Comparison of Image Quality According to Reduction of Scan Time in MRI : Change in Acceleration Factor of Parallel Imaging and NEX

Se-Jong Yoo[1], Hee-Young Yang[2], Seong-Ho Kim[3,*]

[1]Department of Radiological Science, Konyang University
[2]Department of Radiology, Baroseum Hospital
[3]Department of Radiological Science, Daejeon Health University

Received: December 02, 2024. Revised: December 30, 2024. Accepted: December 31, 2024.

ABSTRACT

This study aimed to propose a method of reducing the scan time that is more advantageous in term of image quality by comparing and analyzing images according to the increase in the acceleration factor of the parallel imaging and the decrease in the NEX in MRI. For this purpose, MRI was performed using a water phantom and the acceleration factor were increased to 2, 3, 4 and 6 under the condition of the standard study. And the number of NEX was reduced from 12 to 6, 4, 3 and 2 shortening scan time under the same conditions. To evaluate image quality, SSIM, PSNR and RMSE were derived based on the reference image and correlation was analyzed. As a result, compared to when the parallel imaging technique was not applied, SSIM and PSNR decreased by about 43% and 76% as the acceleration factor was increased to 6. And the RMSE increased by about 15 times, showing a significant change. in the correlation analysis results, SSIM ($r=-0.97$), PSNR ($r=-0.95$) and RMSE ($r=0.913$) all showed high correlation ($p<0.05$). On the other hand, as the number of NEX decreased from 12 to 2, SSIM, PSNR decreased by about 9%, 4.6%. And RMSE increased by about 14% showing a relatively low change. in the correlation analysis results, unlike SSIM ($r=0.812$) PSNR and RMSE were not correlated ($p>0.05$). As a result, the scan time was shortened under same conditions, a significant deterioration in image quality occurred when the acceleration factor increased compared to the decrease in NEX. Therefore, in order to shortening the scan time in MRI, it is more advantageous to preserve image quality by first applying a reduction in NEX.

Keywords: MRI, Image quality, Scan time, Parallel imaging, Acceleration factor, NEX

I. INTRODUCTION

자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 높은 해상력과 다양한 대조도 정보를 가지고 있어 병변을 진단하는 데 있어 매우 큰 장점이 있다. 더불어 X선과 같은 전리 방사선이 아닌 비전리 방사선에 해당하는 라디오파 (radio-frequency, RF)를 사용하기 때문에 피폭에 대한 우려가 적어 비교적 안전한 검사로 인식되고 있다[1,2]. 하지만 인체 내 수소 (proton)의 위치 부호화 (encoding)를 위해 반복적인 표본화 (sampling)과정이 필요하므로 비교적 검사 시간이 길다는 단점이 있다[3]. 긴 검사 시간은 피사체의 움직임으로 인해 발생하는 운동 인공물 (motion artifact)에 매우 취약하다[4]. 따라서 임상에서는 영상 품질 개선을 위한 목적으로 검사 시간을 줄이기 위해 다양한 기법들을 활용하고 있다[5,6].

MRI 검사에서 검사 시간은 영상의 품질과 밀접한 연관이 있어 적정한 관리가 요구된다. MRI에서 자기장 (magnetic field)의 세기나 다채널 코일의 발전은 영상 품질을 개선할 뿐만 아니라 검사 시간을

* Corresponding Author: Seong-Ho Kim E-mail: pooh79@hit.ac.kr Tel: +82-42-670-9174
Address: Daejeon Health University, 21 Chungjeong-ro, Dong-gu, Daejeon, Republic of Korea

줄이는 데 큰 도움을 주었다. 하지만 하드웨어의 발전은 기술적으로 한계가 존재하기 때문에 발전의 속도가 더뎌지고 있다[7,8]. 이러한 이유로 최근에는 deep learning(DL) 기법을 적용하여 MRI 영상을 개선하는 시도 및 연구들이 활발히 이루어지고 있고 일부 상용화되고 있다[9]. DL 기법의 장점은 영상 품질 개선과 관련하여 검사 시간과 연관된 영상 변수의 변경이 요구되지 않는다는 점이다. 하지만 DL 기법의 구매에 따른 비용이 발생하고 재구성 과정에서 발생하는 인공물 및 왜곡 발생 가능성은 여전히 풀어야 할 숙제로 남아있다[10].

