未破裂・無症候性脳動脈瘤の手術成績 —高次脳機能, MRI, 脳血流評価の意義—

久門 良明, 渡邊 英昭, 伊賀瀬圭二, 長戸 重幸
福本 真也, 岩田 真治, 大上 史朗, 大西 丘倫

Surgical Results in Patients with Unruptured Asymptomatic Cerebral Aneurysms: Significance of Evaluation of Neuropsychological Function, Magnetic Resonance Images and Cerebral Blood Flow

Yoshiaki KUMON, M.D., Hideaki WATANABE, M.D., Keiji IGASE, M.D.,
Shigeyuki NAGATO, M.D., Shinya FUKUMOTO, M.D., Shinji IWATA, M.D.,
Shiro OHUE, M.D., and Takanori OHNISHI, M.D.

Department of Neurosurgery, Ehime University School of Medicine, Toon, Japan

Summary: We evaluated neuropsychological function, magnetic resonance (MR) images and cerebral blood flow (CBF) in patients with unruptured asymptomatic cerebral aneurysms.

Among consecutive operations (n=73) on 70 patients since 2000, direct surgery was performed in 53 operations on 50 patients, and intravascular surgery was performed in 20 operations on 20 patients. Surgical results of direct surgery were studied. Direct surgery was selected mainly for patients with small and anterior circulation aneurysms. MR imaging was conducted 1 week after surgery, and Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R) examination and CBF measurement using ^{133}Xe -SPECT were done before and 1 month after surgery.

Abnormal neurological findings were recognized postoperatively in 26% of surgeries. Among them, visual disturbance was permanent in 4% of surgeries, all of which were surgeries for paraclinoid internal carotid artery aneurysms. WAIS-R results deteriorated in 26% of surgeries at 1 month and at least in 5% of surgeries at 1 year after surgery. MR images at 1 week after surgery revealed brain damage in 30% of surgeries and subdural fluid collection in 19% of surgeries. Patients with large brain damage or thick subdural fluid collection frequently showed neurological deficits and/or WAIS-R deterioration. These complications were recognized frequently in patients with ACoA aneurysms. Resting CBF decreased significantly in the area supplied by the anterior cerebral artery and anterior border zone on the operated side postoperatively. The brain damage and subdural fluid collection were observed frequently and caused neurological deficits and neuropsychological dysfunction, although these were usually transient.

It may be necessary to evaluate neuropsychological function, MRI and CBF in patients with unruptured asymptomatic cerebral aneurysms to improve surgical results.

Key words:

- unruptured cerebral aneurysm
- surgical result
- MRI
- WAIS-R

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 34: 434-439, 2006

緒 言

無症候性未破裂脳動脈瘤の治療成績については、直達手術⁷⁾¹³⁾¹⁸⁾、血管内手術²⁾とも多くの報告がなされているが、morbidityやmortalityに加え、より詳細な評価が望まれる。われわれも当施設での連続症例の手術成績を検討し、直達手術では術後高次脳機能の低下や画像上の異常所見が予想以上に高率に認められること、また血管内手術では無症候性にMRI拡散強調画像上で脳塞栓が認められることを報告した¹¹⁾¹²⁾¹⁴⁾。今回、その後の症例を加えて直達術の手術成績を検討するとともに、術後の神経症状、高次脳機能障害、MRI上の異常所見や脳血流変化の関連を検討し、その意義を明らかにした。

対象および方法

当施設で治療した2000年以降の無症候性未破裂脳動脈瘤は70例・73件で、瘤検出の理由は、頭痛・眩暈などの精査が55例(79%)と大半を占め、他の脳疾患(脳梗塞、脳血管奇形、頭部外傷)の精査が6例、他部位の脳動脈瘤破裂が4例、脳ドックが5例であった。

当施設での手術適応は、75歳未満で全身麻酔に支障となる全身性疾患や悪性疾患が認められず、瘤の最大径が3 mm以上の処置可能な例としている。手術法は、椎骨脳底動脈(VA・BA)系瘤や動脈輪近傍部内頸動脈(ICA)瘤は血管内手術を、それ以外のICA系の瘤は直達手術を第一選択とした。その結果、直達手術群は50例・53件、血管内手術群は20例・20件であり、直達手術例を今回の対象とした。なお直達手術はY.K.を中心に卒後10年以上の脳神経外科学会専門医が行った。瘤部位は、ICA系の瘤がほとんどで、1例を除き小さな瘤であった(**Table 1**)。なお多発例はICA+MCAが2件、ACoA+MCA、BA+MCAが1件ずつであった。直達手術では、clippingを48件、coatingを5件行った。

