰 공기나 뼈가 영상화하려는 부위에 인접해 있을 경우에 극대화되어 조직 경계면에서 신호 감소와 기하학적 왜곡에 의한 영상의 뒤틀림(distortion)을 많이 발생시키는데[8, 9], 특히, 두경부검사 중 최근 들어 많이 시행하고 있는 관자뼈

This paper was supported by Wonkwang Health Science University in 2020

Corresponding author: Kwan-Woo Choi, Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University, 514, Iksan-daero, Iksan-si, Jeollabuk-do, 54538, Republic of Korea / Tel: +82-63-840-1235 / E-mail: cns365@naver.com

Received 3 February 2021; Revised 18 February 2021; Accepted 23 February 2021

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

(temporal bone) DWI 검사의 경우 공기를 포함한 두개저부의 자화율 차이에 의해 영상의 뒤틀림이 강하게 나타난다.

영상에서 뒤틀림은 영상화하려는 구조물을 기하학적으로 왜곡하여 신호를 감소시키거나 증가시켜 병소를 불분명하거나 오인하게 만든다[4]. 따라서 자화율 차이가 큰 공기나 뼈가 인접해 있는 부위에서 SS-EPI 기법을 적용하여 DWI를 획득하기에는 영상의 뒤틀림으로 인해 한계가 있다.

SS-EPI 기법의 이러한 한계로 인해 현재에는 공기나 뼈가 인접한 부위에 turbo spin echo를 기반으로 한 single-shot turbo spin echo(SS-TSE) 기법이 개발되어 영상의 촬영에 적용되고 있다. SS-TSE 기법은 여러 개의 재위상(refocusing) 펄스를 사용하여 영상을 촬영하는 방법으로, 재위상 펄스로 인해 자화율 효과에 민감한 SS-EPI 기법에 비해 자화율 차이가 큰 물질들의 자화율 효과를 감소시켜 영상의 뒤틀림이 줄어든다는 장점이 있다[10]. 이러한 장점으로 인해 현재에는 기존의 SS-EPI 기법으로 검사하는 데 한계가 있었던 부위의 DWI 검사에 많이 적용되고 있다.

본 연구는 SS-TSE 기법의 장점을 temporal bone DWI 검사에 적용한다면 재위상 펄스로 인해 자화율 효과를 감소시킬 수 있어 영상의 뒤틀림으로 인해 진단적 가치가 저하되는 문제점을 개선할 수 있으리라 판단하였다. 즉, temporal bone DWI는 청신경과 안면신경에 발생하는 진주종(cholesteatoma)과 염증성 육아종(granuloma)의 미세한 확산차이에 의한 신호강도를 구별하기 위해 시행하는데 영상화하려는 청신경과 안면신경이 매우 가늘고 뼈와 공기를 포함한 두개저부와 인접해 있어 영상에서 뒤틀림이 매우 강하게 나타나는 문제점을 SS-TSE 기법을 적용하여 개선하고자 한 것이다.

이에 본 연구에서는 진주종과 염증성 육아종을 감별하기 위한 temporal bone DWI 검사 시 기존의 SS-EPI 기법과 달리 재위상 펄스를 사용하여 뒤틀림을 개선한 SS-TSE 기법을 적용하여 temporal bone에 발생하는 영상의 뒤틀림을 감소시키고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상 및 방법

연구 대상은 2020년 3월부터 8월까지 temporal bone DWI 검사를 시행한 환자 115명 중 temporal bone에 질환이 있는 83명을 제외한 32명을 대상으로 U 대학병원 임상

시험 센터의 연구승인 및 환자 동의를 받아(2020-0113) 연구를 진행하였다.

