

정상 MRI, MRA 소견을 보인 건강한 성인의 Transcranial Doppler Ultrasonography의 정상 참고치

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과

조수진 · 정진상 · 이광호

Reference Values of Transcranial Doppler Ultrasonography Measurements of Healthy Adults with Normal MRI and MRA Findings

Soo-Jin Cho, M.D., Chin-Sang Chung, M.D., Ph.D., Kwang-Ho Lee, M.D., Ph.D.

Department of Neurology, Samsung Medical Center, College of Medicine, Sung Kyun Kwan University

Background : We present reference values of flow velocities of the intracranial and extracranial cerebral arteries for transcranial Doppler ultrasonography of healthy adults with normal MRI and MRA findings. **Methods :** We selected 131 presumed normal subjects among 220 visitors of our stroke prevention clinic by strict exclusion criteria based on clinical, MRI, and MRA findings. We excluded those with history of migraine, infarct (s) on MRI, significant stenosis on MRA (more than 50% in diameter), and abnormal hematocrit levels. **Results :** The age of the subjects ranged from 33 to 69 years (mean $\pm$ SD: 53.5 $\pm$ 7.60). Mean flow velocities in men at their 6 decades are 50.6 $\pm$ 8.42 cm/sec in MCA, 46.6 $\pm$ 9.40 cm/sec in ACA, 29.2 $\pm$ 6.70 cm/sec in PCA and 35.3 $\pm$ 9.28 cm/sec in BA. The upper limit of normal left-right velocity ratio was 1.43 in MCA, 1.50 in ACA, and 1.51 in PCA. The upper limit of normal range of hemispheric index was 2.96. **Conclusion :** This is the first report of reference values of transcranial Doppler ultrasonography measurements of healthy subjects with the normal MRI and MRA findings.

J Kor Neurol Ass 16(3):264 ~ 270, 1998

Key Words : Transcranial Doppler ultrasonography, Reference value, Magnetic resonance angiography

서 론

Transcranial Doppler ultrasonography (TCD)는 초음파를 이용하여 비침습적으로 뇌혈관의 혈류를 측정하는 방법¹⁾으로, 경비가 저립하고, 추적 검사가 용이하므로 급성 뇌경색이나 경동맥 질환의 진단 및 예후 판정, 측두순환의 진단, 동정맥기형이나 지주막하출혈의 혈관연축의 진단 등에서 그 유용성을 인정받고 있다. 그러나 기존의 정상 참고치는 신경과 외래에 내원한 환자나 직원 등에서 과거 병력, 현재의 건강상태, 혹은 경동맥 초음파 검사 등에 의해 선택된 정상군에 근거하여 산출되었기 때문에

무증상성 뇌혈관 협착 환자가 포함되었을 가능성이 있다.¹⁾

특히 동양에서는 두개내 뇌혈관 협착의 빈도가 높다고 하고,²⁾ 뇌졸중 예방 검진에 무증상 수진자의 약 1/10에서 하나 이상의 두개내 뇌혈관에서 50%이상의 협착이 보고된다.⁷⁾ 그리고 신경과 외래 환자 중 무증 환자의 비율이 높은데 편두통 환자에서도 혈류 속도의 증가가 보고되므로,^{8,9)} 이러한 환자들을 제외하고 TCD 정상 참고치를 설정할 필요성이 제기된다.

또 TCD 진단의 유용한 지표로 대뇌반구지수(hemispheric index: HI),¹⁰⁾ 혈관간의 속도비,¹¹⁾ 혈류가속(flow acceleration),¹²⁾ 파워비나 차이^{13,14)} 등이 보고되는데, 국내에서는 대뇌반구지수나 혈관간 속도비의 정상 참고치에 대한 보고는 없다.

따라서 본 연구자들은 본원의 뇌졸중 예방 검진을 위해 내원한 건강한 성인을 대상으로, 병력, 임상소견, 그리고 MRI와 MRA소견을 토대로 새로운 정상 기준에 근거하여 정상군을 설정하고, 각 두개내 뇌혈관 및 두개의 뇌혈관의 혈류 속도의 정상 참고치와 이에 관련된 여러가지 지표들의 정상 참고 범위를 제시하고자 한다.

Manuscript received February 2, 1998.

Accepted in final form April 28, 1998.

* Address for correspondence.

Chin-Sang Chung, M.D.