手術結果の評価は、神経症状とともにWechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R)、MRI所見、脳血流所見を検討した。WAIS-Rは、術前と術後1カ月目に、2名の臨床心理士が行い、術前に比べ術後の全検査intelligence quotient (IQ)が測定標準誤差¹⁶⁾の3点以上低下した場合を悪化と判定した。MRIは、術後1週目にfluid-attenuated inversion recovery法で撮像し、脳損傷の評価は、病変の広がり2スライス以上存在するものをlarge、1スライスのみをsmallとした。また硬膜下液貯留を認めた例では主にCTでフォローし、明らかな脳圧迫所見を伴うものをthick、伴わないものをthinとした(**Fig. 1**)。

脳血流検査は¹³³Xe吸入法SPECTを用い、術前と術後

Table 1 Patient's characteristics

Sex	Male: 18 Female: 32
Age (y.o.)	34–76 (57.4)
Systemic diseases	
HT, DM, HL	28
CVD	2
Site of aneurysm	
ACoA	14
MCA	15
ICA	16
ACA	2
PCA	2
Multiple	4
Size of aneurysm	
small	56
large	1
giant	0
mean (mm)	5.3

HT, hypertension; DM, diabetes; HL, hyperlipidemia; CVD, cerebrovascular disease; ACoA, anterior communicating artery; MCA, middle cerebral artery; ICA, internal carotid artery; ACA, anterior cerebral artery; PCA, posterior cerebral artery; VA, vertebral artery; BA, basilar artery; small, < 13 mm; large, 13–25 mm; giant, 25 mm <

1カ月目に、安静時およびAcetazolamide 1 g静注15分後に行った。装置はSPECT2000H-40 (日立、東京)を使用した。高感度コリメーター(空間分解能はfull width at half maximumとして21.3 mm)にてダイナミックSPECT収集を行い(各20秒で16 scan)、Kanno-Lassen法により局所脳血流を算出した⁶⁾。OM lineに平行に厚さ12 mmで基底核レベルより半卵円中心までの4スライスの横断断面画像を作成し、各断面に12カ所(左右半球各6カ所)で計48カ所の関心領域を設け、局所脳血流量(rCBF)を求めた。そして各関心領域を左右のACA領域、anterior border zone (BZ)、MCA領域、posterior border zone (BZ)、PCA領域に分けて術前、術後の脳血流を比較した。なおinterhemispheric approach例では、両側半球を手術側と考え、両側各領域の平均値を求めた。また脳血管反応性として、Acetazolamide負荷後の血流増加率(% Increase)を $[rCBF(\text{Acetazolamide}) - rCBF(\text{Rest})] / rCBF(\text{Rest}) \times 100(\%)$ で算出した。

なお統計学的判定にはMann-Whitney's U testないしPaired t testを用い、それぞれ危険率5%以下を有意と判定した。

Fig. 1 Classification of brain injury (A; large, B; small) on MR images and subdural fluid collection (C; thick, D; thin) on CT scan images.

Table 2 Postoperative neurological deficits and deterioration of WAIS-R results

	Neurological deficits		Deterioration of WAIS-R results	
	+	-	+	-
ACoA	4 (27%)	10 (73%)	3 (27%)	8 (73%)
MCA	4 (27%)	11 (73%)	4 (40%)	6 (60%)
ICA	3 (19%)	13 (81%)	1 (7%)	13 (93%)
ACA	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	2 (100%)
PCA	2 (100%)	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)
Multiple	1 (25%)	3 (75%)	1 (25%)	3 (75%)
Total	14 (26%)	39 (74%)	11 (26%)	32 (74%)

結 果

1. 神経症状と高次脳機能

術後なんらかの神経症状を14件(26%)に認め、軽度の意識障害や見当識障害が5件、痙攣4件、視力障害3件、失語症1件、片麻痺1件であった。そのうち視神経障害の2例(4%)で永続し、退院時 modified Rankin Scale はともに1であった。ICA系の瘤部位別では、ACoA瘤とMCA瘤では、軽度意識障害や痙攣が、それぞれ4件(27%)と高頻度であったがいずれも一過性であった。一方ICA瘤では、視力障害を3件(19%)に認め、2件で先述のように永続したが、動脈輪近傍の瘤であった(Table 2)。

