破裂脳動脈瘤クリッピングの工夫 —クリッピングしやすい動脈瘤を作り出す—

乾 登史孝, 奥野 修三

Surgical Techniques of Clipping for Ruptured Cerebral Aneurysms: Aneurysmoplasty for an Ideal Clipping of Large-sized Ruptured Cerebral Aneurysms

Toshitaka INUI, M.D. and Shuzo OKUNO, M.D.

Department of Neurosurgery, Bell-land General Hospital, Sakai, Osaka, Japan

Summary: The treatment of relatively large cerebral aneurysms by direct clipping has been reported to significantly increase operative morbidity. In this article, we introduce a newly conducted surgical technique of aneurysmoplasty, which is most suitable for clipping of these ruptured aneurysms and implies additional methods to prevent surgical injury to surrounding vessels and brain tissues. The main concept of aneurysmoplasty includes tentative clipping in the early stage of aneurysm dissection and reduction in size of aneurysms by low output bipolar-coagulation. These methods are systemically arranged and titrated according to the aneurysm's size and location.

Transforming large ruptured aneurysms to small unruptured aneurysms apparently improves safety and reliability in clipping procedure by direct inspection around the neck and behind the dome of aneurysms.

Key words:

- aneurysmoplasty
- de novo unruptured aneurysm
- tentative clip
- bipolar coagulation technique

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 39: 420-425, 2011

はじめに

破裂脳動脈瘤の治療においては, International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT)に代表される近年の大規模臨床試験の結果を考慮すると, 現状でそれらに対するクリッピング術の選択に以前のような優位性を見出しにくくなった¹⁰⁾¹¹⁾. ただし, 各調査や試験にはさまざまな指摘や反論もあり, 一様に血管内治療との優劣を論ずることは時期尚早と思われる. たとえば動脈瘤治癒率において, クリッピング術がコイル塞栓術に比べて優れていることは明

白であり, 各治療法はその特徴としての長所と短所を内包しており, その点を熟知したうえで症例ごとに治療適応を検討すべきである¹⁴⁾.

脳動脈瘤クリッピング術の合併症発生を考えると, 動脈瘤の大きさが重要な因子であることは明らかである²⁾¹²⁾. これまで, われわれは比較的大きいサイズの破裂脳動脈瘤に対するクリッピング術では, 勇気や胆力によらず, 具体的な手順を段階的に踏襲することで, 破裂脳動脈瘤を未破裂化かつ縮小化させ, その可動性を得ることで安全で確実な手技(以下 aneurysmoplasty)を実践してきた.

Table 1 Summary of the patients who were administrated aneurysmoplasty

Case	Location	Grade	Initial size	Clipping size	Ratio	GOS
1	MCA	2	13	4	0.31	5
2	MCA	2	9	5	0.56	5
3	IC	3	15	5	0.33	2
4	MCA	3	11	7	0.64	5
5	DACA	2	8	4	0.5	5
6	DACA	3	6	4	0.67	4
7	DACA	2	7	5	0.71	4
8	Acom	1	6	4	0.67	5
9	MCA	3	6	3	0.5	5
10	MCA	2	14	5	0.36	5
11	IC	3	9	4	0.44	4
12	Acom	4	7	3	0.43	3
13	IC	3	9	3	0.33	4
14	MCA	4	9	4	0.44	2
15	Acom	2	7	2	0.28	5
average			9.07	4.13	0.48	

Initial size: aneurysm size before aneurysmoplasty, Clipping size: aneurysm size just before final clipping, Acom: anterior communicating artery aneurysm, DACA: distal anterior cerebral artery aneurysm, IC: internal carotid artery aneurysm, MCA: middle cerebral artery aneurysm, GOS: Glasgow Outcome Scale

本稿では、こうしたクリッピング術の工夫について代表症例を呈示して詳述し、同時に今後のクリッピング術の治療成績向上の一助としたい。

対象および方法

2006年6月から2009年5月までに当院にてクリッピング術を施行した前方循環に発生した動脈瘤64例のうち破裂動脈瘤32例を対象とした。部位としては前交通動脈瘤10例、中大脳動脈瘤9例、内頸動脈瘤9例、遠位部前大脳動脈瘤4例であった。そのうち以下に述べる方法でaneurysmoplastyを施行した症例は15例であった。原則的にはまず親血管確保が動脈瘤剝離操作に先立つ。破裂点と想定される部位に緊張がかからないように動脈瘤頸部周辺の剝離を施行する。破裂点を避けてある程度動脈瘤体部を露出したのち、親血管にtemporary clipを置き動脈瘤内圧を低下させた状態で頸部や体部の壁の薄い部分以外の体部赤道面からその末梢の壁を低出力bipolar coagulationにより焼灼する。この際使用するbipolar systemはCodman社製のMalis bipolar coagulatorで出力はおおよそ20-25 unitsである。この操作を繰り返すことで動脈瘤体積は有意に縮小し、tentative clipの挿入が可能となる。この時点で破裂動脈瘤は未破裂化したこととなり破裂点もpremature ruptureを起こすことなく安全に剝離できる。さらにbipolar coagulationにて動脈瘤縮小を進め、より小さなminiclipで出血点をピンポイントで摘むように掛け

