原 著

GDC による塞栓術導入後の脳動脈瘤の治療選択と成績

津浦 光晴¹, 寺田 友昭¹, 松本 博之¹, 増尾 修¹
板倉 徹¹, 尾崎 文教², 亀井 一郎³, 中村 善也⁴
中北 和夫⁵, 林 靖二⁵

Clinical Results and Selection of Treatment for Cerebral Aneurysms after Introduction of GDC Embolization

Mitsuharu TSUURA, M.D.,¹ Tomoaki TERADA, M.D.,¹ Hiroyuki MATSUMOTO, M.D.,¹
Osamu MASUO, M.D.,¹ Toru ITAKURA, M.D.,¹ Fuminori OZAKI, M.D.,²
Ichiro KAMEI, M.D.,³ Yoshinari NAKAMURA, M.D.,⁴ Kazuo NAKAKITA, M.D.,⁵ and
Seiji HAYASHI, M.D.⁵

¹Department of Neurological Surgery, Wakayama Medical University, ²Department of Neurological Surgery, Hidaka General Hospital, ³Department of Neurological Surgery, Japan Red Cross Society Wakayama Medical Center, ⁴Department of Neurological Surgery, Wakayama Rosai Hospital, and ⁵Department of Neurological Surgery, Minami-Wakayama National Hospital, Wakayama, Japan

Summary: Recently, embolization using the Guglielmi detachable coil (GDC) has been performed as an alternative of direct surgery for cerebral aneurysms. We report clinical results and selection of treatment for cerebral aneurysms after introduction of GDC embolization at Wakayama Medical University and related hospitals. From 1997 to December 2001, 895 patients with intracranial aneurysms were treated either by direct surgery (n=798) or by GDC embolization (n=97). In 239 patients with unruptured aneurysms, 194 patients (81%) underwent direct surgery, while 45 patients (19%) had GDC embolization. In 656 patients with ruptured aneurysms, 604 cases (92%) were treated by direct surgery and 12 cases (8%), by GDC embolization. GDC embolization tended to be selected for paraclinoid IC or posterior fossa aneurysms, especially BA top, BA trunk and VA dissecting aneurysms. Vasospasm after SAH was statistically less in the embolization group than in the surgical group. In unruptured aneurysm series, morbidity and mortality rate of direct surgery was 5.7% and 0.5%, respectively, while those of GDC embolization was 4.4% and 0%, respectively. These clinical outcomes seemed to be almost the same as the previously published data by other neurosurgeons and interventional neuroradiologists. Therefore, our treatment selection and procedures are likely to be appropriate, especially in the unruptured group, after introduction of GDC embolization.

Key words:

- cerebral aneurysm
- clipping
- embolization
- Guglielmi
- detachable coil
- vasospasm

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 31: 273-278, 2003

¹ 和歌山県立医科大学 脳神経外科, ² 国保日高総合病院 脳神経外科, ³ 日本赤十字社和歌山医療センター 脳神経外科, ⁴ 和歌山労災病院 脳神経外科, ⁵ 国立南和歌山病院 脳神経外科 (受稿日 2002.8.8) [連絡先: 〒646-8558 和歌山県田辺市たきない町27番1号 国立南和歌山病院 脳神経外科 津浦光晴] [Mailing address: Mitsuharu TSUURA, M.D., Department of Neurological Surgery, Minami-Wakayama National Hospital 27-1 Takinai-cho, Tanabe City, Wakayama 646-8558, Japan]

はじめに

1997年にGuglielmi detachable coil (GDC)が日本で脳動脈治療に使用可能となってから5年になろうとするが、この間にGDCによる塞栓術の初期、中期の治療成績が報告され⁴⁾²²⁾、GDC塞栓術の適応も少しずつ変化していると考えられる。また従来直達手術の困難な動脈瘤の中にもGDC塞栓術が安全で容易に施行できる症例があり、われわれの選択できる治療方針にも幅が広がったように思われる。今回、われわれはGDC導入後脳動脈瘤の治療方針および成績はどのようになっているか、単一施設だけでなく和歌山県内の関連病院も含めた多施設で調査を行い検討したので報告する。

