中大脳動脈本幹(M1 部)の上向き動脈瘤の外科的治療

波多野範和, 栗本 路弘, 新帯 一憲, 青木 恒介
椎名 諭, 高須俊太郎, 小島 隆生, 関 行雄

Surgical Treatment for Superior-projected Aneurysms at the Proximal (M1) Segment of the Middle Cerebral Artery

Norikazu HATANO, M.D., Michihiro KURIMOTO, M.D., Kazunori SHINTAI, M.D.,
Kousuke AOKI, M.D., Satoshi SHIINA, M.D., Syuntarou TAKASU, M.D., Takao KOJIMA, M.D.,
and Yukio SEKI, M.D.

Department of Neurosurgery, Nagoya Daini Red Cross Hospital, Nagoya, Aichi, Japan

Summary: Surgical treatment for the cerebral aneurysms of the proximal (M1) segment of the middle cerebral artery, especially those that project superiorly, carries a high risk of infarct caused by damage of perforating arteries.

Between January 2004 and November 2009, of 114 patients with MCA aneurysms treated surgically in our hospital, 11 patients with aneurysms of the proximal MCA were diagnosed on the basis of angiographic or surgical findings. Among them, 8 patients had aneurysms projected superiorly. All patients underwent surgery via fronto-temporal craniotomy and trans-sylvian approach. Four patients with ruptured aneurysms underwent emergency surgery within 72 hours of the insult. Motor evoked potential (MEP) was monitored during surgery in the latest 2 patients. We reviewed retrospectively 8 patients with such aneurysms treated by direct surgery.

The average age in our patient population was 64.3 years (range, 56–81 yr). There were 2 men and 6 women. The average size of aneurysms was 8.1 mm (range, 3–25 mm). Four patients had ruptured aneurysms. Intracerebral hematoma was recognized on computer tomographic (CT) scan in 2 patients with ruptured aneurysms. Neck clipping was performed in 7 patients and wrapping in 1 patient. STA-MCA bypass was performed for the patient with giant aneurysm. Temporary occlusion of the M1 segment was required in 2 patients, including the patient with giant aneurysm. CT scans after surgery revealed cerebral infarction in the territories of the perforating artery from the M1 segment in 3 patients, and aphasia remains in 1 of the 3 patients. At 3 months after surgery, 5 patients made a good recovery (GR), 2 had a moderate disability (MD), and 1 a severe disability (SD), according to Glasgow Outcome Scale (GOS). All of the unruptured aneurysms made GR, though 1 patient presented with cerebral infarction.

The aneurysms of the M1, which project superiorly, represent one of the most complicated aneurysms. Understanding the relationship between the perforating arteries arising from the M1 segment and the aneurysm neck should allow surgeons to avoid many postoperative ischemic complications.

Key words:

- middle cerebral artery
- lenticulostriate artery
- cerebral aneurysm
- clipping

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 39: 109–115, 2011

はじめに

中大脳動脈(MCA)瘤は頭蓋内動脈瘤の約 1/5 であり、大半はその分岐部に存在する。MCA 本幹(M1)部の動脈瘤は MCA 瘤の 10% 程度にみられる比較的まれな動脈瘤であり、early branch および穿通枝分岐部に生じる¹⁾¹¹⁾。直達手術に際しては、重要な穿通枝である lenticulostriate artery (LSA) 領域の梗塞を合併することが多く¹⁾⁴⁾⁸⁾¹¹⁾、特に上向きの動脈瘤ではその頻度が高くなる³⁾⁵⁾¹⁰⁾。

本稿では、われわれが開頭術を行った 8 例の M1 部上向き動脈瘤の治療成績について retrospective に検討し、手術における注意点について文献的考察を行った。

対象と方法

2004 年 1 月から 2009 年 11 月の間に当院にて治療を行った MCA 動脈瘤 114 例のうち、M1 部動脈瘤は 11 例であった。そのうち 8 例が、early frontal branch (EFB) または LSA 分岐部に生じた、いわゆる上向き動脈瘤であった (Table 1)。性差は男性 2 例、女性 6 例、年齢は 56-81 歳 (平均 64.3 歳) であった。動脈瘤のサイズは 3-25 mm (平均 8.1 mm) であった。4 例が未破裂動脈瘤、4 例が破裂動脈瘤であった。破裂動脈瘤のうち 2 例が前頭葉に脳内出血を合併していた。多発例は 5 例であった。