れば、先ほどのtentative clipは当然不要となり、その除去でより広い視野を得ることが可能となる。以上の操作により動脈瘤は全周性に癒着から解放され可動性を獲得することで、動脈瘤背部の視野も確保され安全確実なクリッピングが可能となる(**Fig. 5**)。aneurysmoplasty前の動脈瘤サイズの計測は術前の脳血管撮影を基に行った。またaneurysmoplasty後の動脈瘤サイズは術中の直接計測を使用した。

結 果

aneurysmoplastyを施行した症例は15例、46.9%で男性5例、女性10例、平均年齢61.8歳(41-77歳)であった。部位別では前交通動脈瘤3例、中大脳動脈瘤6例、内頸動脈瘤3例、遠位部前大脳動脈瘤3例であった。aneurysmoplasty施行前のサイズ(initial size)は平均9.07 mm(6-15 mm)、aneurysmoplasty施行後、最終的なクリッピング直前のサイズ(clipping size)は平均4.13 mm(2-7 mm)で平均動脈瘤縮小率(ratio)は47.8%であった(**Table 1**)。またクリッピング術に際してpremature ruptureをきたした症例は15例中1例のみであった。全例で術後血管撮影による動脈瘤の完全な消失が確認された。

代表症例提示

〈症例1〉66歳女性。

突然の激しい後頭部痛に引き続く傾眠のため当院に搬送

Fig. 1 **A:** Pre-operative right oblique carotid angiography demonstrating a right middle cerebral artery aneurysm.
B: Post-operative right oblique carotid angiography showing complete clipping.

A | B

Fig. 2 **A:** Intra-operative photograph demonstrating an initial aneurysmal condition.

A
B **B:** Intra-operative photograph showing an aneurysmal condition after clipping for ruptured point with mini clip.

された。頭部 CT で右シルビウス裂を中心に Fisher group 3 のくも膜下出血を認めた。脳血管撮影にて右中大脳動脈分岐部に最大径 12 mm の動脈瘤を認めた (**Fig. 1**)。右前頭側頭開頭を行ったのち、やや遠位側からシルビウス裂を開放すると動脈瘤の大部分が側頭葉内に埋没していた。まず親血管である中大脳動脈を確保したのち、premature rupture に備えて動脈瘤頸部付近で tentative clip を挿入できるスペースを確保した。動脈瘤を覆う軟化した脳組織を少量吸引しながら剝離操作をすすめたが、破裂部位では周囲組織と強い癒着が認められたため、その直前で剝離をいったん中断した。ここで動脈瘤頸部を避け壁の厚いドーム体部を中心に低出力 bipolar で coagulation することで動脈瘤の体積は有意に縮小したため、破裂部位に到達することなく容易にドームに tentative clip を行うことが可能となった。こうして未破裂動脈瘤を作成したのち、破裂部位は安全に側頭葉内から掘り起こすことが可能となり、さらに破裂部を摘むように小さなサイズのクリップに交換することで周辺の視野がより良好となった (**Fig. 2**)。最終的に破裂動脈瘤は未破裂化、縮小化され周囲組織との癒着を完全に剝離することで可動性を得ることができた。その結果多方向からの動脈瘤頸部の観察が容易となり安全確実にクリッピングを施行した。術後経過は良好で、血管撮影で動脈瘤は完全に閉塞していた (**Fig. 1**)。

〈症例 2〉77 歳女性。

突然の意識障害にて発症し、他院からくも膜下出血の診

Fig. 3 **A:** Pre-operative left oblique carotid angiography demonstrating a left internal carotid artery dorsal aneurysm.
B: Post-operative left oblique carotid angiography showing complete clipping.