연구 방법은 신경과 공기, 그리고 두개저부의 뼈가 인접해 있어 자화율 차이에 의한 영상의 뒤틀림이 강하게 나타나는 temporal bone을 대상으로, 동일 환자에게 SS-TSE 기법과 SS-EPI 기법을 적용하여 DWI를 획득한 후 SS-TSE 기법과 SS-EPI 기법에 따라 획득한 DWI를 각각 b-value 0 영상과 b-value 800 영상, 그리고 겔보기확산계수(ADC) 영상으로 나누어 각 영상의 뒤틀림을 기법에 따라 비교평가하였다. 본 연구는 연구의 정확성을 높이기 위해 기법에 사용되는 변수 이외에는 다른 변수를 동일하게 하여 비교평가하였다.

2. 영상획득 및 기법

영상획득 장비는 초전도 3.0T MRI 장치(Ingenia CX, Philips medical system, Netherlands)와 32 channel dS Head 코일을 사용하였다.

사용된 영상변수는 SS-EPI 기법의 경우에 반복 시간(TR)는 2,000msec, 에코 시간(TE)은 82msec, 영상영역(FOV)은 200×200 mm, 화소 배열 수(matrix)는 128×128, 여기 횡수(NEX)는 2, 병렬영상기법(SENSE)는 factor 2로 하였고, SS-TSE 기법의 경우 TR 4,475msec, TE 60 msec, FOV 200×200 mm, matrix 128×128, NEX 2, SENSE factor 2로 하였다.

영상은 절편 두께(slice thickness) 3 mm, 절편 간격(gap) 0 mm로 내이도 중심으로 10절편(slice)을 획득하였으며, 각 기법별 검사시간(scan time)은 SS-EPI 기법이 55초, SS-TSE 기법이 1분 2초였다.

3. 측정 및 분석 방법

획득된 영상은 영상측정 프로그램(Image J, Ver. 1.8.0, NIH, USA)을 사용하여 자화율 차이에 영향을 받지 않는 3D T2 VISTA 영상의 내이도 내에 관심 영역(Region of Interest)을 설정한 후 이를 기준으로 기법에 따라 획득한 b-value 0, b-value 800, ADC 영상의 동일한 부위에 신호강도를 측정하여 영상의 뒤틀림을 측정하였다[Fig. 1].

본 연구에서 신호강도를 이용하여 뒤틀림을 측정하는 이유는 크게 뺀어있는 내이도 내 신경다발은 기하학적 왜곡이 발생한 경우 뒤틀림이 발생하여 인접한 부위의 공기가 설정한 신경다발의 관심 영역 내로 침범하여 신호강도가 낮아진다. 따라서 기하학적 왜곡이 발생하지 않는다면 인접한 부위의 공기가 관심 영역 내로 침범하지 않아 신호강도가 높

아지는데, 저자는 이에 착안하여 SS-TSE 기법이 180도 제 위상 펄스로 인해 영상의 뒤틀림이 덜 발생한다면 SS-EPI 기법에 비해 신호강도가 높을 것이며, SS-EPI 기법에 비해 신호강도가 높다면 SS-TSE 기법이 기하학적인 왜곡에 의한 뒤틀림이 덜 발생한 것이라 증명할 수 있다고 가정을 한 것이다.

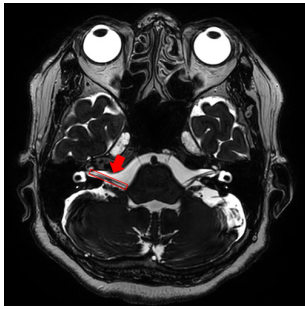


Fig. 1. Region of Interest in Images

b-value 0 영상은 물 분자를 인위적으로 확산시키는 확산 경사자장이 인가되지 않는 영상이며, b-value 800 영상은 확산 경사자장이 인가된 영상이고, ADC 영상은 획득한 b-value 0 영상과 b-value 800 영상을 기반으로 확산계수를 산출 영상으로 세 영상 모두 뒤틀림이 발생하지 않으면 값이 높아지고 뒤틀림이 발생한다면 값이 낮아진다.

