

뇌졸중에서의 경두개 초음파 검사

경희대학교 의과대학 신경과학교실

이 태 규

Transcranial Doppler Study in Stroke

Te Gyu Lee, M.D.

Department of Neurology, Kyung Hee University, Medical Center

- Abstract -

Transcranial Doppler (TCD) is an important diagnostic tool for evaluating the patients with stroke. It has some advantages and unique role when compared with other neuroimaging modalities. Recent development of transcranial color-coded Doppler (TCCD) improves the limitation and pitfalls of TCD. The current indications of TCD are as follows :

1. Screening and evaluation of the intracranial major vessels
2. early detection and follow-up of vasospasm due to SAH
3. emboli detection (high-intensity transient signals, HITs)
4. diagnosis and follow-up of subclavian steal
5. evaluation of intracranial collaterals when the extracranial ICA has severe stenosis or occlusion
6. evaluation of cerebral perfusion pressure (intracranial pressure)
7. evaluation of arteriovenous malformation
8. diagnosis and follow-up of arterial dissection
9. diagnosis and follow-up of venous sinus thrombosis (experimental)

Key Words : Transcranial Doppler, Stroke, Transcranial color-coded Doppler

Transcranial Doppler (TCD)란 2 MHz pulsed wave Doppler를 이용하여 두개내 혈관을 해부생리학적으로 측정하는 방법이다. 이는 1982년 Aaslid에 의해 처음으로 그 방법이 기술된 후 널리 사용되게 되었는데 우리나라에도 널리 보급되어 있다. TCD에 의해 측정할 수 있는 두개내 동맥들은 M₁ (proximal MCA), A₁, P₁ & P₂, proximal basilar artery, distal vertebral artery, ophthalmic artery, 그리고 petrous, precavernous, and siphonal portions of the internal carotid artery 등이다. 이의 장점으로는 두개내 혈관의 (해부)생리학적 데이터 (속도, 저항 등)를

얻을 수 있고, 비침습적이고, 언제든지 반복 검사가 가능하며, 이동하여 검사가 가능하고 (예: ICU), 반복 사용해도 인체에 무해하며 검사에 따른 후유증이 없고, 값이 저렴하다는 점이다.

이의 단점으로는 혈관을 직접 볼 수가 없기에 (TCCD는 예외) 이에 따른 에러가 나올 수 있고, 검사자간에 측정치가 약간 다를 수가 있고, 측두골 창이 좋지 않은 환자에서는 검사가 어렵고, 두개내 혈관 중 검사할 수 없는 부위가 있는 점 (예: distal basilar art.) 등이다. 이러한 단점 중 대부분은 최근 개발된 TCCD (Transcranial color-coded Doppler), Power Doppler와 초

교신저자 : 이 태 규

서울특별시 동대문구 회기동 1번지

경희대학교 의과대학 신경과학교실

TEL) 02-958-8491, FAX) 02-958-8490, E-mail) tsilo@unitel.co.kr

음파용 조영제 (예: Levovist)의 등장에 따라 많이 개선되리라 기대된다. TCD의 뇌졸중에 대한 적응증을 열거하면 아래와 같다.

1. Screening and evaluation of the intracranial major vessels
2. early detection and follow-up of vasospasm due to SAH
3. emboli detection (high-intensity transient signals, HITs)
4. diagnosis and follow-up of subclavian steal
5. evaluation of intracranial collaterals when the extracranial ICA has severe stenosis or occlusion
6. evaluation of cerebral perfusion pressure (intracranial pressure)
7. evaluation of arteriovenous malformation
8. diagnosis and follow-up of arterial dissection
9. diagnosis and follow-up of venous sinus thrombosis (experimental)

다음은 이에 대해 각각 설명하고자 한다.

