

The Evaluation of Imaging Quality Depending the Shift of the Central Axis in FOCUS DWI Investigation

Younghwa Kim, Moontaeg Jeong, Namgil Choi*

Department of Radiological Science, Dongshin University

Received: September 20, 2018. Revised: October 25, 2018. Accepted: October 31, 2018

ABSTRACT

The problem that the existing the magnetic resonance image (MRI) was prone to have not only long readout duration and low bandwidth in the phase-encode direction, but also geometric distortion was pointed out. The purpose of this study is to identify the usefulness of FOCUS-DWI through comparing FOCUS-DWI with the Conventional-DWI on a degree of uniformity and artifacts caused by the distance change in the central axis within the magnetic field. In terms of artifacts, there happened irregular striped artifacts in the Conventional-DWI technique, which in particular, more often arose in the central axis. Also, the overlap of imaging drastically increased. By contrast, there were no irregular striped artifacts in the FOCUS-DWI technique. In conclusion, it was found that the FOCUS-DWI technique was superior to the Conventional-DWI technique in terms of artifacts, the overlap of imaging, and a degree of uniformity. In addition, there was no difference of the change in distance from the central axis between the FOCUS-DWI technique and the Conventional-DWI technique. Thus, it is considered the FOCUS-DWI technique having less imaging distortion and high image quality will be highly clinically used.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, Artifact, Uniformity

I. INTRODUCTION

자기공명영상검사(MRI: Magnetic Resonance Imaging)는 다양한 조영효과를 갖는 단순강조영상법 뿐만 아니라, 초고속 영상법, 자기공명분광법, 자기공명혈관조영술, 뇌기능영상법, 확산영상법, 관류영상법 등이 개발되어 사용되고 있으며, 실제 임상현장에서 질병의 진단에 많은 도움이 되고 있다.^[1] 그 중 확산강조 영상(DWI: Diffusion Weighted Imaging)은 중추신경계 혹은 뇌졸중과 각종 뇌 백질 질환, 정신분열증, 인지장애 등에서도 활발히 사용되고 있다. Conventional-DWI는 척추 주변 자기장의 불 균질 물질, 척추의 작은 단면, 호흡, 뇌척수액으로 인해 척추주변에 증가된 움직임 등을 수행하는데 사용되었으며,^[2] 척추 주변의 자기장 이질

성으로 인해 소외관련 아티팩트를 초래하고 판독 지속시간을 제한하는 어려움과 낮은 대역폭 등으로 기하학적 왜곡의 경향이 있어 이를 평행영상을 포함하여 조직을 다루기 위해 개발되었다.^[3-5] 하지만 이와 같은 영상왜곡 개발 및 발전에도 불구하고 여전히 영상왜곡은 존재하며, 이러한 영상왜곡을 감소하기 위한 여러 방법 중 Field-of-view(FOV) Optimized and Constrained Undistorted Single shot(FOCUS)-DWI가 있다.^[6] FOCUS-DWI 기법은 2차원 공간적 선택 평면 이미지 고주파 여기(excitation)펄스를 사용하고 위상부호화 방향에서 영상범위(FOV)를 줄이는 180° 재조정 RF펄스를 사용한 새로운 펄스 시퀀스이며, 영상의 왜곡을 줄이고 성인의 척추, 유방, 전립선에 대한 진단을 더 정확히 할 수 있게 한다. 또한 3.0T MR 시스템에서

* Corresponding Author: Namgil Choi

E-mail: sjn119@daum.net

Tel: +82-61-330-3576

전립선에 대한 고해상도 확산 강조 이미지들을 얻을 수 있는 검사기법이며, Single-shot echo-planar imaging(SS-EPI) DWI보다 덜 변형되고 보다 나은 품질의 이미지를 나타내고, 영상의 앞뒤 길이에서 상당한 축소를 가능케 하여 왜곡을 많이 감소시키며 급성경색, 탈수, 감염, 종양, 그리고 경막 내·외의 퇴적에 대한 평가에 가장 도움이 된다고 밝혀진바,^[7] 기존의 Conventional-DWI와 새로운 영상기법인 FOCUS-DWI의 비교분석을 통해 영상왜곡의 정도를 확인하여 임상에서의 활용에 도움을 주고자 하였다.

