ISSN 2005-7881
Journal of Neurosonology 1(Suppl. 1):47-51, 2009

급성 뇌졸중에서의 이중 초음파 검사

연세대학교 원주의과대학 신경과학교실

김 서 현

Duplex Sonography in Acute Stroke

Seo Hyun Kim, MD

Department of Neurology, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

서 론

급성 허혈뇌졸중(ischemic stroke) 환자에서 내경동맥(internal carotid artery) 협착은 비교적 흔하게 발견되며,[1,2] 이중 두개 외 내경동맥 협착의 빈도는 생활 습관이나 식습관 등이 서구화됨에 따라 높아지는 추세이다. 두개 외 경동맥질환은 이중 초음파 검사(duplex sonography), 전산화단층 혈관조영술(CT angiography), 자기공명 혈관조영술(MR angiography), 고식적 혈관조영술(conventional angiography) 등을 이용하여 진단하게 되는데, 이중 초음파 검사는 다른 검사에 비해 시행하기 용이하고 안전하므로 무증상 환자의 선별검사뿐 아니라 급성 뇌졸중 환자의 원인 검사에도 유용하다.[3,4] 최근에는 두개경유 색조 이중 초음파 검사(transcranial color duplex sonography)로 두개 내 동맥질환을 진단할 뿐만 아니라, 초음파 에너지를 이용하여 급성 허혈뇌졸중 환자에 혈전용해치료를 시도하기도 한다.[5] 다음에서 저자는 급성 허혈뇌졸중의 원인인 죽상경화증(atherosclerosis), 색전증(embolism), 동맥박리(arterial dissection)에 의한 두개 외 경동맥의 협착 및 폐색에 대하여 기술하고자 한다.

본 론

1. 죽상경화증에 의한 경동맥의 협착 및 폐색

죽상경화증에 의한 허혈뇌졸중의 기전은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 죽상경화판(atherosclerotic plaque)이 파열되어 혈전이 형성되는 경우에 혈전으로 동맥이 폐색되거나 색전으로 원위부 동맥이 폐색되면 혈전색전성 뇌졸중(thromboembolic stroke)이 발생할 수 있다.[6] 둘째, 죽상경화판의 진행으로 동맥 협착이 심한 경우에 특정 상황에서 혈류 감소가 일어나면 혈류역학 뇌졸중(hemodynamic stroke)이 발생할 수 있다.[7]

경동맥 분지(carotid bifurcation) 부위는 죽상경화판이 진행되어 협착이 일어나기 쉬운 해부학적 위치이다(Fig. 1). 허혈뇌졸중 및 일과성 허혈발작(transient ischemic attack)의 10~15%는 죽상경화증에 의한 경동맥 분지 부위의 내경동맥 협착으로 발생한다고 한다.[4] 이전에 증상을 일으킨 두개 외 내경동맥 협착의 정도가 50% 이상인 경우에는, 협착 정도가 심할수록 향후 허혈뇌졸중 발생의 위험은 증가한다.[8,9] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET)과 European Carotid Surgery Trial (ECST)에 의하면,[8,9] 허혈뇌졸중이나 일과성 허혈발작 환자의 증상을

Address for correspondence: Seo Hyun Kim, MD
Department of Neurology, Yonsei University Wonju College of Medicine, 162 Ilsan-dong, Wonju, Gangwon-do 220-701, Korea
Tel: +82-33-741-1252, Fax: +82-33-748-1752, E-mail: s-hkim@yonsei.ac.kr