1. Screening and evaluation of intracranial major vessels

최근 MR angiography (MRA)가 널리 보급됨에 따라 우리나라에서도 뇌졸중 환자의 진단에 널리 사용되게 되었다. MRA는 두개내 혈관의 해상도가 뛰어나고 혈관을 직접 볼 수 있지만 혈류의 방향은 볼 수 없고, artifact가 생길 수 있고 (특히 siphon 부위), 대개의 경우 혈관의 협착이 과장되어 나타나며, 실제 어느 정도의 협착이 있는지 알기가 어려운 경우가 자주 있다. 현실적으로 TCD는 이에 보완적으로 사용되는데 MRA상 협착이 의심되는 부위와 그 전후 부위 혈류를 측정하여 그 심한 정도를 대략 알 수 있고, artifact를 감별하는 것이 가능하다. 협착의 정도를 보다 더 정확히 알기 위해서는 TCD나 MRA 보다 "TCCD"가 더 우수하다. 그러나 MRA가 없는 병원에서는 TCD의 역할이 더욱 크다.

또한 PCA처럼 비교적 가는 혈관은 혈류가 충분히 있는데도 MRA에서 잘 보이지 않을 수 있다. 이런 경우에도 TCD가 큰 도움이 된다. A1이나 척추 동맥 (VA)이 종종 선천적으로 가는 (hypoplastic) 경우 MRA에서는 보이지 않지만 TCD에서 측정되기도 하는데 이런 경우 동맥 경화와의 감별이 중요하다. 또한 두개내 동맥 협착의 추적 검사로서 유용하다.

2. early detection and follow-up of vasospasm

TCD는 지주막하 출혈 (subarachnoid hemorrhage) 후 vasospasm을 조기에 진단하고 추적 검사하는 데 뛰어난, 중요한 방법이다. 환자가 vasospasm에 의한 증상을 일으키기 전에도 이미 먼저 TCD에서 이상 소견이 나타나기에 환자의 치료를 증상에 한 발 앞서 시행 가능하게 한다. vasospasm의 진단에 주로 사용되는 TCD 척도는 MCA 혈류의 절대 속도 및 ICA와의 상대 속도 (hemispheric index)이다. 뇌혈관 파리 (aneurysm)의 파열에 의한 지주막하 출혈 (SAH)의 치료는 조기 수술법이 널리 사용되기에, 수술 후 3-4일 쯤부터 매일 (최소한 격일) TCD를 시행함이 바람직하다.

3. Emboli detection

색전 (emboli)에 의한 뇌졸중인 경우 TCD에서 고음의 소리와 함께 진한 시그널이 아주 짧은 시간동안 (0.5초 이하) 반복하여 나타나는 경우가 있다 (HITs, high-intensity transient signals). 이는 뇌졸중의 기전 (색전)을 밝히는 데 도움이 되며 따라서 치료에도 큰 도움이 될 수 있다. 이 HITs는 artifact와의 감별이 중요하다. 이의 단점으로는 측두창 양측에서 비교적 오랫동안 모니터를 하여야 진단적 가치가 높아진다. 즉 주의하지 않으면 false-positive, false-negative가 비교적 흔하다. 특히 PFO등 paradoxical emboli가 의심되는 경우 유발 검사로도 사용된다. 경동맥 수술 중 모니터링에도 사용된다.

4. subclavian steal의 진단

subclavian steal은 비교적 드문 질환이나 posterior circulation에의 뇌경색에 중요한 감별진단에 속한다. 이는 어느정도 심한 쇄골하 동맥 (subclavian artery)의 협착이 척추동맥 기시부보다 근위부에 있을 때 나타난다. TCD에서 보면 두개내 척추동맥의 혈류가 역으로 (위에서 아래로) 흐르고, 심하면 기저 동맥의 방향도 역으로 흐른다. 대개는 증상이 없으나 환측 팔을 많이 쓴 후 팔이 아프거나 소뇌/기저부 증상이 있을 때 의심해야 한다. TCD에서 이 질환이 일단 의심되면 4~6 MHz pulsed wave Doppler를 이용한 duplex sono로, 또는 4 MHz continuous wave Doppler를 이용하여 목에서의 척추동맥 및 쇄골하 동맥의 혈류도

검사해야 한다. 세밀히 검사하면 환자의 요골동맥 (radial artery)이나 brachial artery에서 맥박의 강도가 차이가 나고, 환측 맥박이 반대편에 비해 조금 느리고 양 팔의 혈압이 유의하게 차이가 남을 알 수 있다. 심하지 않으면 진단 후 1~2년에 한 번 정도 TCD로 추적 검사를 해야 뇌경색의 예방에 도움이 된다. 기저 동맥의 혈류 방향이 역으로 흐르면 심한 subclavian steal로서 뇌경색을 일으킬 가능성이 높아 적절한 조치를 취해야 한다.

