ダブルマイクロカテーテル法を使用した未破裂脳動脈瘤に対する瘤内コイル塞栓術の治療成績

毛利 正直, 内山 尚之, 渡邊 卓也, 見崎 孝一
林 康彦, 林 裕, 濱田潤一郎

Coil Embolization for Unruptured Aneurysms Using Double Microcatheter Technique

Masanao MOHRI, M.D., Naoyuki UCHIYAMA, M.D., Takuya WATANABE, M.D.,
Kouichi MISAKI, M.D., Yasuhiko HAYASHI, M.D., Yutaka HAYASHI, M.D., and
Jun-Ichiro HAMADA, M.D.

Department of Neurosurgery, Graduate School of Medical Science, Kanazawa, Ishikawa, Japan

Summary: We evaluated the radiologic and clinical outcome of unruptured intracranial aneurysms treatment by using double microcatheters into the aneurysm. Between October 2006 and December 2009, 30 patients with 30 aneurysms were treated, including 12 patients treated by using double microcatheters and 18 patients treated by using a single microcatheter. The volume embolization ratio (VER) —percentage of the coil volume occupying the aneurysmal lumen—was used as an index to evaluate the radiologic results. The VER of aneurysms treated with double-microcatheter technique was $25.2 \pm 4.8\%$, and the VER of aneurysms treated with the single-microcatheter technique was $21.6 \pm 3.9\%$ ($P < 0.05$). There was 1 ischemic complication in the single-microcatheter technique group, and no complications in the double-microcatheter technique group.

Although in the aneurysms with a long aneurysmal diameter/short aneurysmal diameter (L/S) ratio less than 1.5, there were no significant differences between the 2 groups, in the aneurysms with a L/S ratio of 1.5 or greater, the VER of aneurysms treated with the double-microcatheter technique was $27.6 \pm 4.3\%$, and the VER of aneurysms treated with single-catheter technique was $19.7 \pm 3.4\%$ ($P < 0.05$). The advantage of the double-microcatheter technique is that placing 2 microcatheters into the aneurysm allowed 2 coils to achieve a stable coil configuration before either coil was detached.

The double microcatheter technique is an effective and safe treatment for unruptured aneurysms.

Key words:

- cerebral aneurysm
- endovascular treatment
- double microcatheter technique
- volume embolization ratio
- detachable coil

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 39: 393-397, 2011

はじめに

未破裂脳動脈瘤に対する瘤内コイル塞栓術の有用性が報告され²⁾³⁾⁹⁾¹⁰⁾, adjunctive technique の使用により多くの症例で治療が行われるようになってきている⁷⁾⁸⁾.

われわれは未破裂脳動脈瘤に対して瘤内コイル塞栓術を行う際に塞栓率を上げる目的で瘤内に2本のマイクロカテーテルを留置するダブルマイクロカテーテル法を使用して治療を行い、その治療成績について検討を行った。

対 象

2006年10月から2009年12月の期間に、当施設で瘤内コイル塞栓術を行った未破裂脳動脈瘤の30例を対象とし

た。年齢は29歳から77歳(平均年齢59.7歳)で、男性8例、女性22例であった(**Table 1**)。瘤の大きさは最大径10 mm未満をsmall瘤、10 mm以上をlarge瘤とした。small瘤が23例でlarge瘤は7例であった。瘤の頸部は4 mm未満をnarrow neck、4 mm以上をwide neckとした。narrow neckが14例でwide neckが16例であった。治療の3日前からバイアスピリン100 mg/日を投与し、全身麻酔下に治療を行い術中はシースを留置したのちにヘパリンを投与してactivated clotting timeを投与前の2倍以上に延長させ、術後48時間はアルガトロパンを持続投与した。術中の手技を瘤内に留置したマイクロカテーテルの本数により、1本留置して行った場合にシングルマイクロカテーテル法(シングルカテ法)、2本留置して行った場合に