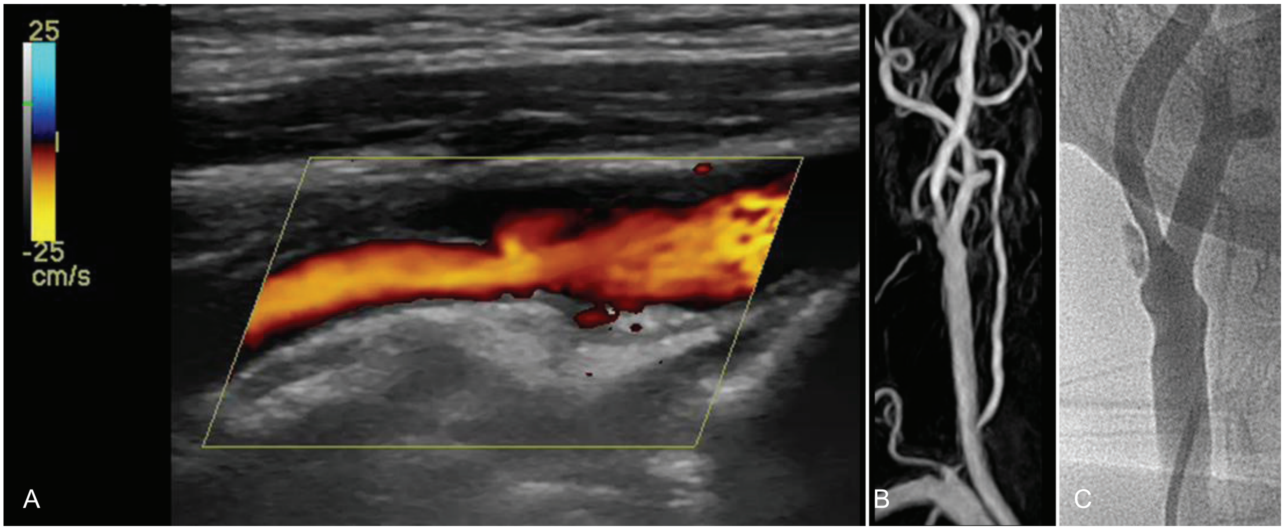

Fig. 1. Color Doppler-assisted duplex imaging (A), MR angiography (B), and conventional angiography (C) of carotid stenosis with ulcerative plaque.

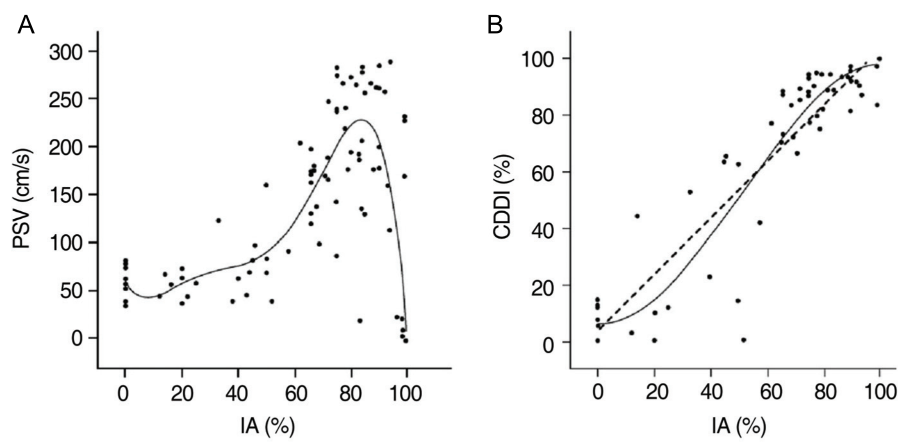

Fig. 2. Correlation analyses between peak systolic velocity (PSV; A)- and color Doppler-assisted duplex imaging (CDDI; B)- derived cross-sectional luminal area reduction measurements and intra-arterial digital subtraction angiography (IA) in determining the degree of internal carotid artery stenosis. The dotted line in (B) indicates first-order regression and the solid lines indicate the best-fitting higher-order regression (A, B). The correlation coefficients were R_5 = 0.85 in (A), and R_1 = 0.94, R_3 = 0.96 in (B).