対象と方法

対象はGDCの導入された1997年より2001年までに和歌山県立医科大学脳神経外科およびその主要関連病院の脳神経外科で治療が行われ当該施設より調査票の回答のあった895症例である。うち破裂動脈瘤が656例、未破裂動脈瘤が239例で、798例に開頭手術、97例にGDCによる塞栓術が施行された。GDC塞栓術は原則として全身麻酔下に全身ヘパリン化を行い、和歌山県立医科大学の血管内治療チームが大学病院および関連施設で施行した。調査票の回答項目としては治療法の選択と動脈瘤の部位、未破裂動脈瘤については治療法のmorbidity, mortality, complication, 術後3カ月でのoutcome (modified Rankin disability scale: mRDS)があり、破裂脳動脈瘤では術前のHunt & Kosnikのgradeと術後3カ月でのoutcome (mRDS), vasospasm (術後2週間以内に施行したfollow-upの血管撮影もしくは症状からvasospasmが疑われ施行した血管撮影でvasospasmが認められたもの)、水頭症(正常圧水頭症)の頻度について調査した。

結 果

1. 治療法の選択

未破裂脳動脈瘤239例中、開頭手術は194例(81%)に、GDC塞栓術は45例(19%)に選択された。破裂脳動脈瘤では656例中開頭手術は604例(92%)、GDC塞栓術は52例(8%)に選択された。緊急あるいは急性期手術の多い破裂脳動脈瘤ではGDC導入後も9割以上に開頭手術が選択されていた。

2. 動脈瘤の部位と治療法の選択 (Table 1, 2)

破裂脳動脈瘤ではMCA, IC-ACh, distal ACAの動脈瘤は全例開頭手術を選択されており、逆にIC-Ophth, paraclinoid IC, BA trunk, BA top, VA dissecting

Table 1 Aneurysm location and treatment selection of cases of ruptured aneurysms

	Surgery	Embolization
MCA	100% (133)	0% (0)
ICPC	95% (120)	5% (7)
IC-ACh	100% (21)	0% (0)
IC top	88% (7)	12% (1)
AcomA	96% (138)	4% (6)
distal ACA	100% (43)	0% (0)
IC-Ophth, paraclinoid	27% (4)	73% (11)
BA top	40% (6)	60% (9)
BA trunk	50% (3)	50% (3)
BA-SCA	67% (2)	33% (1)
VA-PICA	60% (9)	40% (4)
VA dissecting	14% (1)	86% (6)

Table 2 Aneurysm location and treatment selection of cases of unruptured aneurysms

	Surgery	Embolization
MCA	94% (92)	6% (6)
ICPC	89% (32)	11% (4)
IC-ACh	100% (8)	0% (0)
IC top	56% (5)	44% (4)
AcomA	90% (27)	10% (3)
distal ACA	100% (9)	0% (0)
IC-Ophth, paraclinoid	48% (10)	52% (11)
BA top	0% (0)	100% (10)
BA trunk	0% (0)	100% (1)
BA-SCA	60% (3)	40% (2)
VA-PICA	67% (2)	33% (1)
VA dissecting	50% (1)	50% (1)

aneurysm に対しては50%以上に塞栓術が選択されていた。一般に頻度の高いICPC, AcomA, MCAの動脈瘤は95%以上がGDC導入後も通常の開頭手術が選択されている。未破裂動脈瘤でもIC-ACh, distal ACAの動脈瘤では全例に開頭手術が選択されたのに対し、BA top, BA trunkの動脈瘤には全例GDC塞栓術が選択されていた。

3. 破裂脳動脈瘤の術前Hunt & Kosnik gradeと3カ月後のoutcome(mRDS)について (Table 3, 4)

破裂脳動脈瘤のoutcomeは術前のgradeに大きく影響されることはいままでの間でもないが、vasospasmの有無などによっても左右される。開頭手術例、塞栓術例のoutcomeをTable 3, 4にそれぞれ示す。当然予想されることであるが、ともに術前のHunt & Kosnik grade 3以下はmRSの0-3の症例が多いが、grade 4以上になるとmRSの0-3が減って4-6が多い傾向がある。

Table 3 Relationship between preoperative Hunt & Kosnik grade and outcome (modified Rankin disability scale at 3 months) in cases of direct surgery for ruptured aneurysms

Surgery		mRS							
		0	1	2	3	4	5	6	
H & K grade	1	30	5	5	8	3	1	1	53
	2	72	26	11	13	6	7	8	143
	3	29	10	9	9	22	22	14	115
	4	9	7	8	9	19	24	24	100
	5	0	0	0	3	3	3	4	13
		140	48	33	42	53	57	51	424