WAIS-Rは43件で術前後に実施しえた。平均 score は95.3から96.9と術後増加したが、個々でみると11件(26%)で悪化した。1年後に再検査を実施しえた8件のうち2件(ACoA, PCA 瘤)が悪化のままであった。瘤部位別では、MCA 瘤40%, ACoA 瘤27%と高頻度であった(Table 2)。

2. 脳損傷

MRI上の脳損傷を16件(30%)に認め、largeとsmallが8件ずつであった。瘤部位別では、ACoA瘤で50%, MCA 瘤で26%と高頻度であった。また硬膜下液貯留を10件(19%)に認め、thick 4件, thin 6件であった。瘤部位別では、ACoA瘤で35%と多く、ICA瘤では1件もなかった。多くは経過観察で消失ないし縮小したが、thickのACoA瘤1例で痴呆と歩行障害が出現し脳室拡大を伴ったため、1カ月半後に脳室腹腔短絡術を行った(Table 3)。

脳損傷が神経症状や高次脳機能に及ぼす影響をみると、large例では神経症状を63%に、WAIS-R悪化を86%に認め、脳損傷のなかった例に比して有意に高頻度であった(Table 4)。なおWAIS-R悪化を1年後も認めた2例は脳損傷がlargeであった。また硬膜下液貯留では、thick例ではなんらかの神経症状を50%に、WAIS-R悪化を75%

Table 3 Postoperative brain injury and subdural fluid collection

	Brain injury			Subdural fluid collection		
	large	small	-	thick	thin	-
ACoA	3 (21%)	4 (29%)	7 (50%)	2 (14%)	3 (21%)	8 (73%)
MCA	2 (13%)	2 (13%)	11 (74%)	1 (7%)	1 (7%)	6 (60%)
ICA	0 (0%)	1 (6%)	15 (94%)	0 (0%)	0 (0%)	13 (93%)
ACA	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)
PCA	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)
Multiple	1 (25%)	1 (25%)	2 (50%)	0 (0%)	2 (50%)	3 (75%)
Total	8 (15%)	8 (15%)	37 (70%)	4 (8%)	6 (11%)	43 (81%)

Table 4 Relationship between brain injury and neurological deficits or brain injury and WAIS-R results

	Neurological deficits		WAIS-R deterioration	
	+	−	+	−
Large injury (n=8)	5 (63%)*	3 (37%)	6 (86%)**	1 (14%)
Small injury (n=8)	1 (13%)	7 (87%)	2 (33%)	4 (67%)
No injury (n=37)	8 (22%)	29 (78%)	4 (13%)	26 (87%)
Total	14 (26%)	39 (74%)	12 (28%)	31 (72%)

Occurrence of neurological deficits in patients with large injury was significantly higher than those in patients with small injury or no brain injury (* $p < 0.05$). Occurrence of WAIS-R deterioration in patients with large injury was significantly higher than that in patients without brain injury (** $p < 0.01$).

Table 5 Relationship between subdural fluid collection and neurological deficits or subdural fluid collection and WAIS-R results

	Neurological deficits		WAIS-R deterioration	
	+	−	+	−
Thick (n=4)	2 (50%)	2 (50%)	3 (75%)*	1 (25%)
Thin (n=6)	2 (33%)	4 (67%)	3 (50%)	3 (50%)
None (n=43)	10 (23%)	33 (77%)	6 (18%)	27 (82%)
Total	14 (26%)	39 (74%)	12 (28%)	31 (72%)

Occurrence of WAIS-R deterioration in patients with thick subdural fluid collection was significantly higher than that in patients without subdural fluid collection (* $p < 0.05$).

