

# 경동맥 영상의 진단적 가치: 초음파, 전산화단층촬영 및 자기공명영상

연세대학교 의과대학 영상의학과학교실

이 승 구

## Diagnostic Yield of Carotid Imaging: Duplex US, CT and MRI

Seung-Koo Lee, MD, PhD

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

### 서 론

내경동맥 협착은 두개내 내경동맥이나 경부 두개외 내경동맥의 동맥경화성 협착을 의미하며, 우리나라는 과거 두개내 내경동맥 협착증이 주를 이루었으나, 최근에는 서구화된 생활 습관과 음식 문화로 인해 점차 두개외 내경동맥 협착이 늘어가고 있는 추세이다.<sup>1</sup> 내경동맥 협착은 지속적인 죽상경화증의 진행에 의해 이루어지며, 뇌졸중의 발생과 직접적인 연관이 있기 때문에 이에 대한 초기 진단의 중요성이 대두되고 있다. 과거에는 고식적 혈관조영술이 유일한 진단법이었으나 초음파, 전산화단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI)의 기술이 발달되면서 점차 비침습적인 진단 기술이 임상에 적용되기 시작하였다. 특히 최근 소개된 다중검출 CT(MDCT)는 고해상도의 혈관 영상을 빠른 시간내에 얻을 수 있어 두개내 및 두개외 내경동맥 협착 진단에 많은 도움을 주고 있다. 본 소고에서는 초음파를 비롯한 각종 비침습적 혈관 평가 방법의 임상적 유용성과 기존의 고식적 혈관촬영술에 비해 어느 정도 진단적 가치가 있는지 알아보고, 각각의 장단점에 대해 간단히 기술하고자 한다.

### 도플러 초음파(Doppler Ultrasonography, Duplex Ultrasound)

도플러 초음파는 음원과 수신기 사이에 움직임이 있으면

음파의 주파수가 변하는 성질을 이용하여 움직이는 혈류의 속도를 측정해 낸다. 도플러 변위는 혈류 속도에 비례하고, 탐촉자의 주파수에 비례하며 입사각에 영향을 받는다. 입사각이 60°를 넘으면 오차가 갑자기 커지고, 0°에 가까워질수록 반사가 많이 되기 때문에 입사각을 30~60° 정도로 유지하면 양질의 도플러 영상을 얻을 수 있다.

경동맥 협착증의 진단에 있어서 초음파의 장점은 무엇보다도 무증상 환자군에 대한 스크리닝에 있다. 초음파는 다른 어떤 진단 수기보다 안전하고, 방사선 위험이 없으며 비침습적이기 때문에 스크리닝 검사로 적절하며 높은 검출률을 나타내는 것으로 알려져 왔다.<sup>2,3</sup> 동맥경화의 변화로 두꺼워진 혈관벽을 객관적으로 측정하는 데는 intima-media thickness (IMT)를 이용하며, 보다 진행된 경동맥 협착에서 도플러 초음파를 이용하여 혈역학의 이상을 발견하려면 혈관 내강이 40~50% 이상 좁아져야 감지가 가능하다.<sup>4</sup>

손상되기 쉬운 동맥경화반을 조기에 찾는 것은 동맥경화증에서 실제적인 뇌졸중으로 이어지는 길목을 찾아내는 중요한 작업이다.

최근 발표된 결과에 의하면 매끈한 경화반보다 불규칙한 표면을 보이는 경화반이 뇌졸중 위험이 더 높은 것으로 알려져 있고, 저음영 에코의 경화반이 고음영 에코보다 더 손상되기 쉬운 것으로 여겨지고 있는데 그 이유는 지질이나 혈중등이 함유될 경우 석회-섬유화된 경우보다 더 낮은 에코를 보이는 것으로 설명되고 있다.<sup>5</sup>

Received: October 16, 2008 / Revised: October 27, 2008 / Accepted: October 30, 2008

