原 著

前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤に対するクリッピングの治療成績

青木 孝親, 野口 慶, 小牧 哲, 折戸 公彦
服部 剛典, 広畑 優, 森岡 基浩

Clinical Outcome of Surgical Clipping for Anterior Choroidal Artery Aneurysm

Takachika AOKI, M.D., Kei NOGUCHI, M.D., Satoshi KOMAKI, M.D., Kimihiko ORITO, M.D.,
Gosuke HATTORI, M.D., Masaru HIROHATA, M.D., and Motohiro MORIOKA, M.D.

Department of Neurosurgery, Kurume University School of Medicine, Kurume, Fukuoka, Japan

Summary: The surgical clipping of anterior choroidal artery (AChA) aneurysms has an increased risk of ischemic complications owing to the critical territory that is supplied by the AChA. We retrospectively analyzed 27 patients (28 AChA aneurysms; 10 men, 17 women; mean age: 57.6 years), including 16 patients with subarachnoid hemorrhages, who were treated with surgical clipping between April 1990 and October 2013. At our institution, we have been performing intraoperative monitoring of motor evoked potentials (MEPs) and indocyanine green videoangiography (ICG-VAG) since 2008. On the basis of preoperative cerebral angiography and intraoperative findings, we created the following new classification system of AChA aneurysms, according to the AChA branching point: A, artery type (4, 14.3%); B, neck type (19, 67.8%); C, dome type (1, 3.6%); and D, duplication type (4, 14.3%). Clinical outcomes were evaluated by the modified Rankin Scale at the last follow-up examination. There were three patients with AChA syndrome after clippings that were performed without MEP/ICG-VAG. However, after the introduction of MEP/ICG-VAG, the outcomes of surgical clippings significantly improved ($p = 0.005$). Three patients had incomplete clippings because the AChA branched from the aneurysmal neck and dome (types B, C, and D). Furthermore, in three cases, we could not detect the duplicated AChA (type D) with preoperative angiography. In some cases with AChA aneurysms, in which complete clipping is difficult because of the AChA branching type, MEP/ICG-VAG monitoring and a precise understanding of the AChA classification (branching pattern) are necessary for good outcomes.

Key words:

- anterior choroidal artery aneurysm
- surgical clipping
- endovascular coiling

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 43: 442-447, 2015

はじめに

内頸動脈(internal carotid artery: IC)-前脈絡叢動脈(anterior choroidal artery: AChA)分岐部動脈瘤は、その灌流域から手術により新たな神経脱落症状をきたす可能性

が高い動脈瘤であり、クリッピングによる morbidity-mortality rate は6-33%とされている³⁾⁻⁵⁾⁹⁾¹⁴⁾⁻¹⁶⁾²¹⁾⁻²³⁾。それゆえ、いくつかの報告では、クリッピングより血管内治療によるコイル塞栓術のほうが成績もよく合併症率が低いという報告もある⁸⁾⁹⁾。

今回、AChA 動脈瘤に対して行ったクリッピングの治療成績と手術に関係する問題点について検討したので報告する。

対象と方法

1990 年 4 月から 2013 年 10 月に当施設でクリッピングを行った IC-AChA 動脈瘤 27 例(28 動脈瘤)を対象とし、後ろ向きに検討した。男性 10 例、女性 17 例で、動脈瘤のサイズは 4.8 mm(2-10.1 mm)であり、くも膜下出血 16 例(Hunt & Hess Grade II 6 例, III 8 例, IV 2 例)が含まれている(**Table 1**)。

クリッピングは通常の pterional approach で行った。2008 年以降は、術中モニタリングとして motor evoked potential(MEP)と indocyanine green-videoangiography(ICG-VAG)を使用した。手術に関係した合併症は、くも膜下出血の脳血管攣縮による虚血性合併を除き、術後新たに出現した神経脱落症状および computed tomography(CT)や magnetic resonance imaging(MRI)で確認された梗塞巣や出血性病変とした。