A | B

断にて当院に紹介搬送された。頭部CTにて両側シルビウス裂を中心とするFisher group 4のくも膜下出血を認めた。脳血管撮影では左内頸動脈C2背側にbroad baseで先端にblebを伴う最大径15 mmの動脈瘤を認めた(**Fig. 3**)。また用手的Matas testにて前交通動脈を介して左内頸動脈環流域への十分な側副血流を認めた。同日、左前頭側頭開頭を行うと同時に頸部で左内頸動脈を確保した。内頸動脈トラッピングの可能性があるため、動脈瘤到達に先立ち浅側頭動脈・中大脳動脈吻合術を施行した。引き続き、シルビウス裂を末梢側から十分に開放して中大脳動脈を中枢側にたどると、動脈瘤は内頸動脈C2部の上内側壁に広くneckを有しており、そのdomeは赤々と膨隆し壁の薄いことが予想された。またdome壁は前大脳動脈A1部に広くかつ強固に癒着しており、その先端部のblebは視神経の直下に埋没しているようであった。単純にneckのみを剥離してクリッピング操作を行えばneck近傍の動脈瘤壁に過大な力が加わり、おそらくは裂けてしまう可能性が高いと思われた。まず頸部内頸動脈を断続的にクランプしながらdome内圧を下げ低出力のbipolar coagulationを用いてdomeの赤道面より末梢側を焼灼しながら動脈瘤サイズを減じていった。途中、blebから出血を認めたが即座にclipにて閉塞することで未破裂化することができた。この時点で動脈瘤内圧は依然高くdomeとA1との剥離は非常に困難であったため、suction decompression techniqueを用いて、さらに内圧を下げることで比較的容易に両者の分離操作をなしえた³⁾。さらにbipolar coagu-

Fig. 4 **A:** Intra-operative photograph showing an initial aneurysmal condition.
B: Intra-operative photograph demonstrating an aneurysmal condition after aneurysmoplasty.

A | B

Fig. 5 Schematic representation of making 'de novo unruptured aneurysm.'

A: Tentative dome clip is applied proximal to the ruptured point.

A/B
C

B: Under proximal control with temporary clip etc, bipolar coagulation technique is used for shrinkage of the aneurysm.

C: Mini-clip is applied at the shrunken point of distal to dome clip, and then dome clip is then, neck clipping is performed by permanent clip.

lation によって動脈瘤壁を退縮させていき、最終的には完全に周囲との癒着のない縮小した未破裂動脈瘤に変更することができ、安全にクリッピングすることができた(Fig. 4)。術後血管撮影にて動脈瘤の完全消失を確認したが(Fig. 3)、術後脳血管攣縮にて多発性脳梗塞が出現し、要介助の状態で転院となった。

考 察

脳動脈瘤クリッピング術の最大の目的は、穿通枝梗塞を始めとする虚血性合併症を回避して動脈瘤からの出血を防止することであるが、サイズが大きくなれば、動脈瘤壁と周囲の重要な神経・血管組織との癒着は必至であり、これらをいかに安全・確実に剝離するかが重要課題となる。事実、動脈瘤のサイズに比例して治療が困難となり、合併症発生率が上昇することは過去の報告および日常の臨床経験からもよく知られている²⁾⁷⁾。これまでも、クリッピング術に関するさまざまな工夫が報告されてきたが⁴⁾⁵⁾⁸⁾⁹⁾¹³⁾、比較的サイズの大きな破裂脳動脈瘤の剝離開始時点からクリッピング操作に至る経過を段階的な手順としてとらえ、その具体的な目的を考察した報告は少ない。

われわれが実践してきた工夫の目的は、直視下に安全で確実なクリッピング術を実施すること、言い換えれば動脈瘤を破裂させずに縮小化し、さらに周囲組織から完全に剝離することで可動性を得ることになる。この手順を行うに先だって、シルビウス裂を必要かつ十分に開放し、できるだけ早期に親血管を確保することは、これまでと同様である。また、動脈瘤の頸部が容易に剝離され、周囲組織の癒着もないのであれば、そのままクリッピング操作に移行す

ればよい。今回の対象症例の動脈瘤サイズの平均は 9.07 mm であり、全例で血管分枝(穿通枝を含む)や周囲の神経組織との癒着が認められた。普段から「早くクリップを掛けたい」ではなく癒着を解除し「安全、確実にクリップを掛けたい」という心構えを持つことは重要と思われる。破裂動脈瘤に対するクリッピング術では少なからず破裂に対する恐怖心や血性術野による視認性の低下によるストレスから手術手順の見極めが不十分になりやすい。その結果、手順を踏まずに動脈瘤の一部を確認すると、頸部の剝離のみを行い即座にクリッピング操作に移行しがちである。ところが剝離操作や確認作業が不十分であると動脈瘤頸部周囲に余計な力が加わり裂けてしまったり、穿通枝などの重要構造物を損傷するなどの合併症が生じうる。ある期間、ある部分を確認していないわけであるから、ある一定の確率で後遺症が発生するのは当然である。