Table 4 Relationship between preoperative Hunt & Kosnik grade and outcome (modified Rankin disability scale at 3 months) in cases of GDC embolization for ruptured aneurysms

Embolization		mRS							
		0	1	2	3	4	5	6	
H & K grade	1	7	1	0	1	0	0	0	9
	2	5	4	3	3	2	0	2	19
	3	2	0	0	3	0	3	0	8
	4	0	2	0	2	3	6	1	14
	5	0	0	0	0	1	2	2	5
		14	7	3	9	6	11	5	55

4. 破裂動脈瘤症例での vasospasm と水頭症 (normal pressure hydrocephalus: NPH) の頻度

vasospasm (術後2週間以内に施行した follow-up の血管撮影もしくは症状から vasospasm が疑われ施行した血管撮影で vasospasm が認められたもの) は開頭手術例 439 例中 43.5% に発生したのに対し、塞栓術例では 48 例中 10 例、20.8% に生じた。一方、水頭症 (NPH) に関しては開頭手術例 433 例中 136 例、31.6% に生じたのに対し、塞栓術例では 93 例中 23 例、23.7% にのみ生じた。開頭手術と塞栓術で vasospasm, NPH の頻度に差があるか Fisher's exact probability test で検定すると、vasospasm に関しては $p=0.003<0.05$ で有意差があるが、NPH に関しては $p=0.216>0.05$ で有意差が認められなかった。

5. 未破裂脳動脈瘤症例の術前 mRDS と3カ月後の mRDS について (Table 5, 6)

当然ながら未破裂脳動脈瘤症例の術前の mRDS は 0-1 と良好なものが多く、術後に mRDS の低下しているものは合併症などで神経脱落症状が出現した症例が多いと考えられる。術前より術後に mRDS が低下していた症例は、開頭手術では 16% (13/194)、塞栓術では 20% (9/45) に認められたが、術前 mRDS が 0 から術後 1 に低下したものが大部分であった。

Table 5 Relationship between preoperative modified Rankin disability scale and outcome (modified Rankin disability scale at 3 months) in cases of direct surgery for unruptured aneurysms

Surgery		0	1	2	3	4	5	6	
preoperative mRS	0	119	12	6	4	1	0	0	142
	1	2	19	3	1	1	0	0	26
	2	0	0	6	1	0	0	0	7
	3	0	0	1	4	1	0	0	6
	4	0	0	0	1	0	1	0	2
	5	0	0	0	0	1	1	0	2
		121	31	16	11	4	2	0	185

Table 6 Relationship between preoperative modified Rankin disability scale and outcome (modified Rankin disability scale at 3 months) in cases of GDC embolization for unruptured aneurysms

Embolization		0	1	2	3	4	5	6	
preoperative mRS	0	23	4	0	0	1	1	0	29
	1	2	6	1	0	0	0	1	10
	2	1	0	1	0	0	0	0	2
	3	0	0	0	1	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	1	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
		26	10	2	1	2	1	1	43

6. 未破裂脳動脈瘤症例の手技に関連した morbidity, mortality

われわれの関連施設での開頭手術、塞栓術に関連した morbidity, mortality は開頭手術の morbidity が 5.7% (11/194)、塞栓術が 4.4% (2/45)、開頭手術の mortality が 0.5% (1/194)、塞栓術の mortality が 0% (0/45) であった。

7. 未破裂脳動脈瘤症例の開頭手術の手技に関連した合併症 (Table 7)

Table に示すように 194 例中 14 例に合併症が認められ、うち 11 例 (Case 1-11) が症候性で morbidity の原因となった。開頭手術の合併症の原因としては動脈瘤近傍の穿通枝や分枝の閉塞、周囲の脳神経損傷、静脈性梗塞が主なものであった。

8. 未破裂脳動脈瘤症例の塞栓術の手技に関連した合併症 (Table 8)

塞栓術の手技に起因する合併症は 45 例中 4 例あり、うち 2 例 (Case 15-16) が神経脱落症状を残し morbidity の原因となった。内訳は動脈瘤近傍の分枝の閉塞 1 例、末梢塞栓 1 例、動脈瘤の穿孔による出血 1 例、皮下血腫 1 例であ