術後転帰は、術中モニタリングを開始した 2008 年前後で 2 つの群〔monitoring(+)or(-)group〕に分け、最終診察時の modified Rankin Scale(mRS)で評価した。今回の検討では、治療法の選択(コイル塞栓術の可能性)やクリッピング操作に影響すると考えられる AChA の分岐形式から、以下の 4 つのタイプに分類し解析を行った。術前の脳血管撮影に基づいて、AChA が内頸動脈自体から起始する artery type(type A)、動脈瘤頸部から起始する

neck type(type B)、動脈瘤 dome から起始する dome type(Type C)、そして AChA が 2 本起始する duplication type(Type D)の 4 群である(**Fig. 1**)。術中所見と術前の脳血管撮影とタイプ分類が異なる場合は、術中所見を重要視して分類した。type A と type B の区別は、術中所見から AChA 起始部が主に内頸動脈と neck のどちらにあるかで最終的に判断している。また、コイル塞栓術が選択される際に完全閉塞が可能かどうか重要となるため、type A と type B を分類した。

結 果

症例全体の平均追跡期間は 4.6 年で、転帰良好群(mRS <2)は 78%であった。動脈瘤のタイプ分類は、type A が 4 例(14.3%)、type B が 19 例(67.8%)、type C が 1 例(3.6%)、type D が 4 例(14.3%)と type B が多かった(**Table 2**)。

14 例のくも膜下出血症例を含む monitoring(-)group 19 例は、6 例の転帰不良例を認めたが、そのうちの 3 例はくも膜下出血による脳血管攣縮によるものであり、手術自体による morbidity 3 例(15.7%)[permanent 2 例(10.5%)、transient 1 例(5.2%)]、mortality 0%という結果であった。2 例のくも膜下出血例を含む monitoring(+)group 9 例は、神経脱落症状も画像上の虚血性合併所見も認めず、全例 mRS=0 であったことから monitoring(-)group 19 例と比較し有意に改善していた(p=0.005)。クリッピングに問題を生じた症例の詳細を **Table 3** に示す。主な問題点は AChA syndrome と neck remnant に大別され、各々 3 例ずつ認められた。モニタリングがない年代にのみ

Table 1 Clinical characteristics of the 28 patients with anterior choroidal artery (AChA) aneurysms

	Ruptured		Unruptured		Total
Monitoring	(+)	(-)	(+)	(-)	
No. of aneurysms	2	14	7	5	28
Sex (M/F)	1 : 1	5 : 9	2 : 5	3 : 2	11 : 17
Age	48.0 ± 1.4	60.5 ± 13.7	56.3 ± 16.9	55.2 ± 10.9	57.6 ± 13.6
Size of aneurysm (mm)	3.8 ± 2.5	4.7 ± 2.4	5.1 ± 2.3	5.3 ± 2.0	4.8 ± 2.2
Hunt & Hess grade					
II	0	6			6
III	1	7			8
IV	1	1			2
Modified Rankin Scale (mRS)					
0	2	5	7	2	14
1	0	4	0	2	8
2	0	1	0	1	2
3	0	1	0	0	1
4	0	2	0	0	2
5	0	1	0	0	1
6	0	0	0	0	0

Fig. 1 Classification of the anterior choroidal artery (AChA) aneurysms.
A: Artery type: The AChA mainly arises from the internal carotid artery.
B: Neck type: The AChA mainly arises from the aneurysmal neck.
C: Dome type: The AChA mainly arises from the aneurysmal dome.
D: Duplication type: Two AChAs arise from the neck or the dome.

Table 2 Classification of the AChA aneurysms

Type of aneurysm	A	B	C	D
n	4	19	1	4
%	14.3	67.8	3.6	14.3

Table 3 Characteristics of the six patients with surgery-related complications and problems after surgical clipping, according to the AChA aneurysm classification

Age	Sex	Type of aneurysm	Intraoperative monitoring	Surgical complications and problems	Characteristics of the aneurysm	mRS
67	M	B	—	CN III nerve palsy, AChA syndrome	Ruptured HHG III	4
48	M	A	—	AChA syndrome	Unruptured	2
62	F	D	—	AChA syndrome	Unruptured	1
75	F	C	—	Neck remnant	Ruptured HHG II	1
64	F	B	MEP ICG-VAG	Neck remnant	Unruptured	0
72	F	C→D	MEP ICG-VAG	Neck remnant	Unruptured	0