일으킨 두개 외 경동맥 협착이 심할 경우에는 뇌졸중의 이차 예방을 위하여 경동맥 혈관성형술이 고려되어야 하므로, 경동맥 협착 여부를 검사하는 것은 중요하다.

전산화단층 혈관조영술, 자기공명 혈관조영술, 고식적 혈관조영술은 좁아진 동맥 내강을 영상으로 구현하여 협착을 검사하지만, 경동맥 이중 초음파 검사는 회색도 영상(grayscale imaging)으로 동맥벽의 영상을 구현하고 색조 방식(color mode)과 도플러 스펙트럼 분석(Doppler spectrum analysis)으로 혈류역학 정보를 얻어 경동맥의 협착을 검사한다. 50% 이상의 경동맥 협착을 평가하는데 유용한 초음파 파라미터(parameter)에는 내경동맥 수축기 최고속도(peak systolic velocity: PSV), 내경동맥/총경동맥 PSV비(ICA/CCA PSV ratio), 회색도 영상에서의 협착 측정치, 내경동맥 이완기말 속도(end diastolic velocity: EDV)가 있다.[10] 내경동맥 PSV와 이외의 초음파 파라미터들의 측정치를 종합하여 판독하면 협착 정도를 좀더 정확하게 알 수 있다고 한다(Fig. 2).[11,12] 여러 연구 결과로 협착 정도를 판단하는 파라미터들의 기준치가 제시되었다(Table 1).[11] 실제 검사실에서 경동맥을 검사할 때에는, 제시된 기준치들을 참조하여 각 검사실에 맞게 단일한 기준치를 정하여 적용해야 하겠다. 이외에 혈류역학적으로 심한 내경동맥 협착을 나타내는 초음파 검사의 간접 소견으로는, 협착 원위부 동맥의 EDV 감소, 협착 부위의 색혈류(color flow) 소견, 안동맥의 혈류 역전, 전교통동맥(anterior commu-

Table 1. Consensus panel grayscale and Doppler US criteria for diagnosis of ICA stenosis

Degree of stenosis, %	Primary Parameters		Additional Parameters	
	ICA PSV (cm/sec)	Plaque Estimate (%)	ICA/CCA PSV Ratio	ICA EDV (cm/sec)
Normal	<125	None	<2.0	<40
<50	<125	<50	<2.0	<40
50-69	125-230	≥50	2.0-4.0	40-100
≥70 but less than near occlusion	>230	≥50	>4.0	>100
Near occlusion	High, low, or undetectable	Visible	Variable	Variable
Total occlusion	Undetectable	Visible, no detectable lumen	Not applicable	Not applicable

*Plaque estimae (diameter reduction) with grayscale and color Doppler US.

Table 2. Meta-analysis of sensitivity and specificity for all stenosis groups and imaging techniques

Degree of Stenosis, %	Duplex sonography	CT angiography	MR angiography	Contrast enhanced MR angiography
70-99% stenosis				
Sensitivity	0.89	0.77	0.88	0.94
(95% CI)	(0.85-0.92)	(0.68-0.84)	(0.82-0.92)	(0.88-0.97)
Specificity	0.84	0.95	0.84	0.93
(95% CI)	(0.77-0.89)	(0.91-0.97)	(0.76-0.97)	(0.89-0.96)
50-69% stenosis				
Sensitivity	0.36	0.67	0.37	0.77
(95% CI)	(0.25-0.49)	(0.30-0.90)	(0.26-0.49)	(0·59-0·89)
Specificity	0.91	0.79	0.91	0·97
(95% CI)	(0.87-0.94)	(0.63-0.89)	(0.78-0.97)	(0·93-0·99)
0-49% stenosis or 100% occluded				
Sensitivity	0.83	0.81	0.81	0·96
(95% CI)	(0.73-0.90)	(0.59-0.93)	(0.70-0.88)	(0·90-0·99)
Specificity	0.84	0.91	0.88	0·96
(95% CI)	(0.62-0.95)	(0.74-0.98)	(0.76-0.95)	(0·90-0·99)

nicating artery)이나 후교통동맥(posterior communicating artery)을 통한 측부 혈류, 동측 총경동맥의 박동지수(pulsatility index) 증가, 동측 중대뇌동맥의 박동지수 감소 등이 있다.[13,14]