Table 1 Summary of the 30 patients with 30 aneurysms

Case No.	Age (y), Sex	Location	Intraaneurysmal microcatheter	Balloon assisted	Size of aneurysm (mm)	Size of neck (mm)	L/S ratio	VER (%)	Complications
1	40, M	IC paraclinoid	single	—	3.81/2.72/3.63	3.69	1.40	28.9	—
2	49, M	Acom	single	—	4.30/2.93/3.32	2.50	1.46	27.8	—
3	45, F	IC paraclinoid	single	+	4.39/3.61/4.01	2.58	1.22	24.4	—
4	62, M	VA-PICA	single	—	4.48/2.90/3.75	2.49	1.54	22.7	—
5	29, M	IC paraclinoid	single	—	4.69/3.19/3.43	2.61	1.47	21.5	—
6	52, M	Acom	single	+	5.95/4.01/3.55	3.99	1.68	20.8	—
7	70, F	MCA	single	—	6.04/5.30/4.37	4.01	1.38	24.6	—
8	50, F	ICPC	single	—	6.15/5.08/4.10	3.00	1.50	22.7	—
9	64, M	Acom	single	—	6.20/5.60/5.17	4.76	1.20	21.9	—
10	61, F	ICPC	single	—	6.59/4.34/3.90	2.67	1.52	17.2	—
11	45, F	IC paraclinoid	single	+	7.35/6.24/5.77	4.75	1.27	22.8	—
12	70, F	BA-SCA	single	—	7.64/5.05/5.70	4.50	1.51	21.9	—
13	68, F	IC paraclinoid	single	+	7.76/4.86/5.10	4.86	1.60	20.6	—
14	71, F	Acom	single	—	8.17/4.81/4.72	5.60	1.73	12.5	—
15	65, M	MCA	single	+	10.28/5.33/5.65	3.34	1.93	22.8	—
16	73, F	ICPC	single	+	10.96/10.75/7.73	6.89	1.42	20.9	—
17	62, F	IC paraclinoid	single	+	11.23/4.57/4.63	4.54	2.46	15.1	TIA
18	57, F	ACA	single	—	11.74/7.07/7.36	2.69	1.66	19.7	—
19	64, F	BA-SCA	double	+	5.45/3.99/4.92	4.75	1.37	25.4	—
20	55, F	IC paraclinoid	double	—	6.77/4.66/4.66	3.19	1.45	33.9	—
21	60, F	IC bifurcation	double	—	7.32/6.24/7.12	5.63	1.17	27.4	—
22	33, M	ICPC	double	—	7.97/4.45/4.95	3.75	1.79	30.6	—
23	67, F	ICPC	double	—	8.20/7.70/7.50	7.16	1.09	21.1	—
24	64, F	IC paraclinoid	double	+	8.88/7.47/7.44	6.06	1.19	29.2	—
25	69, F	IC paraclinoid	double	—	9.05/5.42/5.10	3.25	1.77	24.5	—
26	65, F	IC paraclinoid	double	—	9.35/8.20/7.94	5.04	1.18	21.2	—
27	65, F	IC paraclinoid	double	+	9.39/8.26/7.09	6.95	1.32	26.1	—
28	72, F	ICPC	double	—	17.0/12.8/15.2	4.45	1.33	18.3	—
29	77, F	IC cavernous	double	+	17.0/14.1/14.3	8.12	1.21	25.4	—
30	68, F	IC paraclinoid	double	—	20.22/15.07/15.27	3.90	1.34	18.7	—

ACA=anterior cerebral artery; Acom=anterior communicating artery; BA-SCA=basilar artery-superior cerebellar artery; IC=internal carotid artery; L/S ratio=long aneurysmal diameter/short aneurysmal diameter ratio; MCA=middle cerebral artery; VA-PICA=vertebral artery-posterior inferior cerebellar artery; VER=volume embolization ratio; ICPC=internal carotid artery posterior communicating artery

Table 2 Aneurysmal morphology and volume embolization ratio

Aneurysmal morphology	Volume embolization ratio (%)		P value
	single	double	
L/S ratio ≥ 1.5	19.7 $\pm$ 3.4	27.6 $\pm$ 4.3	0.0139
L/S ratio 1.5 >	24.6 $\pm$ 2.9	24.7 $\pm$ 4.9	0.9574