임상에서 검사 시간을 줄이기 위해 가장 안정적으로 사용하는 방법은 병렬 영상 기법 (parallel imaging)의 적용과 여기 횟수 (number of excitation, NEX)의 감소이다. 병렬 영상 기법은 가속 인자 (accelation factor, AF)의 조절을 통해 위상 부호화의 단계를 생략할 수 있어 AF의 배수만큼 검사 시간을 단축할 수 있다[11]. 반면, NEX는 그 수에 비례하여 동일한 조건의 k 공간을 채워 영상으로 재구성 후 합치는 원리로 NEX의 감소 폭에 비례하여 검사 시간은 감소한다[12].

두 가지 방법은 모두 획득하는 데이터의 양에 비례하여 검사 시간을 줄이는 원리로 비슷한 효과를 가진다. 하지만 데이터를 획득하고 재구성하는 원리는 달라 영상 품질에 미치는 영향을 예측하고 상황에 맞는 최적의 방법을 선택해 적용할 필요가 있다. 하지만 같은 조건에서 각각의 방법이 영상 품질에 미치는 영향에 대해 객관적으로 비교 분석한 연구가 부족하여 적절한 적용 기준이 없다. 따라서 이 두 가지 기법을 적용하는 데 있어 검사자의 숙련도 및 경험에 의존하고 있다. 이에 본 연구는 팬텀을 대상으로 병렬 영상 기법의 AF와 NEX를 변경하며 영상을 획득해 영상 품질을 비교하였다. 그리고 같은 조건으로 검사 시간을 단축하게 했을 때 어떤 기법이 더 영상 품질적 측면에서 유리한지 평가하여 관련 기준을 제시하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 재료

실험을 위해 3.0T MRI 장치 (Magnetom Skyra, Siemens Healthineers, Erlangen, Germany)와 20 채널 두부용 코일을 사용하였다. 그리고 검사의 대상은 지름 170mm의 구형 팬텀으로 하였다.

2. 검사 방법

연구를 위해 팬텀을 두부용 코일 중앙에 위치시키고 고속 스핀 에코 기법 (turbo spin echo technique, TSE)을 이용해 영상을 획득하였다. 영상의 변수는 T1 대조도 강조 영상의 조건으로 하였고 자세한 내용은 Table 1과 같다.

검사 시간 단축에 따른 영상 비교를 위해 기준(reference)영상을 획득하였다. 기준 영상의 조건은 병렬 영상 기법을 적용하지 않고 NEX는 12로 적용하였다. 그리고 검사 시간은 17분 7초였다. 검사 시간 단축은 Fig. 1과 같이 총 4단계로 시행하였다. 4단계는 기준 영상 검사 시간의 1/2 (8분 37초), 1/3 (5분 43초), 1/4 (4분 19초), 1/6 (2분 55초)로 설정하였다.

4 단계의 검사 시간 단축을 위해 병렬 영상 기법은 SIMENSE 사의 GRAPPA 기법을 활용하였다. 그리고 기준 영상의 조건에서 AF를 2, 3, 4, 6으로 적용하여 검사 시간을 단축했다. 그리고 NEX를 통한 검사 시간 단축은 기준 영상의 조건인 NEX 12에서 NEX를 6, 4, 3, 2로 줄여 검사 시간을 단축했다. 영상은 각각의 조건으로 총 15회 반복 획득하였다.

