JOURNAL OF RADIATION INDUSTRY

Original article

17(4) : 397-403 (2023)
https://doi.org/10.23042/radin.2023.17.4.397

뇌 자기공명영상에서 Heavily T_2 FLAIR와 DWI 기법의 영상비교

구은회[1,*]

[1]청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과

Image Comparison of Heavily T_2 FLAIR and DWI Method in Brain Magnetic Resonance Image

EunHoe Goo[1,*]

[1]Department of Radiological Science, Cheongju University, 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do 28503, Republic of Korea

Abstract The purpose of this study is to obtain brain MRI images through Heavenly T_2 FLAIR and DWI techniques to find out strengths and weaknesses of each image. Data were analyzed on 13 normal people and 17 brain tumor patients. Philips Ingenia 3.0TCX was used as the equipment used for the inspection, and 32 Channel Head Coil was used to acquire data. Using Image J and Infinity PACS Data, 3 mm^2 of gray matter, white matter, cerebellum, basal ganglia, and tumor areas were set and measured. Quantitative analysis measured SNR and CNR as an analysis method, and qualitative analysis evaluated overall image quality, lesion conspicuity, image distortion, susceptibility artifact and ghost artifact on a 5-point scale. The statistical significance of data analysis was that Wilcox-on Signed Rank Test and Paired t-test were executed, and the statistical program used was SPSS ver.22.0 and the p value was less than 0.05. In quantitative analysis, the SNR of gray matter, white matter, cerebellum, basal ganglia, and tumor of Heavily T_2 FLAIR is 41.45±0.13, 40.52±0.45, 41.44±0.51, 40.96±0.09, 35.28±0.46 and the CNR is 15.24±0.13, 16.75±0.23, 16.28±0.41, 15.83±0.17, 16.63±0.51. In DWI, SNR is 32.58±0.22, 36.75±0.17, 30.21±0.19, 35.83±0.11, 43.29±0.08, and CNR is 13.14±0.63, 14.21±0.31, 12.95±0.32, 11.73±0.09, 17.56±0.52. In normal tissues, Heavenly T_2 FLAIR obtained high results, but in disease evaluation, high results were obtained at DWI, b=1000 ($p<0.05$). In addition, in the qualitative analysis, overall image quality, lesion conspicuity, image distortion, susceptibility artifact and ghost artifact aspects of the Heavily T_2 FLAIR were evaluated, and 3.75±0.28, 2.29±0.24, 3.86±0.23, 4.08±0.21, 3.79±0.22 values were found, respectively, and 2.53±0.39, 4.13±0.29, 1.90±0.20, 1.81±0.21, 1.52±0.45 in DWI. As a result of qualitative analysis, overall image quality, image distortion, susceptibility artifact and ghost artifact were rated higher than DWI. However, DWI was evaluated higher in lesion conspicuity ($p<0.05$). In normal tissues, the level of Heavenly T_2 FLAIR was higher, but the DWI technique was higher in the evaluation of the disease (tumor). The two results were necessary techniques depending on the normal site and the location of the disease. In conclusion, statistically significant results were obtained from the two techniques. In quantitative and qualitative analysis, the two techniques had advantages and disadvantages, and in normal and disease evaluation, the two techniques produced useful results. These results are believed to be educational data for clinical basic evaluation and MRI in the future.

Key words: Fluid attenuated inversion recovery, Diffusion weighted image, Magnetic resonance imaging

http://www.ksri.kr/

Copyright © 2023 by
Korean Society of Radiation Industry

***Corresponding author.** EunHoe Goo
Tel. +82-43-229-7994 Fax. +82-43-229-7947 E-mail. gooeh@cju.ac.kr
Received 1 November 2023 **Revised** 28 November 2023 **Accepted** 6 December 2023