Address for correspondence: Seung-Koo Lee, MD, PhD

Department of Radiology, Yonsei University College of Medicine, 250 Seongsan-no, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea

Tel: +82-2-2228-2373, Fax: +82-2-393-3035, E-mail: slee@yuhs.ac

## 전산화단층혈관조영술(CT Angiography)

얼마 전 까지 각종 자기공명영상 기술의 발달로 뇌신경계 질환이나 혈관에 대한 평가에 있어 CT의 역할이 위축되는 경향이 있었으나, 다중검출 CT (MDCT)의 등장은 이와 같은 패러다임을 바꾸게 되었다. 고속으로 매우 얇은 절편의 영상 획득을 통해 여러 방향의 3차원 입체 영상과 혈관 영상을 구현할 뿐만 아니라 동시에 뇌혈류 지도와 같은 각종 기능적 영상을 수행할 수 있게 되어 뇌혈관 질환의 진단에 있어 다방면 CT의 중요성이 예전에 없이 강조되고 있다.<sup>6</sup> CT는 접근성과 응급 환자에 대한 대처 능력에 있어 MRI보다는 한결 우위를 점하고 있고, 0.5 mm<sup>2</sup> 이상의 높은 해상도를 제공하며, 움직임이나 혈류의 유체역학에 덜 민감하다. 또한 석회화된 병변을 잘 볼 수 있기 때문에 자기공명영상과 별도로 독립적인 지위를 유지하면서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 단점으로는 방사선 위해의 문제가 있으며 혈관영상 시 정맥까지 조영되어 판독에 혼동을 줄 수 있고 뇌기저부의 경우 골 구조물에 의해 가려지는 점이 있으나 이와 같은 단점들은 각종 해결책을 통해 극복되고 있다.

최근 연구된 바에 의하면, 뇌혈관 동맥경화증의 경우 digital subtraction angiography (DSA)와 CT Angiography (CTA)가 거의 동일한 검출률을 나타낸다고 되어 있으며 위양성률 역시 2.4% 이하로 CTA의 뛰어난 능력을 검증하고 있고,<sup>7</sup> 일부에서는 CTA가 magnetic resonance angiography (MRA)보다 DSA와 더 잘 일치한다는 연구 보고도 있다.<sup>8</sup> 영상을 해석하는데 있어 volume rendering 기법을 이용한 3차원 영상과 최대강도 투사법(maximal intensity projection, MIP) 기법을 이용한 영상을 같이 활용하면 보다 정확한 판독을 기할 수 있으며 3차원 영상 전용 프로그램을 이용하여 다방면 재구성(multiplanar reconstruction, MPR) 영상을 같이 볼 경우 보다 자세한 혈관의 이상 유무를 알 수 있다. 결론적으로 CTA는 DSA에 비해 안전하며, MRA보다 높은 해상도의 혈관 영상을 제공하여 폐쇄성 뇌혈관 및 내경동맥 질환의 진단에 매우 중요한 역할을 한다.

## 자기공명 혈관조영술(MR Angiography)

자기공명영상은 다른 어떠한 진단 수기보다 뛰어난 연부 조직 대조도로 인해 뇌신경계 질환의 일차적인 진단법으로 자리매김하고 있다. 방사선 위해가 없다는 장점과, 다단면 영상이 가능하다는 점, 그리고 해부학적 영상뿐만 아니라

각종 기능적 영상 및 대사 물질에 대한 평가까지 제공된다. 이는 점에서 가장 뛰어난 영상 진단 수기라고 할 수 있다. 임상에 적용되기 시작한 초기에는 폐쇄성 혈관 질환의 진단률이 그다지 높지 않았으나, 점차 고속-고해상도 촬영 기술이 발달하면서 최근에는 85% 이상의 민감도와 100%에 가까운 특이도를 보이게 되었다.<sup>9-12</sup>

