KISEP Clinical Researches J Korean Neurosurg Soc 30 : 970-975, 2001

TCD를 이용한 두개강내 동맥류의 예후 예측 가능한 New Scale(NS) Score System

인하대학교 의과대학 인하병원 신경외과학교실
박상훈 · 박종운 · 박현선 · 현동근 · 하영수

=Abstract=

A New Scale(NS) Score System to Predict Outcome of Intracranial Aneurysm Using TCD

Sang Hoon Park, M.D., Chong Oon Park, M.D., Hyeon Seon Park, M.D., Dong Keun Hyun, M.D., Young Soo Ha, M.D.

Department of Neurosurgery, College of Medicine, Inha University, Sungnam, Korea

Objective : By conducing a review of clinical outcomes for patients with aneurysm treated using current microneurosurgical techniques and intensive care unit management, we speculated that grading systems based only on clinical condition or CT finding after admission failed to provide a significant stratification of outcome between individual grades of patients, because these systems did not include the factor for postoperative vasospasm. We hypothesized that postoperative blood flow velocity could have a significant impact on outcome prediction for patients surgically treated for intracranial aneurysms.

Methods : We conducted a analysis on patient - and lesion - specific factors that might have been associated with outcome in a series of 55 aneurysm operations performed with measurements of blood - flow velocity with transcranial Doppler ultrasonography(TCD). In the new scale(NS) score system, 1 point is assigned additionally for the case with Hunt and Hess(H - H)/World Federation of Neurological Surgeons(WFNS) Grade IV or V, Fisher Scale(FS) score 3 or 4, aneurysm size greater than 10mm, patient age older than 60 years, blood - flow velocity higher than 120cm/sec, and posterior circulation lesion. By adding the total points, a 6 - point scale score(score 0 - 6) is obtained.

Results : Age of patient, size of aneurysm, clinical condition(H - H grade and WFNS), FS score, and blood flow velocity(TCD 1day after operation) were independently and strongly associated with long - term outcome. When NS scores were applied to 55 patients with at least 6 months follow - up, the correlation of individual scores with outcome was strongly validated the retrospective findings.

Conclusion : It was speculated that TCD could be used to assess postoperative vasospasm and to monitor noninvasively the patients with aneurysmal SAH. This NS score system is easy to apply, divide patients into groups with different outcome, and is comprehensive, allowing for more accurate prediction of surgical outcome.

KEY WORDS : Aneurysm · Transcranial doppler ultrasonography · Outcome · Grading system.

서 론

동맥류의 파열에 의한 지주막하 출혈 후 의식의 변화를 보이는 환자의 최적 치료 방법에는 아직도 많은 논쟁이 있다. 지주막하 출혈을 보인 환자에서 수술 후 예후에 대한 예측 인자들에 대한 연구는 많이 보고 되고 있으나 가장 흔히 사용되는 grading system으로는 Hunt & Hess(H - H) grade[11], WFNS grade[22], Fisher scale(FS) score[7]를 사용하고 있으나, 특히 unruptured aneurysm 환자에선 전통적인 grading system만을 이용할 시엔 예후 측정에 제한이 많다[12)21)]. 최근 두개강내 뇌혈관의 혈류역동학적 이

상 유무를 검사하는데 초음파를 이용하는 비침습적인 방법인 Transcranial doppler ultrasonography(TCD)가 널리 사용되고 있다[1)19)20)]. Satomura[17)]가 ultrasound를 이용한 말초혈관의 혈류속도 측정을 처음으로 시행하였으나, 뇌혈류를 측정할 땐 수술중이거나 소아에서 전천문이 열려 있는 경우에만 가능하였으며, 5~10MHz probe로는 두개골의 투과가 불가능하여 두개강내 혈관의 혈류속도 측정에 제한이 있었다. Aaslid등[9)]이 2MHz probe를 새로 개발하여 두개골 중 가장 얇은 부분인 측두골을 투과하여 Willis 환동맥들의 혈류속도를 측정하는데 이용할 수 있게 되었다.

