



REVIEW ARTICLE

경두개 초음파의 임상적 응용

가톨릭대학교 의과대학 신경과학교실

한 시 령

Clinical Application of Transcranial Doppler

Siryung Han, MD, PhD

Department of Neurology, The Catholic University of Korea School of Medicine, Suwon, Korea

ABSTRACT

Transcranial Doppler (TCD) provides lots of information of cerebrovascular system and is widely used to diagnose the intracranial stenosis, and vasospasm of subarachnoid hemorrhage. But magnetic resonance angiography (MRA) and computed tomography angiography (CTA) are not only standard diagnostic tool and also more useful studies than TCD in the diagnosis of intracranial stenosis because of the accuracy, popularity of machine and the coverage of medical insurance. But TCD has the strong point in understanding cerebral hemodynamics and monitoring. And sonothrombolysis is the new field of TCD for increasing the recanalization rate of thrombolysis of acute ischemic stroke. Therefore the author would review the clinical application of TCD on acute ischemic stroke, sonothrombolysis, monitoring with emboli detection, vasoreactivity test and so on. **Journal of Neurosonology 2(1):10-13, 2010**

Key Words: Transcranial Doppler, Acute ischemic stroke, Sonothrombolysis, Monitoring, Vasoreactivity

■ 서 론

경두개 초음파(Transcranial Doppler, TCD)는 비침습적이고, 쉽고, 침상에서도 검사가 가능하며, 지속적인 모니터링이나 반복 검사가 용이하며, 또 다른 검사에 비해 비싸지 않을 뿐 아니라 부작용을 염두에 두어야 하는 조영제를 필요로 하지 않는 장점이 있지만 TCD는 직접 혈관을 볼 수 있는 방법이 아니라 특정부위의 큰 혈관에서의 혈류 속도를 측정하는 방법으로 음향창(acoustic window)이 좋지 않은 환자에서는 검사가 어려운 단점이 있다. 그러나 다행히도 많은 질환이 TCD로 검사가 가능한 혈관에서 일

어나고 혈류 속도 이외에도 파형을 해석함으로써 간접적인 자료를 얻을 수 있다. American Academy of Neurology (AAN)에서는 TCD가 유용하게 사용될 수 있는 질환으로 거미막하 출혈에서 혈관 연축의 진단과 국내에서는 볼 수 없는 겸상적혈구 빈혈(sickle cell anemia)의 뇌졸중 위험성을 들고 있으나 실제 국내 여러 병원에서 적용하고 있는 뇌혈관의 협착의 진단 등은 MR 혈관촬영, CT 혈관촬영 등 다른 진단 방법에 비해 그 유용성은 떨어진다고 할 수 있다.¹ 특히 MRI의 보험 적용 및 CT 혈관촬영이나 MR 혈관촬영을 보유한 병원 확대는 비용이 적게 든다거나 재검사가 용이하다는 장점만으로는 혈관을 직접 관찰하면서

Received June 15, 2010 / Accepted October 1, 2010

Address for correspondence: Siryung Han, MD, PhD

St. Vincent's Hospital, The Catholic University of Korea School of Medicine, 93-6 Ji-dong, Paldal-gu, Suwon 442-723, Korea
Tel: +82-31-249-8221, Fax: +82-31-243-0306, E-mail: srhan@catholic.ac.kr

시행하는 검사가 아닌 TCD의 단점을 극복하고 유용성을 넓히기에는 역부족이라 할 수 있다. 최근에는 TCD 감시, 미세 색전의 진단 등은 TCD의 유용성을 넓히기에 좋은 영역이 될 것으로 기대된다.

TCD는 주로 허혈성 뇌경색에서 혈관 협착 뇌혈관 이상의 진단에 주로 이용되고 특히 거미막하 출혈 후 혈관 연축의 진단, 혈관내 미세 색전의 진단, 뇌혈관 및 심혈관 수술시 모니터링, 뇌사 판정, 두통의 감별 진단 등 다양한 분야에서 이용되고 있고 최근에는 급성기 뇌경색에서 진단 뿐 아니라 초음파혈전용해술과 같이 치료적인 부분으로 영역을 넓혀가고 있어 필자는 이미 잘 알려진 혈관 폐색의 진단 외에 이러한 영역에서의 TCD 응용에 대하여 기술하고자 한다.

