

最大径 3 mm以下小型動脈瘤のコイル塞栓術

山浦生也¹⁾ 浦元智司²⁾ 木寺摩美²⁾ 松本 強³⁾
 福島康久³⁾ 新光阿以子³⁾ 内田和孝⁴⁾

Coil embolization of small aneurysms with a maximum diameter of 3 mm

Ikuya YAMAURA¹⁾ Satoshi URAMOTO²⁾ Mami KIDERA²⁾ Tsuyoshi MATSUMOTO³⁾
 Yasuhisa FUKUSHIMA³⁾ Aiko SHINKO³⁾ Kazutaka UCHIDA⁴⁾

1) Department of neurosurgery and cerebrovascular research, Yoshida hospital
 2) Department of Stroke Treatment, Kobe Tokushukai Hospital
 3) Department of Neurosurgery, Goshi Hospital
 4) Department of Neurosurgery, Hyogo College of Medicine

●Abstract●

Objectives: Small aneurysmal size is a risk factor for procedure-related rupture during coil embolization and the treatment of small aneurysms is still controversial. We evaluated 13 small aneurysms treated by coil embolization, and discussed the technical aspects, safety and angiographic follow-up outcomes of the treatment. Moreover, the volume rate and duration of procedures were evaluated comparing the treatment with only Guglielmi detachable coil (GDC) and the treatment with newer coils with or without GDC.

Methods: Between February 2005 and February 2009, 97 aneurysms were embolized with coils. Of those 97 aneurysms, thirteen small aneurysms with a maximum diameter of 3mm were found in twelve patients and included in this study. These aneurysms comprised 8 ruptured and 5 unruptured aneurysms. Treatment outcome, procedure-related complications and completeness of occlusion during the follow-up period were investigated in relation to the kind and characteristics of the coils.

Results: All 13 small aneurysms could be embolized. Follow-up period was 22.8 months. Complications were one procedure-related rupture and one thrombo-embolism. There was no rupture of occluded aneurysms during the follow-up period. Of the 13 aneurysms, 5 were completely occluded, and 8 were incompletely occluded on the angiogram just after the procedure. Incompletely-occluded 4 aneurysms showed progression to complete occlusion on the follow-up angiogram. The mean duration of procedure was reduced and the mean volume embolization rate increased when embolized with newer coils than GDC.

Conclusions: Although endovascular coil embolization of small aneurysms still holds a high risk of procedure-related rupture, the technical and material improvement has enabled us in the last few years to treat them more safely and simply.

●Key Words●

coil embolization, intracranial aneurysm, outcome, very small aneurysm

1) 吉田病院付属脳血管研究所 脳神経外科

2) 神戸徳洲会病院 脳卒中診療部

3) 合志病院 脳神経外科

4) 兵庫医科大学 脳神経外科

<連絡先: 山浦生也 〒652-0803 神戸市兵庫区大開通9-2-6 E-mail: ikuyayamaura@mac.com>

(Received June 28, 2010 : Accepted September 5, 2010)

緒 言

脳動脈瘤の治療におけるコイル塞栓術は一般的になりつつあり、その有効性は多数報告されている^{1-3,5,7)}。さらにInternational Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT)の報告により、破裂脳動脈瘤において、クリッピングとコイル塞栓術のどちらの治療も可能な場合にはクリッピン

グに対してコイル塞栓術の優位性と安全性が証明され⁴⁾、その重要性は増してきた。しかし、小型動脈瘤はコイル塞栓術において術中破裂の危険因子とされており^{6,8,11,12)}、未だ議論のあるところである。我々は最大径 3 mm以下の13小型動脈瘤 (12症例) についてその塞栓状態、合併症、コイル選択や手技について検討したので報告する。