Department of Neurology, Samsung Medical Center,

College of Medicine, Sung Kyun Kwan University,

50, Ilwon-Dong, Kangnam-Ku, Seoul, 135-710, Korea

Tel : +82-2-3410-3596 Fax : +82-2-3410-0052

E-mail : cchung@smc.samsung.co.kr

대상 및 방법

1. 연구대상

96년 1월부터 97년 9월 까지 본원 뇌졸중 예방 검진 수진자 중 과거적상 뇌졸중 증상이나 징후가 있었던 경우를 제외한 무증상 성인 220명을 대상으로 아래의 기준에 의하여 연구 대상을 선별하였다. 제외기준은 1) MRI상 이상소견(뇌경색 23명, 종양 1명, 동정맥기형 1명); 2) MRA상 혈관 직경의 50% 이상의 혈관협착소견¹⁷(31명); 3) 편두통(20명); 4) 빈혈(여자 $\leq 36\%$, 남자 $\leq 39\%$, 7명); 5) MRI, MRA, TCD 자료가 분석에 불충분한 경우(10명)로 하였다. 편두통의 진단은 International Headache Society의 진단 기준에 의하였다.¹⁸ 최종 연구 대상은 131명으로 남자 106명, 여자 25명이었고, 연령은 평균 53.5세(33-69세)이었다.

연구 대상은 MRI, MRA, TCD 검사일에 뇌졸중 위험인자 진단을 위한 혈액화학적검사를 시행받았고, 검사 한달 이내에 신경과 전문의에 의하여 자세한 병력 청취와 이학적, 신경학적 검사를 시행받았다. 고혈압은 46명(35.1%), 당뇨병은 13명(9.9%), 고지혈증은 44명(33.6%)에서 관찰되었다. 흡연자는 46명(35.1%), 금연자는 14명(10.7%)이었고 비흡연자는 71명(54.2%)이었다. 신경학적 진찰상 모두 정상이었으며 정동맥이나 채굴하등맥에서 잡음이 들린 예는 없었다.

2. 검사 방법

TCD 기기는 TC2020 (EME, Germany)으로 2 MHz와 4 MHz probe를 이용하였다. 2 MHz probe는 ultrasonic power 10-100 mW/cm², pulse repetition rate는 2.06-10.02 KHz, burst width는 4.5-20.0 sec, depth는 16-144 mm로 하였고, 4 MHz는 pulse repetition rate는 2.06-25.02 KHz, burst width는 4.5-20.0 sec로 이용하였다. 전대뇌동맥(ACA), 중대뇌동맥(MCA), 후대뇌동맥(PCA)은 측두창(temporal window)에서, 측굴동맥(VA)과 가지동맥(BA)은 후두하창(suboccipital window)에서, 안동맥(OA)과 내경동맥 말단부(probe쪽으로 다가오는 혈류는 C₂로, 멀어지는 혈류는 C₄로 측정함)는 안와창(transorbital window)에서 측정하였고, 내경동맥 기시부(CA)와 외경동맥(ECA)은 하악골밑에서(submandibular approach) 측정하였고, 총경동맥(CCA)은 목에서 측정하였다. Ringelstein등의 보고¹⁹에 근거하여 MCA 50-60 mm, ACA 60-75 mm, PCA 60-75 mm, C2나 C4는 65-75 mm, OA 45-55 mm, VA 60-70 mm, BA 근위부(proximal BA)는 85-95 mm, BA 원위부(distal BA)는 96 mm이상에서 5 mm 간격으로 측정하였고, CCA, ECA, ICA는 Doppler 신호가 가장 선명히 보이는 곳에서 측정하였다.

수축기혈류속도, 이완기혈류속도, 평균혈류속도는 4초간 측정치의 평균으로 계산되었고 pulsatility index (PI), resistance index (RI)는 이 수치에 근거하여 기계적으로 계산되었다.

3. 정상 참고치의 자료 처리

BA외의 모든 측정치는 좌우를 각각 취급하였으며, 한 혈관의 여러 측정치 중 가장 높은 평균혈류속도를 보인 측정 값의 측정치의 평균과 표준편차를 구하였다.

ACA, MCA, PCA의 평균혈류속도의 좌우비와 좌우차 및 수축기혈류속도의 좌우비의 평균과 표준편차를 구하고 정상 참고 범위를 구하였다. ACA-MCA velocity ratio (AMVR=ACA 평균혈류속도/MCA 평균혈류속도), PCA-MCA velocity ratio (PMVR=PCA 평균혈류속도/MCA 평균혈류속도), MCA의 HI (MCA 평균혈류속도/ICA 평균혈류속도)의 평균과 표준편차를 구하고 정상 참고 범위를 표시하였다. 정상 참고 범위는 정상군의 95%를 포함하는 평균 $\pm 1.96 \times$ 표준편차로 표시하였다. 연령군과 성별에 따른 차이는 상관분석과 t-검정을 시행하였다. 유의 수준은 P-value 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 혈류속도와 PI, RI에 대한 연령과 성별의 영향

검사대상 131명 중 측두창을 통한 검사는 6명(4.6%)에서 불가능하였으며, 안와창을 통한 검사 중 C2는 70명(53.4%)에서 측정되지 않았고, 후두창을 통한 검사는 전예에서 가능하였다. 42명(32.1%)은 한쪽 ACA만 측정되었다.