저자는 환자의 수술 전 임상적인 증상과 방사선 소견만 기준을 둔 수술 전 grading system만으로 예후를 판단하기에는 제한이 있기 때문에, 수술 후 혈관 연축을 예상할 수 있는 수술 후 TCD 소견을 이용하여 새로운 scale score를 이용하여 예후를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1996년 1월부터 1999년 6월까지 자발성 지주막하 출혈을 보인 환자로 출혈 후 72시간 이내에 수술하였으며, 수술 후 1일째 TCD를 시행하였고, 6개월 이상 추적조사가 가능했던 55명의 환자를 대상으로 후향적 분석을 하였다.

2. 방 법

예측 인자론 중뇌혈관 혈류속도를 포함하여, 수술 전 H-H grade, WFNS grade, FS score, 나이, 동맥류의 크기 및 위치를 이용하였다. 뇌경동맥 촬영상 혈관 연축이 있어 1~2주 연기한 경우는 제외하였다. 뇌혈류속도 측정에 사용된 기기는 독일 EME사의 TC2-64B이었으며 2MHz의 probe를 사용하였고 ultrasonic burst length는 10μsec, high-pass filter는 150Hz, low-pass filter는 9kHz, pulse repetition frequency는 4.96~10.26kHz이었고 방출된 ultrsonic power는 10~100mW/cm^{2}이었다.

뇌혈류속도 검사는 수술 후 첫날에 실시하였으며, 측정한 동맥은 중뇌동맥으로 측두창을(transtemporal)을 이용하였고, 혈류속도는 수축기 최대 혈류속도(peak systolic), 이완기 최대 혈류속도(peak diastolic)와 평균 혈류속도(time-mean flow velocity)는 4초간 측정치의 평균으로 계산하였으며, 이를 printer(Sony video graphic)에 받아서 기록하였다. Ringelstein등[16)]의 보고에 근거하여 중뇌동맥 혈류속도 측정시 probe의 깊이는 5.0~6.0cm에 고정시키고, 방향을 변화시키면서 probe를 향하여 오는 혈류를 포착하여

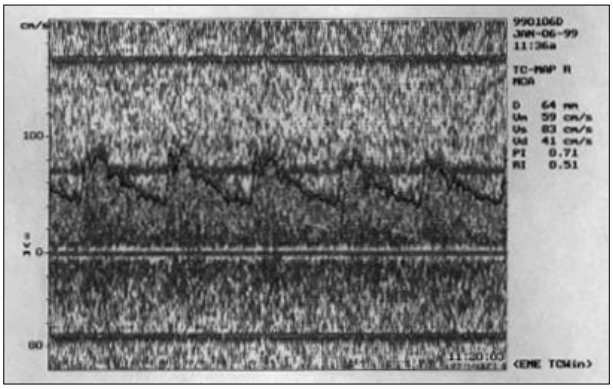

Fig. 1. Spectral display of the Doppler signals from the middle cerebral artery(MCA) in the patient without vasospasm. The flow velocity in the MCA was 59cm/sec(within normal range).

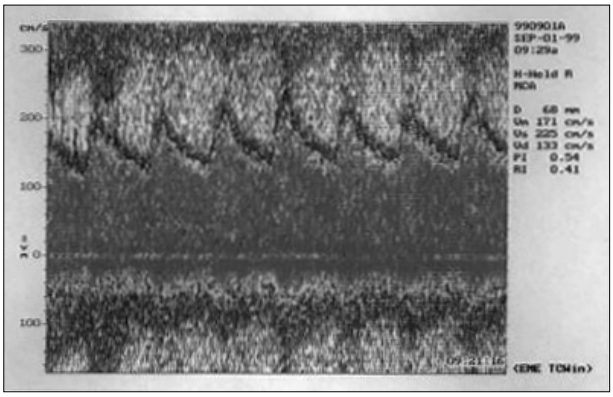

Fig. 2. Spectral display of the Doppler signals from middle cerebral artery(MCA) in the patient with vasospasm. The flow velocity in the MCA was markedly elevated(171cm/sec).

Doppler신호가 가장 선명히 보이는 곳에서 측정하였다(Fig. 1). 혈류속도는 100cm/sec이하, 101~120cm/sec, 120cm/sec이상으로 구분하였다. 평균 중뇌혈관 혈류속도가 120 cm/sec이상이거나, 양측 평균 혈류속도가 25cm/ sec이상 차이가 있을 땐 혈류장애로 판단하였다(Fig. 2).

