



고자장 자기공명영상 개론

김 재 형* | 서울대학교 의과대학 영상의학과

Introduction to high field strength magnetic resonance imaging

Jae Hyung Kim, MD*

Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

* Corresponding author: Jae Hyung Kim, E-mail: jaehkim@snu.ac.kr

Received October 28, 2010 Accepted November 12, 2010

Abstract

Recently 3 tesla (T) magnetic resonance imaging (MRI) has been increasingly used in the clinical field. 3T MRI has many advantages, such as a better signal-to-noise ratio, increased chemical shift, and increased susceptibility, whereas it has several disadvantages such as increased relaxation time, radiofrequency field inhomogeneity, and increased specific absorption rate. The awareness of these advantages and disadvantages of 3T MRI will lead to better outcomes in clinical and research applications.

Keywords: Magnetic resonance imaging; High field strength; 3 tesla; Advantage; Disadvantage

서론

1980년대 후반 우리나라에 처음 도입된 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 이후 약 10년 동안 널리 설치되어 뇌신경계, 척추 및 근골격계 영상 진단에 필수적인 역할을 담당하게 되었다. MRI의 기술적인 발전에 힘입어 2000년대 들어서면서 심장, 복부, 유방 분야의 영상 진단에도 활발히 시행되고 있다. 아울러 2000년대 초반부터는 기존의 1.5 tesla (T) MRI를 대신하여 3T MRI가

보급되기 시작하였으며, 이에 3T MRI의 많은 장점과 함께 몇 가지 단점을 함께 이해하면 임상 및 연구에 보다 유용하게 이용할 수 있을 것이다[1-5].

신호대잡음비

신호대잡음비(signal-to-noise ratio)는 3T MRI의 가장 중요한 장점이다[1-3]. 이는 자장의 세기에 비례하므로 3T MRI는 1.5T MRI에 비하여 2배의 신호대잡음비를 갖는다

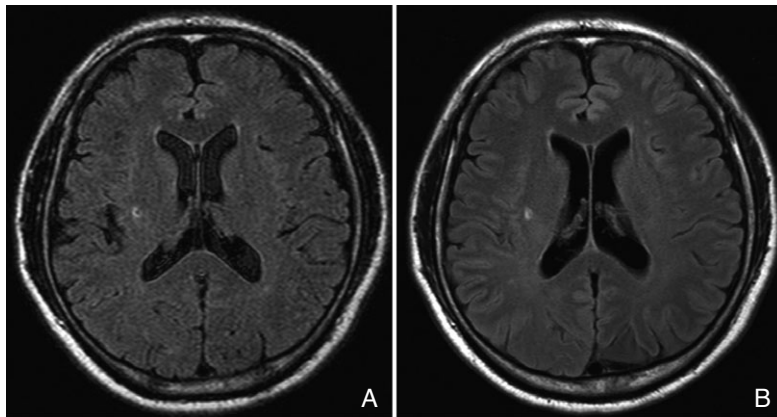


Figure 1. Better signal-to-noise ratio at 3 tesla (T). Fluid attenuated inversion recovery image obtained at 1.5T (A) looks more coarse than the image at 3T (B) in the same patient, reflecting the better signal-to-noise ratio at 3T.

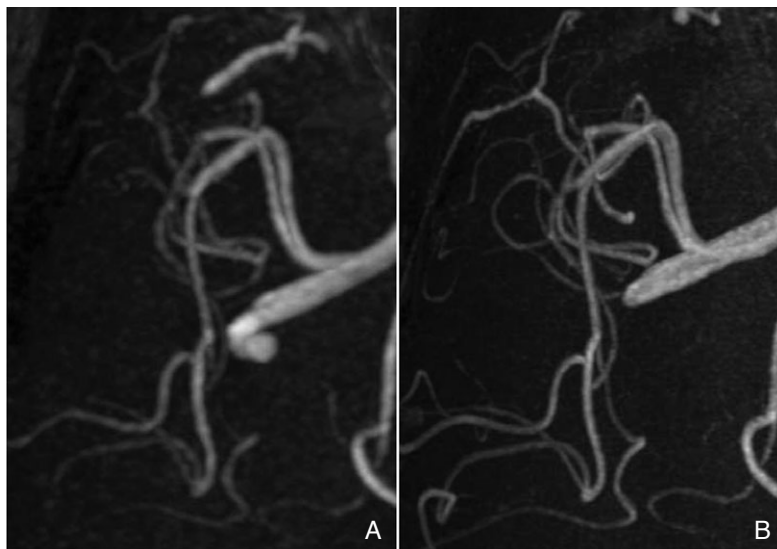


Figure 2. Better spatial resolution at 3 tesla (T). On magnified angiographic images of the right middle cerebral artery at 1.5T (A) and 3T (B) in the same patient, more detailed anatomical resolution is achieved at 3T.