총 12개의 검사혈관 부위 중 MCA, C4, OA, VA, distal BA, ECA, CCA의 7개의 혈관의 평균혈류속도와 이완기혈류속도는 연령과 역의 상관관계를 보였고, C2, OA 및 CCA를 제외한 대부분의 혈관에서 PI와 RI는 연령과 양의 상관관계를 보였(Table 1). 남녀 대상자의 평균연령은 각각 54.4(± 6.81)세와 53.3(± 7.77)세로 차이가 있었으며, MCA, C4, VA, proximal BA, distal BA, ICA의 혈류속도는 여성에서 높게 나타났고(Table 2), CCA를 제외한 모든 혈관에서 성별에 따른 PI와 RI의 차이는 없었다.

2. 성별 연령군별 정상 참고치

50대 남성의 평균혈류속도의 평균값은 MCA 50.6 cm/sec, ACA 46.6 cm/sec, PCA 29.2 cm/sec, distal BA는 35.3 cm/sec였고, 표준편차는 10 cm/sec이내이었다. MCA의 평균혈류속도는 모든 연령군에서 가장 높았고, ACA이나 C4, C2, distal BA, proximal BA, PCA이나 VA의 순으로 높게 나타났다. 50대 남성의 ICA의 평균혈류속도의 평균값은 27.5 cm/sec로 ECA이나 CCA의 측정치보다 높았다(Table 3). 여성은 수가 적어서 연령별 혈류속도는 구하지 않았으며, 여성의 혈류속도의 정상 참고치는 Table 2에 있다.

PI와 RI의 정상 참고치는 성별 구분 없이 연령별로 구하였는데 50대의 MCA의 PI의 평균값은 0.80이고, distal BA의 PI의 평균값은 0.85로 두개내혈관의 PI의 평균값은 0.79-0.85 이내이었다. ECA, CCA, OA의 PI는 모두 1

Table 1. Correlation Coefficients between TCD Measurements and Age

	MV	SV	DV	PI	RI
MCA	-.188**	-.114	-.235***	.248***	.248***
ACA	-.034	-.032	-.089	.164*	.166*
PCA	-.099	.005	-.195**	.293***	.300***
C2	-.038	-.008	-.064	.124	.127
C4	-.125*	-.093	-.145*	.131*	.130*
OA	-.198***	-.158*	-.195***	.082	.076
VA	-.166**	-.091	-.233***	.328***	.343***
proximal BA	-.120	-.048	-.180*	.336***	.338***
distal BA	-.224**	-.145	-.278**	.325***	.328***
ICA	-.033	-.038	-.089	.189**	.193**
ECA	-.241***	-.148*	-.305***	.257***	.253***
CCA	-.351***	-.377***	-.230***	-.111	-.104

MV: mean velocity, SV: systolic velocity, DV: diastolic velocity, C2: C2 portion of ICA siphon,

C4: C4 portion of ICA siphon, BA: basilar artery, *: p < .05, **: p < .01, ***: p < .001

Table 2. Comparison of Mean (MV), Systolic (SV), and Diastolic Velocities (DV)* according to the Gender.

	MV			SV			DV		
	Men	Women	P-value	Men	Women	P-value	Men	Women	P-value
MCA	52.6±10.77	60.5±13.08	.000	80.5±15.57	92.4±17.87	.000	38.6±9.09	44.3±10.33	.000
ACA	47.9±9.77	50.2±9.46	NS	74.0±14.35	78.5±14.67	NS	34.8±8.25	36.1±7.83	NS
PCA	29.4±6.29	30.4±5.22	NS	45.9±10.08	47.6±8.04	NS	21.1±4.94	21.8±4.25	NS
C2	43.4±7.95	67.3±11.68	NS	65.4±13.43	72.3±17.08	.044	30.3±7.14	33.3±8.49	NS
C4	46.0±11.40	53.3±12.46	.000	70.9±16.23	81.3±17.38	.000	33.6±9.55	39.3±10.48	.000
OA	15.0±3.53	15.2±3.68	NS	28.6±6.78	29.3±6.11	NS	8.2±2.64	8.2±3.05	NS
VA	27.1±5.78	35.7±9.52	.000	41.5±9.02	54.6±14.28	.000	19.9±4.52	26.2±7.44	.000
proximal BA	33.4±8.44	41.5±9.68	.000	51.8±12.62	63.8±14.63	.000	24.3±6.82	30.3±7.53	.000
distal BA	36.1±9.15	42.9±8.22	.001	56.9±13.27	67.7±12.20	.000	25.7±7.70	30.5±6.88	.005
ICA	27.4±4.74	32.6±6.41	.000	42.0±6.66	49.5±9.49	.000	20.1±4.29	24.1±5.20	.000
ECA	18.9±4.41	19.6±5.30	NS	40.1±8.55	41.7±11.26	NS	8.3±3.16	8.6±8.46	NS
CCA	26.7±5.17	22.8±4.99	.000	51.0±10.21	41.4±9.29	.000	14.5±3.48	13.5±3.29	NS