CN: cranial nerve, HHG: Hunt and Hess Grade, MEP: motor evoked potential, ICG-VAG: indocyanine green videoangiography, mRS: modified Rankin Scale

AChA syndrome がみられており、これらの合併症は MEP/ICG-VAG モニタリングにより術中に回避できた可能性がある。

不完全クリップとなった症例を 3 例に認めた。1 例は、wide neck で高さが無い形態をしており、クリップブレードがスリップしてしまい bleb のみのクリップとなった type B の症例で (**Fig. 2**)、あとの 2 例は type C の、AChA の起始部が dome にあったため不完全クリップはやむを得なかった 1 例と、術前の脳血管撮影では type C と判断していたが術中所見ではもう 1 本の AChA が dome から起始していた type D の 1 例であった (**Fig. 3**)。それぞれ約 4 年間、10 年間、2 年間と当院外来で 3-dimension CT angi-

ography (3D-CTA) を用いて嚴重に経過観察を行っているが、期間中に動脈瘤の増大や形態的变化は認めていない。

術中所見と術前の脳血管撮影と異なる症例は 3 例あった。1 例は不完全クリップとなった比較的大きな動脈瘤 (10.1 mm) で、術前 type C と思われたが術中所見から type D だった症例 (**Fig. 3**)、あとの 2 例は type B と思われたが、AChA が動脈瘤頸部近位部と遠位部から 2 本起始していたため type D に分類されたものであった。

考 察

AChA 動脈瘤は 2-5 % と比較的まれな動脈瘤である⁴⁾⁵⁾¹⁵⁾²¹⁾⁻²³⁾。AChA の灌流領域は後大脳動脈などから灌

Fig. 2 Preoperative three-dimensional digital subtraction angiography (3D DSA) imaging shows a wide neck and lower depth of the AChA aneurysm (type B) (**A, B**). Intraoperative endoscopy shows that the clip blade slipped out, and only the aneurysmal bleb was unclippable (**C, D**).

Fig. 3 Preoperative 3D DSA imaging shows a dome-type AChA aneurysm (type C) (**A**). An intraoperative photograph shows another AChA (white arrowhead) (**B**). Postoperative angiography demonstrates two AChAs (**C**) (white arrow).

流される場合もあるため必ずしも虚血合併症が起こるわけではない^{6,11)}，手術によりひとたび合併症が起こると重篤な神経脱落症状をきたす可能性が高い動脈瘤である。いくつかの報告では，クリッピングによる morbidity-mor-

tality rate は6-33%とされており³⁾⁻⁵⁾⁹⁾¹⁴⁾⁻¹⁶⁾²¹⁾⁻²³⁾，クリッピングより血管内治療によるコイル塞栓術のほうが成績はよく合併症率が低いことを主張する報告もある。⁸⁾⁹⁾

近年，血管内治療と同じく MEP や， ICG-VAG などの

手術支援装置の発達も目覚ましく、開頭クリッピングは安全に行えるようになってきた¹⁷⁾¹⁹⁾。当施設でも2008年から安定して術中モニタリングが行えるようになり、モニタリング下で行った9症例はきわめて良好な転帰を得ることができた。AChAの血流障害による麻痺などの合併症がモニタリング導入前のみに見られていること、また今回の結果は複数術者によるものであることから、クリップ操作におけるAChAによる虚血や閉塞といった問題は、「術者の技量」に関係なくMEPやICG-VAGモニタリングにより回避できるようになったと判断してよいと思われる。今回の研究では、モニタリング導入以降に術中MEPのamplitude decreaseや、ICG-VAGでAChA閉塞所見などのアクシデントはみられなかったが、だからといってモニタリングは不要ということではない。モニタリングを行うことで、術中に「クリッピングに問題がない」ことが確認できるからこそその良好な結果であり、AChA動脈瘤に対するクリッピングでは術中モニタリングは必須と考えられる。今回の研究においてモニタリング下にMEPの低下やICGにおけるAChAの血流不良所見に遭遇する機会がなかったもう1つの理由として、AChA分岐部や本数について術前、術中に詳細に検討したことが挙げられる。この観点からも、AChAとICの関係からみた分類は重要である。