기법에 따라 측정된 신호강도는 대응표본 t-검정(paired t-test, SPSS Ver. 22)을 이용하여 유의한 차이가 있는지 비교평가 하였으며, p 값이 0.05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

III. 결과

기법에 따른 뒤틀림을 비교 평가하기 위해 신호강도를 측정된 결과, b-value 0 영상의 경우 SS-TSE 기법이 962.17 ± 119.19 로 SS-EPI 기법의 513.32 ± 142.03 보다 영상의 신호강도가 87.44%(448.85) 증가하였고, b-value 800 영상의 경우도 b-value 0 영상과 마찬가지로 SS-TSE 기법이 144.58 ± 11.84 로 SS-EPI 기법의 98.94 ± 14.66 보다 영상의 신호강도가 46.13%(45.64) 증가하였다. ADC 영상의 경우도 SS-TSE 기법이 2.42 ± 0.18 , SS-EPI 기법이 1.70 ± 0.38 로 나타나 SS-TSE 기법이 SS-EPI 기법보다 확산계수가 42.35%(0.72) 증가하였다[Table 1].

기법에 따른 뒤틀림을 비교 평가하기 위한 신호강도의 대응표본 t-검정 결과, b-value 0 영상의 경우 평균

차 -448.86 ± 142.00 , $t -9.996$, 유의확률 0.000으로 나타나 기법에 따라 통계적으로 유의하게 신호강도의 차이가 있다고 할 수 있으며, b-value 800 영상도 b-value 0 영상과 마찬가지로 평균차 -45.64 ± 10.67 , $t -13.521$, 유의확률 0.000으로 나타나 통계적으로 유의하게 신호강도의 차이가 있다고 할 수 있다. ADC 영상의 경우도 평균차 -0.72 ± 0.40 , $t -5.667$, 유의확률 0.000으로 나타나 b-value 0과 b-value 800 영상과 마찬가지로 통계적으로 유의하여 기법에 따른 신호강도의 차이가 있다고 할 수 있다[Table 2].

위 결과는 영상을 통해서도 확인할 수 있는데 기법에 따른 temporal bone DWI를 window width와 window level을 동일하게 하여 비교한 결과, b-value 0, b-value 800, ADC 영상 모두 SS-TSE 기법이 SS-EPI 기법에 비해 뒤틀림이 감소함을 육안으로도 확인할 수 있다[Fig. 2].

Table 1. Signal intensity of images according to technique

Category	n	SS-EPI	SS-TSE
b0	32	513.32±142.03	962.17±119.19
b800	32	98.94±14.66	144.58±11.84
ADC	32	1.70±0.38	2.42±0.18

Table 2. Pired t-test according to technique

Category	n	Mean Difference	t	Sig.
b-0	32	-448.86±142.00	-9.996	0.000
b-800	32	-45.64±10.67	-13.521	0.000
ADC	32	-0.72±0.40	-5.667	0.000