* mean ± standard deviation, MV: mean velocity, SV: systolic velocity, DV: diastolic velocity,

C2: C2 portion of ICA siphon, C4: C4 portion of ICA siphon, BA: basilar artery

Table 3. Normal Reference Values of Mean (MV), Systolic (SV), and Diastolic Velocities (DV)* in Men.

	30-49 years (n=29)			50-59 years (n=57)			60-69 years (n=20)		
	MV	SV	DV	MV	SV	DV	MV	SV	DV
MCA	55.8±14.35	83.9±19.99	41.8±12.14	50.6±8.42	77.1±12.23	37.4±7.13	53.4±9.57	85.3±14.76	37.4±7.88
ACA	49.7±11.21	75.2±16.14	37.0±9.27	46.6±9.40	71.9±13.37	34.0±8.05	48.7±8.51	78.4±13.71	33.9±7.05
PCA	30.2±6.28	45.7±9.88	22.5±4.91	29.2±6.70	45.5±10.64	21.0±5.21	28.8±4.94	47.3±8.75	19.5±3.56
C2	43.4±7.95	67.3±11.68	31.5±6.65	41.2±8.01	63.7±11.58	29.9±6.67	42.6±12.13	68.3±19.15	29.8±9.00
C4	49.8±13.66	75.5±18.61	37.0±11.58	43.8±9.59	67.8±13.96	31.8±8.04	46.4±11.05	72.4±16.79	33.4±8.93
OA	16.0±3.65	30.2±6.49	8.8±2.87	14.7±3.46	27.9±6.75	8.1±2.56	14.4±3.34	28.2±7.04	7.5±2.34
VA	27.4±5.98	40.8±9.38	20.7±4.66	27.3±5.97	41.8±9.37	20.1±4.57	25.9±4.83	41.5±7.32	18.2±3.78
proximal BA	33.9±7.99	50.9±12.22	25.3±6.37	33.4±8.50	51.7±12.54	24.2±6.85	33.0±9.32	53.2±13.89	23.0±7.44
distal BA	38.9±8.91	59.7±12.46	28.5±7.80	35.3±9.28	55.2±13.77	25.3±7.48	34.5±8.69	57.8±12.80	22.8±7.20
ICA	27.4±4.24	41.1±6.04	20.6±3.83	27.5±5.23	42.3±7.15	20.1±4.64	27.0±4.02	42.5±6.10	19.2±3.81
ECA	20.9±4.58	42.9±8.38	10.0±3.38	18.4±4.08	39.3±8.28	8.0±2.80	17.3±4.11	38.6±8.85	6.7±2.74
CCA	28.8±5.35	56.0±11.45	15.3±3.53	26.3±5.20	50.0±9.42	14.5±3.58	24.3±3.39	46.8±7.59	13.1±2.70

* mean ± standard deviation, n: number of subjects, MV: mean velocity, SV: systolic velocity, DV: diastolic velocity,

C2: C2 portion of ICA siphon, C4: C4 portion of ICA siphon, BA: basilar artery

Table 4. Normal Reference Values of Pulsatility Index(PI) and Resistance(RI) Index*

