特集 脳動脈瘤クリッピング術

原著

シルビウス裂深部の正常異形静脈(common vertical trunk)の存在は short M1 中大脳動脈瘤 clipping 術に伴う虚血性合併症率を高める

赤須 功¹, 田中 将大¹, 松崎 肅統¹, 山川 功太¹, 北川 亮¹
酒井 淳¹, 沼澤 真一¹, 伊藤 康信¹, 渡邊 貞義¹, 山本 拓史²
豊岡 輝繁³, 和田孝次郎³, 森 健太郎¹

Normal Variant Vein in the Deep Sylvian Fissure (Common Vertical Trunk) Increases the Risk of Ischemic Complication after Clipping Middle Cerebral Artery Aneurysm with Short M1

Isao AKASU, M.D.¹, Masahiro TANAKA, M.D.¹, Toshinori MATSUZAKI, M.D.¹,
Kota YAMAKAWA, M.D.¹, Ryo KITAGAWA, M.D.¹, Jun SAKAI, M.D.¹, Shinichi NUMAZAWA, M.D.¹,
Yasunobu ITOH, M.D.¹, Sadayoshi WATANABE, M.D.¹, Takuji YAMAMOTO, M.D.²,
Terushige TOYOOKA, M.D.³, Kojiro WADA, M.D.³, and Kentaro MORI, M.D.¹

¹Department of Neurosurgery, Tokyo General Hospital, Tokyo, ²Department of Neurosurgery, Juntendo University Shizuoka Hospital, Izunokuni, Shizuoka, and ³Department of Neurosurgery, National Defense Medical College, Tokorozawa, Saitama, Japan

Summary: Middle cerebral artery aneurysms (MCANs) associated with short M1 located in the limen insulae tend to have poor outcomes after surgical clipping due to brain contusions and ischemic complications. However, the effect of veins in the deep Sylvian fissure is unclear. The normal variant of the insular veins and deep middle cerebral vein, which runs anteriorly near the limen and drains into the sphenoparietal sinus, is known as the common vertical trunk (CVT). We retrospectively examined whether the presence of a CVT increased surgical complications after clipping of short M1 aneurysms in 164 cases of unruptured MCANs (153 patients) clipped by the same surgeon. The 21 aneurysms located proximal to the limen insulae were defined as short M1 aneurysms. The 164 patients were divided into a short M1 group (n=21) and a non-short M1 group (n=143). The short M1 group was further divided into a CVT group (n=6) and a non-CVT group (n=15). The short M1 group showed a significantly ($p<0.001$) longer operative time and higher rates of lacunar infarction and symptomatic (modified Rankin score ≥ 1) infarction than the non-short M1 group. The CVT group had higher rates of lacunar infarction and symptomatic infarction (50.0% and 16.7%, respectively) than the non-CVT group (26.7% and 6.7%, respectively). The CVT obstructed the view of the aneurysm neck behind the CVT, where the lenticulostriate arteries were located. The presence of a CVT in cases of short M1 aneurysms may be a risk factor for ischemic complications after clipping surgery.

Key words:

- common vertical trunk
- short M1 aneurysm
- clipping
- complication

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 49: 174-179, 2021

¹総合東京病院 脳神経外科, ²順天堂大学静岡病院 脳神経外科, ³防衛医科大学校 脳神経外科(受稿日 2019. 6. 18)(脱稿日 2019. 9. 26)
[連絡先: 〒165-0022 東京都中野区江古田 3-15-2 総合東京病院 脳神経外科 森 健太郎] [Address correspondence: Kentaro MORI, M.D., Department of Neurosurgery, Tokyo General Hospital, 3-15-2 Egota, Nakano-ku, Tokyo 165-0022, Japan]