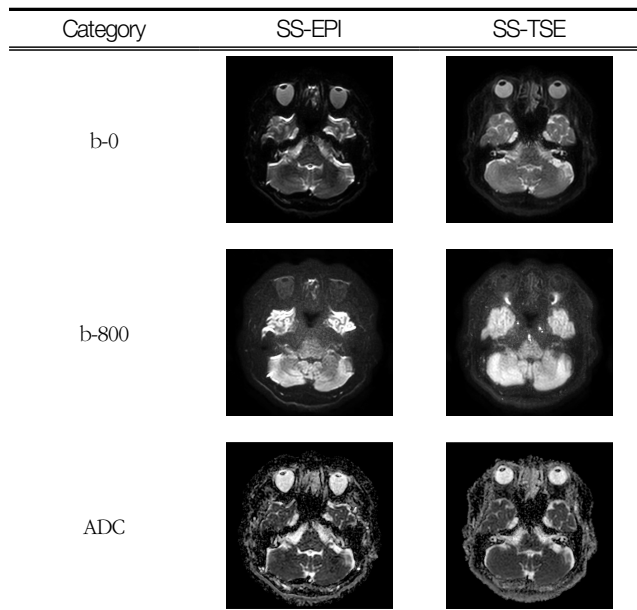


Fig. 2. b-value and ADC images according to technique

IV. 고 찰

자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI)을 이용한 temporal bone DWI는 전산화단층촬영(computed tomography) 검사로 감별하기 어려운 진주종과 염증성 육아종의 감별을 위해 시행된다. 그러나 DWI 검사 시 일반적으로 사용되는 SS-EPI 기법은 위상부호화 방향의 픽셀 당 대역폭을 작아[4, 5] 자화율 차이가 큰 공기나 뼈가 영상화하려는 부위에 인접해 있을 경우 자화율 차이가 극대화되어 조직 경계면에서 신호 감소와 기하학적 왜곡에 의한 영상의 뒤틀림이 많이 발생한다[8, 9].

영상에서 뒤틀림은 영상화하려는 구조물을 기하학적으로 왜곡하여 신호를 감소시키거나 증가시켜 병소를 불분명하거나 오인하게 만들어 영상의 진단적 가치를 저해시킨다[4]. 이러한 영상의 진단적 가치를 저해시키는 영상의 뒤틀림을 해결하기 위해 여러 연구들이 있었다. Ishihara 등[11]과 Zhang 등[12]은 K-공간을 여러 구획으로 나누어 획득하는 multi-shot echo planar imaging 기법(MS-EPI)을 사용하여 영상의 뒤틀림을 개선할 수 있다고 하였다. 그러나 MS-EPI 기법은 K-공간을 여러 구획으로 나누어 획득하기 때문에 영상획득 시간이 길고, 획득 중 움직임이 있을 경우에 위상변화가 발생하여 영상에 움직임 인공물이 나타난다는 문제점이 있다[13]. 이러한 MS-EPI 기법의 문제점을 개선하기 위해 Buonocore 등[14]과 Hennel[15]은 navigator echo를 이용한 새로운 알고리즘을 제안하였고 Yeom 등[5]과 Thian 등[3]은 K-공간을 주파수부호화방향에 따라 여러 구획으로 나눠 촬영하는 readout-segmentated EPI 기법을 제안하였다. 그러나 위 기법 모두 기본적으로 MS-EPI 기법을 기반으로 하기 때문에 영상획득 시간이 길어 움직임 인공물의 증가로 인해 적절한 대안이 될 수 없다. 이에 반해, Choi 등[16]은 조직과 공기가 맞닿은 부분에 조직밀도와 유사한 실리콘 패드를 이용하여 보상함으로써 영상의 뒤틀림을 감소시킬 수 있다고 하였다. 그러나 이는 인체 외에 적용이 가능한 방법일 뿐 temporal bone과 같이 인체 내 조직과 공기가 맞닿아 있을 경우에 적용이 불가능하다는 제한점이 있다. 따라서 위 연구들을 종합해 봤을 때 인체 내 조직과 공기가 맞닿아 있는 부위의 DWI 검사 시 SS-TSE 기법을 적용한 방법이 영상의 뒤틀림을 방지할 수 있는 최적의 대안인 것이다.

영상의 뒤틀림을 개선할 수 있는 방안으로 SS-TSE 기법의 유용성을 증명한 연구는 여러 연구들이 있었다. Lövsblad 등[17]은 연속적인 재자화 펄스를 사용하는 SS-TSE가 허혈성 뇌졸중 환자 검사 시 뒤틀림이 개선된 진단적 가치가 높은 영상을 제공한다고 하였고, De Foer 등[10]과 De Graaf

등[18]은 SS-TSE가 안구나 귓속 영상에서 뒤틀림을 개선하여 병소를 잘 관찰할 수 있다고 하였다. 또한, Verhappen 등[19]은 두경부 병소에 대하여 SS-TSE를 사용하는 것이 뒤틀림을 개선하여 림프절과 원발성 두경부암의 묘사에 우수하다고 하였다. 그러나, 위 연구들은 뒤틀림이 잘 발생하지 않은 부위를 영상화한 연구이거나 정성적인 평가를 시행한 연구로 아직까지 청신경과 안면신경이 지나가는 temporal bone을 대상으로 정량적으로 증명한 연구는 부족한 실정이다[20, 21]. 즉, SS-TSE가 자화율 감수성에 대한 뒤틀림 개선에 유용하여 temporal bone DWI 검사 시 SS-EPI를 대체할 수 있는 가능성에도 불구하고 아직까지 SS-EPI 기법에 비해 SS-TSE 기법의 유용성이 다른 부위의 DWI 연구에 비해 충분하지 못한 것이다.