Table 7 Summary of complications direct surgery for unruptured aneurysms

Case	Location	Complication	Cause	Outcome (mRDS)
1*	MCA	hemiparesis	infarct (perforator occl.)	3
2*	MCA	visual loss	CRAO (?)	1
3*	MCA	motor aphasia	—	2
4*	MCA	hemiparesis	venous infarct	2
5*	MCA	hemiparesis	—	3
6*	AcomA	visual disturbance	—	1
7*	AcomA	Korsakoff's synd.	perforator occl.	3
8*	AcomA	dementia	postoperative bleeding	1
9*	IC paraclinoid	visual disturbance	optic n injury	1
10*	BA-SCA, IC-ACH	subcortical hematoma, 3rd n palsy		1
11*	VA-PICA	cranial n. injury		4
12	ICPC	—	venous infarct	1
13	AcomA	—	venous infarct	1
14	MCA	aphasia	vasospasm	0

* permanent neurological deficits, CRAO: central retinal artery occlusion

Table 8 Summary of complications of GDC embolization for unruptured aneurysms

Case	Location	Complication	Cause	Outcome (mRDS)
15*	AcomA	hemiparesis	infarct due to ACA occlusion	4
16*	IC top	hemiparesis, aphasia	infarct due to embolism	1
17	MCA	dementia (NPH)	SAH due to perforation	1
18	BA top	numbness of upper limb	subcutaneous hematoma	1

* permanent neurological deficits

った。

考 察

今回のわれわれの調査より和歌山県立医科大学の主要関連施設では、GDC 塞栓術導入後も破裂脳動脈瘤の92%、未破裂脳動脈瘤の81%に開頭手術が選択されていることがわかった。従来より一般的に手術が行われている MCA, ICPC, AcomA の動脈瘤に関しては95%以上が開頭手術を選択されており、GDC 塞栓術は従来開頭手術が困難と考えられる部位、BA top, BA trunk などの動脈瘤に主に選択されていた。これはいまだに開頭手術が gold standard であり、GDC 塞栓術の完全閉塞率が clipping よりも低く coil compaction などにより再開通の可能性が高いという認識があるため⁵⁾、開頭手術の比較的容易な動脈瘤は clipping を行う傾向があると考えられる^{1) 19)}。

また今回の破裂脳動脈瘤症例の検討では術後の vasospasm (症候性、無症候性を含む) は開頭手術よりも塞栓術で起こりにくいと考えられた。これは塞栓術のほうが直接血管の外表面を刺激して mechanical spasm を起こす可能性が低いこと、虚血を悪化させる周囲脳組織への圧迫がないこと、正常の脳脊髄液の流通経路をくも膜の切開な

どで変化させることが少ないため血腫や攣縮誘起物質が洗い流されやすい、などの理由が考えられる。これに対して開頭手術ではなくも膜下腔に入り込んだ血腫を直視下で除去できる利点があるが、逆にこの操作が vasospasm を誘発したり虚血を悪化させる可能性も考えられる^{6) 16)}。明確な理由は不明であるが、同様に塞栓術のほうが vasospasm を起こしにくいという報告がされており今後の多症例数での検討が待たれる^{7) 14)}。ただし今回の調査票による検討では術後 vasospasm の起こる時期に一致して神経学的悪化を示す他の合併症(髄膜炎など)が起こりこれも今回の vasospasm に含まれている可能性がある。

水頭症に関しては今回の調査では開頭手術と塞栓術で発生頻度に統計学的有意差がなかったが、塞栓術ではなくも膜の損傷、切開がないため生理的な髄液循環路に沿った血腫の洗い流しが期待され NPH を含めた水頭症が起こりにくい可能性が考えられる。

また未破裂脳動脈瘤については手技に関連した morbidity, mortality がそれぞれ開頭手術では5.7%, 0.5%, 塞栓術では4.4%, 0% という成績であり、従来より開頭手術が困難で morbidity, mortality の高いと考えられる BA top, BA trunk, VA dissecting aneurysm, paraclinoid IC

aneurysm の多くが塞栓術を選択されていることから、GDC 導入後の治療成績は良好と考えられる。他の未破裂脳動脈瘤の治療成績と比較してみると、開頭手術では morbidity, mortality が、Samson (1997) が 6.3%, 0%, Wirth (1987) が morbidity 7%, King (1994) が mortality 1%, Solomon (1998) がそれぞれ 7%, 3.5%, Raaymaker (1998) が 10.9%, 2.6%, Wardlaw (2000) が 10.9%, 3.8% と報告しており、われわれの成績もほぼ同等の数値と考えられる⁹⁾ 17) 20) 21) 23) 24)。塞栓術に関しては Bristla (1999) が morbidity 3.7%, Wardlaw (2000) が morbidity 4%, mortality 1%, Johnston (2001) が morbidity 10%, mortality 0.5% を報告しており、これもほぼ同等の遜色ない成績と考えられる²⁾ 8) 23)。

