

원저

두개강내 혈관 협착에 대한 경두개도플러와 자기공명 혈관조영술의 일치도 평가

문상관, 정우상, 박성욱, 박정미, 고창남, 조기호, 배형섭, 김영석, 조성일*

경희대학교 한의과대학 제2내과학교실, 서울대학교 보건대학원 역학교실*

The Diagnostic Accordance between Transcranial Doppler and MR Angiography in the Intracranial Artery Stenosis

Sang-kwan Moon, Woo-sang Jung, Sung-uk Park, Jung-mee Park, Chang-nam Ko, Ki-ho Cho, Hyung-sup Bae, Young-suk Kim, and Seong-il Cho*

Department of Cardiovascular and Neurologic Diseases (Stroke Center), College of Oriental Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea
Department of Epidemiology, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Korea

Objectives: Transcranial Doppler (TCD) has been reported to be established as useful in detecting spasm after subarachnoid hemorrhage and to be probably useful in diagnosing stenosis or occlusion in intracranial arteries. In the detection of intracranial stenosis using TCD there have been reported some kinds of diagnostic criteria. This study was aimed to evaluate the accordance between TCD and magnetic resonance angiography (MRA) in detection of intracranial stenosis and to find out more accurate criteria for intracranial stenosis using TCD.

Methods: Seventy-six stroke patients were evaluated by TCD and MRA. TCD criteria for middle cerebral artery (MCA) stenosis were used by 3 methods; ≥ 80 cm/sec of mean velocity (Vm), ≥ 140 cm/sec of systolic velocity (Vs), and both. For stenosis of vertebral (VA) and basilar arteries (BA), the TCD criteria followed by 2 methods; ≥ 70 cm/sec of Vm and ≥ 100 cm/sec of Vs. The stenosis of intracranial artery in MRA followed by the interpretation of specialist in the department of radiology. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, diagnostic accuracy and kappa agreement were calculated in each criteria of TCD compared with the result of MRA.

Results: The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, diagnostic accuracy and kappa agreement using ≥ 80 cm/sec of Vm for MCA stenosis were 55.6%, 81%, 34.5%, 91.0%, 77.1%, and 0.293, respectively. Using 140 cm/sec of Vs, those were 44.4%, 92.0%, 50.5%, 90.2%, 84.7%, 0.380, and using both criteria those were 44.4%, 95.0%, 61.5%, 90.5%, 87.3%, 0.445, respectively. Those using ≥ 70 cm/sec of Vm for VA and BA stenosis were 71.4%, 93.7%, 26.3%, 99.0%, 93.0%, 0.186 and using ≥ 100 cm/sec of Vs those were 71.4%, 97.3%, 45.5%, 99.1%, 96.5%, 0.539, respectively.

Conclusion: These results suggested that for the diagnosis of MCA stenosis using TCD we should use the criteria of both ≥ 80 cm/sec of Vm and 140 cm/sec of Vs, and for the VA and BA stenosis we adapt the criteria of ≥ 70 cm/sec of Vm.

Key Words: Transcranial Doppler, Magnetic resonance angiography, Intracranial artery, Stenosis

서론

경두개도플러(Transcranial Doppler, 이하 TCD)는 비침습적인 초음파검사 방법으로 두개강 내 혈관의 기시부에서 혈류의 방향 및 속도를 측정함으로써 뇌혈관의 혈류역동학적인 이상 유무를 반복적으로 검사할 수 있는 초음파 검사방법으로 1982년 Aaslid의 보고 이후 연구 및 임상에 다양하게 쓰이고 있다¹⁻⁴⁾. 특히 2004년 미국 신경과학회 산하 ‘치료 및 기술 평가 위원회’에서는 TCD의 진단적 가치에 관한 보고서⁵⁾를 발표하였다. 이에 따르면 TCD는 지주막하 출혈 이후의 연축에 대하여 확정적(established as useful) 진단 가치가 있고, 두개강내 혈관 협착 또는 폐색에 대해서도 유용한(probably useful) 진단적 가치가 있으며, 그 외 뇌혈관반응도 평가, 뇌혈관내 미세색전 평가 등에서도 유용한 진단적 가치가 있다고 보고하였다.