■ 본 론

1. 허혈성 뇌졸중 급성기의 뇌혈류 검사

급성기 뇌경색에서 보이는 혈관의 폐색의 진단뿐 아니라 재개통 및 재폐색 등은 TCD를 이용하여 실시간으로 감시할 수 있다. 좀더 빠른 시간 내에 급성기 뇌경색에서 혈관 폐색을 진단하고 폐색에 따른 측부혈류의 관찰을 위해 제시하는 방법은 다음과 같다.²

1.1. 전순환 뇌허혈에서 TCD 속성 검사방법(fast-trackinsonation protocol)

시간이 허락한다면 병변 반대측의 측두창에서 검사를 시작하여 정상 M1과 M2에서 velocity를 확인한다. 시간이 허락하지 않는다면 병변 쪽에서 50 mm 깊이의 원위부에서 중대뇌동맥(middle cerebral artery, MCA)의 혈류를 관찰하고 signal이 보이지 않는다면 더 안쪽으로 진행하며 MCA 혈류를 찾도록 한다. 일단 다가오는 혈류가 관찰이 되면 깊이를 점차 줄여가며 MCA의 혈류를 따라가며 관찰한다. 혈류방향이 반대인 전대뇌동맥(anterior cerebral artery, ACA), 후대뇌동맥(posterior cerebral artery, PCA) 혹은 M2 MCA의 혈류를 찾아보고 파형의 모습과 수축기 혈류 가속을 비교한다.

병변 쪽 안와창을 통한 검사를 계속하여 깊이 40~50 mm에서 안동맥(ophthalmic artery)의 혈류방향과 박동성을 확인하고 깊이 55~65 mm에서 내경동맥 사이편(internal carotid artery siphon)의 혈류를 관찰한다. 시간이 허락하지 않거나 혹은 순수 운동 혹은 순수 감각 이상을 보이는 환자에서는 기저동맥(basilar artery, BA)와 척추동맥(vertebral arteries, VA) 말단부를 검사한다.

1.2. 후순환 뇌허혈에서 TCD 속성 검사방법

VA 갈림에 해당하는 깊이 75 mm에서 후두창으로 검사를 시작하여 80~100 mm 깊이에서 BA 혈류를 찾아낸다. 이상 혈류가 깊이 75~100 mm 사이에서 보인다면 비교하기 위해 깊이 40~80 mm에서 침범되지 않은 쪽의 VA 말단부를 확인하고 비슷한 깊이에서 병변 쪽 VA 말단부를 검사한다.

측두창으로 깊이 55~77 mm 사이의 PCA를 확인하고 후교통동맥(posterior communication artery)을 통한 측부혈류가 있는지 양쪽 모두 확인한다. 시간이 허락한다면 BA 폐색의 간접적인 징후의 하나로 보상적인 혈류속도 증가가 있는지 양쪽 MCA와 ACA를 검사한다.

Thrombolysis in Brain Ischemia (TIBI) grading system으로 제시되는 잔류(residual flow)는 급성기 허혈성 뇌졸중에서 혈관의 협착 혹은 폐색, 재개통과 재협착을 실시간으로 감시함으로써 좀더 신속한 대응을 가능하게 한다.

2. 초음파 혈전용해술

혈관의 완전 재개통률을 증가시키고 임상적 개선의 가능성을 보여준 CLOBUST(Combined Lysis of Thrombus in Brain Ischemia Using Transcranial Ultrasound and Systemic t-PA)를 통해 TCD가 뇌혈관질환의 진단 뿐 아니라 치료의 영역에도 그 적응증을 넓혀가고 있는 것을 보여준다.³ 이는 초음파에 의해 피브린 구조가 가역적으로 변화되고 또 혈전용해제가 더 많이 혈전에 도달하게 하는 기전 등에 의한다고 알려져 있다.