Table 1. Imaging acquisition parameter

Parameters	Value
TR (ms)	500
TE (ms)	11
FOV (mm^2)	250
Matrix size	512/512
Thickness (mm)	4
Slices number	1
Refocusing FA (°)	120
ETL	3
Bandwidth (Hz/PX)	257
Acceleration factor	0, 2, 3, 4, 6
NEX*	12, 6, 4, 3, 2
Scan time	17:07, 8:37, 5:43, 4:19, 2:55

TR : repetition Time, TE : echo time, FOV : field of view, FA : flip angle, ETL : echo train length, NEX : number of excitations

3. 분석 방법

기준 영상을 대상으로 검사 시간 단축에 따른 영상 품질을 평가하기 위해 SSIM (structural similarity index measure), PSNR (peak signal-to-noise ratio), RMSE (root mean square error)를 도출하여 비교하였다. SSIM은 구조적 유사도를 평가하는 지수로 압축 및 변환으로 발생하는 왜곡에 대해 원본 영상과의 유사도를 평가할 수 있다. PSNR은 신호가 가질 수 있는 최대 신호에 대한 잡음의 비를 의미하며 압축에 따른 영상 품질 손실 정보를 평가할 때 주로 사용하는 지표이다. MSE는 원본 영상과 비교 영상 간의 픽셀 오차값을 의미하며 RMSE는 MSE에 루트 (root)를 적용한 값이다. RMSE는 통계학에서 예상치가 실측치와 평균적으로 얼마만큼 차이가 나는지를 나타내는 개념으로 표준 편차의 의미로 사용된다.

SSIM, PNSR, RMSE 3가지 지표의 계산을 위해 ICY (icy 1.6.1.1, https://icy.bioimageanalysis.org/)를 사용하였고 기준 영상과 각각의 방법으로 검사 시간을 단축한 4단계의 영상을 비교 분석하였다.

4. 통계 분석

검사 시간 단축과 영상 품질과의 상관관계를 평가하기 위해 Pearson 상관 분석을 시행하였다. 이를 위해 병렬 영상 기법의 AF와 영상 품질 지표 간의 상관계수 (r)를 구하였다. 그리고 NEX와 영상 품질 지표간의 상관계수를 구해 각각의 검사 시간 단축 방법과 영상 품질의 연관성을 평가하였다. 이를 위해 SPSS Statistics version 23 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA)를 활용하였고 유의 수준은 0.05 미만으로 하였다.

III. RESULT

1. AF에 따른 영상 품질 지표

AF의 변화에 따라 팬텀 영상의 시각적 영상 품질은 Fig. 1과 같이 변화하였다. Table 2와 같이 AF가 2, 3, 4, 6으로 증가함에 따라 SSIM은 평균 0.89±0.03, 0.83±0.03, 0.74±0.03, 0.57±0.03로 감소하였다. 그리고 PSNR은 평균 22.5±2.91, 21.75±2.48, 11.16±1.63, -1.27±2.3으로 감소하였다. 마지막으로 RMSE는 평균 20.21±7.3, 21.77±7.67, 71.52±10.91, 301.25±55.24로 증가하였다.

AF와 영상 품질 지표 간의 상관 분석 결과, Table 3과 같이 모두 유의미한 연관성을 보였다 ($p<0.05$). AF와 SSIM의 상관계수는 - 0.97, PSNR과의 상관계수는 - 0.95, RMSE와의 상관계수는 0.913으로 나타나 비교적 높은 연관성이 있었다.

2. NEX에 따른 영상 품질 지표

NEX의 변화에 따라 팬텀 영상의 시각적 영상 품질은 Fig. 1과 같이 변화하였다. Table 3와 같이 NEX가 12에서 6, 4, 3, 2로 감소함에 따라 SSIM은 평균 0.9±0.02, 0.87±0.02, 0.85±0.02, 0.81±0.02로 감소하였다. 그리고 PSNR은 평균 27.57±6.02, 26.64±5.76, 26.33±5.54, 26.29±5.76으로 감소하였다. 마지막으로 RMSE는 평균 13.85±12.32, 15.09±12.93, 15.47±13.25, 15.77±13.67로 증가하였다.

NEX와 영상 품질 지표 간의 상관 분석 결과, NEX와 SSIM의 상관계수는 0.812로 연관성을 보였다 ($p<0.05$). 반면, Table 3과 같이 PNSR과 RMSE는 유의미한 연관이 없는 것으로 나타났다 ($p>0.05$).

Table 2. Image quality indicators and correlation according to acceleration factor.