특히 TCD는 측정방법이 비교적 용이하며, 비침습적이고 반복적으로 측정할 수 있다는 장점 때문에 임상적으로 두개강내 혈관 협착의 진단에 많이 활용되고 있다. 지금까지 보고에 따르면 내경동맥, 중대뇌동맥 등 전방 순환의 협착진단에 대한 TCD의 민감도는 70-90%, 특이도는 90-95%이며⁵⁻⁷⁾, 추골동맥 및 기저동맥과 같은 후방 순환에 대해서는 민감도 50-80%, 특이도 80-96%라고 하였다^{5,8,9)}. 이들 결과는 대부분 혈관조영술을 gold standard로 비교한 것이며 일부는 자기공명 혈관조영술(Magnetic resonance angiography, 이하 MRA)과 비교한 것도 있는데 MRA와 TCD를 조합하는 경우 혈관 협착의 진단 민감도가 증가하였다는 보고¹⁰⁾가 있다.

국내에서도 배 등¹¹⁾은 TCD를 이용한 경안와 초음파(Transorbital Doppler, 이하 TOD)가 Carotid siphon 질환의 진단적 가치에 대한 연구에서 고식적 뇌혈관조영술에 대하여 민감도 75%, 특이도 89.1%, 양성 예측도 52.2%, 음성 예측도 95.7%였으며, TOD와 MRA의 진단적 일치도는 kappa값 0.409로 나타났고 TOD와 MRA를 결합하는 경우 양성 예측도가 78.6%로 높아졌다고 보고하였다. 그러나 두개강내 전방순환인 중대뇌동맥과 후방순환인 추골동맥, 기저동맥에 대한

TCD의 진단적 가치에 관한 다른 보고는 없었다.

본 연구에서는 뇌졸중환자를 대상으로 TCD결과와 MRA 결과와의 일치도를 비교 평가하여 기존 연구에서 제시된 뇌혈관 협착의 기준들 중 보다 정확도가 높은 기준을 선별하는 것을 목적으로 하였다.

방법

1. 연구대상

경희대학교 한의과대학 부속한방병원에서 2006년 1월 1일부터 11월 20일까지 입원한 환자중 뇌 자기공명영상검사에서 뇌경색 또는 뇌출혈로 진단받고 TCD검사와 MRA검사를 모두 시행한 경우를 대상으로 하였다.

2. 연구방법

- ① TCD는 EME PIONEER 200 (Eden Medical Electronics, Uberlingen, Germany)을 이용하였으며 2 MHz probe로 측두창(temporal window)을 통해 중대뇌동맥, 전대뇌동맥, 후대뇌동맥을 탐색하였으며, 후두하창(suboccipital window)을 통해 추골동맥, 기저동맥을 탐색하였다.
- ② TCD검사 결과 전방순환의 경우 중대뇌동맥의 협착은 기존의 연구결과에 따라 첫째, 평균혈류속도 기준 80cm/sec이상^{6,12)}, 둘째, 수축기 혈류속도 기준 140cm/sec이상^{10,13,14)}, 셋째, 두가지 기준을 모두 만족하는 경우 등 3가지 경우로 각각 평가하였다. 후방순환의 경우 추골, 기저동맥의 협착은 첫째, 평균혈류속도 기준 70cm/sec 이상⁸⁾, 둘째, 수축기 혈류속도 기준 100cm/sec 이상¹⁴⁾으로 각각 평가하였다.
- ③ MRA의 결과는 경희의료원 진단방사선과 전문의의 판독 소견에 따라 특정 혈관의 협착소견이 명시된 경우에 ‘협착’이라고 평가하였다.
- ④ 이상의 방법으로 자료를 취합한 다음, MRA 판독 소견을 기준으로 TCD의 협착판정 기준에 따라 각각 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 진단적 정확도를 계산하였고, 일치도를 검증하기 위하여 kappa값을 이용하였다.

결과

대상환자는 총 76명(남자 32명, 여자 44명)이었고 평균연령은 63.3세±11.0세였다. 대상환자중 17명(22.3%)은 TCD검사에서 측두창을 통한 전방순환의 탐색에 실패하였고, 나머지 59명에 대하여 양측 중대뇌동맥의 TCD결과와 MRA결과를 비교하였다. TCD검사상 후방순환인 추골동맥, 기저동맥의 검사는 76명 모두에서 시행하여 MRA결과와 비교하였다.

1) TCD상 중대뇌동맥 평균혈류속도 80cm/sec이상 적용

TCD상 중대뇌동맥 협착의 기준으로 평균혈류속도 80cm/sec이상을 적용하여 MRA결과와 비교한 결과 민감도는 55.6%, 특이도는 81.0%, 양성예측도는 34.5%, 음성예측도는 91.0%, 진단적 정확도는 77.1%, Kappa

값은 0.293이었다(Table 1).