Table 6 Changes in cerebral blood flow and cerebrovascular response on the operated hemisphere
Cerebral blood flow (ml/100 g/min)

	Pre					Post				
	ACA	ant BZ	MCA	post BZ	PCA	ACA	ant BZ	MCA	post BZ	PCA
Total	41.7 ± 4.7	41.1 ± 4.5	39.7 ± 4.2	36.6 ± 4.2	40.2 ± 4.6	39.9 ± 4.4**	38.9 ± 5.3**	40.1 ± 4.9	36.7 ± 4.6	41.0 ± 4.7
ACoA	40.5 ± 3.9	40.4 ± 3.7	38.6 ± 3.2	35.9 ± 3.1	39.2 ± 3.3	37.6 ± 4.4*	36.6 ± 5.3*	38.1 ± 4.3	34.6 ± 4.5	38.4 ± 3.8
MCA	43.0 ± 4.0	41.4 ± 4.8	40.2 ± 4.3	37.2 ± 4.6	42.2 ± 4.1	40.7 ± 4.4	39.3 ± 5.7	40.6 ± 6.1	38.7 ± 5.8	43.6 ± 6.8
ICA	43.4 ± 5.4	43.0 ± 4.8	41.3 ± 5.0	37.6 ± 5.0	40.6 ± 5.8	41.9 ± 4.0	40.9 ± 4.8*	42.1 ± 4.3	37.6 ± 3.4	42.1 ± 3.2

Cerebrovascular response (%)

	Pre					Post				
	ACA	ant BZ	MCA	post BZ	PCA	ACA	ant BZ	MCA	post BZ	PCA
Total	35.5 ± 12.6	39.0 ± 14.1	39.3 ± 11.3	42.5 ± 12.8	42.6 ± 14.5	34.6 ± 13.7	35.7 ± 15.0	37.1 ± 14.1	40.4 ± 15.2	38.6 ± 14.8
ACoA	32.1 ± 11.9	31.4 ± 10.7	33.7 ± 8.7	35.9 ± 8.5	37.3 ± 11.1	36.5 ± 13.9	37.8 ± 16.8	39.2 ± 14.3	40.9 ± 14.4	41.1 ± 15.6
MCA	34.0 ± 15.0	40.7 ± 14.5	40.4 ± 12.4	46.7 ± 12.1	42.0 ± 15.0	31.5 ± 15.1	31.6 ± 15.4*	34.0 ± 14.3	34.1 ± 16.8*	31.6 ± 12.9
ICA	35.6 ± 9.4	40.6 ± 14.1	41.6 ± 11.1	42.9 ± 13.3	44.8 ± 16.1	33.9 ± 14.8	34.9 ± 14.2	36.9 ± 15.3	43.4 ± 16.0	40.4 ± 16.0

ACA, anterior cerebral artery; ant BZ, anterior border zone; MCA, middle cerebral artery; post BZ, posterior border zone; PCA, posterior cerebral artery; ACoA, anterior communicating artery; MCA, middle cerebral artery; ICA, internal carotid artery

Resting CBF at ACA and ant BZ decreased significantly in total patients (** $p < 0.01$). Resting CBF at ACA and ant BZ decreased significantly in patients with ACoA aneurysm (* $p < 0.05$). Resting CBF at ant BZ decreased significantly in patients with ICA aneurysm (* $p < 0.05$). CVR at ant and post BZ decreased significantly in patients with MCA aneurysm (* $p < 0.05$).

に認め、ない例に比して WAIS-R 悪化が有意に高頻度であった (Table 5)。

3. 脳血流

脳血流検査を 42 件で術前後に実施した。全例では安静時脳血流は、手術側の ACA 領域と anterior BZ で術後に明らかな低下を認めたが、脳血管反応性は全領域で低下傾向を示すのみであった。瘤部位別では、ACoA 瘤では手術側の ACA 領域と anterior BZ で、ICA 瘤では手術側の anterior BZ で安静時脳血流の明らかな低下を、MCA 瘤では anterior BZ と posterior BZ で脳血管反応性の明らかな低下を認めた (Table 6)。

術後の神経症状、WAIS-R、脳損傷、硬膜下液貯留のいずれかの異常所見を認めた 21 件では、安静時脳血流の低下 (1S.D. 5 ml/100 g/min 以上) と脳血管反応性の低下 (1S.D. 15% 以上) あるいは安静時脳血流低下のみを示す場合がそれぞれ 5 件 (24%) と 7 件 (33%) であり、いずれの異常所見も認めなかった群の 3 件 (14%)、2 件 (10%) に比べ血流低下を有意に多く認めた (Table 7)。

考 察

未破裂無症候性脳動脈瘤に対する直達術の手術成績は、King らによれば、morbidity は 4.1%、mortality は 1.0% である⁷⁾。今回の結果では morbidity は 4.0%、mortality は

Table 7 Postoperative changes in cerebral blood flow and cerebrovascular response in patients showing abnormal findings and those in patients showing normal findings

Decrease of CBF/CVR	(-)/(-)	(-)/(+)	(+)(-)	(+)/(+)
Patients showing abnormal findings	3 (14%)	6 (29%)	7 (33%)	5 (24%)*
Patients showing normal findings	8 (38%)	8 (38%)	2 (10%)	3 (14%)

CBF, cerebral blood flow; CVR, cerebrovascular response

Abnormal findings mean neurological deficits, WAIS-R deterioration, brain damage, or subdural fluid collection. Occurrence of CBF decrease in patients showing abnormal findings was significantly higher than that in patients showing normal findings (*p<0.05).