Image quality indicators		SSIM	PNSR	RMSE
Acceleration factor	2	0.89±0.03	22.5±2.91	20.21±7.3
	3	0.83±0.03	21.75±2.48	21.77±7.67
	4	0.74±0.03	11.16±1.63	71.52±10.91
	6	0.57±0.03	5.23±2.3	301.25±55.24
Correlation analysis	r	-0.97	-0.95	0.913
	p value	<0.00	<0.00	<0.00

Table 3. Image quality indicators and correlation according to NEX.

Image quality indicators		SSIM	PNSR	RMSE
NEX	6	0.9±0.02	27.57±6.02	13.85±12.32
	4	0.87±0.02	26.64±5.76	15.09±12.93
	3	0.85±0.02	26.33±5.54	15.47±13.25
	2	0.81±0.02	26.29±5.76	15.77±13.67
Correlation analysis	r	0.812	0.088	-0.57
	p value	<0.00	0.502	0.664

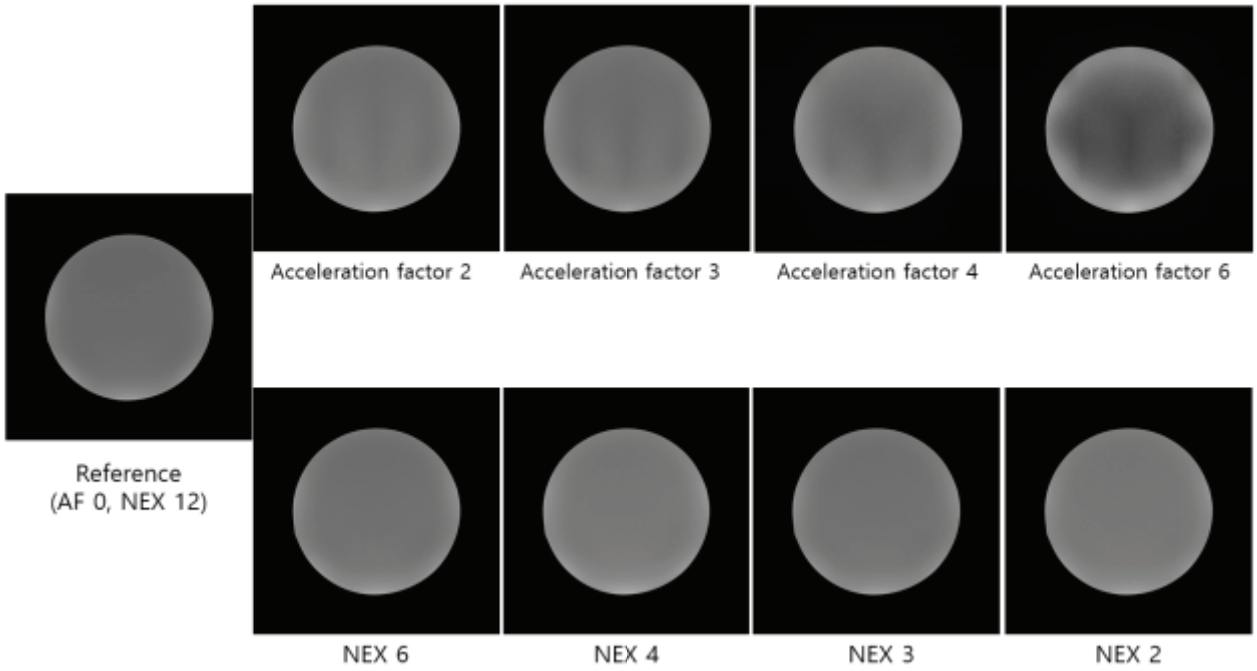

Fig. 1. Images resulting from reduced scan time. The reduction of MRI scan time was achieved in four steps by increasing the acceleration factor (2, 3, 4, 6) of the parallel imaging technique and reducing the NEX (6, 4, 3, 2).