완전히 폐색된 내경동맥의 이중 초음파 검사 소견으로는 내경동맥 내강의 혈류 측정 불가, 이질의(heterogenous) 물질로 채워진 내경동맥 내강, 폐색 부위에 소위 그루터기 신호(stump signal)의 존재, 그 외에 위 문단에 언급된 초음파 검사의 간접 소견들이 있다(Fig. 3).[15] 거의 폐색되었지만 완전히 폐색되지 않은 내경동맥을 이중 초음파 검사로 검사할 때 내경동맥이 완전히 폐색된 것으로 판독하는 오류를 범하는 경우가 종종 있다. 이때 파워 혈류영상(power flow imaging) 등을 이용하면 최소 잔여 혈류를 예민하게 검사할 수 있어 완전히 폐색된 것과의 감별에 도움이 된다.

내경동맥의 협착이 70~99%인 경우에 이중 초음파 검사는 민감도가 0.89 정도이고 특이도가 0.84 정도로 비교적 높은 것으로 보고된다(Table 2).[16] 단, 이중 초음파 검사의 결과는 검사자의 숙련도에 따라 차이가 날 수 있으므로, 민감도와 특이도를 높이기 위하여는 검사자의 충분한 수련이 필요하다.

동맥 협착뿐 아니라 죽상경화판의 조성도 허혈뇌졸중과 관련된다. 경동맥 이중 초음파 검사는 판(plaque)의 형태학적 특성을 알려주는 장점이 있다. 내부에 출혈이 있거나 파열이 되어 표면에 혈전이 생긴 판은 허혈뇌졸중이나 일과성 허혈발작과 관련이 있는 불안정 판(unstable plaque)으로 알려져 있다.[17-20] 초음파의 회색도 영상에서 출혈이나 혈전은 무반향성(echolucent)으로 나타난다. 또한, 판에 궤양이 있거나, 판의 일부가 움직이거나, 혈관 벽이 종축으로 박동하는 경우에도 혈전색전성 뇌졸중을 일으킬 위험이 있는데, 이중 초음파 검사로 비교적 용이하게 검사할 수 있다.[17,18,20]