L/S ratio=long aneurysmal diameter/short aneurysmal diameter ratio

ダブルマイクロカテーテル法(ダブルカテ法)として比較した。ダブルカテ法は親動脈の径が太く2本のマイクロカテーテルを瘤まで安全にアプローチでき、瘤内のスペースが広く2本のマイクロカテーテルを安全に留置できると判断した症例に選択した。動脈硬化の強い症例、瘤から分岐した血管の温存のために分岐血管にマイクロカテーテルの留置を行った症例やバルーン支援を併用した症例のなかで瘤内に2本のマイクロカテーテルが安全に留置できないと判断した症例は除外した。シングルカテ法群は18例で、ダブルカテ法群は12例であった。バルーン支援を併用した症例は11例あり、それぞれシングルカテ法群で7例、ダブルカテ法群で4例であった。瘤内塞栓には Guglielmi detachable coil (GDC; Boston Scientific)を使用した。フレーミングには主に GDC 18-2D, GDC 18-360°, GDC 10-2D, GDC 10-360°を使用し、順に GDC 10-Soft 2D SR, GDC 10-UltraSoft を使用した。動脈瘤の体積は脳血管撮影の3D-rotation angiography から3方向の長さを測定し計算した。瘤内に留置したコイルの体積はコイルの径と長さから計算し、瘤内塞栓率(volume embolization ratio: VER)として、動脈瘤の体積に対するコイルの体積比を計算した。シングルカテ法群とダブルカテ法群の治療成績を VER および出血性合併症と虚血性合併症について比較した。統計学的解析は、unpaired t-test または Mann-Whitney's U test によって行い、 $P < 0.05$ をもって統計学的に有意とした。

結 果

動脈瘤の大きさは最大径でシングルカテ法群では 7.10 ± 2.53 mm, ダブルカテ法群では 10.55 ± 4.74 mm であった ($P < 0.05$)。ネックの大きさはシングルカテ法群では 3.86 ± 1.25 mm で、ダブルカテ法群では 5.19 ± 1.62 mm であった ($P < 0.05$)。動脈瘤の塞栓率については、シングルカテ法群全例の VER は $21.6 \pm 3.9\%$ で、ダブルカテ法群全例の VER は $25.2 \pm 4.8\%$ であり有意差を認めた ($P < 0.05$)。その中でバルーン支援を行わずにシングルカテ法で治療した群の VER は $21.9 \pm 4.6\%$ で、バルーン支援を行わずにダブルカテ法で治療した群の VER は $24.5 \pm 5.7\%$ であった ($p = 0.300$)。またバルーン支援を併用してシングルカテ

法で治療した群の VER は $21.1 \pm 3.0\%$ で、バルーン支援を併用してダブルカテ法で治療した群の VER は $26.5 \pm 1.8\%$ であり有意差を認めた ($p < 0.05$)。動脈瘤の大きさ別にみた塞栓率は small 瘤群では VER は $23.9 \pm 4.6\%$ で、large 瘤群では VER は $20.1 \pm 3.3\%$ であり ($P = 0.054$)、ネックの大きさ別にみた塞栓率は narrow neck 群では VER は $22.4 \pm 3.7\%$ で、wide neck 群では VER は $23.6 \pm 5.5\%$ であった ($p = 0.504$)。動脈瘤の形状を動脈瘤の長径と短径の比から長径と短径の比が大きい動脈瘤(長径/短径 ≥ 1.5)、長径と短径の比が小さい動脈瘤(長径/短径 < 1.5)に分類して VER を比較した(**Table 2**)。長径と短径の比が小さい動脈瘤はシングルカテ法群とダブルカテ法群では VER は有意差がみられなかった。長径と短径の比が大きい動脈瘤ではシングルカテ法群では塞栓率が有意に低下した。術中の虚血性合併症はシングルカテ法群で麻酔覚醒直後に一過性脳虚血発作が1例に出現したが、術中の出血性合併症はいずれの方法でも出現しなかった。

症例呈示(Fig. 1)

〈Case 24〉64歳、女性。

頭痛の精査で発見された無症候性の左傍前床突起内頸動脈瘤で、大きさは $8.88 \text{ mm} \times 7.47 \text{ mm} \times 7.44 \text{ mm}$ 、頸部は 6.06 mm であった。右大腿動脈に 6Fr シースと左大腿動脈に 5Fr シースを留置し、左内頸動脈に 6Fr Envoy MPD (Cordis)と 5Fr Envoy STR (Cordis)を誘導しそれぞれへパリン加圧生食で灌流した。5Fr Envoy から HyperGlide $4 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ (ev3)を動脈瘤の頸部に留置したのちに、6Fr Envoy から1本目のマイクロカテーテルとして Excelsior 1018 pre-shaped J (Boston Scientific)を瘤内の inflow zone から回り込んだ部位に留置して、2本目のマイクロカテーテルとして Excelsior SL-10 pre-shaped 45 (Boston Scientific)を1本目のマイクロカテーテルより瘤内の手前に誘導した。HyperGlide を inflation させて瘤内にコイルを誘導させ、コイル留置後に HyperGlide を deflation してコイルの親動脈への逸脱がないことを確認しコイルを detach した。ファーストコイルは Excelsior 1018 pre-shaped J から GDC 18-2D $7 \text{ mm} \times 30 \text{ cm}$ を留置し detach する前に Excelsior SL-10 pre-