(Figure 1). 증가된 신호대잡음비를 이용하면 스캔시간을 줄이거나 고해상도 영상을 얻을 수 있으므로 임상적인 측면에서 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 예를 들어 미세한 뇌동맥이나 작은 뇌신경 같은 구조물을 더욱 명확하게 표현할 수 있고(Figure 2)[4], 역동적인 관류(perfusion) 영상에서는 스캔 간격을 더 줄일 수 있다. 즉 3T의 우수한 신호대잡음비

를 이용하여 영상의 시간 분해능과 공간 분해능을 증가시킬 수 있다.

화학적 이동

화학적 이동(chemical shift)은 분자의 구조에 따라 수소원자핵 주위의 환경이 달라 발생하는 공명주파수의 미세한 차이를 말하며, 자장의 세기에 비례하여 증가한다[1]. 예를 들어, 지방 속의 수소원자는 물의 수소원자보다 1.5T에서는 220 Hz, 3T에서는 440 Hz만큼 낮은 공명주파수를 갖는다. 따라서 조직 간의 공명주파수 차이를 이용하는 기법인 지방억제기법이나 자기공명분광법에서 3T MRI는 매우 유리하다[5].

한편 단점으로도 작용하는데, 통상적인 T1, T2강조영상에서 지방 조직과의 경계면을 따라 발생하는 화학적 이동 인공물의 위치 변위가 1.5T MRI에 비해 심해진다.

자 화 율

자화율(susceptibility)이란 조영제나 자성을 띠는 물질(철 성분의 물질)이나 공기가 연부조직과 맞닿는 경계면에서 발생하는 국소적인 자기장의 왜곡 현상을 말하며, 이로 인해 그 주

변의 MRI 신호가 감소한다[1-3]. 자화율은 자장의 세기에 비례하므로 작은 출혈의 진단(Figure 3), 관류 영상, 기능적 영상 등에서 3T MRI가 큰 장점을 갖는다. 한편 증가된 자화율에 의한 3T의 단점으로써 부비동과 유두골 내의 공기나 치아 보철에 의한 신호 감소가 더욱 심해져 주변 조직의 영상 질을 떨어뜨린다.

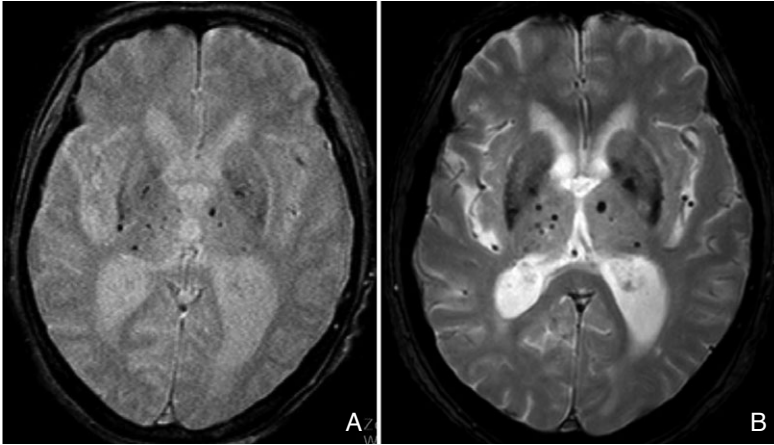


Figure 3. Increased susceptibility at 3 tesla (T). Compared with gradient-echo image obtained at 1.5T (A), the image at 3T (B) of the same patient shows more clearly defined dark dots (microbleeds) in the thalamus, and more conspicuous dark signal intensity (iron deposit) of the basal ganglia, suggesting the increased susceptibility at 3T.

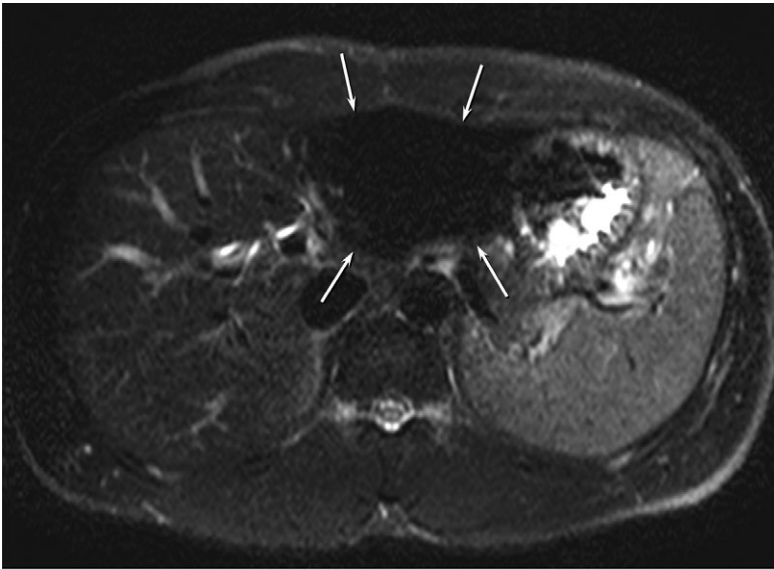


Figure 4. Increased B1 inhomogeneity. Fat-suppressed T2-weighted image of the liver shows a large-sized signal loss (arrows) in the left lobe area due to an artifact caused by the inhomogeneous radiofrequency field.