IV. DISCUSSION

본 연구는 팬텀을 대상으로 병렬 영상 기법의 AF와 NEX를 변경하여 같은 조건으로 검사 시간을 단축해 MRI 영상을 획득하였다. 그리고 같은 검사 시간을 기준으로 어떤 방법이 영상 품질적 측면에서 더 유용한지 평가해보고자 하였다. 그 결과, 병렬 영상 기법은 AF를 6까지 증가시킴에 따라 SSIM이 약 43%까지 감소하였다. 그리고 PSNR과 RMSE도 큰 폭으로 변하여 영상 품질 저하를 보였다. 반면, NEX를 12에서 2까지 감소시킨 경우, SSIM이 약 19% 감소하여 낮은 변화를 보였다. 그리고 PSNR, RMSE도 유의미한 변화를 보이지 않았다. SSIM의 상관 분석 결과에서도 병렬 영상 기법의 AF는 NEX와 비교하여 더 높은 연관성을 보였다 (r=-0.97 vs 0.812). 그리고 PSNR과 RMSE의 경우, NEX는 연관성이 없었지만 (p>0.05) 병렬 영상 기법의 AF는 높은 연관성을 보였다 (r=-0.95, 0.913).

병렬 영상 기법은 AF의 배수만큼 위상 부호화의 단계를 생략하고 데이터를 획득함으로써 검사 시간을 단축할 수 있다[11]. 이 과정에서 늘어난 델타 k에 반비례하여 FOV가 감소하는데 이를 영상으로

재구성하면 둘러 겹침 (aliasing) 인공물이 발생할 수 있다. 병렬 영상 기법은 줄어든 FOV를 펼침 (unfolding)으로써 영상의 왜곡을 방지하는데 그 방식에 따라 다양한 방법으로 활용되고 있다[13]. 병렬 영상 기법은 AF에 비례하여 획기적으로 검사 시간을 줄일 수 있지만, 데이터가 감소하는 만큼 신호 대 잡음비 (signal noise ratio, SNR)가 감소하는 단점이 있다. 그뿐만 아니라, 불완전한 재구성으로 인해 영상에 인공물이 발생할 수 있다[14]. 권순용 등은 팬텀을 대상으로 GRAPPA 기법의 AF를 증가시키며 영상 품질을 비교 분석하였다. 그 결과, AF를 2에서 5까지 증가시킴에 따라 SNR이 약 15.53% 감소하였고 SSIM은 약 8% 감소하였다. 하지만 같은 AF의 조건에서 auto-calibration signal(ACS)의 데이터양을 늘리면 SNR, SSIM이 모두 향상되었다. 높은 AF의 환경에서 개선 효과가 특히 두드러졌는데 이는 병렬 영상 기법에서 AF의 증가가 불완전한 unfolding으로 인한 인공물 유발과 밀접한 관련이 있음을 증명한다[15]. 본 연구의 결과에서도 이러한 양상은 두드러졌는데, SSIM 뿐만 아니라 PSNR, RMSE와 같은 지표상의 결과에서도 영상 품질 저하가 두드러졌다. 즉, 검사 시간 단축을 위한 방법으로써 병렬 영상 기법에 너무 의존할 경우, 인공물로 인해 영상의 영상 품질이 떨어질 수 있어 주의가 필요하다.

반면, NEX는 그 배수만큼 별도의 k 공간을 채워 합치는 방법으로 노이즈 외 별도의 인공물이 영향을 미치지 않는다. 김남영 등은 뇌의 T2 대조도 강조 영상을 대상으로 NEX를 변화시켜 영상 품질을 분석하였다. 그 결과, NEX가 증가함에 따라 SNR이 향상되었지만 높은 NEX의 적용 구간으로 갈수록 그 상승 폭은 감소하였다. 더불어 RMSE와 PSNR도 높은 NEX의 적용 구간에서는 변화폭이 작았다. 이를 통해 높은 NEX의 경우, 영상 품질 개선 효과보다는 긴 검사 시간으로 인한 운동 인공물의 발생확률을 높일 수 있다고 경고하였다[16]. 본 연구에서도 NEX를 감소시켜 영상을 비교했을 때, 비교적 낮은 영상 품질 차이를 보여 유사한 결과를 보였다. 즉, NEX의 감소는 인공물을 유발하는 병렬 영상 기법과 비교하여 큰 영상 품질 손해 없이 검사 시간을 단축할 수 있어 더 유용하다고 할 수 있다. 하지만 적용된 NEX의 수가 적을 경우, NEX를 통한 검사 시간 단축이 물리적으로 어렵다는 한계가 있다.