われわれの調査では morbidity, mortality の原因となった合併症の内訳は、未破裂動脈瘤の開頭手術については (1) 動脈瘤近傍の穿通枝、分枝の閉塞、(2) 周囲の脳神経の損傷、(3) 静脈性梗塞、(4) 術後出血が主な原因となっていた。GDC を用いた塞栓術では (1) 動脈瘤近傍の分枝の閉塞、(2) 末梢塞栓、(3) 動脈瘤の穿孔、(4) 皮下血腫が主な原因と考えられた。今後はこれらの検討結果を踏まえて、特に頻度の高い重篤な合併症の術前予測とそれに基づいた適応の決定、治療の際の予防策の参考にすべきと考えている。

今回の調査対象では塞栓術に関しては和歌山県立医科大学の血管内治療グループがほぼ共通して行っているが、開頭手術については各施設で成績に差がある可能性が考えられる。しかし単一施設での少数症例での検討よりも和歌山県全体での脳動脈瘤の治療成績の傾向を知り、すでに報告されている諸家の成績と比較し反省点を検討する目的であって多施設全体でまとめて評価した。また outcome は 3 カ月後の modified Rankin disability scale としたが、報告によっては治療成績を 6 カ月後の outcome で評価しているものも多く、今後は 6 カ月後あるいはより長期の outcome の検討も必要と思われる。従来よりいわれているように GDC 塞栓術は morbidity, mortality は良好なものの clipping よりも動脈瘤の完全閉塞率が低く再開通の頻度も高いことから^{5) 10)}、今回は検討していないが、今後は閉塞率の結果も含めて outcome を評価する必要があると思われる。また今回は調査の煩雑さを避けるため対象となった施設で GDC 塞栓術導入以前の動脈瘤の治療成績と導入後の治療成績を比較しておらず、今後はこの比較検討を行いたい。

今回の結果より GDC 塞栓術導入後のわれわれの脳動脈瘤の治療成績は、特に未破裂動脈瘤においては諸家の成績とほぼ同じであり適切なものと考えている。開頭手術による clipping は動脈瘤治療の gold standard で確立されてい

ると同時に、ここ数年は epoch-making な変化は認められないように思われる。一方、塞栓術の技術的進歩はめざましく現在も塞栓率を上げ観察期間中の再開通を減少させるべく、さまざまな新しい coil や頸部の広い動脈瘤に対して塞栓術を容易にする device や technique が開発されている^{3) 11) 13) 15) 18)}。これらの進歩により将来コイル塞栓術の適応は今以上に拡大し、成績はさらに向上すると推察される。進歩の著しい塞栓術という alternative を開頭手術にうまく組み合わせることにより良好な治療成績も報告されつつあり¹²⁾、和歌山県全体での脳動脈瘤の治療成績がさらに改善することが期待される。

結 語

われわれの関連施設での GDC 塞栓術導入後の脳動脈瘤に対する治療成績は、未破裂脳動脈瘤においては開頭手術が morbidity 5.7%, mortality 0.5%、塞栓術が morbidity 4.4%, mortality 0% と過去の報告と比較してまずまず良好であった。GDC の導入により開頭手術が困難で塞栓術が比較的容易と考えられる症例は GDC 塞栓術にまわっており、両治療法がうまく選択されている可能性が考えられる。GDC 塞栓術は長期の follow-up による再開通の問題など改良すべき点が多々あるが、脳動脈治療の成績を良好にしている重要な治療選択肢と考えられる。