	30-49 years (n=34)		50-59 years (n=72)		60-69 years (n=25)	
	PI	RI	PI	RI	PI	RI
MCA	0.77±0.13	0.50±0.06	0.80±0.13	0.52±0.05	0.89±0.14	0.56±0.06
ACA	0.80±0.18	0.52±0.07	0.82±0.15	0.53±0.06	0.90±0.18	0.56±0.07
PCA	0.78±0.16	0.51±0.07	0.84±0.17	0.54±0.07	0.95±0.16	0.58±0.06
C2	0.84±0.14	0.54±0.06	0.83±0.12	0.53±0.05	0.90±0.12	0.56±0.05
C4	0.79±0.15	0.51±0.06	0.82±0.16	0.53±0.06	0.85±0.15	0.54±0.06
OA	1.38±0.33	0.71±0.08	1.38±0.36	0.71±0.09	1.45±0.34	0.73±0.09
VA	0.73±0.14	0.49±0.06	0.80±0.14	0.52±0.06	0.89±0.13	0.56±0.05
proximal BA	0.75±0.14	0.50±0.06	0.83±0.14	0.53±0.06	0.92±0.17	0.57±0.06
distal BA	0.82±0.18	0.53±0.07	0.85±0.16	0.54±0.06	1.03±0.21	0.61±0.07
ICA	0.75±0.14	0.50±0.06	0.82±0.18	0.52±0.06	0.86±0.16	0.54±0.07
ECA	1.60±0.25	0.77±0.06	1.73±0.32	0.80±0.07	1.81±0.34	0.82±0.07
CCA	1.38±0.23	0.71±0.06	1.33±0.18	0.70±0.05	1.35±0.23	0.71±0.06

* mean ± standard deviation, n: number of subjects, C2:C2 portion of ICA siphon, C4: C4 portion of ICA siphon, BA: basilar artery

Table 5. Left-right Ratios of Mean and Systolic Velocity

		Left-right Ratios of Mean Velocity	Left-right Ratios of Systolic Velocity
MCA	mean ± SD (Range)	1.04±0.20 (0.65-1.43)	1.03±0.19 (0.66-1.40)
	actual range	0.66-1.83	0.68-1.81
ACA	mean ± SD (Range)	1.01±0.25 (0.52-1.50)	1.03±0.23 (0.58-1.48)
	actual range	0.61-1.70	0.62-1.76
PCA	mean ± SD (Range)	1.04±0.24 (0.57-1.51)	1.03±0.23 (0.58-1.48)
	actual range	0.56-2.27	0.52-2.00

SD: standard deviation, Range = mean ± (standard deviation × 1.96)

Table 6. ACA-MCA Velocity Ratio, PCA-MCA Velocity Ratio, and Hemispheric Index (HI)

AMVR	mean ± SD (Range)	0.90±0.19 (0.53-1.27)
	actual range	0.49-1.72
PMVR	mean ± SD (Range)	0.56±0.14 (0.29-0.86)
	actual range	0.27-1.81
HI	mean ± SD (Range)	1.96±0.51 (0.97-2.96)
	actual range	1.06-5.05

SD: standard deviation, Range = mean ± (standard deviation × 1.96),

AMVR: ACA-MCA velocity ratio = ACA mean velocity / MCA mean velocity,

PMVR: PCA-MCA velocity ratio = PCA mean velocity / MCA mean velocity

이상이었고, RI는 0.7 이상이였다 (Table 4). 전체 대상자의 CCA RI의 정상 참고 범위는 0.6-0.82 (평균±표준편차 = 0.71±0.06)이었다.

3. 상대적인 기준치의 정상 참고 범위

MCA, ACA, PCA 평균혈류속도의 좌우비의 정상 참고 범위는 상한은 43-51%이고, 하한은 34-44%이었고,

각 혈관의 수축기혈류속도의 좌우비는 평균혈류속도의 좌우비와 비슷하였다 (Table 5). 평균혈류속도의 좌우자의 정상 참고 범위의 상한은 MCA는 20.8 cm/sec이고, ACA는 24.3 cm/sec, PCA는 14.3 cm/sec이었다.

AMVR은 ACA의 평균혈류속도는 MCA 속도의 127% 까지 정상 참고 범위이내이었고, PMVR은 PCA 평균혈류속도는 MCA속도의 86%까지가 정상 참고 범위이었다. HI는 2.96까지 정상 참고 범위였다 (Table 6).

고 찰

혈관의 혈류 속도는 혈관 내경, 혈류량, 혈액 점도 등에 영향을 받으므로 TCD 정상 참고치는 이러한 인자를 조절하여 구해져야 한다. 본원에서는 뇌졸중 예방 검진 프로그램으로 MRI, MRA, TCD, 혈액화학 검사 등을 하루에 동시에 시행하였으므로 이 연구가 가능하였다. MRA에 근거하여 혈관 협착 환자를 제외하고, 편두통 환자도 제외하고, 정상 참고치를 설정한 것은 본 연구가 처음이다.