兒玉ら¹⁰⁾は、AChA動脈瘤の起始部により3つのタイプに分類し、neck typeが72.4%と多かったとしている。われわれも同様にtype Bが67.8%と最も多かった。Choら³⁾は同様に3つのタイプに分類し、artery typeが多かったが、虚血性合併症はneck typeに多かったとしている。また、有意差は認めなかったものの、5mm以下の小さい未破裂動脈瘤で術後梗塞の可能性が高いとしている。AChA動脈瘤は比較的小さい傾向にあることから、完全なクリップを目指すためにclip constrictionによるAChA閉塞をきたすためと思われる¹²⁾²⁰⁾。このことは、術後の虚血性合併をきたした3例があらかじめdome clippingを意図して行うtype C以外であったことの主な原因として考えられる。しかし一方で、Bohnstedtら²⁾はAChA動脈瘤に対するクリッピングにおいて、虚血性合併と最も関係するのはtemporary clipによる一時遮断と報告しており、虚血合併の原因がクリッピング操作だけではないことも念頭に置くべきである。

Leheckaら¹³⁾はAChA動脈瘤の向きにより4つのタイプに分類し、Friedmanの分類⁵⁾にもあるようにduplication typeを報告している。われわれは、術前の脳血管撮影では1本に思えたAChAでも術中所見では2本認めた例を3例経験し、術前にdetectされないduplication typeがあることは重要な点と考えている。われわれの研究で

も、AChA syndromeを起こした例は術中観察でしか検出し得ないduplication typeであった可能性もあり、くも膜下出血例では特にもう1本が見えないことがあり得るため、MEPモニタリングは必須と考えられる。こういった理由から、AChA動脈瘤を分類するにあたり、術中によく観察されるAChAが分岐直後に2本に分かれるものとは別にduplication typeを含む分類をしたほうがよいと考え、常に念頭に置くべきである⁷⁾¹⁸⁾。Kangら⁸⁾はartery typeとneck typeの2つに分類している。これは、血管内治療におけるAChA温存の難易度(完全閉塞が可能かどうか)と、そもそもtype Cは血管内治療の対象にはならないということからの分類であろう。また、血管内治療において症候性合併症はneck typeに多いとしており⁸⁾、type Bではなくtype Dであったことを示唆している可能性もある。

宇田ら²⁰⁾は、Friedmanの分類⁵⁾を用いて検討し、術中モニタリングの重要性と、AChAのmain trunkから発生したtruncal typeとwide neckのAChA動脈瘤は不完全クリップとなりやすいことを報告している。われわれは、Friedmanの分類のようなtruncal typeの経験はなかったが、不完全クリップとなった症例はdome typeとwide neck症例であった。このようにAChAの分岐形態の理解とモニタリングの発達により、重篤な障害となるAChA syndromeを安全に回避するためには、一部の症例ではneck remnantはやむを得ないと考えられる。根治性がクリッピングの長所の1つであるが、不完全クリッピングになった場合はコイル塞栓術と同様に長期経過観察が必要となる。しかし、われわれのneck remnantの3例は最長10年の経過観察でも再増大はみられていない。本動脈瘤は、われわれの分類によるAChA分岐部の詳細な検討とMEP/ICG-VAGモニタリングによる合併症のない安全なクリッピングが最も重要であろう。

結 語

AChA動脈瘤に対するクリッピングを安全に行うためには、ICG-VAGやMEPなどの術中モニタリングは必須であり、AChAと動脈瘤の形態的特徴に注意を払うことが重要である。

なお、本主旨は第43回日本脳卒中の外科学会にて報告したものである。

文 献

- 1) Amagasaki K, Higa T, Takeuchi N, *et al*: Late recurrence of subarachnoid hemorrhage due to regrowth of aneurysm after neck clipping surgery. *Neurol Med Chir*(Tokyo)42: 496-