최근에는 3.0T MRI의 보급이 증가되고, gadovist와 같은 1.0M 조영제가 상용화되면서 MRA의 질이 더욱 향상되어 스크리닝 검사의 일차적 선택으로 자리매김을 하고 있다.<sup>13</sup> 그러나 MRA는 혈류역학에 민감하여 각종 인공물이 생성될 경우가 많아 해석에 주의를 요하며, 특히 time of flight (TOF) MRA에서 이와 같은 변화가 많이 보이므로 항상 측상면 이차원 원래 영상과 조영증강 MRA를 같이 비교하여 판독하는 것이 인공물에 의한 위양성률을 낮추는 길이다.

지금까지 MRA를 이용한 혈관 모양에 대한 평가가 주를 이루어왔다면, 앞으로는 혈관벽에 생긴 죽상경화반에 대한 영상이 각광 받을 것으로 예상된다. 일반적으로 쓰이는 스핀 에코 기법을 통한 경화반 검출 뿐만 아니라 각종 신형 조영제를 사용하여 보다 예민도를 높인 진단법이 개발 중이다. Ultrasmall particles of iron oxide (USPIO)는 인체에 투여될 경우 체순환을 거쳐 단핵구-대식세포에 의해 섭취되어 동맥경화반내에 침착된다. 철분 성분의 조영제이기 때문에 T2 강조영상에서 신호가 현저히 떨어지기 때문에 다른 주변 조직과 대비, 경화반을 관찰할 수 있게 된다.<sup>14</sup> 아직 동물 실험 단계이기는 하지만 gadoflurine과 같은 불소계 조영제 역시 동맥경화증을 진단하는데 앞으로 많은 기대가 되는 약제이다.<sup>15</sup>

MRA는 혈류의 유체역학을 이용하는 관계로 유속이나 와류에 의한 인공물이 자주 발생한다. 특히 혈관이 좁아질 경우 와류가 발생, 실제 협착 정도보다 과장되게 나타나는 경우가 흔해 주의를 요한다. MRA의 기본 원리는 움직이지 않는 스핀을 포화시키는 작용이므로, 만약 한 단면에 평행하게 혈관이 주행한다면 혈류 역시 신호가 감소되어 마치 협착이 있는 듯이 보이며 주로 중뇌동맥에서 나타날 수 있고 이를 in-plane saturation이라고 한다. 최근에는 조영증강 자기공명영상이 임상적으로 많이 이용되고 있는데 특히 조영제가 혈관내 최고 농도에 도달할 때에 맞추어 짧은 시간 안에 양질의 해상도와 대조도의 MRA를 얻을 수 있도록 하는 기법이 최근 개발되어 많이 이용되고 있다.<sup>16</sup>

## 결론

초음파, CTA 및 MRA는 기존의 DSA에 비하여 비침습

적으로 혈관의 이상 상태를 평가하고, 예후를 예측하며 치료의 방침을 정하는데 중요한 방향을 제시한다. 각 진단 수기의 특징, 적응증 및 제한점에 대해 잘 숙지하고 스크리닝 검사, 시술 전 검사 또는 추적 검사인지 그 목적에 따라 적절한 수기를 선택하면 보다 정확하고 환자에게 유익한 결과를 도출할 수 있을 것이다.