혈관 협착과 폐쇄에 대한 MRA의 민감도(sensitivity)는 혈관조영술을 기준으로 각각 86%, 95%로 보고되고 있어,²⁰ MRA는 비침습적인 방법으로 정상 뇌혈관을 확인 하는데 가장 좋은 방법이다. 따라서 MRA는 건강 성인을

대상으로 한 TCD 정상 참고치 설정의 기준으로 적합하다고 할 수 있다. Ley-Pozo와 Ringelstein은 속도 이외에 추가적인 기준을 이용하여 30% 이상의 MCA 협착에 대한 TCD의 예민도를 86%로 보고하였으나,^{21,22} 속도만을 기준으로 설정할 때 50% 이상의 협착에서는 TCD의 변화가 없는 경우가 많으므로,^{23,24} 본 연구에서는 50% 이상의 협착을 제의 기준으로 설정하였다.

본 기준치의 장점은 표준편차가 적은 것이다. 남성 연령 군별 정상참고치 중 평균혈류속도와 이관기혈류속도의 표준편차는 경동맥의 siphon 측정치와 30대 남성의 MCA, ACA 측정치를 제외하면 모두 10 cm/sec 이하이었다. 특히 50대 남자의 MCA 평균혈류속도의 표준편차는 8.41로 기존의 보고²⁴의 표준편차의 2/3에 불과하였다. 이는 혈관 협착, 편두통, 빈혈을 보인 사례를 제외하고 최대한 균질한 연구 대상을 이용하였기 때문으로 생각된다. 본 연구에서는 각 혈류 속도의 정상 참고 범위는 제시하지 않았다. 김경환 등²⁵은 평균수(2×표준편차)로 50대 남성의 MCA 정상 범위 위로 평균혈류속도 27-71 cm/sec, PI 0.42-1.14로 제시한 바 있다. 그러나 급성 뇌경색 환자에서 MCA 평균혈류속도가 30 cm/sec보다 낮을 때는 예후가 나쁘다고 하며,¹⁴ 동정맥기형 혈관의 PI는 0.22-0.74 (중값값 0.48)로 보고되므로²⁶ 표준편차가 크게 산출된 경우에도 표준편차의 2배로 정상 범위를 계산한다면 TCD 검사의 감수성을 지나치게 낮추게 될 위험성이 높다. 또 지주막하출혈의 혈관관측에서는 120 cm/sec 이상이,²⁷ 혈관 협착에서는 80 cm/sec 이상이 MCA 평균혈류속도의 기준으로 제시되므로²² 질병에 따라 다른 기준치가 유용할 수 있다. 따라서 TCD를 일차적인 진단 검사로 사용하기 위해서는 정상 범위를 직접하게 선택하여 감수성을 높일 필요가 있고, 본 연구의 50대 남자의 정상 참고 범위를 표준편차의 1.96배의 범위(정상의 95%)로 구하면 MCA의 평균혈류속도는 34-67 cm/sec이고 PI는 0.55-1.05이고 distal BA의 평균혈류속도는 17.1-53.5 cm/sec이고 PI는 0.54-1.16이다.

평균혈류속도나 수축기혈류속도의 좌우비나 혈관간의 속도비는 급성 뇌경색이나 경동맥 협착의 진단에 도움이 되는데, 기존 연구의 참고치는 정도가 미약한 환자나 소수의 정상인을 대상으로 산출된 단점이 있다.^{11,15} MCA 평균혈류속도의 좌우치의 상한 범위는 22-30 cm/sec으로 보고되며,^{4,21} 좌우비의 상한 기준은 혈관협착, 혈관연축의 진단에 도움이 되고, 하한 기준은 급성 중대뇌동맥 경색이나 경동맥질환의 진단에 유용하다.^{14,16} ACA 혈류속도의 증가는 급성 중대뇌동맥 뇌경색이나 혈관 협착을 시사한다고 하는데,^{11,27} 본 정상군 중 약 1/4은 ACA속도가 MCA속도보다 높았다. 따라서 ACA 혈류속도가 증가되었더라도 ACA 좌우비의 정상 상한 범위와 AMVR를 참고하여 측부순환 여부를 판정하여야 할 것이다. PCA는 반대측에 비해 50% 증가되는 경우에 측부순환으로 인정되는데,²⁸ 본 연구의 정상 참고 범위도 50%로 나왔다. 경동맥 협착의 진단에는 평균혈류속도보다 수축기혈류속도의 좌우비가 더 유용하다는 주장이 있지만¹³ 정상

군에서는 수축기혈류속도와 평균혈류속도의 좌우비의 차이는 없었다.

HI는 지주막하 출혈 환자에서 3H (hemodilution, hypertension, hydration)치료에 의한 hyperemia와 혈관연축의 감소를 위하여 이용하는 치료로, Lindegaard등¹⁵은 ICA를 2 MHz로 하악골 밑으로 40-50 mm 깊이에서 측정하여, HI를 구하고 3이상이면 혈관연축을 시작하고, 6이상이면 심한 혈관연축이 의심된다고 보고하였다. 본 연구에서는 4 MHz로 ICA를 측정하여 HI를 구하였으며, 본원의 경험으로는 빈혈에 의한 hyperemia시에도 HI는 정상이어서 혈관협착과 감별이 가능하였다.