이에 본 연구에서는 진주종과 염증성 육아종을 감별하기 위한 temporal bone의 DWI 검사 시 SS-EPI 기법과 달리 재위상 펄스를 사용하여 뒤틀림을 개선한 SS-TSE 기법을 적용하여 temporal bone에 발생하는 영상의 뒤틀림을 감소시키고자 하였다.

연구 결과, 뒤틀림을 비교 평가하기 위한 신호강도는 SS-TSE 기법이 SS-EPI 기법보다 b-value 0 영상은 87.44%(448,85), b-value 800 영상은 46.13%(45,64), ADC 영상은 42.35%(0.72) 유의하게 증가하였다. 이는 temporal bone의 DWI 검사 시 SS-TSE 기법이 SS-EPI 기법보다 뒤틀림을 개선함을 의미한다.

본 연구는 기법의 특성상 SS-TSE 기법과 SS-EPI 기법의 에코 시간을 동일하게 설정하지 못했다는 점과 검사 부위의 특성상 면적을 측정할 수 없어 뒤틀림 계산식을 이용하지 못했다는 제한점이 있다. 그러나 temporal bone DWI 검사에 SS-TSE 기법을 적용하여 기존에 정량적으로 증명하지 못했던 뒤틀림의 개선 정도와 유용성을 실제 수치를 통해 정량적으로 증명하였다는 점과 SS-EPI 기법 사용 시 발생하는 temporal bone 영상의 뒤틀림을 감소시켜 진단적으로 가치가 높은 영상을 획득할 수 있는 방안을 마련하였다는 데에 의의가 있다.

V. 결론

본 연구는 영상화하려는 청신경과 안면신경이 매우 가늘고 뼈와 공기를 포함한 두개저부와 인접해 있어 영상에서 뒤틀림이 매우 강하게 나타나는 관자뼈의 확산 강조영상검사 시 자화율 차이로 인해 발생하는 영상의 뒤틀림을 SS-TSE 기법을 적용하여 감소시키고자 하였다. 연구 결과,