수술 후 결과는 Glasgow Outcome Scale(GOS)을 이용하였으며, Excellent와 Good은 좋은 결과의 군으로, Fair, Poor, Dead는 나쁜 결과의 군으로 분류하였다.

각 조간의 비교는 ANOVA with multiple comparisons (Scheff's method)를 이용하였으며, 유의 수준은 p값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1. 연령 및 기왕증

조사 대상 남녀의 비는 18 : 27이였으며, 남녀 차이는 예후에 영향을 미치지 못하였다(p=0.34). 연령은 29세에서

Table 1. Outcome expressed as good or poor* for variables studied and for other factors

	No	Good	Poor
Hunt and Hess grade(WFNS grade)			
I	12(10)	12(10)	0(0)
II	16(17)	15(17)	1(0)
III	22(18)	19(17)	3(1)
IV	4(6)	1(3)	3(3)
V	1(4)	0(0)	1(4)
Fisher			
1	12	12	0
2	26	26	0
3	11	7	4
4	6	2	4
Size			
<10 mm	44	41	3
10 - <25 mm	7	5	2
≥25 mm	4	1	3
Age of patient(yr)			
<60	43	40	3
Hypertension(- /+)	31/12	31/11	0/1
DM(- /+)	39/ 4	39/ 3	0/1
Lung dis.(- /+)	53/ 1	53/ 1	0/1
≥60	12	7	5
Hypertension(- /+)	7/ 5	6/ 4	1/1
DM(- /+)	10/ 2	9/ 2	1/0
Lung dis.(- /+)	8/ 4	7/ 3	1/1
Location			
ICA	6	5	1
P-com	13	12	1
A-com	15	13	2
MCA	17	16	1
Pcal†	1	0	1
PCA	2	1	1
VA	1	0	1
TCD(cm/sec)			
<100	40	40	0
101 - <120	7	5	2
≥ 120	8	2	6
Total	55	47	8

* : good ; excellent or good in GOS
poor ; fair or poor or dead in GOS
† Pcal : pericallosal artery

73세로 평균 연령은 50세(49.8±10.61)였으며, 연령을 2군(60세 미만, 60세 이상)으로 나누었으며, 60세 미만에서는 3명(7%), 60세 이상에선 5명(41.7%)에서 나쁜 결과를 보였다(Table 1, p=0.001). 60세 미만에서 기왕증으로 고혈압을 가진 사람은 12명, 60세 이상에선 5명이 있었으나, 수술 후 예후엔 영향이 없었으며, 기타 당뇨 및 폐질환을 가진 환자에서도 동일 소견을 보였으나(Table 1), 이는 대상군이 작아 통계학적 의미는 없었다.

2. Hunt and Hess 및 WFNS grade

H-H grade는 수술전 가장 나쁜 grade와 수술 직전의 grade는 예후와 상관관계가 있었으나, 입원당시나 가장 좋은 grade는 예후와 상관관계가 없었으며, WFNS grade는 수술전 진찰 시간과 관계없이 예후와 밀접한 관계를 보였다(Table 2, p<0.001).

H-H grade Ⅰ-Ⅲ인 경우 총 50명중 4명(8%)에서 나쁜 결과를 보인 반면 grade Ⅳ-Ⅴ인 경우 5명중 4(80%)명에서 나쁜 결과를 보였다. WFNS grade Ⅰ-Ⅲ인 경우 45명중 1명(2.2%)에서 나쁜 결과를 보였으며, grade Ⅳ-Ⅴ인 경우 10명중 7명(70%)에서 나쁜 결과를 보였다. 그러나 H-H grade와 WFNS grade와는 서로 좋은 상관관계가 있었다(Table 1, p=0.001).

3. 동맥류의 크기 및 위치

동맥류의 크기는 3군(<10mm, 10~<25mm, >25mm)으로 나누었으며, <10mm인 경우가 44예로 그중 3명(6.8%)이 나쁜 결과를 보였으며, 10~<25mm에서는 2명(28.6%), 25mm 이상에서는 3명(75%)의 나쁜 결과를 보였다(Table 1, p=0.004).

동맥류의 위치에 따라 수술 후 예후에는 영향이 없었으나(p=0.28), 후방 뇌순환계의 동맥류는 환자수가 너무 적어 통계적 처리를 할 수 없었다(Table 1).