Table 1 Clinical and angiographic features of small aneurysms treated with coils

No.	Age/sex	Size (mm)	Hunt & Kosnik grade	Neck-plasty	Location of AN.*	Reason for embolization	Angiographic occlusion**		Volume of A.N. (mm ³)	coil***	Volume of coils (mm ³)	Follow up (months)	Duration of procedure	Volume rate(%)	G.O.S.
							just after procedure	Follow-up							
GDC group															
1	66/m	2.7x2.0x2.5	III	-	SCA	posterior circulation	ICO	CO	7.1	GDC10US 2.5*2,2*1	1.5201	44	255	21.5	GR
2	58/f	2.9x2.8x2.6	0	-	SCA	multiple	ICO	CO	11.0	GDC10US 2.5*3,US 2*1,2*1	2.5335	38	150	22.9	GR
3	60/f	2.8x2.0x2.5	0	-	AICA	multiple	ICO	/	7.3	GDC10US 2.5*2,US 2*1	1.5201	37	90	20.7	GR
4	53/f	2.8x2.1x2.1	IV	-	ICPC	high grade	ICO	CO	6.5	GDC10US 2.5*2	1.0134	37	150	15.7	MD
5	89/f	3.0x1.8x2.2	III	-	ACOM	age	CO	CO	6.2	GDC10US2.5*2,2*1	1.5201	31	180	24.4	SD
6	38/f	2.8x2.0x2.1	0	HyperForm	SCA	multiple	CO	CO	6.2	GDC10US2.5*2,2*1	1.5201	28	150	24.7	GR
average									7.4		1.6	35.8	162.5±54.0	21.6±3.3	
GDC/CU/ED group															
7	61/m	2.6x2.4x2.8	IV	-	ACOM	high grade	CO	CO	9.1	GDC10-360 [®] Soft SR 2*4, ED1.5*2,1.5*2,1.5*1	4.3592	19	90	47.7	SD
8	81/f	2.7x1.8x2.4	II	-	ACOM	age	ICO	CO	8.3	CU2*4,ED1.5*2,1.5*2	4.0558	8	90	48.8	MD
9	67/f	2.8x2.0x2.5	0	-	BATOP	multiple	ICO	/	7.3	CU2.5*4,ED1.5*1,1.5*1	3.0458	11	80	41.6	GR
10	67/f	2.8x2.9x2.5	0	-	SCA	multiple	CO	CO	10.6	GDC10-360 [®] Soft SR 2*4, ED1.5*2,1.5*2,1.5*1	4.3692	11	120	41.1	GR
11	79/f	3.0x2.4x2.8	IV	-	ACOM	high grade	ICO	CO	10.6	GDC10US2.5*4,ED2*2	3.0368	10	90	28.8	VS
12	66/f	3.0x2.0x2.4	IV	Hypergride	ICPC	high grade	CO	CO	7.5	GDC10-360 [®] Soft SR2*4,ED1.5*2,1.5*1	3.3492	11	100	44.4	SD
13	57/f	2.0x1.8x1.8	III	-	SCA	posterior circulation	ICO	/	3.4	ED 1.5*2	1.0100	0	60	29.8	D
average									8.1		3.3	10.0	90.0±18.3	40.3±8.1	

*ACOM=anterior communicating artery, AICA=anterior inferior cerebellar artery, BATOP=top of basilar artery, ICPC=intenal carotid posterior communicating artery, SCA= superior cerebellar artery. Underlined aneurysm is the cause of subarachnoid hemorrhage

**CO=complete occlusion, ICO=incomplete occlusion

***CU=Cerecyte Ultipaq, ED=ED COIL 10 Extra soft, GDC10US=Guglielmi detachable coil 10 UltraSoft, GDC10360=Guglielmi detachable coil 10 360.

p<0.006

\$ p<0.0001

対象・方法

2005年2月～2009年2月までの4年間に同一術者が行った脳動脈瘤コイル塞栓術97症例（破裂73，未破裂24，Table 1）のうち最大径が3 mm以下の小型動脈瘤12症例13動脈瘤を対象とした。男性が2例，女性が11例で平均年齢は65.8歳であった。全症例がくも膜下出血で発症し，その原因となった破裂動脈瘤は8例，多発動脈瘤例の未破裂動脈瘤と推測されたものは5例で，部位は脳底動脈上小脳動脈分岐 (BASCA) 5，前交通動脈 (ACOM) 4，内頸動脈後交通動脈分岐部 (ICPC) 2，脳底動脈先端 (BATOP) 1，脳底動脈前下小脳動脈分岐部 (BAAICA) 1だった。塞栓術が選択された理由は破裂動脈瘤8例においてはgrade IVが4，高齢1，後頭蓋窩2，多発動脈瘤1であった。未破裂の5動脈瘤はいずれも破裂動脈瘤に合併した動脈瘤であり，家族の希望により治療を行った。術直後および経過中の塞栓状態の変化，合併症，使用したコイルなどについて症例毎に検討した (Table 1)。