はじめに

脳表静脈、特に superficial middle cerebral vein (SMCV) のバリエーションが脳動脈瘤 clipping 術などに伴うシルビウス裂開放の際に問題となるとの報告は多いが⁵⁾⁶⁾、シルビウス裂深部を走行する静脈系のバリエーションがどのように影響するかについての報告は少ない。通常、島静脈は deep middle cerebral vein (DMCV) に流入した後に内後方に走行し、basal vein of Rosenthal (BVR) に流入する (classic type) (Fig. 1A)。一方で、島静脈が島限付近で common vertical trunk (CVT) という正常異形静脈である共通管を形成し、前下方を走行して sphenoparietal sinus に流入するバリエーション (nonclassic type) が存在することが知られている¹⁰⁾ (Fig. 1B)。一般に、深部静脈系の灌流パターンが脳動脈瘤手術の際に問題となることは少ない。しかしながら、動脈瘤が島限付近に存在する場合、す

なわち中大脳動脈瘤で中大脳動脈水平部 (M1) が短い症例 (short M1 瘤) では、この CVT が瘤付近を走行し手術が困難となることが予測される (Fig. 2)。

Short M1 瘤は clipping 術後の脳挫傷や穿通枝障害の合併のため通常の中大脳動脈瘤より手術成績が劣ることが知られている¹⁾³⁾¹¹⁾。今回われわれは、short M1 瘤に CVT が合併した症例と合併しなかった症例の手術成績を比較検討することによって、この深部静脈系のバリエーションが clipping 術に影響するかについて検討したので報告する。

対象・方法

対象は 2005 年 8 月から 2019 年 2 月までに順天堂大学静岡病院および防衛医科大学校において pterional keyhole 開頭⁷⁾を用いて clipping 術を施行した最大径 10 mm 以下の未破裂中大脳動脈瘤 164 症例 (153 患者) である。全例が同一術者にて手術が施行された。全例に術中 indocyanine

A | B

Fig. 1 Three-dimensional computed tomography (3DCT) venography showing variations of the insular and deep middle cerebral venous draining system.

A: Classic type. Insular veins (IVs, dark blue) form a common trunk that drains into the deep middle cerebral vein (DMCV, green) and connects to the basal vein of Rosenthal (BVR).

B: Nonclassic type. Insular veins mainly form a common vertical trunk (arrowhead) that runs anteriorly and then drains into the sphenoparietal sinus.

SMCV: superficial middle cerebral vein

Fig. 2 Intraoperative microscope views of right middle cerebral artery aneurysm.

A | B

A: The aneurysm is located near the limen insulae. The posterior insular vein (PIV) and common vertical trunk (arrowheads) pass near the aneurysm complex and then between the frontal lobe (FL) and temporal lobe (TL).

B: Observation behind the dome was limited by the common vertical trunk.

Table 1 Surgical data of 164 cases of unruptured MCA aneurysms

Variables	Short M1		p value
	No (n=143)	Yes (n=21)	
Age (years)	62 ± 9	62 ± 14	0.412
Sex (female/male)	109/34	10/11	0.033
Aneurysm size (mm)	6.3 ± 1.7	6.7 ± 2.3	0.337
Aneurysm location (R/L)	85/58	9/12	0.164
Craniotomy size (mm)	25 ± 2	25 ± 4	0.912
Operation time (min)	167 ± 36	203 ± 39	< 0.001
CT/MR (DWI) abnormalities	4 (2.8%)	7 (33.3%)	< 0.001
Contusion	0	0	—
Lacunar infarction	3 (2.1 %)	7 (33.3 %)	< 0.001
mRS score ≥ 1, no. of cases	0 (0 %)	2 (9.5 %)	< 0.001

Values are mean ± standard deviation.

MCA: middle cerebral artery, CT: computed tomography, MR: magnetic resonance, DWI: diffusion-weighted imaging, mRS: modified Rankin Scale

green(ICG)蛍光血管撮影を行った。なお、後方向きの瘤は手術対象から除外されている。術中所見で瘤が島限より近位に存在するものを short M1 瘤と定義し、島限より遠位に存在するものを非 short M1 瘤と定義した。まず全症例を short M1 瘤を有する short M1 群(n=21)と非 short M1 瘤を有する非 short M1 群(n=143)の2群に分類した。さらに short M1 瘤症例では、手術所見および術中ビデオ画像から異型静脈(CVT)の有無によって CVT 群(n=6)と非 CVT 群の2群(n=15)に分類した。それぞれ後方視的に、患者背景、開頭サイズ、手術時間、術後 CT および MR(diffusion weighted imaging : DWI)の異常の有無、症候性脳梗塞〔modified Rankin Scale(mRS) ≥ 1〕発現頻度について比較検討した。