5. evaluation of intracranial collaterals when the extracranial ICA has severe stenosis or occlusion

이는 extracranial carotid disease가 있을 때 매우 중요한 검사이다. 경부 내경동맥 (extracranial ICA)이 심하게 좁아져 있으면 두개내 혈관이 측부 순환로 (collaterals)를 형성하는데, 그 대표적인 예가

- 1) 반대측 ACA로부터 A-com을 통해 환측 ACA로 넘어와 환측 MCA에 혈류를 공급하거나
- 2) 역류하는 ophthalmic artery를 통하여 ECA 분지 혈류가 siphon으로 역류하거나
- 3) internal maxillary artery를 나온 혈류가 ophthalmic artery를 통해 siphon으로 역류하는 경우
- 4) 척추동맥에서부터 시작하여 열린 p-com을 통해 기저동맥 혈류가 siphon (ICA)으로 가거나 하는 경우
- 5) occipital artery에서 나온 혈류가 muscular branch를 통해 vertebral artery로 가고 다시 기저동맥, p-com을 통해 siphon으로 가는 경우

6) Meningohypophysial trunk등 평소 작은 혈관이 확장되어 반대측으로 측부 순환을 형성하는 경우이다.

이 중 대부분은 TCD로 확인될 수 있다 (5, 6은 제외). 2)는 다른 측부혈액로의 형성이 않음을 때 나타나고 전반적으로 환자의 예후가 좋지 않다. 이 경우 TCD는 간접적 경동맥 검사법 (indirect tests)의 하나로 침습적인 혈관 촬영을 하지 않고 경동맥 협착의 정도를 판단하는 데 중요한 방법중의 하나이다. 예를 들어 만일 경동맥 협착부 쪽의 ACA가 역방향으로 흐르면 2.0 - 1.75 mm 또는 그 이상으로 경동맥이 좁아짐을 의미한다. 또한 경부 내경동맥에 심한 협착 (90% 이상)이 있으면 원위부 내경동맥이나 중뇌 동맥 등에서 혈류 속도가 감소하고 혈류 저항 (PI)도 감소함을 알 수 있다.

호흡을 순간적으로 멈추는 방법 (breath holding)을 이용하여 TCD에서 MCA의 뇌혈류 반응 검사를 하면 전반적으로 환측의 혈관 신축성 상태 (vasomotor reactivity)를 알 수 있다. 이는 향후 뇌경색의 위험 정도를 예측함이 어느 정도 가능하다.

6. evaluation of cerebral perfusion pressure (intracranial pressure)

$$\text{cerebral perfusion pressure (CPP)} \\ = \text{mean arterial pressure (MAP)} - \text{ICP}$$

TCD를 이용하여 pulsatility index (PI)를 측정하면 CPP (MAP가 일정할 경우 ICP도)를 간접적으로 측정할 수 있다. 이 때 CPP와 PI는 어느 정도 이차 함수 관계로 나타난다. 이는 침습적인 뇌압 측정기구를 사용하지 않고도 어느 정도 정확히 뇌혈류압 또는 뇌압을 알 수 있어 유용한 방법이다.

7. evaluation of arteriovenous malformation

이는 feeding artery의 혈류 속도가 증가하고 혈류 저항 (pulsatility index)이 감소하는 소견을 보인다. 현재 TCD가 이 목적으로 사용되는 경우는 드무나 screening 목적에서 하는 TCD 검사로서는 큰 혈관의 뇌혈관 기형을 놓치지 말아야 한다.