따라서 본 논문은 선택적인 위상방향 및 슬라이스를 이용하는 FOCUS- DWI가 자기장 내 중심축에서 X축 위치 변화에 따른 인공물 발생정도, 균일도를 기존의 Conventional-DWI에 비교·평가하고자 하는데 목적이 있다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 장비

연구에 사용된 실험 장비는 Fig. 1과 같이 3.0 Tesla Discovery 750(GE, Milwaukee, Wisconsin, USA)(a)를 이용하였고, 영상의 수집을 위한 코일은 Fig. 2와 같이 16 channel knee coil(a)를 사용하여 자기장 내에서 X축 위치에 따른 영상왜곡과 신호강도를 측정하였으며, 영상획득을 위한 피사체는 Knee array phantom(b)를 사용하여 신호를 수집하였다.



Fig. 1. GE Discovery 750 3.0T MRI system.



(a) 16 Channel knee coil



(b) Knee array phantom

Fig. 2. Coils and phantoms for the collection of image acquisition.

2. 연구 과정

2.1 매개변수

영상획득을 위한 Pulse sequence는 FOCUS-DWI와 Conventional-DWI 검사기법을 사용하여 거리의 변화에 따라서 각각 16개의 Slice를 검사하였다. 사용한 매개변수는 TR:4500 ms, TE:55 ms, Matrix는 128×128, b-factor 800 s/mm², FOV는 240×120 mm, NEX는 6, slice thickness는 5 mm, Gap는 0 mm로 검사하였다.

2.2 연구방법

중심축을 기준으로 거리의 변화에 따른 영상의 균일도를 확인하고자 중심축은 0 mm, 30 mm, 60 mm, 90 mm로 나누어 신호 강도를 측정하여 인공물, 영상의 검침 정도, 균일도를 비교·분석하였다.

2.3 분석방법

정성적 분석방법으로는 육안으로 줄무늬 모양의 인공물 발생빈도를 확인하였고, 추가적으로 영상의 겹침 정도를 파악하였다. 획득한 영상에서 각 영역별로 가운데를 R1으로 설정하고 시계방향으로 R2에서 R5까지 신호강도를 측정하였고, ROI 측정방법은 Fig. 3과 같다. 정량적인 분석방법으로는 균일도를 비교·분석하였다. 균일도를 확인하기 위한 방법으로는 영상에서 5개 영역의 신호 강도를 각각 측정하여 오차범위가 적은 결과 값으로 나타날 경우에 균일도가 우수하다고 할 수 있으며, 신호강도 변화에 따른 분석을 위한 정량적 방법은 Advantage Workstation(Ver. 4.4 Revision GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, USA)을 이용하였다.

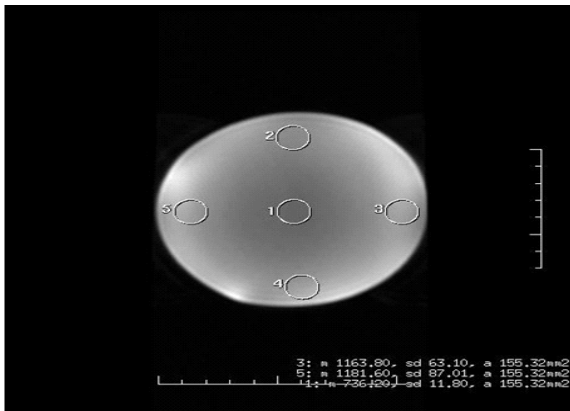


Fig. 3. Region of signal intensity.

III. RESULT

1. 인공물 발생에 대한 화질의 비교분석

화질을 비교분석하기 위해 먼저 육안으로 인공물 발생 정도를 파악하여 줄무늬 모양 인공물을 확인하였고, 추가적으로 영상의 겹침 정도를 파악한 결과 Fig. 4와 같다. Conventional-DWI 기법은 불규칙적인 줄무늬 인공물이 발생하였는데, 중심축에서 인공물의 발생이 심하게 나타났고 영상의 겹침 정도가 급격하게 증가하였다. 하지만 FOCUS-DWI 기법은 줄무늬 모양의 인공물 발생이 나타나지 않았고, 영상의 겹침 정도도 적었기 때문에 Conventional-DWI 기법보다 인공물 발생에서는 우수한 영상기법이라고 볼 수 있었다.