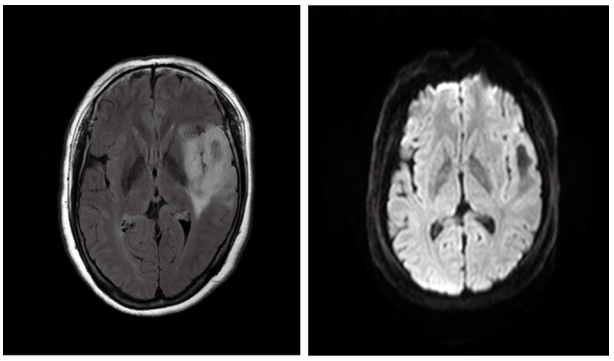
1. 서 론

자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging)은 살아 있는 상태에서, 비파괴적으로, 생체 내부의 영상을 조영제 사용 없이 고해상도로 얻을 수 있다는 장점이 있다. 다양한 연부조직(Soft Tissue)에서 전산화 단층촬영(Computed Tomography)이나 초음파에 의한 영상보다 고해상도 영상을 얻을 수 있고, 생체에 비침습적인 방법을 통해 인체에 무해하다는 것 또한 장점이다[1].

FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery)는 반전 회복(Inversion Recovery) 기법으로서 90° Pulse 앞에 180° 반전 Pulse를 가하는 것으로 뇌척수액의 신호를 억제시킨다. 물 성분이 XY 평면에 도달한 시점을 TI (Time to Inversion)로 정해서 90°와 180° RF Pulse를 인가하면 물 성분의 신호는 억제되고 지방조직의 신호만 영상에 나타난다. 실제 인체에서는 다양한 TI Relaxation Time을 갖는 조직들과 병변들이 있어서 물 성분의 신호가 억제된 대조도 영상이 획득된다. FLAIR 영상은 보통 2,000~3,000 ms의 긴 TI time과 10,000 ms 정도의 TR (Repetition Time)을 요구하기 때문에 뇌(Brain) 검사에 사용되고 있다[2].

확산강조영상(Diffusion Weighted Image)은 경사자장 내에서 조직 내의 물 분자 확산에 의해 감소한 신호를 비침습적인 방법으로 영상화하는 기법이다. 또한 일반적으로 사용되는 경사자장 외에 추가로 강한 한 쌍의 확산강조 경사자장을 사용한다. 확산 운동을 통해 이동된 양자들은 이 과정에서 발생한 위상차만큼 신호가 감쇄되는 것이며, 확산을 통한 비결집 위상변이로 생긴 신호 감소를 극대화하여 영상화할 수 있다[3,4].

확산강조영상은 급성 뇌경색(Cerebral Infarction) 진단을 획기적으로 향상하게 시켰고, 뇌농양(Brain Abscess)과 중심부 낭성 변이를 동반한 뇌종양(Brain Tumor) 감별에 도움을 주는 영상진단으로 이용된다[5]. 확산강조영상의 장점은 한 번의 Pulse로 빠르게 자료를 수집하고, 좋은 영상을 만들 수 있다는 것이다[6]. 확산강조영상에서 사용하는 경사자장의 세기 정도인 b-value는 확산강조영상을 생성하는 데 사용되는 경사자계의 시간과 강도를 말하며, 경사자장의 진폭과 지속 시간을 증가시키고 경사와 펄스 간의 거리를 넓히면 높은 b 값(High b-value)을 통한 검사가 가능해진다[7]. b-value 값이 커질수록 확산에 대한 차이가 강조된 영상을 획득할 수 있다. b-value는 현재까지 1,000 s mm^{-2}가 일반적으로 사용되고 있다[8].



(a) Heavily T_2 FLAIR (b) DWI (b = 0)

Fig. 1. Patient tumors in Heavily T_2 FLAIR and DWI.

방사선 영상진단 영역이 발전함에 따라 잡음(Noise)에 대한 관심도가 높아졌으며, 질 높은 영상과 정확한 진단을 위해 필수적인 요소가 되었다. 영상의 잡음은 영상신호에서의 영상정보를 구성하는 광자수를 기반으로 한 잡음과 영상신호 처리 회로에 의한 잡음으로 구분된다. 그러므로 영상정보를 구성하고 있는 광자수가 적으면 불확정성의 정도가 증가하지만 광자수가 증가하게 되면 영상신호로서 검출될 확률이 높아져 영상신호에 대한 잡음이 감소한다[9]. 따라서 영상진단 분야에 있어서 화질 평가는 중요한 지표이며, 이에 따라 Noise에 대한 중요성이 강조되고 있다. Noise의 정량적인 평가 방법에는 잡음특성(Noise Power Spectrum)과 대조도 잡음비(Contrast to Noise Ratio), 신호대 잡음비(Signal Noise Ratio) 등이 있다[10].