2. 비죽상경화증(nonatherosclerosis)에 의한 경동맥의 협착 및 폐색

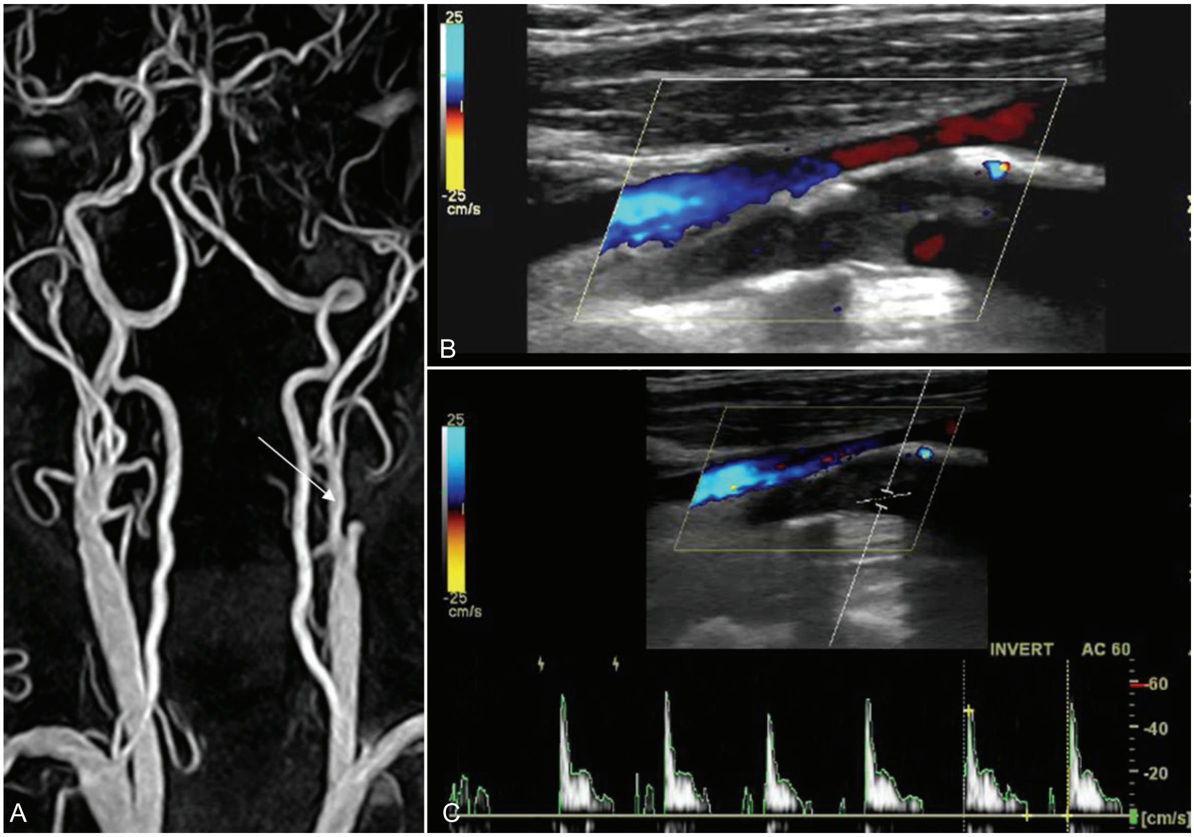

Fig. 3. MR angiography (A) and color duplex sonography (B, C) of left internal carotid occlusion (arrow).

죽상경화증뿐 아니라 색전증과 경동맥 박리 등의 질환에서도 경동맥이 협착되거나 폐색되어 급성 허혈뇌졸중이 발생할 수 있다.

죽상경화증에 의한 폐색과 달리, 심인성이나 정맥성 색전증에 의한 경동맥 폐색의 이중 초음파 검사 소견은 동질의 저반향성(hypoechoic) 덩어리로 혈관 내강이 차 있는 것이다.[21] 경동맥이 폐색된 소견을 보이다가 수일 후 다시 재개통되는 등, 색전성 경동맥 폐색은 시간이 지남에 따라 이중 초음파 검사 소견이 비교적 빠르게 변하는 경향이 있다.[21]

경동맥 박리의 이중 초음파 검사 소견에는 이중 내강(double lumen), 편심성(eccentric)으로 늘어진 혈전형성, 원위부 혹은 근위부 혈관폐색의 간접 소견, 미세색전(microembolism) 신호 등이 있다.[22]

결 론

경동맥 이중 초음파 검사는 뇌졸중 환자의 침상에서 안전하고 신속하게 검사할 수 있으며 필요한 경우에 일정 시간 간격을 두고 반복하여 검사하기 쉬워, 급성 허혈뇌졸중의 원인을 찾고 치료를 결정하는데 유용한 검사이다. 또한 숙련된 검사자가 검사를 할 경우, 비교적 정확하게 혈류 협착이나 폐색을 진단할 수 있다는 장점이 있다.