0%であった。しかし、直達手術の術後早期には、ほとんどは一過性であるが、不穏や傾眠傾向といった軽度の意識障害や痙攣などの神経症状を経験する。波出石ら⁴⁾は18/72(25%)に、間中ら¹³⁾は39/112例(35%)に、Yasuiら¹⁸⁾は35/312例(11%)に認めたと報告しており、今回は14件(26%)に認めた。

高次脳機能に関する報告では、検査方法と結果の判定法の違いで頻度に差がある³⁾⁹⁻¹¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁷⁾。術後1カ月目にWAIS-Rとともに前頭葉機能評価を実施しても全例でみれば悪化しなかったとの報告¹⁵⁾や、術後脳障害を合併しなかった例では3カ月後には高次脳機能障害は認めなかったとの報告¹⁷⁾もある。しかし連続症例で個々を検討するとFukunagaら³⁾は33-57%に、われわれも6-31%に仮名拾いテストなどの術後悪化を認めた¹¹⁾¹⁴⁾。またWAIS-Rを術後50日以降に実施した報告でも、全患者では術前後に変化はなかったが、個々では6/21例(29%)に全検査IQの3点以上の低下を認めた⁹⁾。今回のWAIS-Rでの結果も、全例では術前後で変化なかったが、個々では術後1カ月で26%が悪化し1年後で5%は悪化のままであった。ただ、いずれの症例もわずかな記憶力低下を自覚するのみで術前生活に復帰している。

直達手術後のMRIでみられる脳障害には、静脈損傷や脳圧排による挫傷、硬膜下液貯留、穿通枝障害による梗塞がある。Jenkinsらは破裂瘤10例の術後早期MRIで全例に脳浮腫や挫傷を認めた⁵⁾。またKivisaariらは、術後平均3.3年のMRIで前頭側頭葉底面に36/101例(36%)に脳損傷を認め、破裂瘤対側の未破裂瘤10例では破裂瘤の術後1-5カ月に手術したが1例(10%)で同部に脳損傷を認めた。しかしこれら脳損傷と臨床症状との関連はなかったと報告している⁸⁾。今回の検討では大きな脳損傷を8件(15%)に認めたが、これらの例では術後の神経症状や高次脳機能障害を高頻度に伴うことが明らかとなった。また硬膜下液貯留を10件(19%)に認め、圧迫所見を伴う4件(8%)では、術後の高次脳機能の悪化が高頻度であった。

脳循環への影響は、半球平均値では術前後に差はなかったとの報告¹⁵⁾や、術後比較的早期(数日~1カ月)でも、

PET上脳血流の低下を認めないとの報告¹⁾もある。術後に脳損傷や硬膜下液貯留を伴わない例では脳循環への影響はないと思われる。しかし連続症例を検討したFukunagaらは術後1カ月のECD-SPECTでICA系瘤26例中9例に、手術側前頭葉や側頭葉に局所的脳血流低下を認めた³⁾。われわれも、術後1カ月目のXe-SPECTで前頭葉で安静時脳血流の有意な低下を認めた。

したがって、画像上明らかな脳損傷や硬膜下液貯留の異常所見は、術後早期の意識障害など神経症状や術後の高次脳機能の悪化を3割前後と高頻度引き起こし、さらに脳血流障害にも関与して、一部の症例で高次脳機能障害を後遺すると思われた。多くは一過性であるが、これらの術後合併症を認識して減らすことが、より厳密な意味での治療評価に耐えうる成績につながると考えられた。

瘤の部位別に検討すると、ACoA瘤とMCA瘤に術後早期の神経症状と高次脳機能悪化や、画像上の異常所見が多かった。過去の報告でもACoA瘤では、術中の脳圧排による影響で高次脳機能障害や脳循環の障害をきたすことが多い³⁾⁹⁻¹²⁾¹⁴⁾。しかし、今回mRSに影響したのは、これらの異常所見の少ない動脈輪近傍部ICA瘤であり、未破裂脳動脈瘤に直達手術を選択する際には、部位別の合併症発現頻度も重要な基準であろう。