2) TCD상 중대뇌동맥 수축기혈류속도 140cm/sec 이상 적용

TCD상 중대뇌동맥 협착의 기준으로 수축기혈류속도 140cm/sec이상을 적용하여 MRA결과와 비교한 결과 민감도는 44.4%, 특이도는 92.0%, 양성예측도는 50.0%, 음성예측도는 90.2%, 진단적 정확도는 84.7%, Kappa값은 0.380이었다(Table 2).

3) TCD상 중대뇌동맥 평균혈류속도 80cm/sec 이상과 수축기혈류속도 140cm/sec이상 동시 적용

TCD상 중대뇌동맥 협착의 기준으로 평균혈류속도 80cm/sec이상과 수축기혈류속도 140cm/sec이상을 동시에 적용하여 MRA결과와 비교한 결과 민감도는 44.4%, 특이도는 95.0%, 양성예측도는 61.5%, 음성예측도는

Table 1. TCD findings based on MRA using the mean velocity criteria of ≥ 80 cm/sec on middle cerebral artery stenosis

MRA	TCD		Total
	Abnormal	Normal	
Abnormal	10	8	18
Normal	19	81	100
Total	29	89	118

Sensitivity : 55.6%, Specificity : 81.0%, Positive predictive value : 34.5%, Negative predictive value : 91.0%, Diagnostic accuracy : 77.1%, Kappa = 0.293

Table 2. TCD findings based on MRA using the systolic velocity criteria of ≥ 140 cm/sec on middle cerebral artery stenosis

MRA	TCD		Total
	Abnormal	Normal	
Abnormal	8	10	18
Normal	8	92	100
Total	16	102	118

Sensitivity : 44.4%, Specificity : 92.0%, Positive predictive value : 50.0%, Negative predictive value : 90.2%, Diagnostic accuracy : 84.7%, Kappa = 0.380

Table 3. TCD findings based on MRA using both mean velocity criteria of ≥ 80 cm/sec and systolic velocity criteria of ≥ 140 cm/sec on middle cerebral artery stenosis

MRA	TCD		Total
	Abnormal	Normal	
Abnormal	8	10	18
Normal	5	95	100
Total	13	105	118

Sensitivity : 44.4%, Specificity : 95.0%, Positive predictive value : 61.5%, Negative predictive value : 90.5%, Diagnostic accuracy : 87.3%, Kappa = 0.445

90.5%, 진단적 정확도는 87.3%, Kappa값은 0.445이었다(Table 3).

4) TCD상 추골동맥, 기저동맥 수축기혈류속도 100cm/sec 이상 적용

TCD상 추골동맥, 기저동맥 협착의 기준으로 수축기혈류속도 100cm/sec 이상을 적용하여 MRA결과와 비교한 결과 민감도는 71.4%, 특이도는 93.7%, 양성예측도는 26.3%, 음성예측도는 99.0%, 진단적 정확도는 93.0%, Kappa값은 0.186이었다(Table 4).

5) TCD상 추골동맥, 기저동맥 평균혈류속도 70cm/sec 이상 적용

TCD상 추골동맥, 기저동맥 협착의 기준으로 평균혈류속도 70cm/sec 이상을 적용하여 MRA결과와 비교한 결과 민감도는 71.4%, 특이도는 97.3%, 양성예측도는 45.5%, 음성예측도는 99.1%, 진단적 정확도는 96.5%, Kappa값은 0.539이었다(Table 5).

고찰 및 결론

TCD를 이용한 두개강내 혈관의 협착 진단은 주로 혈류속도를 이용한 것과 low frequency noise, musical

murmur, spectral broadening 등 정성적인 변수들을 같이 고려한 것이 있다^{5,7)}. 혈류속도를 이용한 중대뇌동맥의 협착에 대한 TCD의 진단적 기준으로는 평균혈류속도를 이용한 것과 수축기혈류속도를 이용한 것으로 구분되는데 이들에 대한 타당도 검사는 주로 고식적인 혈관조영술을 gold standard로 하여 비교한 결과가 제시되었다^{6,8,10,12,13,14)}. 주로 외국에서 시행된 기존 연구 결과 중대뇌동맥 협착의 경우 평균혈류속도 80cm/sec 이상을 진단기준으로 하였을 때 고식적 혈관조영술과 비교한 결과 민감도 85.7%, 특이도 98.7%, 양성예측도 85.7%, 음성예측도 98.7%, 진단적 정확도 97.6%, Kappa값 0.91을 나타냈다⁶⁾. 본 연구에서는 기존의 연구결과와 비교하여 정확도가 상당히 떨어지는 결과를 나타내었는데 이것은 TCD와 MRA의 결과를 비교한 때문으로 생각된다. 즉, MRA가 가지는 진단적 한계는 이전 연구 결과 내경동맥 근위부 및 Willis환 주위의 주요 뇌혈관의 폐색성 질환과 관련하여 고식적인 혈관조영술과 자기공명 혈관조영술을 비교한 연구에서 대부분의 주요 뇌혈관이 70% 정도의 일치도를 보였다고 보고하였다¹⁵⁾.

