

◆ 원 저 ◆

뇌 동맥류 질환 자기공명검사에서
고분해능(High-Resolution) 기법의 관한 연구
- 고분해능기법과 표준기법 비교 -

최성현¹ · 구은희² · 황선광¹ · 이강원¹ · 이종웅^{1,3}

¹강동경희대학교병원 영상의학과 ·

²서울대학교병원 영상의학과 · ³광운대학교 전자공학과

A Study on High-Resolution Technique in MRI Scan for Cerebral Aneurysm
Disease
-Comparison between High-Resolution Technique and Standard Technique-

Sung Hyun Choi¹ · Eun Hoe Goo² · Sun Kwang Hwang¹ · Gang Won Lee¹ · Jong Woong Lee^{1,3}

¹Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gang-dong·

²Department of Electronics and Communications Engineering, Gwangwoon University·

³Department of radiology, Seoul National University Hospital

Abstract

The purpose of this study was to examine usefulness of 3T equipment-based time-of-flight magnetic resonance angiography (3T-TOF MRA) by comparing standard technique (ST) with high resolution technique (HRT) in evaluation of cerebral blood vessel. The 3T-TOF MRA was performed for 31 patients who were suspected of having cerebrovascular disease from March to July 2010. For evaluation of cerebral blood vessel, classification was conducted randomly: group I that included vertebral artery and basilar artery, group II that ranged from 2.5cm before basin part of common carotid artery to basin part

Received January 15, 2012, 1st Revised February 07, 2012/ 2nd
Revised February 26, 2012/ Accepted for Publication March 05,
2012

Corresponding Author: 구은희
(110-744) 서울시 종로구 연건동 28번지
서울대학교병원 영상의학과
Tel: 02) 2072-3947 Fax: 02) 831-2880
E-mail: eunhoegoo@gmail.com

I. 서론

of internal and external carotid arteries and to genu part of internal carotid artery, group III that ranged from vertebral part of internal carotid artery to the first basin art of anterior and middle cerebral through education recognizes the importance of dose reduction and examine if their efforts and further reduce patient dose could achieve optimization of the medical exposure is considered.

Key Words : Keyword : 3T-TOF MRA, ST, HRT, SNR, CNR

자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography, MRA)은 고식적혈관조영술(conventional angiography, CA)에서 보이는 혈관 영상처럼 나타내기 위하여 여러 가지 기법들이 다양하게 개발되어 현재는 혈관의 특성화와 구조를 비교적 정확히 표현하여 임상에서 널리 사용하고 있다.¹⁻⁷ MRA 기법 중 time-of-flight (TOF)와 phase contrast(PC)기법 등 두 가지 기법이 널리 이용되고 있는데, 대개 두 개 내 동맥은 시간이 짧게 걸리는 장점이 있는 3D TOF 기법을 이용하며 특히 뇌경색, 뇌동맥류환자에서 MRA는 이미 그 유용성을 널리 인정 받아 왔다.⁸⁻¹⁰ 초급성 뇌경색의 경우에도 어느 혈관에 협착 혹은 폐색이 왔는지 매우 신속하게 알 수 있어 매우 유용한 검사로 알려져 있다.¹⁻⁹ 그러나, 검사 시간의 단축을 위해 윌리스 환(willis of circle)을 중심으로 근위부 혈관만 확인하는 정도로 펄스연쇄를 구성하여 원위부 혈관의 상태는 파악하기 힘들며, 좋은 영상을 얻기 위해 검사 시간을 길게 해도 많은 경우 환자가 협조적이지 않아 양질의 영상을 얻기 힘든 단점이 있었다.⁴⁻⁸ 그래서 신속하게 영상을 얻을 수 있으며 비교적 세밀한 혈관 영상을 얻는 조영증강 MRA(con-