治療はすべて全身麻酔下で行い，いずれも経大腿動脈アプローチを用いた。手技中はシースイントロデューサーを挿入した直後から全身ヘパリン化を行い，1時間おきにactivated clotting timeを計測し，コントロールの2～2.5倍に調節した。術後はヘパリンのリバースは行わず，新たな抗凝固療法も行わなかった。未破裂動脈瘤の予定手術では少なくとも1週間前からアスピリン100mg/日

とクロピドグレル75mg/日を経口投与し，破裂動脈瘤では術中に胃管からアスピリン100mg/日とシロスタゾール200mg/日をコイル塞栓術開始直前に投薬し，術後3ヵ月間継続した。原則的にはガイディングカテーテルと1本のマイクロカテーテルで塞栓術を行ったが，動脈瘤頸部がドーム径と等しいかそれ以上の場合にはHyperForm (eV3 Neurovascular, Irvine, CA, USA) にてリモデリングを行った。コイルの種類は2007年10月以前にはGuglielmi detachable coil-10 (GDC, Boston Scientific, Natick, MA, USA) 3D Shape CoilあるいはUltraSoft Coilを用い，2007年11月以降はGDCに加えてED COIL-10 Extra Soft (ED, カネカメディックス, 大阪), Cerecyte Ultipaq (CU, Micrus Endovascular, San Jose, CA, USA) を用いた。塞栓術にGDCのみを用いていた症例とGDCかEDあるいはCUなどを混在させて使用した場合の手術時間と体積塞栓率の比較を行った。

結果

13例の小型動脈瘤全例にコイル塞栓術が可能であった。合併症は未破裂，破裂動脈瘤症例にそれぞれ1例ずつ発生した。前者はリモデリング用のHyperFormを小さくさせた直後の撮影で同側中大脳動脈下行枝が閉塞したものであり，後者は手技中にマイクロカテーテルのキックバックを防ぐために強引にマイクロカテーテルを押し込んだために起こった動脈瘤破裂の1例だった (症例

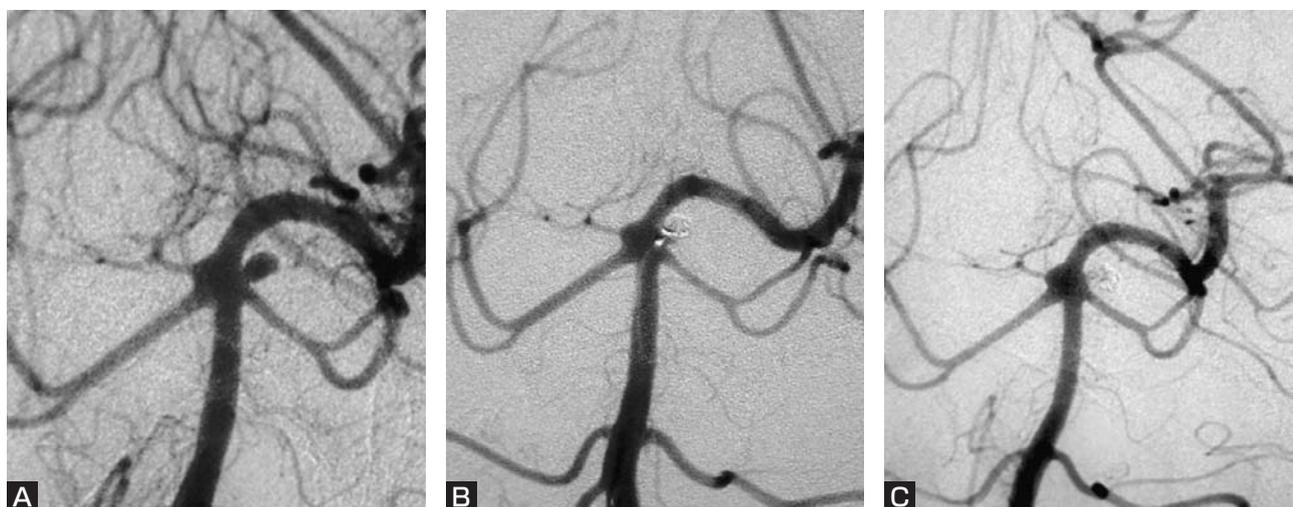


Fig. 1 Case 1. Ruptured left basilar superior cerebellar artery aneurysm.
 A, B : Before (A) and after (B) incomplete coiling.
 C : Complete occlusion of aneurysm at 3-month follow-up.