한편 수축기 혈류속도 140cm/sec 이상을 기준으로 중대뇌동맥 협착을 평가한 연구에서는 뇌혈관조영술과의 일치도가 kappa값 0.62라고 하였고, MRA와

Table 4. TCD findings based on MRA using the systolic velocity criteria of ≥ 100 cm/sec on vertebral or basilar artery stenosis

MRA	TCD		Total
	Abnormal	Normal	
Abnormal	5	2	7
Normal	14	207	221
Total	19	209	228

Sensitivity : 71.4%, Specificity : 93.7%, Positive predictive value : 26.3%, Negative predictive value : 99.0%, Diagnostic accuracy : 93.0%, Kappa = 0.186

Table 5. TCD findings based on MRA using the mean velocity criteria of ≥ 70 cm/sec on vertebral or basilar artery stenosis

MRA	TCD		Total
	Abnormal	Normal	
Abnormal	5	2	7
Normal	6	215	221
Total	11	217	228

Sensitivity : 71.4%, Specificity : 97.3%, Positive predictive value : 45.5%, Negative predictive value : 99.1%, Diagnostic accuracy : 96.5%, Kappa = 0.539

TCD의 일치도는 kappa값 0.72라고 보고하였다¹⁰⁾. 또한 국내연구에서 배 등¹¹⁾은 경안와 초음파(Transorbital Doppler, 이하 TOD)가 Carotid siphon질환의 진단적 가치에 대한 연구에서 고식적 뇌혈관조영술에 대하여 민감도 75%, 특이도 89.1%, 양성 예측도 52.2%, 음성 예측도 95.7%였으며, TOD와 MRA의 진단적 일치도는 kappa값 0.409로 나타났고 TOD와 MRA를 결합하는 경우 양성 예측도가 78.6%로 높아졌다고 보고하였다. 이와 같은 연구 결과를 미루어 보면 비록 고식적인 혈관조영술을 시행하지 않더라도 간접적인 방법으로 MRA와 TCD의 결과를 비교하여 일치도가 높은 경우에 TCD 진단의 정확성이 높을 가능성이 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 TCD를 통한 중대뇌동맥 협착진단을 위하여 평균혈류속도 80cm/sec 이상을 이용한 경우 MRA와의 일치도는 Kappa=0.293이었고, 수축기혈류속도 140cm/sec 이상을 기준으로 한 경우 MRA와의 일치도는 Kappa=0.380, 평균혈류속도와 수축기혈류속도의 기준을 모두 만족하는 경우 MRA와의 일치도는 Kappa=0.445였다. 그러므로 TCD를 통한 중대뇌동맥 협착진단을 위하여 평균혈류속도 80cm/sec 이상과 수축기혈류속도 140cm/sec 이상을 같이 고려하는 것이 진단의 정확도를 높일 것으로 생각된다.

뇌의 후방순환(posterior circulation)인 추골동맥과 기저동맥의 협착에 대한 TCD 진단의 민감도와 특이도는 각각 50-80%, 80-96%로 평가되고 있으며 전방순환에 대한 진단에 비하여 진단의 정확도가 다소 낮은 것으로 평가되고 있다^{3,9)}. 기존의 연구결과 후방순환의 혈관협착에 대한 진단기준은 평균혈류속도 70cm/sec 이상⁸⁾ 또는 수축기혈류속도 100cm/sec 이상¹⁴⁾으로 보고되고 있다. 본 연구 결과 수축기혈류속도 100cm/sec 이상 이용한 경우 민감도 및 특이도가 비교적 높지만 양성 예측도가 26.3%로 낮고 MRA 결과와의 일치도가 kappa값 0.186이었다. 이것은 본 연구대상에서 후방순환 협착의 유병율이 비교적 낮은 때문으로 생각된다. 평균혈류속도 70cm/sec 이상을 협착기준으로 이용한 경우 양성예측도가 45.5%로 높아지고 MRA와의 일치도가 kappa=0.539로 수축기혈류속도를 이용한 경우보다 높아졌다. 그러므로 TCD를 이용한 후

방순환의 경우 수축기혈류속도 100cm/sec 이상을 기준으로 하는 것보다는 평균혈류속도 70cm/sec 이상을 기준으로 하는 것이 더욱 정확한 방법이라고 평가된다.