최근의 초음파 혈전용해술과 관한 연구는 operator independent windowing으로 진행되는 CLOBUST 3나 초음파 외에도 direct thrombin inhibitor인 G2P3 등을 추가한 연구, microbubble을 이용한 연구, microbubble과 함께 encapsulated lytics를 같이 투여하는 연구 등이 진행 중이다.

3. TCD 감시

TCD의 장점 중 하나인 감시의 기능은 심인성 색전뿐 아니라 난원공 개존(patent foramen ovale, PFO)의 진단, 경동맥 협착이나 동맥박리에서 동맥대동맥색전증의 진단, 급성기 뇌경색에서 미세혈전의 감시뿐 아니라 항혈전제, 항응고제, 경동맥내막절제술 등의 치료 강도의 길잡이, 수술 중 혹은 혈관내수술 중 미세혈전이 발생하는 시술의 모니터링 등에서도 이용된다.

색전 진단에는 2MHz 변환기(transducer)를 이용하여 MCA에서 관찰한다. 증폭을 가능한 낮추고 20~60분 가량 모니터

한다. 최근의 기계는 자동 관측이 가능한 것이 일반적이거나 경험있는 검사자의 관찰이 꼭 필요하다.

허상과 감별되는 미세색전의 진단 기준으로는 일반적으로 기간은 300 ms 이하로 배경혈류신호 보다 최소 3 dB 높은 진폭을 보여 envelop에서 주로 관찰되고, 도플러 속도 범위 내에서 일측성인 신호로 특징적인 소리를 보인다.⁴ 이에 반해 허상은 거칠고, 폭이 넓은 비화성음(nonharmonic sound)으로 양측성으로 보이거나 탐침자 충돌, 갑작스런 움직임, electrical switching transient와 동시에 발생하는 수가 있다. 최근에는 multi-gate TCD 감시를 이용하여 허상을 감별할 수 있다. 이때 두 개의 다른 부위에서 동시에 신호가 보인다면 허상이라 할 수 있을 것이다.

기계식 인공심장판막에서 공기 색전과의 감별은 일반적인 기기로는 거의 불가능하다. 최근에는 다주파 TCD를 이용하여 두 개의 다른 주파수의 파를 insonation하면 고형의 색전은 주파수에 따른 차이를 거의 보이지 않으나 공기 색전의 경우 차이를 보여 두 가지를 감별할 수 있다고 보고하나 실제 임상에서의 이용은 아직 적극적이지 않다.⁵

3.1. PFO 진단

PFO의 진단은 경식도심초음파(Transesophageal echocardiography, TEE)가 가장 좋은 검사로 되어 있으나 TCD를 이용하면 좀 더 쉽게 시행할 수 있고 또 삼키기가 곤란한 환자 등 TEE가 용이하지 않은 경우 TCD를 이용한 PFO 진단은 꽤 유용하다고 할 수 있다.

환자를 양와위로 눕히고 양쪽 MCA를 모니터링하며 주사기 하나에 공기 1 cc, 다른 하나에는 생리식염수 9 cc를 채고 3 way stop cock을 이용하여 10회 왔다갔다하게 하여 agitated air bubble을 만든다. 1 cc 가량의 정맥혈을 같이 이용하여 만든 agitated saline은 microbubble이 더 잘 현탁액의 상태로 있도록 하여 진단을 용이하게 한다고 한다. 먼저 휴식상태에서 agitated saline을 주사하고 미세색전신호(microembolic signal, MES)를 관찰하고, 다시 agitated saline을 주사하고 약 5초 후에 발살바 수기를 10초 가량 유지하며 MES를 관찰한다. Cardiac shunt와 pulmonary shunt는 시간적 차이 보여 전자는 11초, 후자는 14초 가량 후 관찰된다고 한다.