4). 手術直後の血管撮影で完全閉塞 (CO) は 5 例, 不完全閉塞 (頸部残存, 瘤残存を含む ICO) は 8 例だった. 平均追跡期間は 22.8 ヶ月 (0 ~ 44 ヶ月) であり, 治療動脈瘤の経過中の破裂は認めなかった. 手術直後に ICO と判定された 8 例のうち, 破裂動脈瘤は 5 例, 未破裂動脈瘤は 3 例であった. 観察期間中の血管撮影で破裂動脈瘤 4 例と未破裂動脈瘤 1 例が CO となり, 残りの 3 例中 2 例 (未破裂動脈瘤) は追跡血管撮影が施行されていないが経過良好であり, 1 例 (破裂動脈瘤) は合併した未治療動脈瘤の破裂により死亡した. 術中破裂を認めた 1 例では術直後 ICO であるにもかかわらず, 3 ヶ月後の血管撮影で CO に移行し順調に経過している (症例 4). また, 手術直後に CO と判定された 5 例は追跡血管撮影でいずれも CO のままであった. 我々は 2007 年 11 月以降の症例では, GDC 以外のコイルも使用した. 平均手術時間が GDC のみの使用症例では平均 163 分であったが, GDC 以外の使用では平均 90 分と大幅に短縮した. 体積塞栓率は前者では $21.6 \pm 3.3\%$ に対し, 後者は $40.3 \pm 8.1\%$ であった. 平均手術時間と体積塞栓率はいずれも有意差を認めた. 観察期間中の Glasgow Outcome Scale (GOS) は GDC のみの使用症例では破裂動脈瘤で Good Recovery (GR), Moderately Disabled (MD), Severe Disabled (SD) がそれぞれ 1 例ずつあり, 未破裂動脈瘤では 3 例いずれも GR だった. また, GDC 以外のコイルも使用した症例では破裂動脈瘤で MD, SD, VS, Dead (D) が 1 例ずつあり, 未破裂動脈瘤の 2 例いずれも GR だった. 転帰

が悪化した症例はなく, 破裂例で転帰が悪いのは発症時の Hunt & Kosnik grade を反映しているものと思われた.

以下に代表例を提示する.

1. 症例 1

66 歳男性, くも膜下出血で発症. Hunt & Kosnik grade III, WFNS grade II. 発症当日の血管撮影では動脈瘤を描出できなかったが, 発症 7 日目の血管撮影で BASCA 動脈瘤を認めた (Fig. 1). 動脈瘤の最大径は 2.7 mm で最初のコイル挿入時からマイクロカテーテルのキックバックは著明で瘤内にコイル (GDC10 Ultrasoft $2.5 \times 2, 2 \times 1$) を収めるのに難渋した. 明らかに dome filling であり, ICO で塞栓を終了したが, 3 ヶ月後の血管撮影で CO となった (Fig. 1).

2. 症例 4

53 歳女性, くも膜下出血発症. Hunt & Kosnik grade IV, WFNS grade V. 血管撮影で右 ICPC 動脈瘤を認めた (Fig. 2A). 動脈瘤の最大径は 2.8 mm で頸部が非常に狭いためマイクロカテーテルおよびコイルの瘤内挿入は困難であった. 1 本目のコイル (GDC10 Ultrasoft 2.5×2) 挿入でコイルはなんとか留置できたが, マイクロカテーテルはキックバックし, 親動脈に逸脱した. コイル挿入後の確認撮影で extravasation を認めた (Fig. 2B). 直ちにヘパリンを中和し, 撮影すると extravasation は認められなかった. コイルを離脱し, カテーテルの再挿入を試みたができなかった. そのため動脈瘤頸部クリッピングを家族に勧めたが, 承諾を得られなかったためこの