全例に trans-sylvian approach による直達手術を行った。シルビウス裂を大きく開放し、M1 を前方、下方、側方から観察できるように心掛けた。最近の 2 例のみ、術中に MEP モニタリングを行った。また、破裂例 4 例は発症 3 日以内の急性期に手術を行った。

結 果

7 例にクリッピング術を行い、うち巨大動脈瘤 1 例にはバイパス術を併用した。巨大動脈瘤を含む 2 例にテンポラリークリップによる一時的な血行遮断を行った。残り 1 例はラッピング術に終わった。

術後 CT で 3 例に基底核に小さな梗塞が出現し、うち 1 例で軽度の失語が残存した。術後 3 カ月の Glasgow Outcome Scale (GOS) は、GR 5 例、MD 2 例、SD 1 例であった。未破裂例は全例 GR であった (1 例に脳梗塞を認めた)。破裂例は GR 1 例、MD 2 例、SD 1 例であった (2 例で脳梗塞を認めた) が、MD の 1 例と SD の 1 例はそれぞれ primary brain damage および vasospasm によるものであった。

以下に虚血性合併症を呈した症例とラッピングに終わった症例を提示する。

〈症例 5〉81 歳、女性。

既往歴：関節リュウマチ、胆石、子宮筋腫。

現病歴：突然に頭痛と嘔気が出現し、救急外来に搬送された。来院時の意識レベルは GCS にて E4V4M6、明らかな運動障害はみられなかった。CT にてくも膜下出血と診断された (Fig. 1)。同日、脳血管撮影を行い、左 M1 部の EFB 分岐部に上向きに突出した径 3 mm の動脈瘤を認めた (Fig. 2A, B)。緊急で開頭クリッピング術を行った。

手術および経過：左前頭側頭開頭を行ったのち、シルビウス裂を開放し、distal より M2 から M1 分岐部を露出した。次に、内頸動脈を確認後、M1 起始部を確保した。動脈瘤は脳血管撮影の所見と同様に EFB の分岐部に存在していた。動脈瘤に絡みつく数本の細い穿通枝を剥離し、バリオネット型クリップを apply した。肉眼的に EFB は温

Table 1 Summary of 8 patients with superior-projected aneurysms at the M1 segment

Case No.	Age Sex	H&K grade	Site	ICH	Other aneurysm	Temporary clip	Size (mm)	Treatment	Infarct on post-op CT	Outcome (GOS)
1	58F	2	LSA			—	5	clipping	—	GR
2	68F	3	EFB	+	contra MCA&ACA	—	5	clipping	+	SD※
3	56M	3	EFB	+		3m16s	8	clipping	—	MD※
4	59F	0	EFB		ipsiMCA	—	5	clipping	—	GR
5	81F	1	EFB		BA tip	—	3	clipping	+	MD
6	63M	0	LSA		contraMCA	7m30s	25	clipping	+	GR
7	60F	0	EFB			—	6	clipping	—	GR
8	69F	0	EFB		ipsiLC-PC	—	4	wrapping	—	GR

H&K grade: Hunt and Kosnik grade, LSA: lenticulostriate artery, EFB: early frontal branch, ICH: intracerebral hemorrhage, Contra: contralateral, Ipsi: ipsilateral, GOS: Glasgow Outcome Scale, ※: due to vasospasm

Fig. 1 CT showing subarachnoid hemorrhage.

Fig. 2 Preoperative 3D-DSA, showing an aneurysm at the origin of the early frontal branch.

A|B

Fig. 3 Postoperative CT, showing an infarct at the frontal lobe.

Fig. 4 Postoperative 3D-DSA, showing patent of early frontal branch.