8. diagnosis and follow-up of intracranial arterial dissection

전형적인 TCD 소견은 동맥의 long-segment narrowing이나 obstruction과 감별을 요한다. 두개내 동맥 박리 (dissection)의 진단 목적으로는 TCCD가 더 우수하다. 경동맥의 박리는 대부분 목 부위에서 발생하기에 TCD는 이에 따른 두개내 혈관의 측부순환을 평가하기 위해서도 사용될 수도 있다. 대개 다른 혈관 촬영법 (예: TFCA)을 사용, 혈관 박리의 진단 후 계속 항응고제를 사용할 것인지 판단하기 위해 사용한다.

9. diagnosis of venous sinus thrombosis

아직 임상 연구가 진행되는 수준이나, TCCD를 이용하면 superior sagittal sinus나 transverse sinus 내 혈류를 평가할 수 있다. 이는 정맥동 혈전의 진단에 획기적인 발전을 가져올 듯 하다.

이상과 같이 뇌졸중의 진단과 환자의 평가에 TCD는 필수적인 방법이다. 아울러 간과하지 말아야 할 점은 뇌혈관의 이학적 검사 (neurovascular examination 예: 경동맥 청진)와 다른 초음파 검사 방법이 병행되어

야 보다 더 정확한 검사가 될 수 있다. 보다 종합적인 데이터를 얻기 위해서는 carotid duplex 등 다른 뇌혈관 초음파 검사를 같은 lab에서 시행함이 바람직하고 따라서 질적 수준도 높아질 것이다.

참고문헌

- Otis S, Rush M, Boyajian, R. Contrast-enhanced transcranial imaging: Results of an American phase-two study. *Stroke* 1995;26:203-9.
- Klotzsch C, Janben G, Berlit P. Transcranial echocardiography and contrast-TCD in the detection of a patent foramen ovale: Experiences with 111 patients. *Neurology* 1994;44:1603-6.
- Baumgartner RW, Schmid C, Baumgartner I. Comparative study of power-based versus mean frequency-based transcranial color-coded duplex sonography in normal adults. *Stroke* 1996;27:101-4.
- Martin PJ, Evans DH, Naylor AR. Measurement of blood flow velocity in the basal cerebral circulation: Advantages of transcranial color-coded sonography over conventional transcranial Doppler. *J Clin Ultrasound* 1995;23:21-6.
- Ries S, Steinke W, Neff KW, Hennerici M. Echocontrast-enhanced transcranial color-coded sonography for the diagnosis of transverse sinus venous thrombosis. *Stroke* 1997;28:696-700.
- Goertler M, Kross R, Baeumer M, Jost S, Grote R, Weber S, Wallesch C-W. Diagnostic impact and prognostic relevance of early contrast-enhanced transcranial color-coded duplex sonography in acute stroke. *Stroke* 1998;29:955-62.
- Nabavi DG, Droste DW, Kemeny V, Schulte-Altendorneburg G, Weber S, Ringelstein EB. Potential and limitations of echocontrast-enhanced ultrasonography in acute stroke patients: a pilot study. *Stroke* 1998;29:949-54.
- Melany M, Grant EG. Clinical experience of sonographic contrast agents. *Seminars in Ultrasound, CT, and MRI* 1997;18:3-12.
- Jauss M, Kaps M, Haberbosch W, Dorndorf W. A comparison of transcranial echocardiography and transcranial Doppler sonography with contrast medium for detection of patent foramen ovale. *Stroke* 1994; 25:1265-7.
- Daffertshofer M, Ries S, Schminke U, Hennerici M. High-intensity transient signals in patients with cerebral ischemia. *Stroke* 1996;27:1844-9.
- Murphy KJ, Rubin JM. Power Doppler: It's a good thing. *Seminars in Ultrasound, CT, and MRI* 1997;18:13-21
- Baumgartner RW, Mattle HP, Schroth G. Assessment of >50% and <50% intracranial stenosis by transcranial color-coded duplex sonography. *Stroke* 1999;30:87-92.
- Kimura K, Yasaka M, Wada K, Minematsu K, Yamaguchi T, Otsubo R. Diagnosis of middle cerebral artery stenosis by transcranial color-coded real-time sonography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998;19: 1893-6.
- Khan HG, Gailloud P, Murphy KJ. An overview of transcranial ultrasound. *Ultrasound Quarterly* 1998;14:110-23.