**중심 단어:** 동맥경화 · 경동맥 · 초음파 · 전산화단층촬영 · 자기공명영상.

## REFERENCES

1. Suh DC, Lee SH, Kim KR, Park ST, Lim SM, Kim SJ, Choi CG, Lee HK. Pattern of atherosclerotic carotid stenosis in Korean patients with stroke: different involvement of intracranial versus extracranial vessels. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24:239-244.
2. Jotkowitz AB, Mark Clarfield A, Faust G, Wartman SA. Screening for carotid artery disease in the general public. *Eur J Intern Med* 2005;16:34-36.
3. Gaitini D, Soudack M. Diagnosing carotid stenosis by Doppler sonography: state of the art. *J Ultrasound Med* 2005;24:1127-1136.
4. de Groot E, van Leuven SI, Duivenvoorden R, Meuwese MC, Akdim F, Bots ML, Kastelein JJ. Measurement of carotid intima-media thickness to assess progression and regression of atherosclerosis. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med* 2008;5:280-288.
5. Kwee RM, van Oostenbrugge RJ, Hofstra L, Teule GJ, van Engelsehoven JM, Mess WH, Kooi ME. Identifying vulnerable carotid plaques by noninvasive imaging. *Neurology* 2008;70:2401-2409.
6. Schramm P, Schellinger PD, Klotz E, Kallenberg K, Fiebach JB, Kulkens S, Heiland S, Knauth M, Sartor K. Comparison of perfusion computed tomography and computed tomography angiography source images with perfusion-weighted imaging and diffusion-weighted imaging in patients with acute stroke of less than 6 hours' duration. *Stroke* 2004;35:1652-1658.
7. Nguyen-Huynh MN, Wintermark M, English J, Lam J, Vittinghoff E, Smith WS, Johnston SC. How accurate is CT angiography in evaluating intracranial atherosclerotic disease? *Stroke* 2008;39:1184-1188.
8. Bash S, Villablanca JP, Jahan R, Duckwiler G, Tillis M, Kidwell C, Saver J, Sayre J. Intracranial vascular stenosis and occlusive disease: evaluation with CT angiography, MR angiography, and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26:1012-1021.
9. Choi CG, Lee DH, Lee JH, Pyun HW, Kang DW, Kwon SU, Kim JK, Kim SJ, Suh DC. Detection of intracranial atherosclerotic stenosis and occlusion with 3D time-of-flight magnetic resonance angiography with sensitivity encoding at 3T. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:439-446.
10. Heiserman JE, Drayer BP, Fram EK, Keller PJ, Bird CR, Hodak JA, Flom RA. Carotid artery stenosis: clinical efficacy of two-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1992;182:761-768.
11. Heiserman JE, Drayer BP, Keller PJ, Fram EK. Intracranial vascular stenosis and occlusion: evaluation with three-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1992;185:667-673.
12. Korogi Y, Takahashi M, Nakagawa T, Mabuchi N, Watabe T, Shio-kawa Y, Shiga H, O'Uchi T, Miki H, Horikawa Y, Fujiwara S, Furuse M. Intracranial vascular stenosis and occlusion: MR angiographic findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997;18:135-143.
13. Yamykh VL, Terashima M, Hayes CE, Shimakawa A, Takaya N, Nguyen PK, Brittain JH, McConnell MV, Yuan C. Multicontrast black-blood MRI of carotid arteries: comparison between 1.5 and 3 tesla magnetic field strengths. *J Magn Reson Imaging* 2006;23:691-698.
14. Trivedi RA, Mallawarachi C, U-King-Im JM, Graves MJ, Horsley J, Goddard MJ, Brown A, Wang L, Kirkpatrick PJ, Brown J, Gillard JH. Identifying inflamed carotid plaques using in vivo USPIO-enhanced MR imaging to label plaque macrophages. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006;26:1601-1606.
15. Koktzoglou I, Harris KR, Tang R, Kane BJ, Misselwitz B, Weinmann HJ, Lu B, Nagaraj A, Roth SI, Carroll TJ, McPherson DD, Li D. Gadofluorine-enhanced magnetic resonance imaging of carotid atherosclerosis in Yucatan miniswine. *Invest Radiol* 2006;41:299-304.
16. Willinek WA, Gieseke J, Conrad R, Strunk H, Hoogeveen R, von Falkenhausen M, Keller E, Urbach H, Kuhl CK, Schild HH. Randomly segmented central k-space ordering in high-spatial-resolution contrast-enhanced MR angiography of the supraaortic arteries: initial experience. *Radiology* 2002;225:583-588.