存，ドップラーにてその血流を確認した。術翌日も傾眠であり，軽度の運動性失語がみられ，CTにて左前頭葉底面に低吸収域が出現した(**Fig. 3**)。術後2週間の脳血管撮影では，動脈瘤は消失，EFBは開存していた(**Fig. 4**)。その後，リハビリテーションのため転院となった。

〈症例6〉63歳，男性。

既往歴：高血圧，心筋梗塞(ステント留置)，アスピリンとクロピドグレルを内服。

現病歴：1カ月前より一過性の呂律不全が数回出現した。近医でCTを行ったところ，左大脳基底核に周囲の浮腫を伴う占拠性病変を認めたため，紹介となった(**Fig. 5**)。3D-CTAでは，左M1部に上方に突出する最大径25 mmを超える巨大動脈瘤と右MCA末梢部に紡錘状の動脈瘤を認めた(**Fig. 6**)。脳血管撮影にも同様の所見を認め，さらにMCA末梢の描出は不良であった(**Fig. 7A, B**)。

手術および経過：まず，STA-MCAバイパス術(2本)を行った。その後，シルビウス裂を大きく開放し，MCA分岐部からM1部さらにICAを露出した。動脈瘤は前頭葉に深く埋没していた。ネック近傍前面と末梢側に数本の穿通枝は確認できたが，瘤背後はまったく確認できなかった(**Fig. 8**)。M1部中枢側と2本のM2にテンポラリークリップをかけたのち，動脈瘤をpunctureし縮小させ，2本の直角有窓クリップと1本のストレート有窓クリップを用いて視認しえた穿通枝を温存するように血管形成的にクリッピングを行った。遮断時間は7分30秒であった。遮断開始5分後より，経頭蓋MEPが1/2の振幅まで減弱したが，遮断解除後はすみやかに回復した。術後のCTでは，動脈瘤痕跡以外に島部に梗塞巣が出現していた(**Fig. 9**)。術後の脳血管撮影では，M1部が全体的に狭小化しているが，動脈瘤は消失していた(**Fig. 10A, B**)。術直後，軽度

Fig. 5 Preoperative CT, showing a round mass with surrounding mild edema in the right basal ganglia.

Fig. 6 3D-CTA, showing a giant aneurysm, protruded superiorly, on M1 segment.

Fig. 7 Preoperative left carotid angiogram, showing giant aneurysm and poor filling of distal MCA. A-P view (A) and lateral view (B).

A/B

Fig. 8 Intraoperative schema.

Fig. 9 Postoperative CT, showing scar of aneurysm and infarction in left insula.

Fig. 10 Postoperative left carotid angiogram, showing disappearance of aneurysm and good filling of distal MCA with patency of STA-MCA bypass. A-P view (A) and 3D reconstruction image (B).

A|B

Fig. 11 Preoperative 3D-CTA, showing 2 aneurysms, on left M1 segment and ICA (A, B).

A|B

な右不全麻痺がみられたが、術翌日にはほぼ消失した。また、運動性失語も徐々に軽快し、日常生活には大きな支障をきたさない程度となった。

〈症例 8〉69 歳、女性。

既往歴・家族歴：高血圧、父親がくも膜下出血。

現病歴：頭痛と眩暈のため、近医で MRI/MRA を行ったところ、左 M1 部と左内頸動脈-後交通動脈分岐部 (IC-PC) に未破裂動脈瘤を指摘された。3D-CT angiography (CTA) にて、左 IC-PC に径 7 mm の双葉状の動脈瘤と左 M1 部に上後方に突出する径 5 mm の動脈瘤を確認した (Fig. 11A, B)。M1 は起始部より上方に走行、分岐部近位部で前下方に走行しており、その凸部に動脈瘤は存在していた。

手術および経過：シルビウス裂を十分に開放し、MCA 分岐部から M1 部さらに ICA を露出した。IC-PC 動脈瘤は容易にクリッピングを行うことができた。M1 部動脈瘤は limen recess に存在していた。できるかぎり下方より、frontal 側と temporal 側より動脈瘤周囲を確認するも、EFB の起始部はまったく確認できなかった (Fig. 12A, B,

C)。また、M1 部上面より分岐する数本の LSAs と lateral orbitofrontal vein が動脈瘤前壁に強く癒着しており、これを剥離するのは困難であった (Fig. 12B, C)。未破裂動脈瘤でもあり、クリッピングを断念してラッピングのみを行った。術後は神経症状なく、自宅退院した。