CCA의 RI는 경동맥 폐쇄의 감별에 유용한 지표로 정상 참고 범위가 0.5-0.75로 보고되는데,²⁹ 본 연구에서는 0.6-0.82이었다. 이는 전자가 5 MHz로 B-mode에 근거하여 시행된 반면, TCD에서는 4 MHz로 조영 작도에 대한 정보 없이 검사하기 때문이라고 보이며, 이 수치의 유용성에 대해서는 향후 검증이 필요하다.

본 연구에서는 고혈압이나 당뇨병 환자 등이 포함되었는데, 뇌졸중 위험인자가 TCD 검사결과에 미치는 영향에 대한 보고는 많지 않다.³⁰ Xenon 흡입방법을 이용한 연구에 의하면 뇌졸중의 병력이 없더라도 고혈압의 정도와 뇌혈류량은 상관관계가 있고,³¹ 그 외에 당뇨, 고지혈증, 흡연, 파도한 음주, 심장병 등의 경우에도 뇌혈류량이 감소된다고 한다.³² 본 연구 대상자의 약 2/3 (83명)에서 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 흡연 중 최소 한 가지 이상의 뇌졸중 위험인자를 찾을 수 있었는데 이는 건강 검진 프로그램 중 뇌졸중 예방 검진 클리닉에 내원한 사람을 대상으로 하였기 때문으로 보인다. 그러나 이 대상자들 중 대부분은 뇌졸중 위험인자를 조절하고 있거나 그 정도가 심하지 않았으므로, 모두 정상군에 포함하여 분석하였다. 각각의 뇌졸중 위험인자가 TCD 검사결과에 미치는 영향과 뇌졸중 위험인자 보유자 중 고위험군 선별을 위한 추가적인 연구가 필요하다.

혈류 속도에 영향을 주는 인자로 성별,^{4,11} 연령,^{12,35} hematocrit³⁶가 보고되며 본 연구의 결과도 비슷하여서 성별, 연령별로 정상 참고치를 구하였다. 그러나 뇌졸중 예방 검진 프로그램 지원자의 대부분이 남성이어서, 여성의 혈류속도는 연령별 정상 참고치를 구하지 못하였다.

REFERENCES

1. Aslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocities in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769-774.
2. 권병택, 권 암, 임승원, 황충진. Doppler Ultrasound을 이용한 뇌기저 동맥의 혈류속도 측정. *대한신경과학회지* 1989;18:379-388.
3. 안광범, 지창수, 정진성. Transcranial Doppler ultrasound을 이용한 정상인의 뇌혈류속도 측정. *대한신경과학회지* 1991;9:277-285.