본 연구의 목적은 Heavily T_2 FLAIR와 DWI 기법을 통해 뇌 MRI 영상을 얻어 각각의 영상을 정량적 분석과 정성적 분석을 함께 시행하였다. 그리고 종합적인 영상의 질을 비교하는 과정을 거쳐, 두 기법이 뇌 MRI 영상에서 어느 정도의 사용성을 가지며, 어떤 장단점을 가졌는지 알아보고자 한다. 또한 향후 임상적 기초평가 및 MRI의 교육 자료가 될 그것으로 생각한다.

2. 대상 및 방법

2.1. 실험 대상

2023년 2월부터 2023년 4월까지 충북 지역에 있는 모 의료 기관에서 정상인 13명과 뇌종양 환자 17명을 대상으

Table 1. Scanning parameters for pulse sequences

Parameters	Pulse sequences	
	Heavily T_2 FLAIR	DWI
TR[1] (ms)	11000	3000
TE[2] (ms)	120	44
Slice thickness (mm)	3	3
TI (ms)	22000	–
b-values (mm^2 s^{-1})	–	0, 1000
Matrix	256×256	256×256
NEX[3]	2	2
FOV (mm)	240×240	240×240

TR[1]: Repetition time, TE[2]: Echo time
NEX[3]: Number of exciting

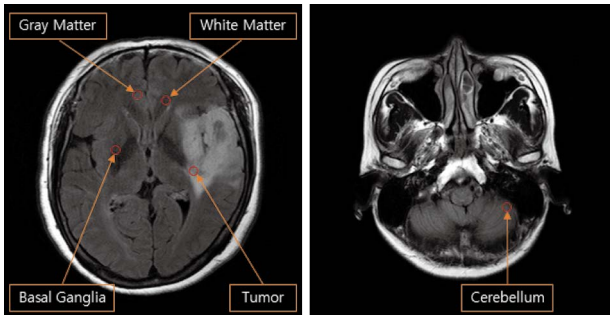


Fig. 2. Heavily T_2 FLAIR images of set ROI.

로 데이터를 분석하였고, 구성원은 남성 15명, 여성 15명이다. 검사에 참여한 남성, 여성 총 30명의 평균 나이는 52±2.83세였다.

2.2. 자료 수집

검사에 이용된 장비는 Philips Ingenia 3.0T CX (Philips Medical System, Netherlands)를 이용하였고, Data 획득에는 32 Channel Head Coil을 이용하였다.

2.3. 실험 방법

본 연구에서 MRI 영상을 얻기 위해 선택한 Pulse Sequence 기법은 Heavily T_2 FLAIR와 DWI이다. Image J와 Infinity PACS Data (Picture Achieving Communication System)를 사용하여 뇌종양 주변을 이루고 있는 회백질과 백질, 소뇌, 기저핵, 종양 부분의 3 mm^2의 관심 질환 영역 (Region Of Interest)을 설정하여 측정하였다.

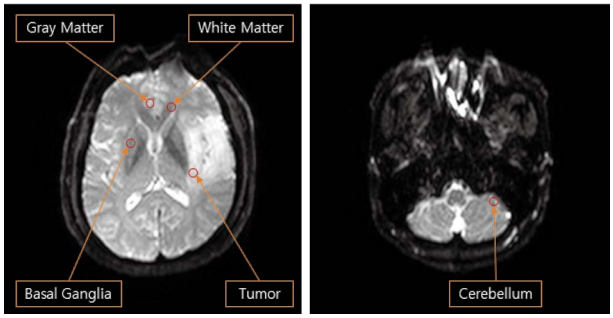


Fig. 3. DWI (b=0) images of set ROI.