考 察

中大脳動脈 M1 部の動脈瘤は比較的まれであり、まとまった報告は少なく、すべての中大脳動脈瘤の約 4.1-15%^{1) 6) 7) 11)} であるとされている。Hosoda らは、中大脳動脈瘤 174 例中 21 例 (12.1%) の M1 部動脈瘤を報告¹⁾ しており、このうち 9 例は superior-wall type、12 例は inferior-wall type として分類した。最近では、Ulm AJ らが 100 例の中大脳動脈瘤のうち、early frontal branch (EFB) 分岐部瘤 39 例、early temporal branch 分岐部瘤 18 例、LSA 分岐部瘤 4 例、計 61 例と意外と高い頻度であったことを報告¹⁰⁾ している。これら M1 部動脈瘤の中でも、いわゆる上向き動脈瘤はクリッピング術の際に LSA などの穿通枝領域の梗塞をきたすことが多い。その大きな理由として、

Fig. 12 3D-DSA (C) and intraoperative photos, in the direction of line “A” (A) and a line “B” (B).

AN: aneurysm, S: superior trunk of MCA, I: inferior trunk of MCA, Δ: early frontal branch

A | B
C

LSA の解剖学的特徴と動脈瘤の位置があげられる。

一般的に LSA は一側に平均 10 本存在し、主に M1 部から分岐しているが、early branch や postbifurcation of M1、まれに M2 segment から分岐することもある。Tanriover らは cadaver を用いて、LSA および early branch に関して詳細な報告⁹⁾¹⁰⁾をしている。LSA は 10.7% が EFB より分岐しており、その EFB は 50 hemisphere 中 16 本存在し、各 hemisphere に 1-2 本認められた。分岐した LSA は sylvian cistern 内を逆行性に S 字状に走行して前有孔質に至る。LSA だけでなく、前大脳動脈 A1 部、Heubner 動脈、前脈絡叢動脈および内頸動脈などからの多くの穿通枝が前有孔質へと向かっている。このような解剖学的特徴から、M1 部上向き動脈瘤をクリッピングする際には、これらの穿通枝を閉塞しないように注意が必要であるが、術前の血管撮影では動脈瘤と LSA の関係がわかりにくいこと、また LSA は非常に細く、かつ側副血行のない終末動脈であるため、クリップのねじれや脳髄による圧排・牽引、テンポラリークリップによる一時的血行遮断などにより虚血を生じやすいことが問題点としてあげられる。LSA 分岐部の動脈瘤では、LSA が動脈瘤の後方(背側)

に存在することが多くしばしば剥離が困難となる。EFB 分岐部に生じた上向き動脈瘤の場合は、ネックが branch 側に存在することがあり、クリッピング時には EFB の狭窄や LSA の巻き込みに注意が必要となる¹⁾²⁾。症例 5 では、クリップを apply する際にクリップ先端がよく見えるようにバイオネット型クリップを使用し、肉眼的に EFB の温存を確認した。さらにドップラーにて EFB の血流も確認したが、術後に EFB 領域の虚血を生じてしまった。クリップによる EFB の狭窄、脳の retraction 解除によるクリップのねじれなどが原因と考えられる。術後の DSA でもわかるように、クリップが長すぎたことも一因と考えられ、最適なクリップの選択が重要となる。

テンポラリークリップによる一時的血行遮断の是非は controversial である。前述した LSA の解剖学的特徴から、テンポラリークリップの使用はできる限り避けるべきであると指摘されている。しかしながら、大きな動脈瘤や破裂例の場合はテンポラリークリップを早期に使用し動脈瘤を退縮させて瘤周囲を剥離したのち、クリップをかけるほうが、周囲の構造物の温存が図れる場合もある⁵⁾。症例 6 では、視認しえた穿通枝、特に M1 部外側のものは確実に温

存したつもりであったが、術後に島部に梗塞をきたしてしまった。テンポラリークリップによる遮断時間が長かったことも要因として考えられ、一時的血行遮断はできる限り短時間に努めるべきである。

また、M1 部上向き瘤、特に M1 segment が短い場合は深部に存在することが多く、さらには脳に埋没していることもあり、強い前頭葉の牽引が必要となる。この傾向は動脈瘤が大きいほど、また M1 部が上方凸に走行し動脈瘤がより高位に位置するほど顕著となり、脳損傷や穿通枝梗塞の危険性が高まる。通常の pterional approach では limen insulae が視野の妨げとなる。これを予防するためには、シルビウス裂を広く開放して、前頭葉の牽引を減弱し、かつ多方向からのアプローチを可能にすることが重要である。側頭葉先端部を軽度牽引して側方から、時には orbitotomy や zygomatic osteotomy を加えてより下方から穿通枝を確認できたとの報告も散見される²⁾⁵⁾。症例 8 では、orbitotomy を追加して前下方からの術野を得られれば、瘤前面の穿通枝の剝離やネック中枢側の EFB の確認が可能になったかもしれない。ただし、未破裂動脈瘤であれば、このような多方向からのアプローチでも安全にクリッピングが行えない場合は、ネッククリッピングにこだわらずドームクリッピング、さらにはラッピングやコーティングにとどめることもやむを得ないと考ええる。