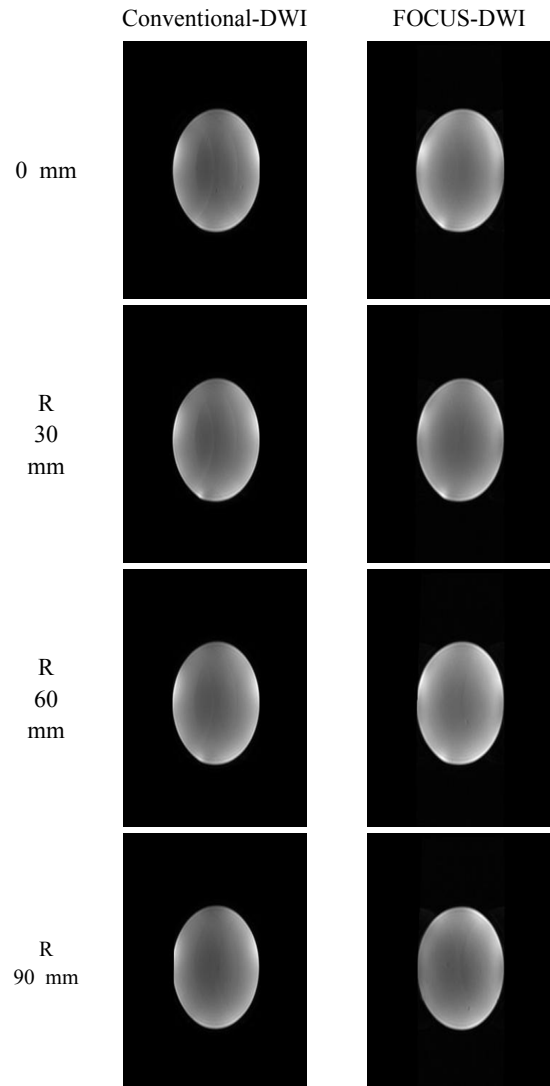


Fig. 4. Comparative analysis of image quality for artifact generation.

2. 영역별 신호측정에 대한 균일도 결과 값

화질을 비교·분석하기 위한 두 번째 방법으로 영역별로 신호를 측정하여 균일도를 확인하였다. 각 영역별로 가운데를 R1으로 설정하고 시계방향으로 R2에서 R5까지 신호강도를 측정하여 평균값을 얻었으며 그 결과 값은 Table 1과 같이 나타났다. 영역별 신호 강도 변화를 비교한 결과, B-factor 800을 기준으로 중심축 0 mm에서 FOCUS-DWI: 1069.88 ± 211.72 , Conventional-DWI: 1326.99 ± 311.66 이고, 30 mm에서 FOCUS-DWI: 1057.03 ± 197.93 이고 Conventional-DWI: 1374.95 ± 337.66 이고, 60 mm에서

FOCUS-DWI: 1043.83±202.98이고 Conventional-DWI: 1370.99±360.77이고, 90 mm에서 FOCUS-DWI: 938.63±198.39이고 Conventional-DWI: 1182.38±291.33 이었고, 영역별 신호측정에 대한 균일도 결과는 중심축에서 거리의 변화에 관계없이 FOCUS-DWI가 훨씬 우수한 기법이라고 할 수 있다.

Table 1. Signal measurements of Focus-DWI and Conventional-DWI.

	FOCUS-DWI	Conventional-DWI
	b-800(s/mm ²)	b-800(s/mm ²)
0 mm	1069.88±211.72	1326.99±311.66
R 30 mm	1057.03±197.93	1374.95±337.66
R 60 mm	1043.83±202.98	1370.99±360.77
R 90 mm	938.63±198.39	1182.38±291.33

각 영역별 가운데 영역인 R1부터 시계방향으로 R2에서 R5까지 신호강도를 측정하여 신호강도를 측정하여 평균값을 얻은 결과는 Table 2~5와 같다.

Table 2. Signal measurements of Focus-DWI and Conventional-DWI at 0 mm.

0 mm	FOCUS-DWI	Conventional-DWI
	b-800(s/mm ²)	b-800(s/mm ²)
R1	736.32±11.90	894.06±23.91
R2	995.83±30.98	1108.06±22.53
R3	1170.75±63.25	1653.61±152.82
R4	1171.61±74.97	1423.66±111.28
R5	1274.94±75.65	1555.57±150.70
Total	1069.88±211.72	1326.99±311.66

Table 3. Signal measurements of Focus-DWI and Conventional-DWI at 30 mm.

30 mm	FOCUS-DWI	Conventional-DWI
	b-800(s/mm ²)	b-800(s/mm ²)
R1	739.84±14.54	916.02±25.73
R2	1003.29±23.09	1159.36±42.12
R3	1225.69±56.24	1776.37±175.03
R4	1111.71±70.72	1495.17±120.33
R5	1204.62±82.74	1527.86±160.56
Total	1057.03±197.93	1374.95±337.66

Table 4. Signal measurements of Focus-DWI and Conventional-DWI at 60 mm.