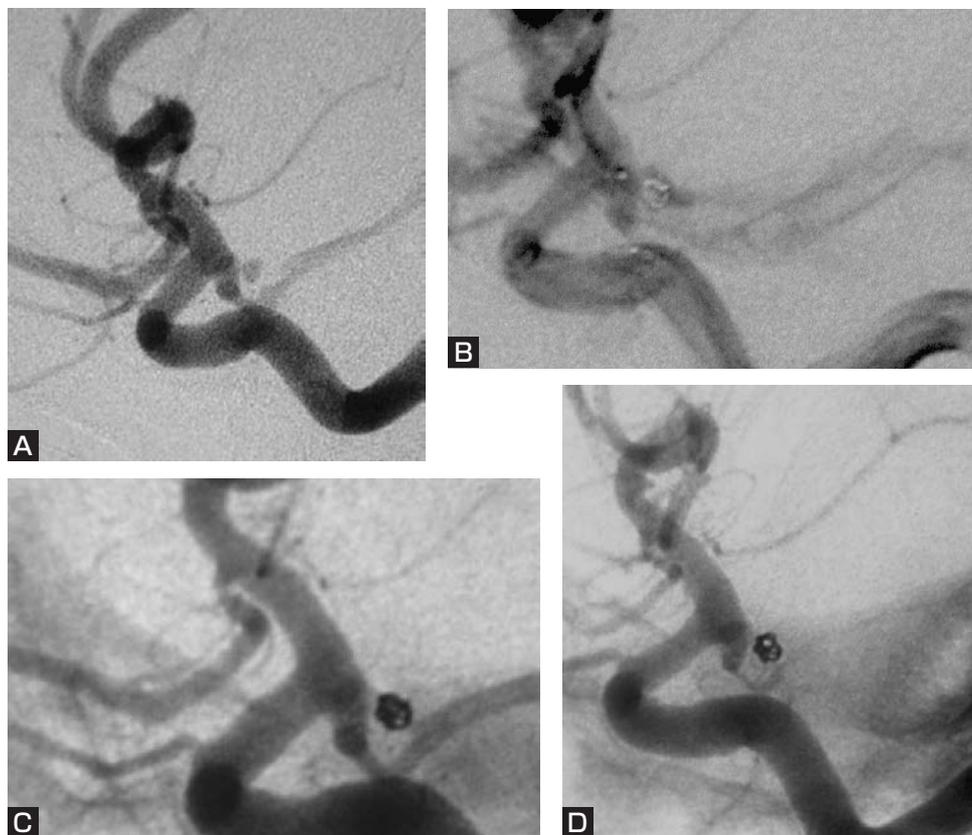


Fig. 2 Case 4. Ruptured right ICPC aneurysm.
 A : pre-coil embolization.
 B : aneurysmal rupture during procedure.
 C : post-coil embolization.
 D : Complete occlusion of aneurysm at 3-month follow-up.

まま経過観察となった。コイル塞栓術数日後より意識は徐々に改善し、最終的には軽度の見当識障害を残した。術中破裂による予後への影響は軽度と思われた。3ヵ月後の血管撮影で動脈瘤はCOに移行していた (Fig. 2D)。

3. 症例8

81歳女性、くも膜下出血発症。Hunt & Kosnik grade II, WFNS grade II。脳血管撮影では左A1-A2 junctionに下方向に伸びる最大径2.7mmの動脈瘤を認めた (Fig. 3)。ガイディングカテーテルを頸部内頸動脈まで入れた後、子カテーテルとして4Fr セルリアンG (メディキット, 東京) を内頸動脈C2まで上げることでさらに安定したマイクロカテーテルの操作が可能になった。動脈瘤頸部は細長く、一度途切れているように見え、瘤の造影が非常に悪かった。動脈瘤頸部にマイクロカテーテル先端を置き、コイルを瘤内にわずかに入れ、コイルをガイドワイヤー代わりにしてマイクロカテーテルを瘤内に進めた。CU 2×4, ED 1.5×2, 1.5×2を順次瘤

内に留置した (Fig. 3)。マイクロカテーテルのキックバックはほとんど認めなかった。術直後はICOであったが、9ヵ月後の血管撮影で動脈瘤はCOに移行した (Fig. 3C)。

考 察

近年の脳血管内治療の進歩は著しく、カテーテル、コイル、血管撮影装置の高性能化に伴い、種々の動脈瘤をより安全に治療できるようになってきた^{1-3,5,7)}。一方、体積塞栓率を上げることができない大型動脈瘤と高い合併症率が報告されている小型動脈瘤については議論の余地がある。小型動脈瘤は術中破裂の危険因子とされており^{6,8,11,12)}、技術的に困難な場合が多い。動脈瘤そのものが小さいため、動脈瘤内でマイクロカテーテル、ガイドワイヤー、コイルなどを自由に動かせるスペースが制限されている。また、動脈瘤へのマイクロカテーテルのアプローチさえも困難なことがある。マイクロカテ