2.4. 분석 방법

2.4.1. 정량적 분석(SNR, CNR)

SNR과 CNR의 적용 대상은 뇌종양이 발견된 영상에서 종양 주변의 회백질과 백질, 소뇌, 기저핵, 종양을 대상으로 측정하였다.

신호 대 잡음비 (Signal to Noise Ratio) 및 대조도 잡음비 (Contrast to Noise Ratio) 계산에 필요한 데이터를 얻기 위하여 Image J (National Institutes of Health, Laboratory for Optical and Computational Instrumentation. State of Maryland in U.S.A) 프로그램을 사용하였다.

배경 잡음은 주변 관심영역 4곳을 측정하여 표준편차의 평균을 구하였다. SNR은 회백질과 백질, 소뇌, 기저핵, 종양 각각의 ROI 데이터를 산출한 후 아래 Eq. (1)을 이용하여 측정하였다. CNR은 회백질과 백질, 소뇌, 기저핵, 종양 각각의 ROI 데이터와 인접 부위 신호강도를 산출한 후 아래 Eq. (2)를 이용하여 측정하였다.

$$SNR = \frac{Signal_{tissue}}{\sigma_{backgroundnoise}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{Signal_{regions} - Signal_{adjacttissues}}{\sigma_{backgroundnoise}} \quad (2)$$

2.4.2. 정성적 분석

정성적 평가는 5점 척도로 영상의 Quality를 평가하였다. Heavily T_2 FLAIR 기법과 DWI 기법으로 얻은 영상들을 각각 독립적으로 국제 MRI 전문방사선사 1명과 학생 4명이 1에서 5단계로 점수를 측정, 평가를 시행하였다. 평가의 단계는 영상의 전체적 질 (Overall Image Quality), 병변의 명확도 (Lesion Conspicuity), 영상의 왜곡도 (Image Distortion), 자화율 (Susceptibility Artifact), 환영 인공음영

Table 2. Mean of SNR and CNR at Heavily T_2 FLAIR and DWI

	Heavily T_2 FLAIR		DWI		p-value[1]
	SNR	CNR	SNR	CNR	
White matter	41.45±0.13	15.24±0.12	32.58±0.22	13.14±0.63	0.003
Gray matter	40.52±0.45	16.75±0.23	36.75±0.17	14.21±0.31	0.001
Cerebellum	41.44±0.51	16.28±0.41	30.21±0.19	12.95±0.32	0.001
Basal ganglia	40.96±0.09	15.83±0.17	35.83±0.11	11.73±0.09	0.004
Tumor	32.58±0.46	16.63±0.51	43.29±0.08	17.56±0.52	0.002

p-value[1]: p-value between SNR and CNR images

(Ghost Artifact)의 정도에 따라 매우 나쁨(Very Poor, 1점), 나쁨(Poor, 2점), 보통(Fair, 3점), 좋음(Good Delineation, 4점), 매우 좋음(Very Good Delineation, 5점)으로 구분하였고 각 영상에 대하여 얻은 점수를 평균화하여 비교하였다.

2.5. 통계 방법

본 연구에 이용된 장비에 대한 정량적 분석하기 위해 대응 표본 T 검정(Paired t-test)을 실행하였다. 정성적 분석에서는 통계적 유의성을 증명하기 위해 Wilcox on Signed Ranked Test를 실행하였다. 분석된 데이터에서 p 값이 통계적 유의성을 가지려면 0.05 미만일 경우에만 인정하였다. 본 연구를 통해 얻은 데이터의 통계학적 분석에는 SPSS ver. 22.0 프로그램을 사용하였다.