이완시간

자장의 세기가 증가함에 따라 T1이완시간(relaxation time)은 길어지며, T2이완시간은 크게 변하지 않는다[1].

3T MRI의 길어진 T1이완시간은 조영제를 사용할 때 조직의 조영증강 효과를 1.5T MRI보다 높인다. 혈관촬영술에서는 주변 뇌조직 신호를 더욱 억제시켜 상대적으로 혈관이 더 높은 신호로 보이는 장점이 있다. 그러나 단점으로서 길어진 T1이완시간은 조직 사이의 T1 대조도를 감소시킨다. 예를 들어 뇌와 척수의 T1강조영상에서 백질과 회색질의 대조도가 1.5T MRI에 비해 낮아진다[1].

B1 비균질화

이는 3T MRI의 큰 단점으로서 복부, 유방 등 범위가 넓은 부위를 촬영할 때 고자장 MRI에서 나타나는 문제이다. 동일한 고주파 펄스에 의해 어떤 부위는 에너지를 제대로 흡수하나 어떤 부위는 제대로 흡수하지 못하여 국소적으로 신호가 감소하는 현상이 생긴다[1]. 간 MRI에서 흔히 좌엽 부위에 이러한 신호 감소하는 인공물이 나타날 수 있다(Figure 4). 이를 극복하기 위한 방편으로 다차원 고주파 펄스 기법이 개발되고 있다.

특이흡수율

고주파 펄스에 의해 인체에 흡수된 에너지는 열을 발생시킨다. 이러한 에너지를 특이흡수율(specific absorption rate, SAR)이라 하며 자장 세기의 제곱에 비례하므로

이는 3T MRI의 또 하나의 단점이다[1]. 3T MRI의 고주파 펄스는 1.5T MRI에 비해 에너지가 4배 정도 높으므로 영상 기법의 여러 파라미터 설정 시에 주의가 요망된다. 따라서

반복시간을 늘이거나 숙임각(flip angle)을 줄이는 방법이 사용되며, 하드웨어 측면으로는 특수한 코일을 이용한 parallel 영상기법을 사용하여 가하는 고주파 펄스의 수를 줄일 뿐만 아니라 스캔 시간까지 줄일 수 있다. 실제 사용자 측면에서는 각종 영상의 파라미터 설정 시에 허용치의 SAR가 MRI 장비내에서 자동 계산되어 반영되므로 특별히 신경 쓸 필요는 없다.

결론

지금까지 언급한 3T MRI의 몇 가지 단점에도 불구하고 향후 3T MRI는 1.5T MRI를 점차 대체해 나갈 것으로 본다. 현재의 단점들은 새로운 코일이나 SAR를 더욱 감소시킬 수 있는 기법의 개발로 점차 해결될 것이며 기존의 영상기법들이 더욱 발전할 것이다.

핵심용어: 자기공명영상; 고자장; 3 테슬라; 장점; 단점

REFERENCES

1. Kim DH, Kim DH, Huh YM. High tesla MRI. In: Korean Society of Magnetic Resonance in Medicine. Magnetic resonance imaging. Seoul: Iljogak; 2008. p. 341-354.
2. Schmitz BL, Aschoff AJ, Hoffmann MH, Grön G. Advantages and pitfalls in 3T MR brain imaging: a pictorial review. AJNR Am J Neuroradiol 2005; 26: 2229-2237.
3. Frayne R, Goodyear BG, Dickhoff P, Lauzon ML, Sevick RJ. Magnetic resonance imaging at 3.0 Tesla: challenges and advantages in clinical neurological imaging. Invest Radiol 2003; 38: 385-402.
4. Bernstein MA, Huston J 3rd, Lin C, Gibbs GF, Felmlee JP. High-resolution intracranial and cervical MRA at 3.0T: technical considerations and initial experience. Magn Reson Med 2001; 46: 955-962.
5. Barker PB, Hearshen DO, Boska MD. Single-voxel proton MRS of the human brain at 1.5T and 3.0T. Magn Reson Med 2001; 45: 765-769.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 임상진단에 있어 최근 빠른 속도로 기존의 1.5T 기기를 대체하고 있는 3T 고자장 자기공명영상술에 관한 개괄적 내용을 담고 있으며, 특히 1.5T와의 기본적인 물리학적 차이점을 신호대잡음비, 화학적 이동, 자화율, 이완시간, B1 비균질화, 특이흡수율의 6항으로 나누어 각각의 항목에서 실제 임상 적용시 발생하는 장점과 단점을 알기 쉽게 일목요연하게 기술하고 있다. 매우 간략한 내용이지만 3T 기기의 현재 위치를 영상의학과 관계자가 아닌 비전문가가 보아도 쉽게 이해할 수 있도록 그 물리학적 특성을 중심으로 기술한 매우 유용한 개론이라 하겠다.

[정리: 편집위원회]