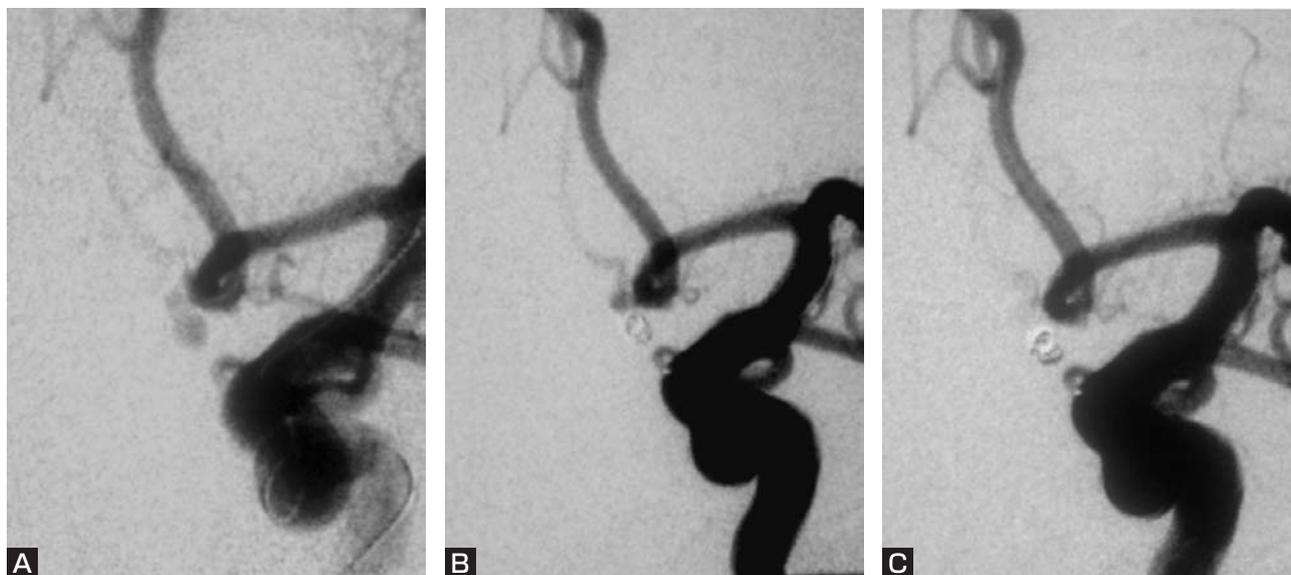


Fig. 3 Case 8. Ruptured left A1-A2 junction aneurysm.
 A, B : Before (A) and after (B) coiling.
 C : Complete occlusion of aneurysm at 9-month follow-up.

ーテルを動脈瘤内に誘導できたとしても頸部が広い場合はカテーテルが安定せず、コイルの挿入中にカテーテルが逸脱し、場合によってマイクロカテーテルやコイルが動脈瘤を穿孔してしまうことさえも起こりうる。堤らは内頸動脈のできるだけ遠位にガイディングカテーテルを上げ、またそれが困難な場合は頸動脈の直接穿刺法を用いて、マイクロカテーテルの操作性を上げている¹³⁾。さらに瘤内でのマイクロカテーテルの安定性を得るために血管形状に合わせてマイクロカテーテルに形状を付ける必要があることを示した¹³⁾。また、我々は小型動脈瘤にマイクロカテーテルを挿入する場合、できるだけ動脈瘤の頸部付近にカテーテルの先端を置いて、最初に留置する予定のコイルをガイドワイヤー代わりに挿入することで瘤内にマイクロカテーテルを挿入している。このようにいろいろな方法を駆使すれば小型動脈瘤でさえ比較的 safely 治療を行うことができる。Roosijら¹⁴⁾は1,295例のコイルで治療した動脈瘤のうち3 mm以下の小型動脈瘤(196例中破裂149例, 未破裂47例)のコイル塞栓術は技術的に十分可能で、治療中の出血率(7.7%)が4 mm以上の動脈瘤の出血率(3.6%)に比べて有意に高いが、最終的なmortalityやmorbidityは小型動脈瘤の方が有意に低いと述べている。未破裂小型動脈瘤の塞栓術の適応は慎重に判断されるべきである。小型動脈瘤は本来年間の出血率は非常に低く、術中破裂の危険が高いとすれば治療そのものの利点がない。我々の未破裂小型動脈瘤症