3. 결 과

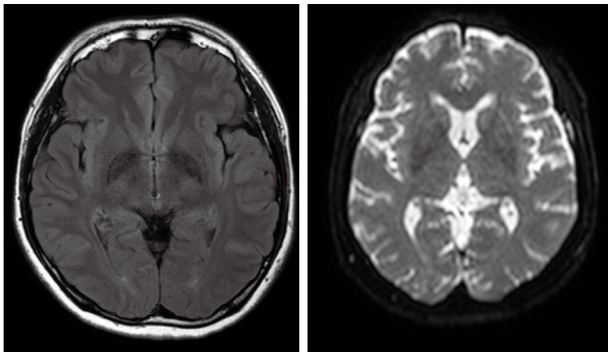
3.1. SNR 및 CNR 분석 결과

Heavily T_2 FLAIR 영상에서 회백질과 백질, 소뇌, 기저핵, 종양 부위의 SNR 평균값은 백질이 41.45±0.13이 나왔고 회백질은 40.52±0.45, 소뇌는 41.44±0.51, 기저핵은 40.96±0.09, 종양은 35.28±0.46이 나왔다. DWI의 SNR 평균값은 백질이 32.58±0.22이 나왔고 회백질은 36.75±0.17, 소뇌는 30.21±0.19, 기저핵은 35.83±0.11, 종양은 43.29±0.08이 나왔다. 백질, 회백질, 소뇌, 기저핵, 종양 부위 각각의 p value 값은 0.003과 0.001, 0.001, 0.004, 0.002가 나왔다. 정량적 분석 결과 Heavily T_2 FLAIR에서는 백질, 회백질, 소뇌, 기저핵에서 SNR, CNR 값이 DWI보다 높게 측정되었다. 하지만 종양에서는 DWI의 SNR, CNR 값이 더 크게 측정되었다(Table 2).

Table 3. Subjective grading of image in qualitative analysis

	Heavily T_2 FLAIR	DWI	p-value[1]
Overall image quality	3.75±0.28	2.53±0.39	0.004
Lesion conspicuity	2.29±0.24	4.13±0.29	0.002
Image distortion	3.86±0.23	1.90±0.20	0.003
Susceptibility artifact	4.08±0.21	1.81±0.21	0.001
Ghost artifact	3.79±0.22	1.52±0.45	0.002

Higher number indicates better quality
p-value[1]: p-value between Heavily T_2 FLAIR and DWI

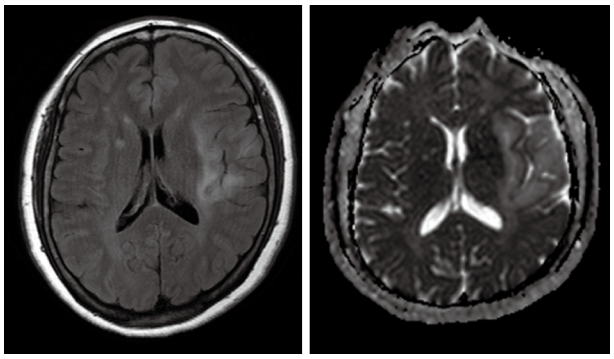


(a) Heavily T_2 FLAIR (b) DWI (b=0)

Fig. 4. Qualitative analysis of overall image quality.

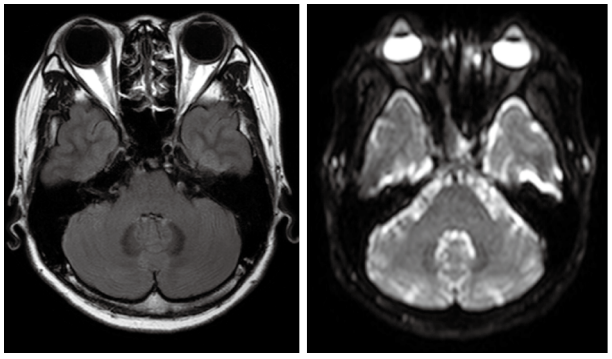
3.2. 정성적 분석 결과

Heavily T_2 FLAIR 영상에서 영상의 전체적 질(Overall Image Quality)의 평균 점수는 3.75±0.28이 나왔고 병변의 명확도(Lesion Conspicuity)는 2.29±0.24, 영상의 왜곡도(Image Distortion)는 3.86±0.23, 자화율(Susceptibility Artifact)은 4.08±0.21, 환영 인공음영(Ghost Artifact)은 3.79±0.22가 나왔다. DWI에서 영상의 전체적 질의 평균 점수는 2.53±0.39가 나왔고, 병변의 명확도는 4.13±0.29,