4. Fisher scale score 및 혈류속도

FS score에선 score 3인 경우 11명중 4명(36.3%), score4에선 6명중 4명(66.7%)에서 나쁜 결과를 보인 반면, Score 1~2에선 전원 좋은 결과를 보였다. Score 3이상인 경우가 17명중 8명으로 49%에서 나쁜 결과를 보였다(Table 1, p=0.001).

혈류속도는 3군으로 분류하였다. 100cm/sec 미만에선 전부 좋은 결과를 보였으며, 100~<120cm/sec인 경우 7명중 2명(28.6%)에서, 120mm/sec 이상인 경우 8명중 6명(75%)이 나쁜 결과를 나타내었다(Table 1, p=0.005).

5. TCD를 이용한 new scale(NS) score

나이, H-H grade, WFNS grade, FS score, 동맥류 크기 및 혈류속도는 동맥류 수술 후 예후인자로 사료되며, 나이 60세 이상, H-H grade 혹은 WFNS grade Ⅳ이상, FS score 3이상, 동맥류의 크기 10mm이상, TCD이용 시 혈류속도가 120cm/sec이상일 경우 1점을 각각 주어 총 5점에 후방 뇌순환계 동맥류 경우에는 1점을 더 추가로 주

Table 2. Outcome correlation with two grading schemes, assessed at admission, at best and at worst pretreatment, immediately before treatment, and posttreatment

Scale	At admission	At best pretreatment	At worst pretreatment	Immediately before treatment	Post treatment
H-H	r=0.1 p=0.28	r=0.1 p=0.68	r=0.4 p=0.001	r=0.4 p=0.05	r=0.3 p=0.53
WFNS	r=0.4 p=0.005	r=0.4 p=0.04	r=0.4 p=0.001	r=0.4 p=0.04	r=0.5 p=0.001

Table 3. New Scale Score system*

Age	H-H/WFNS	FS score	Size(mm)	Velocity(TCD)	Point
<60	0 - III	0 - 2	< 10	< 120	0
≥60	IV - V	3 - 4	≥10	≥120	1

* : Add 1 additional point for posterior circulation lesion
For our scale scoring, no additional point was added for vasospasm or systemic disease

Table 4. Outcome expressed as good and poor* for Our and Ogilvy's New Scale score system

Scale score	No	Good*	Poor*
0	5(5)	5(5)	0(0)
1	12(12)	12(12)	0(0)
2	15(15)	15(15)	0(0)
3	12(13)	11(12)	1(1)
4	5(10)	3(3)	2(7)
5	5(0)	1(0)	4(0)
6	1	0	1

* : good ; excellent or good in GOS
poor ; fair or poor or dead in GOS
( ) : Numbers of patients using Ogilvy's new scale score system

었다(Table 3). Ogilvy와 Carter[15]가 발표한 scale score system을 이용하였을 때 score 4인 경우 10명중 7명(70%)에서 나쁜 예후를 보였으나, 이 score 4를 저자의 NS score를 이용하였을 땐 score 4, 5. 6으로 분류할 수 있으며, 그에 따라 예후를 차별화 할 수 있었다. NS scoe 4에선 40%, NS score 5에선 80%의 나쁜 예후를 보였으나, 대상이 적어 통계학적 의의는 없었다(Table 4).

고 찰

두개강내 동맥류 수술 후 예후를 예측하는 여러 종류의 grading system이 있다[4)6-8)11)]. 이들 중 대부분은 임상 소견에 의한 것이며, 임상 소견에 의한 grading system을 사용할 시엔 비파열성 동맥류는 예후 예측에 상당한 제한이 있게 된다. 저자는 뇌혈류속도를 포함하여 나이, H-H grade, WFNS grade, FS score, 동맥류의 크기 및 위치등을 병합한 새로운 scale score system으로 더 정확한 예후 예측을 가능하게 되었다.