穿通枝梗塞に対する他の予防法として、内視鏡による動脈瘤背後の観察、術中蛍光動脈撮影(ICG video angiography)、MEP (motor evoked potential) のモニタリングなどがあげられる。従来はドップラー血流計や術中脳血管造影が行われてきたが、前者では機能的血流は保証されない、後者では時間を要し手技が煩雑であるなどの欠点がある。これに対し、内視鏡および ICG video angiography は簡便であり、MEP は機能的評価が可能である。よって、これらを組み合わせることにより、画像的にも機能的にも精確な血流評価を行うことができ、虚血性合併症を少なくすることができる²⁾と考えられる。

結 論

M1 部上向き動脈瘤の手術では、通常の MCA 動脈瘤に比べ、術後に穿通枝梗塞を生じやすい。手術に際して、シ

ルビウス裂を広く開放し、LSA などの穿通枝の脆弱性に注意しながら十分な視野を得て、動脈瘤とその周囲を十分に観察することが重要である。しかしながら、動脈瘤が大きい場合や limen recess に存在する場合は容易ではない。また、超音波ドプラーのみならず、ICG video angiography、内視鏡、MEPなどを併用することにより安全なクリッピング術ができる²⁾と考える。

文 献

- 1) Hosoda K, Fujita S, Kawaguchi T, *et al*: Saccular aneurysms of the proximal (M1) segment of the middle cerebral artery. *Neurosurgery* 36: 441-446, 1995
- 2) 池田清延, 正印克夫, 赤池秀一: 中大脳動脈瘤直達手術の際の落とし穴と防止テクニック—血管解剖からみた穿通枝閉塞の回避について—. 脳卒中の外科 37: 120-127, 2009
- 3) Iwama T, Yoshimura Y, Kaku Y, *et al*: Consideration in the surgical treatment of superior-wall type aneurysm at the proximal (M1) segment of the middle cerebral artery. *Acta Neurochir (Wien)* 146: 967-972, 2004
- 4) 柏木史郎, 加藤祥一, 師井淳太, ほか: 中大脳動脈本幹(M1)動脈瘤の特徴と外科的治療の注意点. 脳卒中の外科 29: 192-195, 2001
- 5) 数又 研, 浅岡克行, 板本孝治, ほか: Limen recess に存在する中大脳動脈瘤(M1 上向き)の手術—手術成績および解剖学的考察. 脳神経外科 37: 335-362, 2009
- 6) Ogilvy CS, Crowell RM, Heros RC, *et al*: Surgical management of middle cerebral artery aneurysms: experience with transsylvian and superior temporal gyrus approaches. *Surg Neurol* 43: 15-24, 1995
- 7) Rinne J, Hernesniemi J, Niskanen M, *et al*: Analysis of 561 patients with 690 middle cerebral artery aneurysms: anatomic and clinical features as correlated to management outcome. *Neurosurgery* 38: 2-11, 1996
- 8) 佐々木達也, 佐藤園美, 佐久間 潤, ほか: 脳動脈瘤術後の穿通枝梗塞. 脳卒中の外科 30: 101-106, 2002
- 9) Tanriover N, Kawashima M, Rhoton AL Jr, *et al*: Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery: Morphometric analysis and classification with angiographic correlation. *J Neurosurg* 98: 1277-1290, 2003
- 10) Ulm AJ, Fautheree GL, Tanriover N, *et al*: Microsurgical and angiographic anatomy of middle cerebral artery aneurysms: Prevalence and significance of early branch aneurysms. *Neurosurgery* 62: 344-353, 2009
- 11) Yasargil MG: Middle cerebral artery aneurysms in Yasargil MG (eds): *Microsurgery*, vol II. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1984, pp121-164