文 献

- 1) Bavinszki G, Killer M, Gruber M, *et al*: Treatment of basilar artery bifurcation aneurysms by using Guglielmi detachable coils: a 6-year experience. *J Neurosurg* 90: 843-852, 1999
- 2) Bristla EH, Rinkel GJ, van der Graaf Y, *et al*: Treatment of intracranial aneurysms by embolization with coils: a systematic review. *Stroke* 30: 470-476, 1999
- 3) Cloft HJ, Joseph GJ, Tong FC, *et al*: Use of three-dimensional Guglielmi detachable coils in the treatment of wide-necked cerebral aneurysm. *Am J Neuroradiol* 21: 1312-1314, 2000
- 4) Cognard C, Weill A, Spelle L, *et al*: Long-term angiographic follow-up of 169 intracranial berry aneurysms occluded with detachable coils. *Radiology* 212: 348-356, 1999
- 5) Gruber DP, Zimmermen GA, Tomsick TA, *et al*: A comparison between endovascular and surgical management of basilar artery apex aneurysms. *J Neurosurg* 90: 868-874, 1999
- 6) Gruber A, Ungersbock K, Reinprecht A, *et al*: Evaluation of cerebral vasospasm after early surgical and endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 42: 258-268, 1998
- 7) Hohlrieder M, Spiegel M, Hinterhoelzl J, *et al*: Cerebral vasospasm and ischaemic infarction in clipped and coiled intracranial aneurysm patients. *Eur J Neurol* 9(4): 389-399, 2002
- 8) Johnston SC, Zhao S, Dudley A, *et al*: Treatment of unruptured cerebral aneurysms in California. *Stroke* 32: 597-605, 2001

- 9) King JT Jr, Berlin JA, Flamm ES, *et al*: Morbidity and mortality from elective surgery for asymptomatic, unruptured, intracranial aneurysms: a meta-analysis. *J Neurosurg* 81: 837-842, 1994
- 10) Koivisto T, Vanninen R, Hurskainen H, *et al*: Outcomes of early endovascular versus surgical treatment of ruptured cerebral aneurysms. A prospective randomized study. *Stroke* 31: 2369-2377, 2000
- 11) Lanzino G, Wakhloo AK, Fessler RD, *et al*: Efficacy and current limitations of intravascular stents for intracranial internal carotid, vertebral, and basilar artery aneurysms. *J Neurosurg* 91: 538-546, 1999
- 12) Lot G, Houdart E, Cophignon J, *et al*: Combined management of intracranial aneurysms by surgical and endovascular treatment. Modalities and results from a series of 395 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 141: 557-562, 1999
- 13) Moret J, Cognard C, Weill A, *et al*: The "remodelling technique" in the treatment of wide neck intracranial aneurysms. *Intervent Neuroradiol* 3: 21-35, 1997
- 14) Murayama Y, Malisch T, Guglielmi G, *et al*: Incidence of cerebral vasospasm after endovascular treatment of acutely ruptured aneurysms: report on 69 cases. *J Neurosurg* 87: 830-835, 1997
- 15) Murayama Y, Vinuela F, Tateshima T, *et al*: Cellular responses of bioabsorbable polymeric material and Guglielmi detachable coil in experimental aneurysms. *Stroke* 33: 1120-1128, 2002
- 16) Oehman J, Servo A, Heiskanen G, *et al*: Risk factors for cerebral infarction in good-grade patients after aneurysmal subarachnoid hemorrhage and surgery: a prospective study. *J Neurosurg* 74: 14-20, 1991
- 17) Raaymakers TWM, Rinkel GJE, Limburg M, *et al*: Mortality and morbidity of surgery for unruptured intracranial aneurysms. A meta-analysis. *Stroke* 29: 1531-1538, 1998
- 18) Raymond J, Guilbert F, Roy D, *et al*: Neck-bridge device for endovascular treatment of wide-neck bifurcation aneurysms: initial experience. *Radiology* 221: 318-326, 2001
- 19) Regli L, Uske A, de Tribolet N: Endovascular coil placement compared with surgical clipping for the treatment of unruptured middle cerebral artery aneurysms: a consecutive series. *J Neurosurg* 90: 1025-1030, 1999
- 20) Samson DS, Hodosh RM, Clark WK: Surgical management of unruptured asymptomatic aneurysms. *J Neurosurg* 46: 731-734, 1977
- 21) Solomon RA, Fink ME, Pile-Spellman J: Surgical management of unruptured intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 80: 440-446, 1994
- 22) Vinuela F, Duckwiler G, Mawad M: Guglielmi detachable coil embolization of acute intracranial aneurysm: perioperative anatomical and clinical outcome in 403 patients. *J Neurosurg* 86: 475-482, 1997
- 23) Wardlaw JM, White PM: The detection and management of unruptured intracranial aneurysms. *Brain* 123: 205-221, 2000
- 24) Wirth FP, Laws ER Jr, Piepgras D, *et al*: Surgical treatment of incidental intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 12: 507-511, 1983