結 語

未破裂無症候性脳動脈瘤への直達手術では、MRI上の脳損傷や硬膜下液貯留が、多くは一過性であるが、神経症状や高次脳機能に影響し、脳血流障害を起こすことが示された。いずれも、神経後遺症につながる可能性を認識したうえで、手術適応およびアプローチ方法を決定し、慎重かつ丁寧な手術操作を心がけることが望まれる。

高次脳機能評価を実施していただきました臨床心理士の小西佳子先生、久保由美子先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 鑑谷武雄, 佐山一郎, 朝倉 健, ほか: 開頭術の脳循環代

- 謝に及ぼす影響—PETによる未破裂脳動脈瘤根治術での検討—。脳外 18: 837-844, 1990
- 2) Brilstra EH, Rinkel GJE, van der Graaf Y, *et al*: Treatment of intracranial aneurysms by embolization with coils. A systematic review. *Stroke* 30: 470-476, 1999
 - 3) Fukunaga A, Uchida K, Hashimoto J, *et al*: Neuropsychological evaluation and cerebral blood flow study of 30 patients with unruptured cerebral aneurysms before and after surgery. *Surg Neurol* 51: 132-139, 1999
 - 4) 波出石弘, 安井信之, 鈴木明文: 未破裂脳動脈瘤の外科的治療における問題点。脳外 19: 945-949, 1991
 - 5) Jenkins A, Hadley DM, Teasdale GM, *et al*: Magnetic resonance imaging of acute subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 68: 731-736, 1988
 - 6) Kanno I, Lassen NA: Two methods for calculating regional cerebral blood flow from emission computed tomography of inert gas concentrations. *J Comput Assist Tomogr* 3: 71-76, 1979
 - 7) King JT Jr, Berlin JA, Flamm ES: Morbidity and mortality from elective surgery for asymptomatic, unruptured, intracranial aneurysms: A meta-analysis. *J Neurosurg* 81: 837-842, 1994
 - 8) Kivisaari RP, Salonen O, Ohman J: Basal brain injury in aneurysm surgery. *Neurosurgery* 46: 1070-1076, 2000
 - 9) 小林正人, 高山秀一, 菅 貞郎, ほか: 未破裂脳動脈瘤術前後の大脳半球の脳代謝および高次脳機能の変化—1H-MR spectroscopyおよびWAIS-Rを用いた検討—。脳外 28: 691-698, 2000
 - 10) 小松洋治, 益子良太, 土田幸広, ほか: 未破裂脳動脈瘤手術の認知機能への影響および予後因子の検討。脳外誌 10: 654-659, 2001
 - 11) 久門良明, 大上史朗, 岡 芳久, ほか: 未破裂脳動脈瘤の治療—高次脳機能評価の重要性—。脳卒中の外科 31: 436-441, 2003
 - 12) 久門良明, 福本真也, 渡邊英昭, ほか: 未破裂・無症候性脳動脈瘤の治療—手術成績と今後の課題について—。脳卒中の外科 33: 435-441, 2005
 - 13) 間中 浩, 坂井信幸, 永田 泉, ほか: 無症候性未破裂脳動脈瘤の治療成績・術後合併症。脳卒中の外科 29: 414-419, 2001
 - 14) Ohue S, Oka Y, Kumon Y, *et al*: Importance of neuropsychological evaluation after surgery in patients with unruptured cerebral aneurysms. *Surg Neurol* 59: 269-276, 2003
 - 15) Otawara Y, Ogasawara K, Ogawa A, *et al*: Cognitive function before and after surgery in patients with unruptured intracranial aneurysm. *Stroke* 36: 142-143, 2005
 - 16) 品川不二郎, 小林重雄, 藤田和弘, ほか: 日本版 WAIS-R 成人知能検査法。日本文化科学社, 1998
 - 17) Tuffiash E, Tamargo RJ, Hillis AE: Craniotomy for treatment of unruptured aneurysms is not associated with long-term cognitive dysfunction. *Stroke* 34: 2195-2199, 2003
 - 18) Yasui N, Nishimura H: Surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms over the past 22 years. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 44: 155-163, 2004