trast enhanced, CE-MRA)를 시행하는 경우도 있다.¹¹⁻¹⁵ 그러나 이 기법도 다량의 조영제를 주입해야하며 따라서 고비용의 문제와 정확한 스캔 시간을 지키지 않으면 원하는 혈관조영 영상을 얻게 되는 단점이 있었다.¹⁴⁻¹⁵ 최근에 3.0 Tesla의 고자장 자기공명영상 기기가 개발되어 임상에 사용 중이다.¹⁶⁻¹⁸ 자장의 세기가 증가함에 따라 신호 대 잡음비가 향상되어 양질의 영상을 얻을 수 있고 영상을 얻을 때 검사시간이 단축되는 장점이 있다. 특히 뇌혈관 MRA 검사 시 일반적으로 적용되는 기법 중 표준기법(standard technique; ST)을 적용하였을 때 뇌동맥류 질환을 모출 하는데 있어서 다소 혈관의 양상이 잘 나타나지 않을 경우가 있다. 이에 본 논문은 표준기법과 고분해능기법(high resolution technique; HRT)을 비교하여 3T 장비를 이용한 Time-of-flight(TOF) 자기공명 뇌혈관 조영술의 유용성에 대해 알아보려고 한다.

II. 연구대상 및 방법

2010년 3월부터 7월까지 뇌혈관 질환이 의심된 남자 15명, 여자 16명 총 31명의 환자를 대상으로 하였고, 연령범위는 20세에서 80세로 평균연령 40세였다. 사용한

Table 1. A comparative parameters of standard and high resolution technique at 3.0 Tesla.

Parameter	Standard 3.0T	High Resolution 3.0T
Echo time(msec)	6.9	3.74
Repetition time(msec)	25	21
No. of sections	52	48
Acquisition time(min:sec)	3:36	8:33
Section thickness(mm)	0.6	0.5
Field of view(mm)	178 × 220	250 × 250
Acquisition matrix(pixel)	208 × 512	403 × 448
Voxel volume	0.92 × 0.4 × 0.6	0.5 × 0.5 × 0.5

장비는 3.0Tesla (SIEMENS, MAGNETOM, A Tim System)을 사용하였고, TOF 기법은 고분해능과 표준기

장비는 3.0Tesla (SIEMENS, MAGNETOM, A Tim System)을 사용하였고, TOF 기법은 고분해능과 표준기

법을 이용하였다. 데이터 수집은 32채널 Head Coil을 사용하였다. 두 기법의 매개변수는 Echo time(msec)에서 표준기법은 6.9msec이고 고분해능기법은 3.74msec로 하였다. Acquisition time에서는 표준기법은 3분 36초가 고분해능기법은 8분 33초로 표준기법보다는 2배 이상 검사 시간이 소요되었다. Voxel volume 값에서 표준기법에서는 $0.92 \times 0.4 \times 0.6$ 이고 고분해능기법은 동일한 값인 $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ 가 이용 되었다 (Table 1).

평가방법으로는 정량적 분석과 정성적 분석으로 하였다. 정량적 분석에서 혈관의 동맥류 정도에 대한 평가는 신호 대 잡음비(SNR)와 대조도 대 잡음비(CNR)을 각각 비교하여 그 우위를 평가하였다(Eq. 1,2).

$$SNR = \frac{ICA, MCA \text{ 신호강도}}{\text{배경신호의 표준편차}} \dots\dots\dots(1)$$

$$CNR = \frac{ICA, MCA \text{ 신호강도} - \text{인접조직}}{\text{배경신호의 표준편차}} \dots\dots\dots(2)$$

정성적 평가 방법으로 뇌혈관 평가를 위해 추골동맥과 기저동맥을 포함하여 I군, 총경동맥의 분지부위 2.5 cm 전부터 내·외경동맥 분지 부위에서 내경동맥의 무릎 (genu)부위 까지를 II군으로 하였고, 내경동맥의 추체부위에서 전·중 대 뇌동맥의 1차분지 부위까지를 III군, 그리고 각각 전·중 대 뇌동맥 1차분지 그 이하 부위를 IV군으로 구분하였다. 이 정성적 평가는 2명의 경험있는 영상의학과 의사와 방사선사가 표준기법 (stan-

의 혈관의 양상이 잘 나타나는 경우를 3점, 양상이 잘 나타나지 않으나 판독이 가능한 경우를 2점, 잡상 등으로 혈관의 평가가 어려운 경우를 1점으로 표기하였다. 유의성에 대한 평가는 SPSS 12.0 통계프로그램을 이용하여 paired t-test로 차이가 있었다.