결론적으로 MRA와 TCD의 결과를 비교하여 뇌내혈관협착에 대한 TCD를 이용한 진단의 타당성을 검토한 결과 중대뇌동맥 협착의 경우에는 평균혈류속도와 수축기혈류속도를 모두 고려하면 진단적 정확도가 더욱 높아질 것이며, 추골동맥 및 기저동맥 협착의 경우에는 평균혈류속도를 기준으로 하면 진단적 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Kushner MJ, Zanette EM, Bastianello S, Mancini G, Sacchetti ML, Carolei A, Bozzao L. Transcranial Doppler in acute hemispheric brain infarction. *Neurology*. 1991;41:109-113.
2. Zannette EM, Fieschi C, Bozzao L, Roberti C, Toni D, Argentino C, Lenzi GL. Comparison of cerebral angiography and transcranial Doppler sonography in acute stroke. *Stroke*. 1989;20:899-903.
3. Baracchini C, Manara R, Ermani M, Meneghetti G. The quest for early predictors of stroke evolution -Can TCD be a guiding light? *Stroke*. 2000;31:2942-2947.
4. Baumgartner RW, Mattle HP, Schroth G. Assessment of =50% and <50% intracranial stenosis by transcranial color-coded duplex sonography. *Stroke*. 1999;30:87-92.
5. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, Spencer MP, Caplan LR, Feldmann E, Wechsler LR, Newell DW, Gomez CR, Babikian VL, Lefkowitz D, Goldman RS, Armon C, Hsu CY, Goodin DS. Assessment: transcranial Doppler ultrasonography-Report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American academy of neurology. *Neurology*. 2004;62:1468-1481.

6. Ley-Pozo J, Ringenstein EB. Noninvasive diction of occlusive disease of the carotid siphon and middle cerebral artery. *Ann Neurol.* 1990;28:640-647.
7. Demchuk AM, Christou I, Wein TH, Felberg RA, Malkoff M, Grotta JC, Alexandrov AV. Accuracy and criteria for localizing arterial occlusion with transcranial Doppler. *J Neuroimaging.* 2000;10(1): 1-12.
8. Rorick MB, Nichols FT, Adams RJ. Transcranial Doppler correlation with angiography in detection of intracranial stenosis. *Stroke.* 1994;25:1931-1934.
9. Mull M, Aulich A, Hennerici M. Transcranial Doppler ultrasonography versus arteriography for assessment of the vertebrobasilar circulation. *J Clin Ultrasound.* 1990;18:539-549.
10. Rother J, Schwartz A, Wentz KU, Rautenberg W, Hennerici M. Middle cerebral artery stenoses: assessment by magnetic resonance angiography and transcranial Doppler ultrasound. *Cerebrovasc Dis.* 1994;4:273-279.
11. 배희준, 윤병우, 노재규. Carotid Siphon 질환의 경안와 초음파와 자기공명 혈관조영술의 진단적 가치. *대한신경과학회지.* 1999;17(1):20-25.
12. Arenillas JF, Molina CA, Montaner J, Abilleira S, Gonzalez-Sanchez MA, Alvarez-Sabin J. Progression and clinical recurrence of symptomatic middle cerebral artery stenosis A long-term follow-up transcranial Doppler ultrasound study. *Stroke.* 2001;32:2898-2904.
13. Wong KS, Li H, Lam WWM, Chan YL, Kay R. Progression of middle cerebral artery occlusive disease and its relationship with further vascular events after stroke. *Stroke.* 2002;33:532-536.
14. Wong KS, Li H, Chan YL, Ahuja A, Lam WWM, Wong A, Kay R. Use of transcranial Doppler ultrasound to predict outcome in patients with intracranial large-artery occlusive disease. *Stroke.* 2000;31:2641-2647.
15. Toh KH, Tan KP. Comparison of accuracy of magnetic resonance angiography with conventional angiography: a report of 45 cases. *Ann Acad Med Singapore.* 1993;22:742-748.