60 mm	FOCUS-DWI	Conventional-DWI
	b-800(s/mm ²)	b-800(s/mm ²)
R1	716.71±17.93	897.73±30.66
R2	987.11±21.09	1119.29±28.22
R3	1232.14±62.40	1776.27±173.85
R4	1141.57±85.26	1436.13±109.05
R5	1141.62±67.90	1625.56±180.18
Total	1043.83±202.98	1370.99±360.77

Table 5. Signal measurements of Focus-DWI and Conventional-DWI at 90 mm.

90 mm	FOCUS-DWI	Conventional-DWI
	b-800(s/mm ²)	b-800(s/mm ²)
R1	645.81±21.07	776.91±39.64
R2	987.21±34.92	1067.35±40.67
R3	1129.50±52.47	1556.36±141.20
R4	1090.79±90.30	1330.67±116.66
R5	839.88±38.24	1180.64±107.23
Total	938.63±198.39	1182.38±291.33

IV. DISCUSSION

Conventional-DWI는 척추 주변 자기장의 불 균질 물질, 척추의 작은 단면, 호흡, 뇌척수액으로 인해 척추주변에 증가된 움직임 등을 수행하는데 사용 되었으며, 척추 주변의 자기장 이질성으로 인해 소 외관련 아티팩트를 초래하고 판독 지속시간을 제한하는 어려움과 낮은 대역폭 다음으로 기하학적 왜곡의 경향이 있어 이를 평행영상을 포함하여 조직을 다루기 위해 개발되었다.^[3-5] 본 연구에서는 FOCUS-DWI와 Conventional-DWI의 인공물 발생정도, 균일도, 확산정도에 따른 차이를 비교하였으며, 연구 결과 FOCUS-DWI 기법이 우수한 결과를 보였다. DWI를 포함한 EPI에서 FOV는 주파수 펄스는 스캐닝 절편의 물 신호를 자극하고 지방 신호는 억

제한으로써 화학적 변위인공물이 제거되고 이러한 제거는 작은 병변을 탐지하는 데 도움이 된다.^[8] 또 다른 선행연구에서는 rFOV-DWI를 척추와 척수 병변 연구에 적용시켰으며, rFOV-DWI가 공간해상도와 높은 SNR을 가지고 변형이 덜 된다는 것을 발견했다. 이러한 연구결과는 척추와 척수 병변 진단에 도움을 줄 수 있다.^[9] 또 다른 선행연구에서는 자궁 내막 암의 수술 전 이미징에서 유용화 될 수 있으며, 임상외가 종양의 크기와 종양 전파를 더 시각화할 수 있음으로 자궁경부암을 정확하게 알아내는 것을 돕는다고 밝혔다. FOCUS-DWI는 임상외에게 종양 내 구조와 덩어리 내의 고 신호 슬리드 악성 성분과 같은 보다 구체적인 정보를 제공한다고 결론을 내렸다.^[10]