III. 결 과

3D TOF MRA에서 고분해능기법의 SNR은 329.64 ± 35.56 대조도대 잡음비는 86.61 ± 09.31 이었고, 표준기법은 219.29 ± 19.14 , 그리고 49.71 ± 8.25 로 차이가 있었다 (Table 2).

Table 2. SNR(ICA, MCA) and CNR(ICA, MCA) in 31 subjects at 3D TOF MR Angiography

Ratio	Standard	High-Resolution
SNR	219.29 ± 19.14	329.64 ± 35.56
CNR	49.71 ± 8.25	86.61 ± 9.31

Note: Data are Means \pm SD

정성적 평가의 Figure 1에서 표준기법의 경우 3점으로 혈관의 양상이 잘 나타나고 있지만, 고분해능기법을 적용함으로써 MCA에서 뻗어지는 혈관의 잔가지들이 더욱 뚜렷히 나타나는 것을 알 수 있다. Figure 2에서

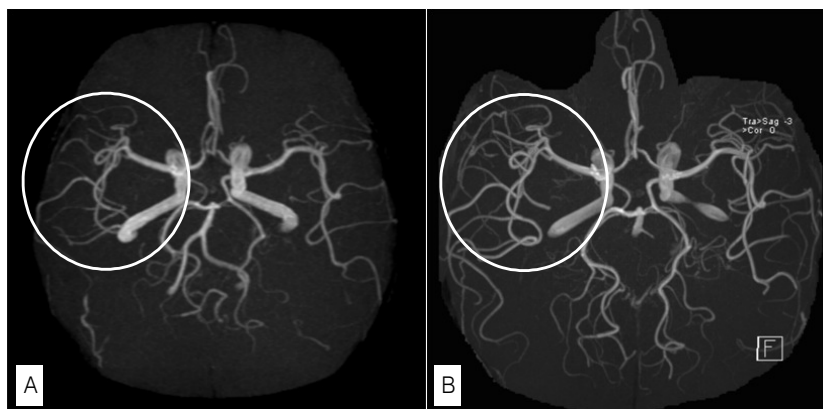


Fig. 1. The case that vessel assumes aspect well.

A. Standard, B. High-Resolution.

ard technique)과 고분해능 (high resolution technique)기법을 적용하여 결과를 모르는 상태에서 각 군

표준기법은 2점으로 혈관의 양상이 잘 나타나지 않으나 판독 가능한 경우이다. ICA에서 분지되는 MCA와 ACA

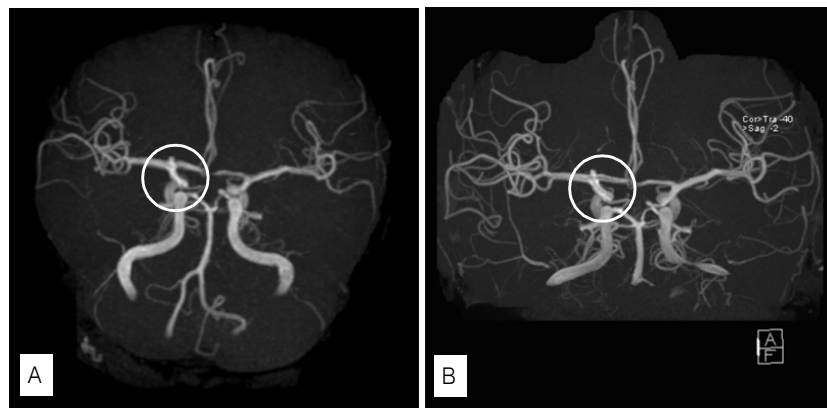


Fig. 2. The case that vessel does not assumes well but decipher is possible.
 A. Standard, B. High-Resolution