Fig. 1 Case 24, a 65-year-old-woman. *left*: Left internal carotid angiogram, right anterior oblique view, shows a paraclinoid ICA aneurysm. *center*: Two coils (GDC 18-2D; 7 mm×30 cm, GDC 10-Soft 2D SR 5 mm×8 cm) are being deployed via 2 microcatheters. More stable coil configuration has been achieved with the addition of the second coil inserted through the second microcatheter. *right*: After depositing 13 coils (18 type coil total length; 30 cm and 10 type coil total length; 88 cm), the 2 microcatheters were removed. Satisfactory aneurysmal occlusion was achieved.

shaped J から GDC 10-Soft 2D SR 5 mm×8 cm を 1 本目のコイルが移動しないことを確認しながら留置した。2 本目のコイルを detach し、以後は順にすでに留置しているコイルが安定していることを確認しながら塞栓を行った。18 type のコイルを 30 cm と 10 type のコイルを 88 cm 留置して VER は 29.2% であった。

考 察

未破裂脳動脈瘤の治療として、血管内治療技術の進歩に伴い瘤内コイル塞栓術が多くの症例で行われるようになりその安全性と有用性が報告されている²⁾³⁾⁹⁾¹⁰⁾。しかし塞栓術には術中にすでに detach したコイルが次のコイルの挿入時に動く危険性があり、また瘤内の塞栓が不完全な場合には再開通率が高く、長期的予後を考えるうえでの問題点とされている。これらの問題点を克服するために、瘤内に 2 本のマイクロカテーテルを留置するダブルカテ法を使用してその有用性について検討した。

コイル塞栓術の塞栓率は術後の長期的な安定性に VER が血管撮影上の塞栓率よりも客観的な指標になることが報告されており¹¹⁾、今回はシングルカテ法とダブルカテ法の塞栓率の評価を VER で行った。

瘤内コイル塞栓術に不向きな頸部の広い動脈瘤に対して、adjunctive technique としてダブルカテ法以外にバルーン支援による remodeling technique⁷⁾や自己拡張型ステントの支援による塞栓術⁶⁾が、動脈瘤から親動脈へのコイルの逸脱を防ぐ方法として有用な方法として報告されている。バルーン支援による remodeling technique ではコ

イルの親動脈への逸脱は防げるが、大きめの動脈瘤では瘤内を均一に塞栓することは難しい。そこで 2 本のマイクロカテーテルを瘤内に留置し塞栓の状況に応じてコイルを留置するマイクロカテーテルを選択できることが塞栓率の向上につながると考え、ダブルカテ法とシングルカテ法での瘤内塞栓術の治療成績について比較した。

今回われわれが行ったダブルカテ法は、塞栓術中の瘤内でのコイルの安定性と瘤内の塞栓率を上げることとを目的として行った。1 本目のマイクロカテーテルから留置したコイルを detach する前に 2 本目のマイクロカテーテルからコイルを留置して 1 本目のコイルが不安定な動きをして detach 直後の位置から移動しないこと形状が変化しないことを確認して 2 本のコイルのうち 1 本のコイルを detach した。また瘤内の塞栓率を上げる目的で均一な塞栓ができるように 2 本のマイクロカテーテルの位置を工夫した。具体的には治療の最終段階にはマイクロカテーテルが inflow zone から逸脱することが予想されるため、1 本のマイクロカテーテルは通常的位置に留置して、他方のマイクロカテーテルは inflow zone から離れた位置に留置した。途中で loose な空間ができてきた場合にはマイクロカテーテルをその部位に留置し直した。

これまでに瘤内コイル塞栓術に瘤内に 2 本のカテーテルを留置する方法は、頸部が広いあるいは脳動脈瘤から重要な血管が分岐している症例に至適で安全な方法として報告されている¹⁾⁴⁾⁵⁾。今回の塞栓率の比較ではダブルカテ法群の動脈瘤は大きく、頸部も広く塞栓術には不向きな動脈瘤であったが有意に高い塞栓率が得られた。その中でバルー

ン支援併用の有無を考慮して塞栓率を検討すると、バルーン支援なしでダブルカテ法を行った群の塞栓率とバルーン支援なしでシングルカテ法を行った群の塞栓率を比較すると有意差はなかったが、バルーン支援を併用したダブルカテ法群の塞栓率はバルーン支援を併用したシングルカテ法群の塞栓率より有意に高い結果となった。バルーンを併用したダブルカテ法がより効果がある可能性があるが、今後は症例数を増やして、バルーン支援の有無も加味したダブルカテ法の効果を検討したい。