V. CONCLUSION

선택적인 위상 방향 및 슬라이스를 이용하는 FOCUS-DWI가 자기장 내에 중심축에서 X축 거리 변화에 따른 인공물 발생정도, 균일도, 확산정도에 따른 차이를 기존의 Conventional-DWI에 비교·분석하는데 목적을 두었으며, 연구 결론은 다음과 같다. 인공물 발생과 영상의 겹침 정도에서 FOCUS-DWI 기법이 Conventional-DWI 기법보다 우수한 것으로 확인되었으며, 화질을 비교 분석하기 위한 영역별 신호측정에 대한 균일도에서도 마찬가지로 FOCUS-DWI가 우수한 것으로 나타났다. 그러므로 영상의 왜곡 판단이 적어 검사의 정확도가 우수한 FOCUS-DWI 기법을 사용하는 것이 진단에 더 유용할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] H. J. YOO, Y. B. Cho, H. I. Kwon, "A Study to evaluate image distortion by position of X-axis in diffusion-weighted MRI(DWI)," *Journal of the Korean Society of MR Technology*, Vol. 25, No. 1, pp. 97-108, 2015.
- [2] Roland Bammer, Franz Fazekas, "Diffusion Imaging of the Human Spinal Cord and Vertebral Column," *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 14, No. 6, pp. 461-476, 2003.
- [3] J. B. Andre, G. Zaharchuk, E. Saritas, S. Komakula, A. Shankaranarayan, S. Banerjee, J. Rosenberg, D. G. Nishimura, N. J. Fischbein, "Clinical Evaluation of Reduced Field-of-View Diffusion-Weighted Imaging of the Cervical and Thoracic Spine and Spinal Cord," *Am J Neuroradiol*, Vol. 33, No. 10, pp. 1860-1866, 2012.
- [4] S. da Pozzo, R. Manara, S. Tonello, C. Carollo, "Conventional and diffusion-weighted MRI in progressive multifocal leukoencephalopathy: new elements for identification and follow-up," *Radial med*. Vol. 111, No. 7, pp. 971-977, 2006.
- [5] Emine Ulke Saritas, Charles H. Cunningham, Jin Hyeong Lee, Eric T. Han, Dwight G. Nishimura, "DWI of the Spinal Cord with Reduced FOV Single-Shot EPI," *Magnetic Resonance in Medicine*, Vol. 60, pp. 468-473, 2008.
- [6] Warndahl BA, Borisch EA, Kawaschima A, Reiderer SJ, Froemming AT, "Conventional vs. reduced field of view diffusion weighted imaging of the prostate: Comparison of image quality, correlation with histology, and inter-reader agreement," *Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 47, pp. 67-76, 2018.
- [7] Zhaoyan Feng, Xiangde Min, Vivek Kumar Sah, Liang Li, Jie Cai, Ming Deng, Liang Wang, "Comparison of field-of-view (FOV) Optimized and Constrained undistorted single shot (FOCUS) with Conventional DWI for the evaluation of prostate cancer," *Clinical Imaging*, Vol. 39, No. 5, pp. 851-855, 2015.
- [8] M. Wang, H. Liu, X. Wei, C. Liu, T. Liang, X. Zhang, C. Jin, X. Li, Q. Sun, H. Jiang, J. Yang, "Application of Reduced-FOV Diffusion-Weighted Imaging in Evaluation of Normal Pituitary Glands and Pituitary Macroadenomas," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 39, No. 8, pp. 1499-1504, 2018.
- [9] G. Zaharchuk, E.U. Saritas, J.B. Andre, C.T. Chin, J. Rosenberg, T.J. Brosnan, A. Shankaranarayan, D.G. Nishimura, N.J. Fischbe, "Reduced Field-of-View Diffusion Imaging of the Human Spinal Cord: Comparison with Conventional Single-Shot Echo-Planar Imaging," *Am J Neuroradiol*, Vol. 32, No. 5, pp. 813-820, 2011.
- [10] Mayumi Takeuchi, "Imaging the Female Pelvis with FOCUS DWI and MR Spectroscopy," GEHEALTHCARE.COM/MR, pp. 56-59, 2015.

Focus DWI 검사에서 중심축 이동에 따른 화질 평가

김용화, 정문택, 최남길*

동신대학교 방사선학과

요 약

기존의 자기공명영상검사에서 문제점으로 지적되어 왔던 위상부호화 방향에서의 긴 관독시간과 낮은 대역폭과 함께 기하학적 왜곡의 경향이 있어 이러한 영상왜곡을 감소하기 위한 여러 방법 중 FOCUS-DWI가 있다. 본 논문은 선택적인 위상 방향 및 슬라이스를 이용하는 FOCUS-DWI가 자기장 내 중심축에서 거리 변화에 따른 인공물, 균일도를 기존의 Conventional-DWI와 비교하여 그에 대한 유용성을 확인하고자 하였다. 인공물 발생에 대한 결과는 Conventional-DWI 기법에서 불규칙적인 줄무늬 인공물이 발생하였는데 중심축에서 인공물의 발생이 심하게 나타났고, 영상의 겹침 정도가 급격하게 증가하였다. 하지만 FOCUS-DWI 기법은 줄무늬 모양의 인공물 발생이 나타나지 않았고 영상의 겹침 정도도 적게 나타났으며, 영역별 신호 측정에 대한 균일도 결과는 중심축에서 거리의 변화에 관계없이 FOCUS-DWI가 훨씬 우수한 기법으로 나타났다.

결론적으로 FOCUS-DWI 기법은 인공물, 영상의 겹침 정도, 균일도 측정에서 Conventional-DWI 기법보다 우수한 결과를 보였고, 거리의 변화에 따른 두 기법에서는 차이가 없게 나타났다. 따라서 FOCUS-DWI 기법은 영상의 왜곡 정도가 적고 화질이 우수하여 임상에서 활용도가 높을 것이라 사료된다.

중심단어: 자기공명영상검사, 인공물, 균일도

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김용화	동신대학교 방사선학과	대학원생
(공동)	정문택	동신대학교 방사선학과	교수
(교신)	최남길	동신대학교 방사선학과	교수