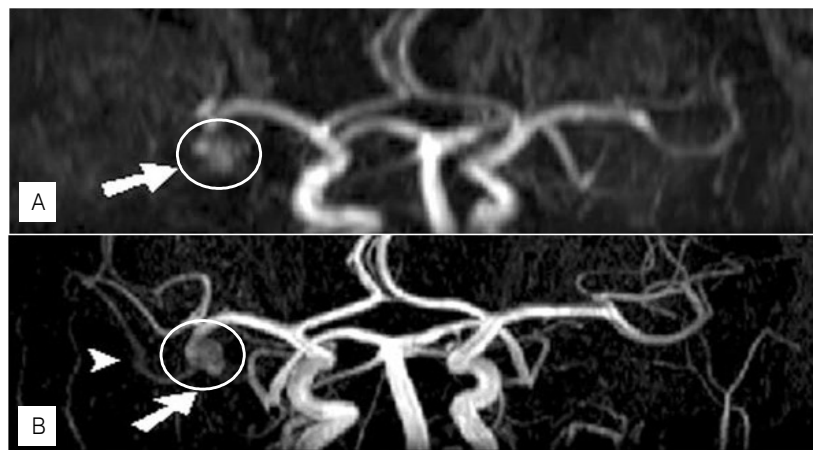


Fig. 3. The case that the estimate of vessel is difficult.
 A. Standard, B. High-Resolution

를 포커스로 고분해능기법을 적용한 영상과 비교하였을 때 선예한 영상을 확인할 수 있다. Figure 3은 표준기

Table 3. Scores for vascular depiction.

	Standard	High-Resolution
Group I	2.72	2.94
Group II	2.43	2.56
Group III	2.40	2.52
Group IV	2.21	2.36

Note: Data are Means \pm SD

법을 적용한 영상에서 1점으로 잡상등으로 혈관의 평가가 어려운 경우이다. 표준기법을 적용한 영상의 경우

MCA의 혈관과 잔가지들의 평가가 어려우며 aneurysm의 크기와 형태가 거의 식별하기 어려운 것을 볼 수 있다. 하지만 고분해능기법의 경우 MCA와 aneurysm의 크기와 형태가 잘 나타나고 있음을 알 수 있다. 정성적 평가에서 I, II, III, IV군의 고분해능 기법은 각각 2.94, 2.56, 2.52, 2.36으로 나타났고, 표준기법에서는 2.72, 2.43, 2.40, 2.21로 차이는 있었으나 두 가지 기법 모두 혈관의 양상에 대한 파악은 잘 되는 것으로 나타났다 (Table 3, Fig 1, 2, 3).