例はすべて破裂動脈瘤に合併したものであり、いずれも後方循環の動脈瘤であった。前方循環動脈瘤であれば現時点では開頭クリッピングに優位性があるが、後方循環の動脈瘤で破裂因子が複数で技術的にアプローチの問題が無く、頸部の狭い小型動脈瘤ならば、コイル塞栓術はくも膜下出血を経験し、心理的に大きな恐怖感を持っている患者にとって利益のある治療にすることが可能である。

また、血管撮影やロードマップの造影不良によって画像の信頼性に欠けることも小型動脈瘤を治療する上で重要なポイントである。症例1では発症当日に詳細な血管撮影をしているが、動脈瘤を描出することができなかった。発症7日目の血管撮影で動脈瘤を確認した。さらに、症例8では動脈瘤が小さい上に頸部も狭いため造影不良となり、ロードマップ画像下での塞栓術が非常に困難だった。この症例では血管撮影画像は動脈瘤の描出が良好だったので、ロードマップ画像と撮影画像を比較しながら慎重にマイクロカテーテルを誘導し、塞栓術を行った。このような症例を安全に治療するためには十分な血管撮影画像およびロードマップ画像が得られる高性能血管撮影装置を用いるべきであろう。

今回の我々の検討では、術直後にICOと判定された8例(破裂5例, 未破裂3例)のうち5例(破裂4例, 未破裂1例)において経過観察中の血管撮影でCOとなり、残りの3例中2例(未破裂2例)は追跡血管撮影ができ

ていないが経過良好であった。さらに術中破裂を認めた破裂動脈瘤の1例では術直後ICOであるにもかかわらず、3ヵ月後の血管造影でCOに移行し順調に経過している (Table 1)。流体力学的検討によると、親動脈に比べて動脈瘤内の流速やshear stressは小さく、破裂しやすいと言われるblebや動脈瘤先端部において著しく減少しており、コイルはこのような流れが停滞しているところではかなりの確率で血栓化を期待できる^{9,10)}。一方、動脈瘤入口部の流れは速いためにコイルを留置しても血栓化が起りにくく、コイル塞栓術後の動脈瘤再発の要因になっている⁹⁾。しかし小型動脈瘤では動脈瘤入口部はdomeとの比較で相対的に広い場合でさえ絶対値としては小さく、瘤内を完全に塞栓できなくとも入口部はある程度カバーできている可能性があり、経過とともに瘤内の血栓化が進むと考えられる。我々は2007年11月以降GDC以外にCUやEDを小型動脈瘤の塞栓術に用いているが、GDCに比べコイルの接合部分が短く、柔らかいためマイクロカテーテルのキックバックが少なく、その結果として手技をスムーズに進めることができた。CUやED単独あるいはGDCとの併用で塞栓した方がGDC単独で塞栓した場合より有意に体積塞栓率は高く、手術時間も短縮できた。体積塞栓率算出に関してはガイディングカテーテルとの対比で動脈瘤径を測定しているため信頼性に欠けるが、手術時間が短くなっていることは明らかな事実である。小型動脈瘤において高い体積塞栓率を求めなくとも経過中に完全閉塞に移行する症例が多く見られた。しかし、破裂動脈瘤急性期においては再破裂予防が最も重要であり、不完全な塞栓で急性期を乗り切るということでは安全な治療とは言えない。この意味で新しいコイルで体積塞栓率を上げることは重要なことである。また、一般的に頸部の広い動脈瘤ではバルーンを用いたりモデリングが必要になるが、バルーンでマイクロカテーテルの動きが制限されるため、キックバックによる圧緩衝が生じにくくなり破裂を誘発しやすい¹¹⁾。内腔の小さい小型動脈瘤ではさらにその傾向が強くなるが、CUやEDはその特性によりキックバックは少なく、頸部の広い小型動脈瘤であっても安全なモデリングが可能になる。ただし、頸部の広い小型動脈瘤でCUやEDのような柔らかいコイルのみで治療することは作ったフレームが安定しない可能性がある。

小型動脈瘤は技術的に難しいものであるが治療の方法や適応を選択すれば安全な治療が可能で、通常のサイズの動脈瘤に比べて再開通が少ない^{6,12-14)}。我々の症例で

はICOと思われた症例のほとんどが短期間でCOに移行しており、ICOであっても経過を見ることによって良好な結果になる可能性があることを念頭に置いて治療すべきである。血管内治療の技術、機材の進歩はめざましいものがあり、今後さらに小型動脈瘤が安全に行えるようになると思われる。