ダブルカテ法がどのような動脈瘤に有効かを形状に注目して検討した。長径と短径の比が小さい動脈瘤はシングルカテ法群でもダブルカテ法群でも同様に安定した塞栓率を得られたが、長径と短径の比が大きい動脈瘤ではシングルカテ法群では塞栓率が有意に低下したことより、長径と短径の比が大きいと塞栓術中に疎な空間が出現することがあり、途中で疎な空間ができるとシングルカテ法ではその部分に密に塞栓することが困難となることが原因と考えられた。ダブルカテ法ではそのような欠点を補うことができるため特に長径と短径の比が大きい形状の動脈瘤に有効と考えられた。

ダブルカテ法の不利な点はシングルカテ法に比べて手技が複雑になることであり、特に2本のコイルが絡まり回収困難になる可能性があり注意が必要である。今回の方法では2本のマイクロカテーテルから同時にコイルを留置するのではなく1本ずつコイルを留置して行う方法をとったためコイルが絡んで回収困難となることはなかったが手技上の留意すべき点である。また2本のマイクロカテーテルのセカンドマーカが重なり区別しにくいことも予想されるが瘤内のマイクロカテーテルの先端位置が離れていること透視の角度をわずかに変えることでセカンドマーカの区別は困難ではなかった。ダブルカテ法の手技に伴う虚血性合併症および出血性合併症もみられなかった点からも、シングルカテ法と同様の安全性と考えられた。

今回の検討で長径と短径の比が大きい脳動脈瘤ではシングルカテ法では均一な塞栓が難しいことがあり、今後はこのような動脈瘤にダブルカテ法を用いることにより安定して塞栓率を高めることができるかを注目したい。

結 語

未破裂脳動脈瘤に対して術中のコイルの安定性と塞栓率

を上げることが目的に瘤内に2本のマクロカテーテルを留置するダブルカテ法について検討した。ダブルカテ法で特に長径と短径の比が大きい形状の動脈瘤に対する塞栓率を上げることができたこと、手技は複雑になるものの合併症の増加もみられなかったことより、有用で安全な方法と考えられた。

文 献

- 1) Baxter BW, Rosso D, Lownie SP: Double microcatheter technique for detachable coil treatment of large, wide-necked intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 19: 1176-1178, 1998
- 2) Gonzalez N, Murayama Y, Nien YL, *et al*: Treatment of unruptured aneurysms with GDCs: Clinical experience with 247 aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 25: 577-583, 2004
- 3) Johnston SC, Zhao S, Dudley A, *et al*: Treatment of unruptured cerebral aneurysms in California. *Stroke* 32: 597-605, 2001
- 4) Kai Y, Hamada JI, Morioka M, *et al*: Double microcatheter technique for endovascular coiling of wide-neck aneurysms using a new guiding device for the transcrotid approach: technical note. *Neuroradiology* 47: 73-77, 2005
- 5) Kwon OK, Kim SH, Kwon BJ, *et al*: Endovascular treatment of wide-necked aneurysms by using two microcatheters: Techniques and outcomes in 25 patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 26: 894-900, 2005
- 6) Mocco J, Snyder KV, Albuquerque FC, *et al*: Treatment of intracranial aneurysms with the Enterprise stent: a multicenter registry. *J Neurosurg* 110: 35-39, 2009
- 7) Pierot L, Spelle L, Leclerc X, *et al*: Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: Comparison of safety of remodeling technique and standard treatment with coils. *Radiology* 251: 846-855, 2009
- 8) Ross IB, Dhillon GS: Balloon assistance as a routine adjunct to the endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Surg Neurol* 66: 593-602, 2006
- 9) Roy D, Milot G, Raymond J: Endovascular treatment of unruptured aneurysms. *Stroke* 32: 1998-2004, 2001
- 10) Standhardt H, Boecher-Schwarz H, Gruber A, *et al*: Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms with Guglielmi Detachable Coils. Short- and long-term results of a single-center series. *Stroke* 39: 899-904, 2008
- 11) Tamatani S, Ito Y, Abe H, *et al*: Evaluation of the stability of aneurysms after embolization using detachable coils: correlation between stability of aneurysms and embolized volume of aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 23: 762-767, 2002