IV. 고찰

뇌경색이나 뇌혈관질환이 의심될 때 혈관의 상태 및 원인을 파악하기 위한 가장 좋은 진단기법은 CA이다. 그러나 CA는 혈관 내에 카테터를 삽입하여 다량의 조영제를 투여해야하는 침습적이며 비교적 위험성이 있는 검사방법이어서, 이를 대체하려는 많은 기법들이 개발되었다.¹⁻⁷ 특히 뇌경색환자의 대부분이 고령이며 혈관의 굵기가 심하고 동맥경화의 요인이 기저질환으로 있을 가능성이 높아 CA의 부작용으로 뇌색전증을 유발할 위험도 있어 쉽게 CA를 실시하지 못한다. 따라서 전산화단층혈관조영술이나 MRA가 널리 임상에서 이용되고 있다.¹⁻¹⁰ 특히 MRA는 뛰어난 공간 해상력으로 뇌의 병변을 쉽고 정확하게 찾을 뿐 아니라 전산화단층혈관조영술같이 다량의 조영제를 환자에게 투여하는 일 없이 혈관조영상을 얻을 수 있기 때문에 임상에서 기본적으로 이용하고 있다. 뇌혈관질환이 의심될 때 필수적인 진단법중의 하나가 된 MRA 기법은 TOF 기법과 PC 기법이 있다.^{3-5,11} TOF 기법은 영상단면에 들어오는 새롭고, 불포화된 완전히 자기화된 스핀에 의해 발생하는 신호에 의해 혈관조영상이 이루어지며, PC기법은 영상단면대로 들어오는 유입되는 혈액에 의한 속도와 관련이 있는 위상차에 의해 발생하는 신호에 의해 혈관조영이 이루어지는데 이 중 TOF 기법이 시간이 적게 걸리고 손쉽게 혈관조영상을 얻을 수 있어 임상에서 많이 사용하고 있다. 또한 3차원 기법이 신호 대 잡음비가 우수하고, 복셀크기가 적으며 반향시간이 짧기 때문에 2차원 기법보다 널리 사용한다. 그렇지만 기존의 1.5T 자기공명영상기기를 이용한 standard TOF 기법은 몇 가지 제한점이 있다.¹¹⁻¹³ 첫째 비교적 공간분해능이 좋지 않아 작은 혈관들을 침범하는 병변을 찾기 힘들다. 두번째로 혈관과 배후조직사이의 대조도가 혈류속도에 의해 좌우되어 대조도 대 잡음비와 병적상태에서 느린 혈류속도를 보이는 혈관의 조영에 영향을 주게 된다. 최근 임상에서 이용되기 시작한 3T의 고자장 자기공명영상기는 여러 가지 장점이 있다.¹⁶⁻¹⁸ 그 중 하나는 자장의 세기에 선형으로 비례하는 신호 대 잡음비의 향상이다. 일부 팬텀연구에서 1.5T 장비보다 2배 이상의 신호 대 잡음비가 증가하는 것으로 보고되고 있다. 이러한 장점은 곧바로 MRA에 큰영향을 끼치는데 고해상의 영상을 얻을 수 있고 짧은 시간 내에 스캔을 할 수 있다는 것이다. 본 연구는 기존에 뇌혈관 질환 검사 시 standard TOF 기법을 이용하여 주로 검사를 하였으나 해상도를 비롯하여 영상의 신호대 잡음비가 많이 떨어

져 있었다. 특히 작은 동맥류 질환인 경우에는 잘 보이지 않아 기존 TOF 기법으로 해결되지 않는 경우가 있었다. 그러나 본 실험에서 적용된 고해상도 TOF 기법은 작은 동맥류 질환을 비롯하여 다양한 동맥류 형태의 질환을 모두 묘출을 가능하게 하였다. 그러나 해상도나 신호대 잡음비가 높은 반면에 검사소요 시간이 기존에 기법에 비해 오래 걸리는 단점을 가지고 있다. 본 실험에서 3.0T 자기공명영상장치를 이용했지만, 1.5T 장비를 이용할 경우에 본 실험에서 시도한 고해상도 TOF 기법을 적용시킨다면 3.0T 장비의 standard TOF 기법에 비해 동맥류 질환에 대하여 높은 정보를 제공할 것이라고 사료된다.

V. Conclusion

뇌혈관 평가에 있어서 정량적 분석과 정성적 분석을 통하여 표준기법과 고분해능기법을 비교분석 후 3T-TOF MRA의 유용성에 대해 알아보하고자 하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. 정량적 평가에서 고분해능 기법의 신호대 잡음비는 329.64 ± 35.56 대조도대 잡음비는 86.61 ± 09.31 였고, 표준기법은 219.29 ± 19.14 , 그리고 49.71 ± 08.25 로 차이가 있었다. 2. 정성적 평가에서 I, II, III, IV군은 고분해능 기법에서 각각 2.94, 2.56, 2.52, 2.36으로 나타났고, 표준기법에서는 2.72, 2.43, 2.40, 2.21로 차이는 있었으나 두 가지 기법모두 혈관의 양상에 대한 파악은 잘 되는 것으로 나타났다. 결론적으로 3T-TOF MRA는 뇌혈관 평가에 있어서 표준기법과 고분해능 기법을 비교했을 때, 고분해능기법이 혈관상태를 적절하게 평가할 수 있는 유용한 검사라고 사료된다.