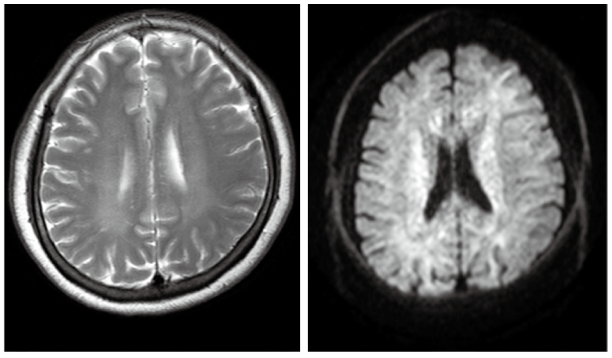
(a) Heavily T_2 FLAIR (b) DWI (b = 0)

Fig. 5. Qualitative analysis of lesion conspicuity.



(a) Heavily T_2 FLAIR (b) DWI (b = 0)

Fig. 6. Qualitative analysis of image distortion and susceptibility artifact.



(a) Heavily T_2 FLAIR (b) DWI (b = 0)

Fig. 7. Qualitative analysis of ghost artifact.

영상의 왜곡도는 1.90 ± 0.20, 자화율은 1.81 ± 0.21, 환영 인공음영은 1.52 ± 0.45가 나왔다. 영상의 전체적 질, 병변의 명확도, 영상의 왜곡도, 자화율, 환영 인공음영에서 각각의 p-value 값은 0.004, 0.002, 0.003, 0.001, 0.002가 나왔다. 정성적 분석 결과 영상의 전체적 질, 영상의 왜곡도, 자화율, 환영 인공음영에서는 Heavily T_2 FLAIR가 DWI보다 높게 평가되었다. 하지만 병변의 명확도는 DWI가 더 높게 평가되었다(Table 3).

4. 고찰 및 결론

자기공명영상 검사는 모든 검사와 병변에서 정확한 정보를 제공해야 한다. 특히 종양 환자의 경우 경계선이 명확히 구별되어야 병기의 결정과 치료 방향에 도움을 준다[11]. FLAIR 영상은 탈수 초 병변, 허혈성 병변, 부종 등의 비출혈성 비공동성 병변의 진단에 유용하며, 특히 뇌척수액에 인접한 미세한 병변의 발견에 유용하다[12]. DWI는 뇌농양과 중심부 낭성 변이를 동반한 뇌종양의 감별뿐만 아니라 지주막 낭종과 표피 양낭의 감별 등 두 개 강 내 남성 종괴의 구별에 도움을 주는 영상진단으로 사용되고 있다[13].

본 연구에서는 뇌의 여러 조직을 Heavily T_2 FLAIR와 DWI 기법으로 검사를 진행하여 획득한 영상에 대해 SNR과 CNR을 분석하였다. 화질 평가에서 SNR과 CNR은 중요한 결정적 요소이다[14]. 정량적 분석을 결과 Heavily T_2 FLAIR에서는 백질, 회백질, 소뇌, 기저핵에서 SNR, CNR 값이 DWI보다 높게 측정되었다. Heavily T_2 FLAIR는 뇌척수액과 가까이 위치한 대뇌피질 병변을 잘 발견할 수 있고 뇌척수액 신호강도를 낮춰 부분 용적 효과를 줄일 수 있으며 뇌경색에서 저신호 강도의 뇌척수액과 백질에서 병변이 잘 발견될 수 있게 대비를 증가시켜 준다[15]. 그리하여 영상의 전체적인 질 또한 우수하였다. 하지만 뇌종양 부분에서는 DWI의 SNR, CNR 값이 더 크게 측정되었으며 병변의 명확도 또한 높게 평가되었다. 이는 DWI가 b-value 값을 증가시켜 물의 신호를 억제한 영상을 얻기 때문에 뇌종양에 있어서 낭성 병변과 고형 병변을 감별해내는 데 많이 사용된다는 것을 의미한다[16].