結 語

3 mm以下の小型動脈瘤でも手技や道具の工夫をすることによって安全に治療することができる。小型動脈瘤であっても基本的には完全閉塞を目指す、結果的に不完全塞栓で終わらざるを得なくとも、良好な閉塞を期待できる場合が少なくない。最近の柔らかいコイルの使用は小型動脈瘤の体積塞栓率の向上や治療時間の短縮を可能とする。

文 献

- 1) Henkes H, Fischer S, Weber W, et al: Endovascular coil occlusion of 1811 intracranial aneurysms: early angiographic and clinical results. *Neurosurgery* 54:268-285, 2004.
- 2) Johnston SC, Wilson CB, Halbach VV, et al: Endovascular and surgical treatment of unruptured cerebral aneurysms: comparison of risks. *Ann Neurol* 48:11-19, 2000.
- 3) Johnston SC, Zhao S, Dudley RA: Treatment of unruptured cerebral aneurysms in California. *Stroke* 32:597-605, 2001.
- 4) Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al: International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial. *Lancet* 360:1267-1274, 2002.
- 5) Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, et al: Guglielmi detachable coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. *J Neurosurg* 98:959-966, 2003.
- 6) Nguyen TN, Raymond J, Guilbert F, et al: Association of endovascular therapy of very small ruptured aneurysms with higher rates of procedure-related rupture. *J Neurosurg* 108:1088-1092, 2008.
- 7) Nilsson OG, Saveland H, Ramgren B, et al: Impact of coil embolization on overall management and outcome of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 57:216-224, 2005.
- 8) Proust F, Debono B, Hannequin D, et al: Treatment of anterior communicating artery aneurysms: complementary aspects of microsurgical and endovascular procedures. *J Neurosurg* 99:3-14, 2003.
- 9) Shojima M, Oshima M, Takagi K, et al: Magnitude and role of wall shear stress on cerebral aneurysm: computational

- fluid dynamic study of 20 middle cerebral artery aneurysms. Stroke 35:2500-2505, 2004.
- 10) Shojima M, Oshima M, Takagi K, et al: Role of the bloodstream impacting force and the local pressure elevation in the rupture of cerebral aneurysms. Stroke 36:1933-1938, 2005.
 - 11) Sluzewski M, Bosch JA, van Rooij WJ, et al: Rupture of intracranial aneurysms during treatment with Guglielmi detachable coils: incidence, outcome, and risk factors. J Neurosurg 94:238-240, 2001.
 - 12) Suzuki S, Kurata A, Ohmomo T, et al: Endovascular surgery for very small ruptured intracranial aneurysms. J Neurosurg 105:777-780, 2006.
 - 13) 堤 正則, 相川 博, 鬼塚正成, 他: 微小破裂前交通動脈瘤に対するコイル塞栓術. 脳卒中の外科 37:162-166, 2009.
 - 14) van Rooij WJ, Keeren GJ, Peluso JP, et al: Clinical and angiographic results of coiling of 196 very small (< or = 3 mm) intracranial aneurysms. AJNR 30:835-39, 2009.

JNET 4:99-105, 2010

要 旨

【目的】 13例の小型動脈瘤のコイル塞栓術の有効性と安全性について検討した。**【対象・方法】** 2005年2月から2009年2月までのコイル塞栓術97症例のうち最大径が3 mm以下の動脈瘤12例13動脈瘤（破裂8，未破裂5）を対象とした。各々の塞栓状態の経時の変化，合併症などを検討し，さらにGuglielmi detachable coil (GDC) と2007年以降に使用可能になった新しいコイルを用いた場合の体積塞栓率，手術時間を比較した。**【結果】** 13動脈瘤全例でコイル塞栓術が可能だった。合併症は塞栓症1例，術中破裂1例を認めた。術後血管撮影で完全閉塞（CO）は5例，不完全閉塞（ICO）は8例だった。平均追跡期間は22.8ヵ月で経過中の再破裂はなかった。ICOであった8例中5例（破裂動脈瘤5例中4例）が追跡期間中の血管撮影でCOに移行した。GDC以外の新しいコイルを用いた症例では，体積塞栓率が改善され平均手術時間が短縮された。**【結論】** 小型動脈瘤は術中破裂の危険性が高くなるが，カテーテルやコイル挿入に工夫することで安全な塞栓術が期待でき，ICOが経過とともにCOになるケースが多かった。治療技術や道具の進歩によって小型動脈瘤はさらに安全に治療できるようになると思われる。