MRI 검사 시 영상 품질은 영상의 진단적 가치에 영향을 주는 인자로 적절한 영상 변수의 적용이 매우 중요하다. 특히, 미세 병변에 대해 정확히 진단하기 위해서는 높은 수준의 영상 품질이 요구되며 이는 병변에 대한 민감도 및 정확도에 영향을 줄 수 있다[17]. 하지만 높은 수준의 영상 품질은 일반적으로 긴 검사 시간을 요구하기 때문에 적정한 조율이 필요하다. 최근에는 영상 변수와 관계없이 DL 기법을 활용하여 영상 품질을 개선하는 연구들이 이루어져 MRI의 발전이 가속화되고 있다. 특히, 노이즈 제거 및 신호 증강을 통한 영상의 품질 개선은 검사 시간을 획기적인 단축할 수 있어 MRI 검사의 큰 진보가 기대되고 있다[18,19]. Taku Tajima 등은 전립선암 투병 중인 환자들을 대상으로 DL을 적용한 전신 확산 강조 영상 (diffusion weighted image, DWI)을 검사하여 고식적인 DWI 검사와 비교 분석하였다. 이를 위해 NEX 8을 적용한 영상을 기준으로 하여 NEX 2 그리고 DL을 적용한 NEX 2 영상을 비교하였다. 그 결과, DL을 적용한 NEX 2 영상의 품질이 향상되어 NEX 8을 적용한 영상과 유의미한 차이가 없었다[20]. 이러한 결과는 NEX 감소로 인한 영상 품질 저하는 충분히 해결할 수 있어 검사 시간 단축을 위해 낮은 NEX를 적용하는 것이 가능함을 말해준다. 즉, 인공물 발생의 잠재적 위험이 낮은 NEX의 적용은 추후 다양한 기법들과 동반되어 영상 품질 증강 및 검사 시간 단축을 위한 기준이 될 것이며 본 연구의 결과는 그 근거를 제공하고 있다. 반면, 병렬 영상 기법은 인공물 발생의 잠재적 위험을 제공하기 때문에 DL이나 AI 기법 적용 시 오진을 유발할 수 있다. 따라서 인공물 발생 억제를 위한 영상 변수의 적용과 관련 연구가 필요하며 근본적 해결을 위한 알고리즘 개발 및 하드웨어의 개선이 동반되어야 한다.

본 연구는 팬텀을 대상으로 한 결과로 인체에서 발생할 수 있는 변수에 대해 고려하지 못했다. 따라서 인체를 대상으로 최적의 영상 변수를 찾기 위한 후속 연구가 필요하다. 또한 SENSE (SENSitivity Encoding)기법과 같이 영상 기반의 병렬 영상 기법

적용에 따른 결과를 수반하지 않아 제한적 해석이 이루어졌다는 점이 제한적이라 할 수 있다.

V. CONCLUSIONS

본 연구는 병렬 영상 기법의 AF와 NEX를 조절하여 같은 조건으로 검사 시간을 단축했다. 그리고 영상의 영상 품질을 비교함으로써 더 유용한 방법을 제시하고자 하였다. 그 결과, AF의 증가는 비교적 큰 영상 품질 저하를 초래하였다. 반면, NEX의 감소는 같은 검사 시간의 조건에서도 비교적 안정적인 영상 품질을 구현하였다. 따라서 검사 시간 단축을 위한 영상 변수의 조절 시 병렬 영상 기법의 적용보다는 NEX의 감소를 우선 적용하는 것이 영상 품질을 보전하는 데 효과적이다.

Acknowledgement

This work was supported by the 2023 Resarch Fund of the Daejeon Health institube of Technology.