1. 환자 연령

많은 보고에 의하면 파열성 동맥류를 가진 환자에서 연령은 장기간 임상적 결과를 추적할 수 있는 독자적 예후인자로 보고하고 있다[6)8)14)18)23)]. Ogilvy와 Carter[15]는 연령이 증가할수록 예후가 나쁜 것을 강조하였으며, Khanna등[12]은 비파열성 동맥류 환자에서 40세 미만에선 94.1%의 좋은 결과를 보인 반면, 60세 이상에선 72.2%를 보고하였다. 본 연구에서도 나이의 증가에 따라 예후가 좋지 않은 것을 알 수 있었다(Table 1). 저자는 연령에서 60세를 기준으로 고 위험군과 저 위험군을 나누었으며, 60세 이상의 환자에게 1점을 주었다.

2. 동맥류의 크기와 위치

많은 신경외과 의사들은 거대 동맥류(≥25mm)가 작은 동맥류에 비해 나쁜 결과를 초래할 확율이 매우 높으며, 최근엔 비파열성 동맥류일 경우에도 10~25mm의 동맥류가 예후가 좋지 않다고 하였으며, 동맥류의 크기도 독자적인 예후인자로 보고하고 있다[5)14)15)18)]. 저자의 연구에도 동맥류의 크기에 따라 예후가 달랐으며, 10mm 크기를 기준으로 10mm이상 동맥류시 1점을 주었다.

Ogilvy와 Carter[15]는 동맥류의 위치에 따라 예후엔 차이가 없었으나, 후방 순환계에 거대 동맥류일 경우 예후가 나쁘다고 하였다. 본 연구에서도 동맥류의 위치와 예후는 통계학적 의의는 없었다(p=0.38).

3. Grading scales의 비교

Bailes등[3]은 H-H grade IV-V일 경우 살수 있었던 경우가 77%, 좋은 결과를 보인 경우가 54%으로 보고하였으나, Chiang등[5]은 H-H grade IV와 WFNS gradeIV 이상을 비교하였을 때 21%, 23.7%에서만 좋은 결과를 보고하였다. 본 연구에선 H-H grade IV-V에선 20%, WFNS scale에선 30%에서만 좋은 결과를 보였다(Table 1). H-H grade나 WFNS grade에서는 grade IV를 기준으로 하였으며, grade IV 이상일 경우 1점을 주었다.

4. Grade assessment의 시간

입원 후 Grade를 결정하는 시간은 각각 다르다. 주로 입원당시거나 수술 직전에 점검하는 것이 일반적이다. 그러나 grading하는 시간에 대해서는 아직 국내에선 보고된 바 없

으나, Chiang등[5]은 H-H grade를 적용할 땐 수술전 가장 나쁜 scale만 예후에 관계가 있었으며, WFNS grade를 적용할 땐 점검한 시간과 관계없이 예후에 관계가 있었다고 보고하였다. 본 연구에선 입원 당시, 수술 직전, 그 사이 가장 나빴던 때와 가장 좋았을 때의 grade를 서로 비교하였으며(Table 2), H-H grade는 가장 나빴을 때와 수술 직전의 grade, WFNS grade는 점검한 시간에 관계없이 예후와 통계학적 유의한 관계가 있었다($p<0.05$). 본 연구에선 가장 나빴을 때 grade를 기준으로 설정하였다.

5. Fisher scale score

대부분의 동맥류의 grading system은 임상적인 조건이 초석이 되고 있다[4)7)22)]. 지연성 혈관 연축이나 신경학적 증상을 초래하는 지주막하 출혈이 있는데, 임상적으론 아주 좋은 상태가 있을 수 있기 때문에 임상적 grading system만으론 예후 예측에 제한이 있다. 방사선학의 발전으로 뇌전산화 단층촬영을 이용하여 지주막하 출혈의 정도를 확인할 수 있게 되었다[7]. Ogilvy와 Carter[15]는 FS score 3에선 17%, FS score 4에선 49%%에서 나쁜 결과를 보고하였으나, 본 연구에선 FS score 3인 경우 36.4%, FS score 4인 경우는 66.7%의 나쁜 결과를 보였다. FS score에서는 score 3을 기준으로 하였으며, FS score 3이상일 경우 1점을 주었다.