4. 김경환, 손영호, 이상무 등. 정상성인 200명을 대상으로 한 transcranial Doppler Ultrasonography (TCD) 의 기준치와 그에 영향을 주는 요소들. *대한신경과학회지* 1995;13:815-824.
5. Hennerici M, Rautenberg W, Sitzer G, Schwartz A. Transcranial Doppler Ultrasound for the assessment of intracranial arterial flow velocity- Part 1. Examination technique and normal values. *Surg Neurol* 1987;27:439-448.
6. Caplan LR, Gorelick PB, Hier DB. Race, sex, and occlusive cerebral disease: A review. *Stroke* 1985;17:648-655.
7. Chung CS, Lim HS, Suh SA. Stroke risk appraisal and prevention program at the Samsung Medical Center: A primary prevention program. Asia Pacific consensus forum on stroke management, 1997. Poster presentation.
8. Thie A, Fuhlerdorf A, Spitzer K, Kunze K. Transcranial Doppler evaluation of common and classic migraine. Part 1. Ultrasonic features during the headache-free period. *Headache* 1990;30:201-208.
9. Abernathy M, Donnelly G, Kay G, et al. Transcranial Doppler sonography in headache-free migraineurs. *Headache* 1994;34:198-203.
10. Lindegaard KF, Nornes H, Bakke SJ. Cerebral vasospasm diagnosis by means of angiography and blood velocity measurements. *Acta Neurochir*. 1989;100:12-24.
11. Brass LM, Dutete DL, Mohr JP. Anterior cerebral artery velocity changes in disease of the middle cerebral artery stem. *Stroke* 1989;17:913-915.
12. 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.
13. Grolimund P, Seiler RW. Age dependence of the flow velocity in the basal cerebral arteries-A transcranial Doppler ultrasound study. *Ultrasound Med. Biol.* 1988;14: 191-198.
14. Halsey JH. Prognosis of acute hemiplegia estimated transcranial Doppler ultrasonography. *Stroke* 1988;19:648-649.
15. Can U, Furie KL, Suwanwela N, et al. Transcranial Doppler ultrasound criteria for hemodynamically significant internal carotid artery stenosis based on residual lumen diameter calculated from en bloc endarterectomy specimens. *Stroke* 1997;28:1966-1971.
16. Zbornikova V. Different flow patterns in infarction of the middle cerebral artery. *Journal of Neuroradiology* 1997;7: 69-77.
17. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. *N Engl J Med*. 1991;325:445-453.
18. Headache Classification Committee of the International Headache Society. Classification and diagnostic criteria for headache disorders, cranial neuralgia and facial pain. *Cephalalgia* 1988;8:1-96.
19. Ringelstein EB, Kahlscheuer B, Niggemeyer E, Otis SM. Transcranial Doppler sonography: Anatomical landmarks and normal velocities values. *Ultrasound Med. Biol.* 1990; 16:745-761.
20. Stock KW, Radue EW, Jacob AL, Steinbrich W. Intracranial arteries: prospective blinded comparative study of MR angiography and DSA in 50 patients. *Radiology* 1995 ;195:451-456.
21. Ringelstein EB. Cerebrovascular diseases. In : Tegeler CH, Babikian VL, Gomez CR. Eds. *Neurosonology*. Mosby Press 1995;172-188.
22. Ley-Pozo J, Ringelstein EB. Noninvasive detection of occlusive disease of the carotid siphon and middle cerebral artery. *Ann Neurol*. 1990;28:640-647.
23. De Bray JM, Joseph PA, Jeanvoine H, Maugin D, Dauzat M, Plassard F. Transcranial Doppler evaluation of middle cerebral artery stenosis. *J Ultrasound Med*. 1988;7:611-616.
24. Rorick MB, Nichols FT, Adams RJ. Transcranial Doppler correlation with angiography in detection of intracranial stenosis. *Stroke* 1994;25:1931-1934.
25. Lindegaard KF, Grolimund P, Aaslid R, Nornes H. Evaluation of cerebral AVMs using transcranial Doppler ultrasound. *J Neurosurg* 1986;65:335-344.
26. Aaslid R, Heber P, Nornes H. Evaluation of cerebrovascular spasm with transcranial Doppler ultrasound. *J Neurosurg* 1984;60:37-41.
27. Mattle H, Grolimund P, Huber P, Struzenegger M, Zurburg HR. Transcranial Doppler sonographic findings in middle cerebral artery disease. *Arch Neurol*. 1988;45: 289-295.
28. Anzola GP, Gasparotti R, Magoni M, Prandini F. Transcranial Doppler sonography and magnetic resonance angiography in the assessment of collateral hemispheric flow in patients with carotid artery disease. *Stroke* 1995; 26:214-217.
29. Tatemichi TK, Charmorro A, Petty GW, et al. Hemodynamic role of ophthalmic artery collateral in internal carotid occlusion. *Neurology* 1990;40:461-464.
30. Cho SJ, Sohn YH, Kim GW, Kim JS. Blood flow velocity changes in the middle cerebral artery as an index of the chronicity of hypertension. *Neurological Sci*. 1997;150: 77-80.
31. Rodriguez G, Arvigo F, Marengo S, et al. Regional cerebral blood flow in essential hypertension : Data evaluation by a mapping system. *Stroke* 1987;18: 13-20.
32. Meyer JS, Rogers RI, Mortel KF, Judd BW. Hyperlipidemia is a risk factor for decreased cerebral perfusion and stroke. *Arch Neurol*. 1987;44:418-422.
33. Meyer JS, Rogers RI, Mortel KF. Progressive cerebral ischemia antedates cerebrovascular symptoms by two years. *Ann Neurol* 1984;16:305-313.
34. Rogers RI, Meyer JS, Judd BW, et al. Abstinence from

- cigarette smoking improves cerebral perfusion among elderly chronic smokers. *JAMA* 1985;253:2970-2974.
35. Arnold BJ, Von Reutern GM. Transcranial Doppler sonography. Examination technique and normal reference values. *Ultrasound Med. Biol.* 1986;12:115-123.
36. Brass LM, Pavlakis SG, DeVivo D, Piomelli S, Mohr JP. Transcranial Doppler measurements of the middle cerebral artery. Effect of hematocrit. *Stroke* 1988;19:1466-1469.