本研究は防衛医科大学校(第2439)および順天堂大学静岡病院(#440 27. 490)でそれぞれ倫理委員会の承認を受けており、すべての患者から発表の同意を書面で受けている。なお、非パラメトリックデータで連続変数は Mann-Whitney U テスト、二値変数は Fisher 正確確率検定で無料統計ソフト Easy R(version 1.40)を用いて解析し、p < 0.05 を有意差ありと判定した。

結 果

short M1 中大脳動脈瘤と術中判断された21例中6例(28.6%)において、島限部の瘤近傍に CVT を認めた。6例中4例では CVT が動脈瘤に接しており、2例が M1 遠位部で lenticulostriate artery(LSA)分岐部に接して走行していた。6例全例とも CVT を温存して clipping 術を施行している。

Table 1 に short M1 群と非 short M1 群の手術背景と手

術結果を提示する。short M1 群では非 short M1 群に比べ有意に男性の比率が高い以外に患者背景に差を認めなかった。short M1 群では非 short M1 群に比べ手術時間が有意に長かった。非 short M1 群では LSA 領域の空洞性梗塞合併は3例(2.1%)で症候性脳梗塞は0例(0%)であったのに対し、short M1 群ではそれぞれ7例(33.3%)と2例(9.5%)に認められ、有意に LSA 領域の症候性も含めて虚血性合併症が多かった。

Table 2 に非 CVT 群と CVT 群の患者背景と手術結果を提示する。非 CVT 群と CVT 群での比較では手術時間を含めて患者背景に有意の差がないものの、非 CVT 群では LSA 領域の空洞性梗塞発生率は26.7%であり症候性脳梗塞は6.7%であったのに対して、CVT 群ではそれぞれ50.0%と16.7%と LSA の虚血性合併症の比率が有意差にはいたらなかったが高かった。なお、脳挫傷合併例は認められなかった。

考 察

1. シルビウス裂深部静脈群のバリエーション

SMCV をはじめとする脳表静脈はバリエーションが多いが、DMCV と BVR を含む深部静脈系にも多くのバリエーションが存在する⁴⁾¹⁰⁾。通常は前有孔質付近において anterior cerebral vein, inferior striate veins, さらに DMCV などの深部静脈群が結合して BVR の起始部(1st segment)を形成し内後方に走行し、さらに2nd segment となり中脳周囲を後方に向かって走行する⁴⁾。olfactory vein や fronto-orbital vein などの静脈の多くも BVR の1st segment に流入するが、ときにこれらの静脈は fronto-temporal bridging vein あるいは frontobasal bridging vein と

Table 2 Surgical data of 21 cases of unruptured MCA aneurysms with short M1

Variables	Common vertical trunk		p value
	No (n=15)	Yes (n=6)	
Age (years)	61 ± 14	65 ± 17	0.815
Sex (female/male)	8/7	3/3	1
Aneurysm size (mm)	7.1 ± 2.4	5.8 ± 1.9	0.238
Aneurysm location (R/L)	5/10	4/2	0.331
Craniotomy size (mm)	25 ± 5	24 ± 3	0.753
Operation time (min)	202 ± 42	206 ± 31	0.726
CT/MR (DWI) abnormalities	4 (26.7 %)	3 (50.0 %)	0.354
Contusion	0	0	—
Lacunar infarction	4 (26.7 %)	3 (50.0 %)	0.354
mRS score ≥ 1, no. of cases	1 (6.7 %)	1 (16.7 %)	0.5

Values are mean ± standard deviation.