본 연구에서 모든 영상은 Artifact 발생 여부를 확인하기 위해 Window Width와 Level을 넓고 좁게 설정한 영상으로 인공물 여부를 확인할 수가 있었다. 영상의 왜곡도와 자화율에서 Heavily T_2 FLAIR가 DWI보다 높게 평가되었다. DWI에서 뇌종양 부위와 주변 조직 간의 경계면에서 자화율의 차이가 발생하여 국소 자장이 왜곡되고, 세차 주파수와 위상의 차이 때문에 자장의 세기가 다르게 되어 신호를 획득할 때 신호의 중심이 TE에서 벗어나 조직의 경계면에

서 신호의 변화가 더 크게 나타났기 때문이다[17]. 자화율의 해결방안으로는 자기장의 강도가 높으면 높을수록 심하게 나타나기 때문에 낮은 자기장 검사를 권장하고 검사 시작 전에 반드시 환자에게서 금속 물질을 제거하는 방법이 있다[18]. 환영 인공음영은 DWI에서 심하게 나타난 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 RF인가에 따른 위상값이 달라서 K-space에서 Echo가 중심에서 이동되어 영상의 왜곡이 발생한 것이다[19].

본 연구의 제한점으로는 첫째, 다양한 환자 Case를 확보하지 못하였다. 부위별 다양한 환자 Case를 확보하여 추가 실험을 진행해 연구의 질을 높일 계획이다[20]. 둘째, 3.0 T 장비와 1.5 T 장비에서 스캔 시간과 SNR, CNR에 대해 비교하지 못하였다[21]. 셋째, b-value를 3,000까지 높여 향상된 비교 효과를 확인하지 못하여 아쉬웠다[22]. 향후 이러한 점들을 고려한 후속 연구를 통해 본 연구의 질을 높일 계획이다. 결론적으로, 정상 조직에서는 Heavily T_2 FLAIR 영상의 질이 더 좋고 종양 부위에서는 DWI 영상이 더 우수했다. Heavily T_2 FLAIR와 DWI 기법 모두 사용함으로써 최적의 진단적 정보를 제공해준다는 의미가 있다. 그리고 향후 임상적 기초평가 및 MRI의 교육 자료가 될 것이다.