Reference

[1] M. Markl, S. Schnell, C. Wu, E. Bollache, K. Jarvis, A. J. Barker, J. D. Robinson, C. K. Rigsby, "Advanced flow MRI: emerging techniques and applications", Clinical radiology, Vol. 71, No. 8, pp. 779-795, 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.crad.2016.01.011

[2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients", Health Physics, Vol. 87, No. 2, pp. 197-216, 2004. http://dx.doi.org/10.1097/00004032-200408000-00008

[3] D. B. Plewes, W. Kucharczyk, "Physics of MRI: a primer", Journal of magnetic resonance imaging, Vol. 35, No. 5, pp. 1038-1054, 2012. http://dx.doi.org/10.1002/jmri.23642

[4] M. Zaitsev, J. Maclaren, M. Herbst, "Motion artifacts in MRI: A complex problem with many partial solutions", Journal of Magnetic Resonance Imaging, Vol. 42, No. 4, pp. 887-901, 2015. http://dx.doi.org/10.1002/jmri.24850

[5] E. M. Haacke, J. A. Tkach, "Fast MR imaging: techniques and clinical applications", AJR. American journal of roentgenology, Vol. 155, No. 5, pp. 951-964, 1990. http://dx.doi.org/10.2214/ajr.155.5.2120964

[6] B. M. Kozak, C. Jaimes, J. Kirsch, M. S. Gee, "MRI techniques to decrease imaging times in children", Radiographics , Vol. 40, No. 2, pp. 485-502, 2020. http://dx.doi.org/10.1148/rg.2020190112

[7] T. A. Carpenter, E. J. Williams, "MRI–From basic knowledge to advanced strategies: Hardware", European Radiology, Vol. 9, No. 6, pp. 1015-1019, 1999. http://dx.doi.org/10.1007/s003300050787

[8] B. Madore, A. T. Hess, A. M. J. van Niekerk, D. C. Hoinkiss, P. Hucker, M. Zaitsev, O. Afacan, M. Günther, "External hardware and sensors, for improved MRI", Journal of Magnetic Resonance Imaging, Vol. 57, No. 3, pp. 690-705, 2023. http://dx.doi.org/10.1002/jmri.28472

[9] A. S. Lundervold, A. Lundervold, "An overview of deep learning in medical imaging focusing on MRI", Zeitschrift für Medizinische Physik, Vol. 29, No. 2, pp. 102-127, 2019. http://dx.doi.org/10.1016/j.zemedi.2018.11.002

[10] C. M. L. Zegers, J. Posch, A. Traverso, D. Eekers, A. A. Postma, W. Backes, A. Dekker, W. van Elmpt, "Current applications of deep-learning in neuro-oncological MRI", Physica Medica, Vol. 83, pp. 161-173, 2021. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.03.003

[11] D. J. Larkman, R. G. Nunes, "Parallel magnetic resonance imaging", Physics in Medicine & Biology, Vol. 52, No. 7, pp. 15-55, 2007. http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/52/7/R01

[12] H. A. Sharma "MRI physics–basic principles", Acta Neuropsychiatrica, Vol. 21, No. 4, pp. 200-201, 2009. http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5215.2009.00404.x

[13] A. Deshmane, V. Gulani, M. A Griswold, N. Seiberlich, "Parallel MR imaging", Journal of Magnetic Resonance Imaging, Vol. 36, No. 1, pp. 55-72, 2012. http://dx.doi.org/10.1002/jmri.23639

[14] R. Winkelmann, P. Börnert, O. Dössel, "Ghost artifact removal using a parallel imaging approach",

Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine, Vol. 54, No. 4, pp. 1002-1009, 2005. http://dx.doi.org/10.1002/mrm.20640

[15] S. Y. Kwon, W. T. Lim, S. K. Hong, K. S. Kim, "Image Quality Evaluation according to Change of GRAPPA factor and ACS Line in The VIBE Sequence using The GRAPPA technique", Journal of the Korean Society of MR Technology, Vol. 26, No. 1, pp. 43-50, 2016.