6. 혈류속도

Aaslid등[1)2)]이 TCD를 이용하여 두 개강내의 혈류역학적인 변화를 평가하는데 유용하다고 보고한 후 널리 사용되고 있다. TCD의 장점으로는 조영제 사용이 필요 없고, 쉽게 반복 검사를 할 수 있어 대뇌혈관의 급성 변화를 판단하는데 유용함으로 지주막하 출혈 후 뇌혈관 조영상 뇌혈관 연축이 발견되지 않는 시기에도 조기에 뇌혈관 연축을 발견할 수 있고, calcium channel blocker 사용시 약의 효용성 여부를 검사할 수 있고, 또 이런 환자에서 수술 시기를 조언할 수 있으며, 수술 후 추적검사에도 이용할 수 있다고 보고하였다[1)2)10)19)].

혈류속도를 측정하는데 전뇌동맥은 해부학적으로 변형이 많으며, 측순환(collateral blood flow)이 많고, 혈관을 찾기에 어려움이 많기 때문에 중뇌동맥을 사용하는 것이 좋다고 하였으며[1)], Grolimund등[9)]은 sensitivity가 80%이상이라고 하였으며, Sloan등[20)]은 TCD의 혈관연축의 진단에 sensitivty는 58.6%이나 혈류속도가 120cm/sec이상일 경우 혈관연축이 있다고 말할 수 있으며, 혈관촬영이 필요하지 않을 수 있다고 하였다. Newell등[13)]은 혈류속도가 120 cm/sec일 경우 혈관 직경이 25% 미만의 협소를 보이는 약간 혈관연축을 보이며, 120~200cm/sec일 경우 25~50%의 협소증을 보이는 중정도의 혈관 연축을 보였고, 200cm/sec이상일 경우 혈관직경의 50% 협소를 나타내는 심한 혈관 연축을 보이며, 임상적으로 뇌경색증을 보인다고 보고하였다. Seiler등[19)]은 수술 후 혈류속도가 수술전 보다 하루에 25%이상 증가하거나, 2일째 200cm/sec이상을 나타낼 경우 혈관연축에 의한 뇌경색증을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서도 중뇌혈관을 이용하였으며, 수술 후 첫날 뇌혈류속도가 120cm/sec이상, 반대편과 25cm/sec이상 차이가 날 경우 혈류이상으로 판정하였으며, 1점을 주었다.

7. New scale(NS) score

Ogilvy와 Carter[15]는 new grading system을 아용할 경우 grade 3에선 51%, grade 4에선 82%의 나쁜 결과를 보고하였으며, 본 연구에서 Ogilvy와 Carter[15]의 new grade를 이용하였을 때 grade 4에 속한 10명중 7명(70%)이 나쁜 결과를 보였으나, NS score 4일 경우 40%, NS scoe 5에선 80%의 나쁜 결과를 나타내었다($p=0.05$). 본 연구의 NS score를 이용할 경우 더 세분화 할 수 있으며, 그에 따라 예후 측정에 감수성이 좀 더 있는 것으로 나타났으나, 대상이 적은 관계로 통계학적인 의의는 없을 것으로 본다.

결 론

비침습적이고, 쉽게 반복적으로 검사를 할 수 있으며, sensitivity도 높은 TCD를 이용하여 뇌혈류 속도를 측정하여, grading system에 이용할 때, 수술적 처치를 한 뇌동맥류의 환자의 예후 판정에 좀 더 정확도를 줄 수 있다고 본다.

- 논문접수일 : 2000년 11월 9일
- 심사완료일 : 2001년 7월 11일

- 책임저자 : 박 종 운

461-192 경기도 성남시 수정구 태평동 4동 7336
인하대학교 의과대학 인하병원 신경외과학교실
전화 : 031) 720-5836, 5391, 전송 : 031) 753-1363
E-mail : nspco@Inha.ac.kr

References

1) Aaslid R, Huber P, Nornes H : *Evaluation of cerebrovascular spasm with transcranial Doppler ultrasound. J Neurosurg 60 : 37-41, 1984*
2) Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H : *Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velosity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 57 : 769-774, 1982*
3) Bailes JE, Spetzler RF, Hadley MN, Baldwin HZ : *Manage-*

ment morbidity and mortality of poor-grade aneurysm patients. J Neurosurg 72 : 559-566, 1990

4) Botterell EH, Lougheed WM, Scott JW, Vandewater SL : *Hypothermia, and interruption of carotid, or carotid and vertebral circulation, in the surgical management of intracranial aneurysms. J neurosurg 13 : 1-42, 1956*