참고문헌

1. Kim JH, Heo SH, Shin SS and Jeong YY. 2021. MRI Findings and Differential Diagnosis of Benign and Malignant Tumors of the Uterine Corpus. *J. Korean Soc. Radiol.* **82**(5):1103-1123. https://doi.org/10.3348/jksr.2021.0116.
2. Kang EJ, Choi SS, Jo JH, Kang MJ, Ha DH and Nam KJ. 2010. Chronological Changes of the Signal Intensities of White Matter on the FLAIR Images of Infants. *J. Korean Soc. Radiol* **62**(5):411-419. https://doi.org/10.3348/jksr.2010.62.5.411.
3. Lee YM, Kim H, Ahn CB, Yoo MS, Kim SY, Kang SH and Im JS. 2012. Brain Diffusion-Weighted MRI: Comparison of Tetrahedral Versus Orthogonal Diffusion Brain. *KSMRT* **22**(1):73-74.
4. Kim KM, Jang JH, Lee HJ, Lee MJ and Kim DY. 2019. Usefulness Study of Computed High b-value Diffusion Weighted Image in Comparison to Acquired High b-value Diffusion Weighted Image in Brain Diffusion Image. *KSMRT* **29**(1):1-10. https://doi.org/10.31159/ksmrt.2019.29.1.1.
5. Park JB. 2023. A Study of the Use of the Sensitivity Encoding Factor to Reduce Magnetic Susceptibility Artifacts in Brain Stem Diffusion-Weighted Imaging. *KSMRT* **31**(1):9-26.
6. Holdsworth SJ, Yeom KW, Antonucci MU, Andre JB, Rosenberg J and Aksoy M. 2014. Diffusion-weighted imaging with dual-echo echo-planar imaging for better sensitivity to acute stroke. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* **35**(7):1293-1302. https://doi.org/10.3174/ajnr.A3921.
7. Tsubouchi Y, Itamura S, Saito Y, Yamashita E, Shinohara Y, Okazaki T, Ohno K, Nishimura Y, Oguri M and Maegaki Y. 2018. Use of high b value diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute encephalopathy/encephalitis during childhood. *Brain Dev.* **40**(2):116-125. https://doi.org/10.1016/j.braindev.2017.07.012.
8. Nam KI, Han KS, Cho HJ, Moon SW, Choi SH and Lee BC. 2013. Clinical Features of Patients with False Negative Diffusion-weighted MR Findings in Acute Ischemic Stroke. *JKSEM* **24**(4):396-402.
9. Hong IK, Park MJ, Kang SH and Lee YJ. 2021. Noise Level Evaluation According to Slice Thickness Change in Magnetic Resonance T2 Weighted Image of Multiple Sclerosis Disease. *KSRS* **44**(4):327-333. https://doi.org/10.17946/JRST.2021.44.4.327.
10. Son SY, Choi KW, Min JW, Son JH, Kim KW, Jung JH and Jeong HW. 2013. Evaluation of quantitative on T-spine exhalation technique and T-spine breathing technique of natural breathing. *JKAIS* **14**(9):4429-4436. https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.9.4429.
11. Park JE and Kim HS. 2020. Current Applications and Future Perspectives of Brain Tumor Imaging. *J. Korean Soc. Radiol.* **81**(3):467-487. https://doi.org/10.3348/jksr.2020.81.3.467.
12. Byun JH, Park MH and Lee JW. 2014. Patients with brain metastases the usefulness of contrast-enhanced FLAIR images after delay. *KJDIM* **16**(1):13-19.
13. Cho E, Kang MJ and Kim SH. 2016. Isolated Acute Nontraumatic Cortical Subarachnoid Hemorrhage: Etiologies Based on MRI Findings. *J. Korean Soc. Radiol.* **74**(6):380-388. https://doi.org/10.3348/jksr.2016.74.6.380.
14. Lee WJ, Ahn BS and Park YS. 2012. Radiation Dose and Image Quality of Low-dose Protocol in Chest CT: Comparison of Standard-dose Protocol. *J. Radiati. Prot.* **37**(2):84-89. https://doi.org/10.14407/jrp.2012.37.2.084.
15. Roh TG and Cho YK. 2020. A Study on the Usability of Echo Planar Image T_2 FLAIR Sequence in the MRI of Acute Ischemic Cerebral Infarction. *J. Korean Soc. Radiol.* **14**(7):957-964. https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.7.957.
16. Kim JT, Byun JH, Park YS, Lee RG, Hwang SK. 2015. Usefulness of the High B-value DWI in Brain Tumors. *KJDIM* **17**(1):33-41.
17. Sant'Ovaia H, Marques G, Santos A, Gomes C and Rocha A. 2015. Magnetic susceptibility and isothermal remanent magnetization in human tissues: a study case. *Biometals* **28**(6):951-958. https://doi.org/10.1007/s10534-015-9879-z.
18. Zhao Y, Yan X, Zhang Z, Zhao W, Liu Z and Li J. 2019. Self-adapting multi-peak water-fat reconstruction for the removal of lipid artifacts in chemicalexchange saturation transfer (CEST) imaging. *Magn. Reson. Med.* **82**(5):1700-1712. https://doi.org/10.1002/mrm.27859.
19. Goo EH. 2021. Evaluation of Image Quality using SE-EPI and SSH-TSE Techniques in MRDWI. *J. Korean Soc. Radiol.* **15**(7):991-998. https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.7.991.

20. Kirchgesner T, Perlepe V, Michoux N, Larbi A and Berg B. 2017. Fat suppression at 2D MR imaging of the hands: Dixon method versus CHESS technique and STIR sequence. *Eur. J. Radiol.* **89**:40-46. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.01.011.
21. Goo EH and Dong KR. 2016. Quantitative and Qualitative Evaluation of Brain Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging:Comparision with 1.5 T and 3.0 T Units. *J. Radiat. Ind.* **10**(4): 227-230.
22. Zeng Q, Dong F, Shi F, Ling C, Jiang B and Zhang J. 2017. Apparent diffusion coefficient maps obtained from high b value diffusion-weighted imaging in the preoperative evaluation of gliomas at 3T: comparison with standard b value diffusion-weighted imaging. *Eur. Radiol.* **27**(12):5309-5315. https://doi.org/10.1007/s00330-017-4910-0.