SS-TSE 기법 적용 시 b-value 0 영상은 87.44%, b-value 800 영상은 46.13%, ADC 영상은 42.35% 신호강도가 유의하게 증가하여 뒤틀림이 감소한 것을 볼 수 있었다. 결론적으로, 관자뼈의 확산 강조영상검사 시 본 연구의 SS-TSE 기법을 이용하면 기존 기법의 사용 시 발생하는 영상의 뒤틀림을 감소시킬 수 있어 진단 가치가 높은 영상을 획득할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Burke JF, Kerber KA, Iwashyna TJ, Morgenstern LB. Wide variation and rising utilization of stroke magnetic resonance imaging: Data from 11 states. *Annals of Neurology*. 2012;71(2):179-85.
- [2] Simonsen CZ, Madsen MH, Schmitz ML, Mikkelsen IK, Fisher M, Andersen G. Sensitivity of diffusion- and perfusion-weighted imaging for diagnosing acute ischemic stroke is 97.5%. *Stroke*. 2015;46(1):98-101.
- [3] Thian YL, Xie W, Porter DA, Ang BW. Readout-segmented Echo-planar imaging for diffusion-weighted imaging in the pelvis at 3T-A feasibility study. *Academic Radiology*. 2014;21(4):531-7.
- [4] Choi KW, Lee HB, Na SR, Yoo BG, Son SY. The Study on Reduction of Image Distortion by using Single-Shot Turbo Spin Echo in Brain Stem Diffusion MRI. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2016;10(4):279-84.
- [5] Yeom KW, Holdsworth SJ, Van AT, Iv M, Skare S, Lober RM, et al. Comparison of readout-segmented echo-planar imaging (EPI) and single-shot EPI in clinical application of diffusion-weighted imaging of the pediatric brain. *American Journal of Roentgenology*. 2013;200(5):437-43.
- [6] Holdsworth SJ, Yeom KW, Antonucci MU, Andre JB, Rosenberg J, Aksoy M, et al. Diffusion-weighted imaging with dual-echo echo-planar imaging for better sensitivity to acute stroke. *American Journal of Neuroradiology*. 2014;35(7):1293-302.
- [7] Koo NH, Lee HB, Choi KW, Son SY, Yoo BK. The Study on Signal to Noise Ratio of Single-Shot Turbo Spin Echo to Reduce Image Distortion in Brain Stem Diffusion MRI. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2016;10(4):241-6.
- [8] Porter DA, Heidemann RM. High resolution diffusion-weighted imaging using readout segmented echo-planar imaging, parallel imaging and a two-dimensional navigator-based reacquisition. *Magnetic Resonance in Medicine*. 2009;62(2):468-75.
- [9] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging. *European Journal of Radiology*. 2003;45(3):169-84.
- [10] De Foer B, Vercruyssen JP, Pilet B, Michiels J, Vertriest R, Pouillon M, et al. Single-shot, turbo spin-echo, diffusion-weighted imaging versus spin-echo-planar, diffusion-weighted imaging in the detection of acquired middle ear cholesteatoma. *American Journal of Neuroradiology*. 2006;27(7):1480-2.
- [11] Ishihara T, Hirata K, Kubo J, Yamazaki K, Sato T. Clinical application of multi-shot diffusion EPI in neurological disease. *Rinsho Shinkeigaku Clinical Neurology*. 1998;38(5):453-6.
- [12] Zhang JS, Huan Y. Multishot diffusion-weighted MR imaging features in acute trauma of spinal cord. *European Radiology*. 2014;24(3):685-92.
- [13] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging. *European Journal of Radiology*. 2003;45(3):169-184.
- [14] Buonocore MH, Gao L. Ghost artifact reduction for echo planar imaging using image phase correction. *Magnetic Resonance in Medicine*. 1997;38(1):89-100.
- [15] Hennel F. Image-based reduction of artifacts in multishot echo-planar imaging. *Journal of Magnetic Resonance*. 1998;134(2):206-13.
- [16] Choi KW, Seo DK, Lee HB, Goh HJ, Na SR, Han DK. A study on image distortion improvement using silicon device in thyroid diffusion MRI images. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2014;15(7):4380-6.
- [17] Lövlblad KO, Jakob PM, Chen Q, Baird AE, Schlaug G, Warach S, et al. Turbo spin-echo diffusion-weighted MR of ischemic stroke. *American Journal of Neuroradiology*. 1998;19(2):201-8.
- [18] De Graaf P, Pouwels PJ, Rodjan F, Moll AC, Imhof

- SM, Knol DL, et al. Single-shot turbo spin-echo diffusion-weighted imaging for retinoblastoma: Initial experience. *American Journal of Neuroradiology*. 2012;33(1):110-8.
- [19] Verhappen MH, Pouwels PJW, Ljumanovic R, Van der Putten L, Knol DL, De Bree R, et al. Diffusion-weighted MR imaging in head and neck cancer: Comparison between half-fourier acquired single-shot turbo spin-echo and EPI techniques. *American Journal of Neuroradiology*. 2012;33(7):1239-46.
- [20] Son SY, Choi KW, Park KJ, Lee JS, Yoo BG. A Effectiveness of Multi-Transmit Parallel Technique on Magnetic Resonance Imaging of FOV Less Than 26cm. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):429-35.
- [21] Choi KW, Son SY, Min JW, Kwon KT, Yoo BG, Lee JS. A study on Evaluating Validity of SNR calculation using a Conventional two region method in MR images applied a multichannel coil and parallel imaging technique. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):403-10.

구분	성명	소속	직위
단독	최관우	원광보건대학교 방사선과	조교수