[16] N. Y. Kim, J. H. Kim, J. Lim, S. H. Kang, Y. J. Lee, "Evaluation of Tendency for Characteristics of MRI Brain T2 Weighted Images according to Changing NEX: MRiLab Simulation Study", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 15, No. 1, pp. 9-14, 2021. https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.1.9

[17] A. P. S. Kirkham, M. Emberton, C. Allen, "How good is MRI at detecting and characterising cancer within the prostate?", European urology, Vol. 50, No. 6, pp. 1163-1175, 2006. http://dx.doi.org/10.1016/j.eururo.2006.06.025

[18] A. Rastogi, G. Brugnara, M. Foltyn-Dumitru, et al., "Deep-learning-based reconstruction of undersampled MRI to reduce scan times: a multicentre, retrospective, cohort study", Lancet Oncology, Vol. 25, No. 3, pp. 400-410, 2024. http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(23)00641-1

[19] H. J. Kim, S. W. Kang, J. H. Kim, H. Nagar, M. Sabuncu, D. J.A. Margolis, C. K. Kim, "The role of AI in prostate MRI quality and interpretation: Opportunities and challenges", European Journal of Radiology, Vol. 165, pp. 110887, 2023. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2023.110887

[20] Taku Tajima, Hiroyuki Akai, Haruto Sugawara, et al., "Feasibility of accelerated whole-body diffusion-weighted imaging using a deep learning-based noise-reduction technique in patients with prostate cancer", Magnetic Resonance Imaging, Vol. 92, pp. 169-179, 2022. http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2022.06.014

MRI 검사에서 검사 시간 단축에 따른 영상 품질 비교 : 병렬 영상 기법의 가속 인자와 여기 횟수 변화

유세종[1], 양희영[2], 김성호[3,*]

[1]건양대학교 방사선학과
[2]바로세움병원 영상의학과
[3]대전보건대학교 방사선(학)과

요 약

본 연구는 MRI 검사에서 병렬 영상 기법의 가속 인자 증가와 여기 횟수의 감소에 따른 영상을 비교 분석함으로써 영상 품질을 유지하는 데 더 유리한 검사 시간 단축 방법을 제안하고자 하였다. 이를 위해 물 팬텀을 활용하여 MRI 검사를 시행하였고 기준 검사의 조건에서 병렬 영상 기법의 가속 인자를 2, 3, 4, 6으로 증가시켰다. 그리고 여기 횟수는 12에서 6, 4, 3, 2로 줄여 같은 조건으로 검사 시간을 단축했다. 영상 품질 평가를 위해 기준 영상을 바탕으로 SSIM, PSNR, RMSE를 도출하였고 상관관계 분석을 통해 연관성을 분석하였다. 실험 결과, 병렬 영상 기법을 적용하지 않았을 때와 비교하여 가속 인자를 6까지 증가시킴에 따라 SSIM과 PSNR은 약 43%, 76%가량 감소하였다. 그리고 RMSE는 약 15배까지 증가하여 유의미한 변화를 보였다. 상관 분석 결과에서도 SSIM(r=-0.97), PSNR(r=-0.95), RMSE(r=0.913) 모두 높은 연관성이 있었다 ($p<0.05$). 반면, 여기 횟수는 12에서 2까지 감소함에 따라 SSIM, PSNR은 9%, 4.6%가량 감소하였다. 그리고 RMSE는 약 14% 증가하여 상대적으로 낮은 변화를 보였다. 상관 분석 결과에서는 SSIM(r=0.812)과 달리 PSNR, RMSE는 연관성이 없었다 ($p>0.05$). 본 연구의 결과, 같은 조건으로 검사 시간이 단축되었어도 여기 횟수의 감소와 비교하여 병렬 영상 기법의 가속 인자가 증가했을 때 큰 영상 품질 저하가 발생하였다. 따라서 검사 시간을 단축하기 위해 여기 횟수의 감소를 우선 적용하는 것이 영상 품질을 보전하는 데 더 유리하다.

중심단어: MRI, 영상 품질, 검사 시간, 병렬 영상 기법, 가속 인자, 여기 횟수

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	유세종	건양대학교 방사선학과	조교수
(공동저자)	양희영	바로세움병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	김성호	대전보건대학교 방사선(학)과	조교수