- 500, 2002
- 2) Bohnstedt BN, Kemp WJ 3rd, Li Y, *et al*: Surgical treatment of 127 anterior choroidal artery aneurysms: A cohort study of resultant ischemic complications. *Neurosurgery* 73: 933-940, 2013
- 3) Cho MS, Kim MS, Chang CH, *et al*: Analysis of clip-induced ischemic complication of anterior choroidal artery aneurysms. *J Korean Neurosurg Soc* 43: 131-134, 2008
- 4) Drake CG, Vanderlinden RG, Amacher AL: Carotid-choroidal aneurysms. *J Neurosurg* 29: 32-36, 1968
- 5) Friedman JA, Pichelmann MA, Piepgras DG, *et al*: Ischemic complications of surgery for anterior choroidal artery aneurysms. *J Neurosurg* 94: 565-572, 2001
- 6) Galatius-Jensen F, Ringberg V: Anastomosis between the anterior choroidal artery and the posterior cerebral artery demonstrated by arteriography. *Radiology* 81: 942-944, 1963
- 7) Hadeishi H, Mizuno M, Suzuki A, *et al*: Hyperdynamic therapy for cerebral vasospasm. *Neurol Med Chir*(Tokyo) 30: 317-323, 1990
- 8) Kang HS, Kwon BJ, Kwon OK, *et al*: Endovascular coil embolization of anterior choroidal artery aneurysms. Clinical article. *J Neurosurg* 111: 963-969, 2009
- 9) Kim BM, Kim DI, Shin YS, *et al*: Clinical outcome and ischemic complication after treatment of anterior choroidal artery aneurysm : comparison between surgical clipping and endovascular coiling. *AJNR Am J Neuroradiol* 29: 286-290, 2008
- 10) 兒玉裕司, 大西英之, 埜本勝司, ほか : 内頸動脈-前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤の形態学的特徴に基づく分類と手術. 脳卒中の外科 39: 267-271, 2011
- 11) Lasjaunias P, Berenstein A, Ter Brugge KG: *Surgical Neuroangiography 1, Clinical Vascular Anatomy and Variations*, 2nd edition, Springer, 2001, pp563-577
- 12) Lee YS, Park J: Anterior choroidal artery aneurysm surgery: ischemic complications and clinical outcomes revisited. *J Korean Neurosurg Soc* 54: 86-92, 2013
- 13) Lehecka M, Dashti R, Laakso A, *et al*: Microneurosurgical management of anterior choroid artery aneurysms. *World Neurosurg* 73: 486-499, 2010
- 14) Li J, Mukherjee R, Lan Z, *et al*: Microneurosurgical management of anterior choroidal artery aneurysms: a 16-year institutional experience of 102 patients. *Neurol Res* 34: 272-280, 2012
- 15) Perria L, Viale GL, Rivano C: Further remarks on the surgical treatment of carotid-choroidal aneurysms. *Acta Neurochir* (Wien) 24: 253-262, 1971
- 16) Pötin M, Mounayer C, Spelle L, *et al*: Endovascular treatment of anterior choroidal artery aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 25: 314-318, 2004
- 17) Raabe A, Nakaji P, Beck J, *et al*: Prospective evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *J Neurosurg* 103: 982-989, 2005
- 18) Rhoton AL Jr, Fujii K, Fradd B: Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery. *Surg Neurol* 12: 171-187, 1979
- 19) Szelényi A, Langer D, Kothbauer K, *et al*: Monitoring of muscle motor evoked potentials during cerebral aneurysm surgery: intraoperative changes and postoperative outcome. *J Neurosurg* 105: 675-681, 2006
- 20) 宇田賢司, 石川達哉, 師井淳太, ほか : 前脈絡叢動脈瘤のクリッピング—当院での治療成績と問題点. 脳卒中の外科 41: 352-357, 2013
- 21) Viale GL, Pau A: Carotid-choroidal aneurysms: remarks on surgical treatment and outcome. *Surg Neurol* 11: 141-145, 1979
- 22) Yasargil MG: *Microneurosurgery II*, Stuttgart, Georg Thieme, 1984, pp99-108
- 23) Yasargil MG, Yonas H, Gasser JC: Anterior choroidal artery aneurysms: their anatomy and surgical significance. *Surg Neurol* 9: 129-138, 1978