REFERENCES

1. Oh WS, Lee KY, Kim SH, Chung JI, Kim DI, Kim SH, et al. Characteristics of internal carotid artery stenosis in patients with acute ischemic stroke. J Korean Neurol Assoc 2003;21:121-127.
2. Suh DC, Lee SH, Kim KR, Park ST, Lim SM, Kim SJ, et al. Pattern of atherosclerotic carotid stenosis in Korean patients with stroke: Different involvement of intracranial versus extracranial vessels. AJNR 2003;24:239-244.
3. Saleem MA, Sadat U, Walsh SR, Young VE, Gillard JH, Cooper DG, et al. Role of carotid duplex imaging in carotid screening programmes - an overview. Cardiovasc Ultrasound 2008;6:34-36.
4. Fine-Edelstein JS, Wolf PA, O'Leary DH, Poehlman H, Belanger AJ, Kase CS, et al. Precursors of extracranial carotid atherosclerosis in the Framingham study. Neurology 1994;44:1046-1050.
5. Eggers J. Acute stroke: Therapeutic transcranial color duplex sonography. Front Neurol Neurosci 2006;21:162-170.
6. Leys D. Atherothrombosis: A major health burden. Cerebrovasc Dis 2001;11 Suppl 2:1-4.
7. Bladin CF, Chambers BR. Frequency and pathogenesis of hemody-

namic stroke. Stroke 1994;25:2179-2182.
8. MRC European carotid surgery trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis. European carotid surgery trialists' collaborative group. Lancet 1991;337:1235-1243.
9. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. North American symptomatic carotid endarterectomy trial collaborators. N Engl J Med 1991; 325:445-453.
10. Alexandrov A. Cerbrovascular ultrasound in stroke prevention and treatment. 1st ed. New York: Blackwell Publishing, 2004; 81-129.
11. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov AV, Baker JD, Bluth EI, et al. Carotid artery stenosis: Grayscale and doppler ultrasound diagnosis-Society of radiologists in ultrasound consensus conference. Ultrasound Q 2003;19:190-198.
12. Braun RM, Bertino RE, Milbrandt J, Bray M. Ultrasound imaging of carotid artery stenosis: Application of the Society of radiologists in ultrasound consensus criteria to a single institution clinical practice. Ultrasound Q 2008;24:161-166.
13. Giller CA, Mathews D, Purdy P, Kopitnik TA, Batjer HH, Samson DS. The transcranial Doppler appearance of acute carotid artery occlusion. Ann Neurol 1992;31:101-103.
14. Wilterdink JL, Feldmann E, Furie KL, Bragoni M, Benavides JG. Transcranial Doppler ultrasound battery reliably identifies severe internal carotid artery stenosis Stroke. 1997;28:133-136.
15. AbuRahma AF, Pollack JA, Robinson PA, Mullins D. The reliability of color duplex ultrasound in diagnosing total carotid artery occlusion. Am J Surg 1997;174:185-187.
16. Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJ, Wartolowska K, Berry E. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: A meta-analysis. Lancet 2006;367:1503-1512.
17. Golledge J, Greenhalgh RM, Davies AH. The symptomatic carotid plaque. Stroke 2000;31:774-781.
18. Naghavi M, Libby P, Falk E, Casscells SW, Litovsky S, Rumberger J, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: A call for new definitions and risk assessment strategies: Part I. Circulation 2003;108:1664-1672.
19. Mathiesen EB, Bonaa KH, Joakimsen O. Echolucent plaques are associated with high risk of ischemic cerebrovascular events in carotid stenosis: The Tromso study. Circulation 2001;103:2171-2175.
20. Tegos TJ, Sohail M, Sabetai MM, Robless P, Akbar N, Pare G, et al. Echomorphologic and histopathologic characteristics of unstable carotid plaques. AJNR 2000;21:1937-1944.
21. Kimura K, Minematsu K, Wada K, Uchino M, Yonemura K, Ogata J, et al. Oscillating thromboemboli within the extracranial internal carotid artery demonstrated by ultrasonography in patients with acute cardioembolic stroke. Ultrasound Med Biol 1998;24: 1121-1124.
22. Benninger DH, Caso V, Baumgartner RW. Ultrasound assessment of cervical artery dissection. Front Neurol Neurosci 2005;20:87-101.