참고문헌

1. 김아영, 최혜영, 정은철, 광현주, 윤희자, 이선화. 뇌경색환자에서의 자기공명영상 및 자기공명 혈관조영술 소견과의 비교. 대한방사선의학회지 1996; 34: 345-50.
2. 문용재, 김준호, 서정진 등. 뇌경색환자의 예후평가에서의 자기공명 혈관 조영술의 유용성. 대한방사선의학회지 1994; 31: 607-13.
3. 장남규, 서정진, 정태웅 등. 뇌경색환자에서 Enhanced 3D-TOF 자기공명 혈관 조영술: 고식적 혈

- 관조영술과의 비교. 대한방사선의학회지 2000; 42: 575-83.
4. Elgersma OEH, Wust AFJ, Buijs PC, et al. Multidirectional depiction of internal carotid arterial stenosis : three - dimensional time-of-flight MR angiography versus rotational and conventional digital subtraction angiography. *Radiology* 2000; 216: 511-6.
 5. Gillard JH, Oliverio PJ, Barker PB, Oppenheimer SM, Bryan RN. MR angiography in acute cerebral ischemia of the anterior circulation: a preliminary report. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997; 18: 343-50.
 6. Randoux B, Marro B, Koskas F, et al. Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional gadoliniumenhanced MR, and conventional angiography. *Radiology* 2001; 220: 179-85.
 7. Hirai T, Korogi Y, Ono K, et al. Prospective evaluation of suspected stenooclusive disease of the intracranial artery: combined MR angiography and CT angiography compared with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 93-101.
 8. Chung TS, Joo JY, Lee SK, et al. Evaluation of cerebral aneurysms with high-resolution MR angiography using a section-interpolation technique: correlation with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999; 20: 229-35.
 9. White PM, Wardlaw JM, Easton V. Can non-invasive imaging accurately depict intracranial aneurysms? a systemic review. *Radiology* 2000; 217: 361-70.
 10. Lysakowski C, Walder B, Costanza MC, Tramr MR. Transcranial doppler versus angiography in patients with vasospasm due to a ruptured cerebral aneurysm. *Stroke* 2001; 32: 2292-8.
 11. Yang JJ, Hill MD, Morrish WF, et al. Comparison of pre- and postcontrast 3D time-of-flight MR angiography for the evaluation of distal intracranial branch occlusion in acute ischemic stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 557-67.
 12. van Heesewijk HPM, Vos JA, Louwerse ES, et al. New brain lesions at MR imaging after carotid angiography and stent placement. *Radiology* 2002; 224: 361-5.
 13. Nederkoorn PJ, Elgersma OEH, van der Graaf Y, Eikelboom BC, Kappelle LJ, Mali WPTM. Carotid artery stenosis: accuracy of contrast enhanced MR angiography for diagnosis. *Radiology* 2003; 228: 677-82.
 14. Remonda L, Senn P, Barth A, et al. Contrast-enhanced 3D MR angiography of the carotid artery: comparison with conventional digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2002; 23: 213-9.
 15. Hustoan III J, Fain SB, Wald JT, et al. Carotid artery: elliptic centric contrast-enhanced MR angiography compared with conventional angiography. *Radiology* 2001; 218: 138-43.
 16. Compeau NG, Huston III J, Bernstein MA, et al. Magnetic resonance angiography at 3.0 Tesla: initial clinical experience. *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, 2001; 12: 183-204.
 17. Al-Kwif O, Emery DJ, Wilman AH. Vessel contrast at three Tesla in time-of-flight magnetic resonance angiography of the intracranial and carotid arteries. *J Magn Reson Imaging* 2002; 20: 181-7.
 18. Frayne R, Goodyear BG, Dickhoff P, et al. Magnetic resonance imaging at 3.0 Tesla: challenges and advantages in clinical neurological imaging. *Invest Radiol* 2003; 38: 385-402.