5) Chiang VLS, Claus EB, Awad IA : *Toward more rational prediction of outcome in patients with high-grade subarachnoid hemorrhage. Neurosurgery 46 : 28-35, 2000*

6) Deruty R, Pelissou-Guyotat I, Mottolese C, Amat D, Bognar L : *Level of consciousness and age as prognostic factors in aneurysmal SAH. Acta Neurochir (Wien) 132 : 1-8, 1995*

7) Fisher CM, Kistler JP, Davis JM : *Relation of cerebral vasospasm to subarachnoid hemorrhage visualized by CT scanning. Neurosurgery 6 : 1-9, 1980*

8) Gerber CJ, Lang DA, Neil-Dwyer G, Smith PW : *A simple scoring system for accurate prediction of outcome within four days of a subarachnoid hemorrhage. Acta Neurochir (Wien) 122 : 11-22, 1993*

9) Grolimund P, Seiler RW, Aaslid R, Huber P, Zurbruegg H : *Evaluation of cerebrovascular disease by combined extracranial and transcranial Doppler sonography : experience in 1,039 patients. Stroke 18 : 1018-1024, 1977*

10) Harders AG, Gilsbach JM : *Time course of blood velosity changes related to vasospasm in the circle of Willis measured by transcranial Doppler ultrasound. J Neurosurg 66 : 718-728, 1987*

11) Hunt WE, Hess RM : *Surgical risks as related to time of intervention in the repair of intracranial aneurysms. J Neurosurg 73 : 14-20, 1968*

12) Khanna RK, Malik GM, Qureshi N : *Predicting outcome following surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms : A proposed grading system. J Neurosurg 84 : 49-54, 1996*

13) Newell DW, Grady MS, Eskridge JM, Winn HRl : *Distribution of angiographic vasospasm after subarachnoid hemorrhage : implications for diagnosis by TCD. Neurosurgery 27 : 574-577, 1990*

14) Niskanen M, Hemesniemi JA, Vapalahti MP, Kari A : *One-year outcome in early aneurysm surgery : Prediction of outcome. Acta Neurochir (Wien) 123 : 25-32, 1993*

15) Ogilvy CS, Carter BS : *A Proposed comprehensive grading system to predict outcome for surgical management of intracranial aneurysms. Neurosurgery 42 : 959-970, 1998*

16) Ringelstein EB, Kahlscheuer B, Niggemeyer E, Otis SM : *Transcranial Doppler sonography : Anatomical landmarks and normal velocities values. Ultrasound Med. Biol 16 : 745-761, 1990*

17) Satomura S : *Study of the flow patterns in peripheral arteries by ultrasonics. J Acoust Soc Jpn 15 : 151-158, 1959*

18) Schievink WL, Wijdicks FM, Piepgras DG, Chu CP, O'Fallon WM, Whisnant JP : *The poor prognosis of ruptured intracranial aneurysms of the posterior circulation. J Neurosurg 82 : 791-795, 1995*

19) Seiler RW, Grolimund P, Aaslid R, Huber P, Nornes H : *Cerebral vasospasm evaluated by transcranial unltrasound correlated with clinical grade and CT-visualized subarachnoid hemorrhage. J neurosurg 64 : 594-600, 1986*

20) Sloan MA, Haley Jr EC, Kassell NF, Henry ML, Stewart SR, Beskin RR, et al : *Sensitivity and specificity of transcranial Doppler ultrasonography in the diagnosis of vasospasm following subarachnoid hemorrhage. Neurology 39 : 1514-1518*

21) Solomon RA, Fink ME, Pile-Spellman : *Surgical management of unruptured intracranial aneurysms. J Neurosurg 80 : 440-446, 1994*

22) Teasdale GM, Drake CG, Hunt W, Kassell N, Sano K, Pertuiset B, De Villiers JC : *A universal subarachnoid hemorrhage scale : Report of a committee of the World Ferderation of Neurological Societies. J Neurol Neurosurg Psychiatry 51 : 1457, 1988 (letter)*

23) Yoshimoto Y, Kwak S : *Age-related multifactorial cause of neurological deterioration after early surgery for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. J Neurosurg 83 : 984-988, 1995*