われわれが呈示する破裂脳動脈瘤クリッピング術の工夫における最大要件は破裂に対する危惧を低減することにある。未破裂化した動脈瘤の剝離であれば精神的に余裕が得られ、マイクロ下の手技に集中できるからである。さらに、premature rupture はクリッピング術の合併症発生率を増加させるとの報告があり¹⁾⁷⁾、早期に未破裂化することはきわめて重要である。実際の手術では、動脈瘤の姿が少しでも見え始めたなら、常に未破裂化する手順を念頭に置かなければならない。もちろん、術前から画像所見を十分に検討し、術野を構想して未破裂化に必要な手順を把握しておかねばならない。動脈瘤に接近して術野に出血部位から見えることはまずないのであるから、最初にドームのどの部位に tentative clip が挿入できるのか判断する必要がある。周囲の構造物を考慮して安全な剝離部位やクリップの挿入方向およびその深度を予測する。時に動脈瘤が大きく緊満なために tentative clip 挿入が困難な場合もあるが、方法で先述した順序で dome coagulation を使用しながら tentative clip で破裂動脈瘤を未破裂化することが可能である。もちろん bipolar coagulation には、症例 2 でも経験したように premature rupture の危険性はあるがこの方法での破裂は、すでに親血管を確保しある程度動脈瘤頸部を確認したのちの事象であるため premature rupture した部位に proximal control しながら tentative clip を置くことは容易である。このように縮小した未破裂動脈瘤の背部をさらに注意深く剝離することで、全周性に癒着から解放され、動脈瘤の可動性が獲得される。すなわち多方向からの動脈瘤頸部の観察が容易となりクリッピング操作の安全性、確実性が向上することとなる。

結 語

われわれは、比較的サイズの大きな破裂脳動脈瘤手術に

において、安全で確実なクリッピングを施行するため aneurysmoplasty を実践してきた。この方法は bipolar coagulation による動脈瘤の縮小化および, tentative clip による未破裂化により動脈瘤に可動性を持たせることを可能とし, 動脈瘤頸部に対する多面的な視野確保を容易にするものである。結果として安全確実なクリッピングを実現できる。

文 献

- 1) Batjer H, Samson D: Intraoperative aneurysmal rupture: Incidence, outcome, and suggestions for surgical management. *Neurosurgery* 18: 701-707, 1986
- 2) Cantore G, Santoro A, Guidetti G, *et al*: Surgical treatment of giant intracranial aneurysms: Current viewpoint. *Neurosurgery* 63(suppl 2): 279-289, 2008
- 3) 伊達 勲, 徳永浩司: Suction decompression 法を併用した巨大・大型 paraclinoid 動脈瘤のクリッピング術—そのセッティングとクリッピング時の留意点. *脳神経外科* 37 (2): 135-146, 2009
- 4) 藤岡正導, 西 徹: 血管閉塞を防ぐための “tentative parallel clipping method”. *脳神経外科速報* 15: 24-27, 2005
- 5) 波出石 弘, 鈴木明文, 師井淳太: 脳動脈瘤手術の工夫. *脳卒中の外科* 34: 340-346, 2006
- 6) Higashida RT, Lahue BJ, Torbey MT, *et al*: Treatment of unruptured intracranial aneurysms: a nationwide assessment of effectiveness. *AJNR Am J Neuroradiol* 28: 146-151, 2007
- 7) Houkin K, Kuroda S, Takahashi A, *et al*: Intra-operative premature rupture of the cerebral aneurysms. Analysis of the cause and management. *Acta Neurochir* (Wien) 141: 1255-1263, 1999
- 8) 岩間 亨, 吉村紳一, 安藤弘道, ほか: 安全, 確実な脳動脈瘤手術の手順と工夫—動脈瘤手術の最終段階における dome puncture の役割—. *脳卒中の外科* 35: 411-416, 2007
- 9) 岩間 亨, 坂井 昇: 脳動脈瘤手術における dome puncture の重要性—特に前交通動脈瘤手術における穿通枝温存のために—. *脳卒中の外科* 30: 375-379, 2002
- 10) Molyneux AJ, Kerr RSC, Yu LM, *et al*: Risk of recurrent subarachnoid hemorrhage, death, or dependence and standardized mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the international subarachnoid aneurysm trial (ISAT): long-term follow-up. *Lancet Neurol* 8 (5): 427-433, 2009
- 11) Molyneux AJ, Kerr RSC, Yu LM, *et al*: International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups and aneurysm occlusion. *Lancet* 366: 809-817, 2005
- 12) Nakase H, Shin Y, Kanemoto Y, *et al*: Long-term outcome of unruptured giant cerebral aneurysms. *Neurol Med Chir* (Tokyo) 46: 379-386, 2006
- 13) 西 徹, 古賀一成, 山城重雄, ほか: 安全かつ有効な脳動脈瘤頸部クリッピングのための技術と工夫. *脳卒中の外科* 35: 83-88, 2007
- 14) 塩川芳昭, 栗田浩樹, 藤井清孝, ほか: 急性期破裂脳動脈瘤の治療選択の現状(第一報)—2005 年前向き集計—. *脳卒中の外科* 37: 1-6, 2009