3.2. 혈관운동 반응성검사(Vasomotor reactivity test)

5% CO₂ 흡입이나 숨 참기, 혹은 과호흡을 통한 CO₂ tension의 변화나 diamox 등 약물을 이용한 방법으로 저항혈관의 혈관운동 반응성을 검사할 수 있다. CO₂ tension을 증가시키는 방법으로는 주로 5% CO₂ 흡입이나 숨 참기, 혹은 reservoir bag으로 내뿜고 다시 들여마시는 방법을 이용한다.

혈관운동 반응성이 정상적인 경우 과탄산증(hypercapnea)에 의해 뇌 저항혈관은 확장되고 TCD로 측정하는 MCA는 확장된 저항혈관으로의 혈류량 증가를 반영하는 혈류속도의 증가를 보이게 되고, 이와 반대로 저탄산증(hypocapnea)을 유발할 수 있는 과호흡은 MCA에서 혈류속도의 감소를 보인다. 이들 혈류속도의 변화를 기저상태와 비교하여 반응성을 계산한다.

이러한 혈관운동 반응성검사는 심폐 바이패스(cardio-pulmonary bypass)나 다른 흉복부 수술 혹은 혈압 저하가 발생할 위험이 있는 시술 전 뇌졸중의 위험성의 평가, 무증상성 경동맥 협착 혹은 경동맥 폐색에서 뇌졸중의 위험성 평가에 도움이 된다.

3.3. 뇌압증가 및 cerebral circulatory arrest의 진단

뇌압이 증가하게 되면 뇌관류압은 감소하게 되고 확장기 혈류는 점차 줄어들어 심하면 거의 관찰되지 않고 더 진행하면 확장기에는 혈류방향이 반대인 to and fro 혈류가 보여 cerebral circulatory arrest의 소견을 보이게 된다. 특히 소아처럼 선택 가능한 진단법이 두 가지 이상 필요하다거나 간혹 신경외과적 수술을 받은 환자에서 뇌파검사가 용이하지 않은 것처럼 뇌사 진단 기준의 진단방법을 모두 시행하기 어려운 경우 TCD의 소견은 간접적인 진단의 방법으로 많은 도움이 된다.⁶

뇌사판정을 위해서 TCD는 좌우 양쪽에서 검사되어야 하고 측두창이나 후두창을 통해 검사를 한다.

결론

아직까지 임상적으로 TCD의 유용성에 대한 증거는 겸상적혈구 빈혈에서 뇌졸중의 위험성과 거미막하 출혈에서 혈관 연축의 진단에 국한되어 있다고 할 수 있다. 그러나 미세 색전의 진단이나 TCD 모니터링, 초음파혈전용해술 등 TCD의 새로운 영역의 확장은 앞으로도 정제된 TCD 연구에 새로운 돌파구로 기대해 볼 만 하다고 하겠다.

REFERENCES

1. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, Spencer MP, Caplan LR, Feldmann E, et al. Assessment: Transcranial Doppler ultrasonography: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2004;62:1468-1481.
2. Alexandrov AV, Demchuk AM, Wein TH, Grotta JC. Yield of transcranial Doppler in acute ischemia. *Stroke* 1999;30:1604-1609.
3. Eggers J, Konig IR, Koch B, Handler G, Seidel G. Sonothrombolysis with transcranial color-coded sonography and recombinant tis-

- sue-type plasminogen activator in acute middle cerebral artery main stem occlusion: results from a randomized study. *Stroke* 2008;39:1470-1475.
4. Consensus Committee of the Ninth International Cerebral Hemodynamic Symposium. Basic identification criteria of Doppler microembolic signals. *Stroke* 1995;26:1123.
 5. Markus HS, Punter M. Can transcranial Doppler discriminate between solid and gaseous microemboli? Assessment of a dual-frequency transducer system. *Stroke* 2005;36:1731-1734.
 6. Wijdicks EFM. The Diagnosis of brain death. *NEJM* 2001;344:1215-1221.