MCA: middle cerebral artery, CT: computed tomography, MR: magnetic resonance, DWI: diffusion-weighted imaging, mRS: modified Rankin Scale

呼ばれる共通管を形成し、前上方に向かい sphenoparietal sinus に流入する場合もある⁵⁾⁸⁾。一方、島表面には vein of the anterior limiting sulcus をはじめ、precentral, central, posterior insular vein の4本の島静脈が存在し、前下方に走行して島限部で共通管を形成した後に DMCV に流入する¹⁰⁾。これらの島静脈のうち、posterior insular vein が最も太い¹⁰⁾。島静脈を受けた DMCV は sylvian vallecula を後内側にカーブを描いて走行し、BVR に流入する (classic type)¹⁰⁾ (**Fig. 1A**)。一方、DMCV の発達の悪い場合や BVR の 1st と 2nd segment 間に交通がない場合には、島静脈は島限にて CVT と呼ばれる共通管を形成して、側頭葉と前頭葉に挟まれながら前下方に走行し sphenoparietal sinus や海綿静脈洞に流入する (nonclassic type)¹⁰⁾ (**Fig. 1B**)。正常人におけるこれらの灌流パターンの頻度についての報告はないが、Daenekindt ら²⁾は破裂脳動脈患者の digital subtraction angiography (DSA) を用いた検討で classic type が 46.3% であり、前方方向へ灌流するものは 28.7% であったと報告している。この報告と同様に、今回の手術所見からの検討では 28.6% に CVT を認めており、約 3 割にこのバリエーションが存在すると考えられる。なお、DMCV や CVT は脳表の SMCV、特に frontal sylvian vein と交通を有する場合があることは銘記すべきである⁴⁾⁹⁾。

2. CVT の存在が clipping 術へ及ぼす影響

今回の研究では、short M1 瘤の clipping 術の手術成績は非 short M1 群に比べて、手術時間は有意に長く、また術後空洞性梗塞の出現率や症候性脳梗塞合併率が有意に高かった。さらに、short M1 症例で CVT を認めた群では

CVT を認めなかった群に比べ、有意差にはいたらなかったが空洞性梗塞出現率や症候性脳梗塞合併率が高かった。

classic type の深部静脈は、通常の中大脳動脈瘤の clipping 術の際に問題になることは少ない。一方、nonclassic type の場合には、short M1 瘤や瘤が M1 から早期に分岐した側頭枝との分岐部から発生している場合 (いわゆる M1 瘤) には、これら島静脈 (特に posterior insular vein) や CVT が M2 腹側から M1 背側を横切る形で走行するため動脈瘤や LSA の視認性が悪くなる可能性がある (**Fig. 2**)。今回の手術経験では全例 CVT を温存したため瘤や neck 近傍からの LSA の視認性が悪くなり、また clipping 後の LSA の状態確認が不十分だったことが高率に空洞性梗塞を合併した原因と考え反省している (**Fig. 3, 4**)。

シルビウス裂深部の BVR に関係する深部静脈系の正常異型には、CVT の他に fronto-temporal bridging vein があり、切断すると脳浮腫や出血をきたすとの報告もあり、可能ながざり温存すべきと考えられている⁵⁾⁶⁾⁸⁾。同様に、CVT は島や前頭葉底部の静脈還流を担うだけでなく、SMCV との交通もあり、切断すべきではないと考える。short M1 瘤の場合には、DSA や 3DCTV を用いた術前検査にて CVT の存在を確認するとともに、CVT が存在する場合は LSA との位置関係を確認しておくことが、術後 LSA の虚血合併症を回避することに役立つ可能性がある。もし CVT が合併する場合は、術中に CVT を温存しつつも、かつ視認性の悪さを自覚しながらも十分に LSA の確認を十分に虚血性合併症をきたさないように clipping をすべきである。このような症例では、LSA の視認性をより容易にする標準的な前頭側頭開頭を選択すべきであり、あるいは血管内治療も考慮すべきと考えられる。

Fig. 3 Three-dimensional computed tomography (3DCT) venography and arteriography of a case of short M1 aneurysm associated with common vertical trunk.
A: Posterior insular vein (PIV) and frontal Sylvian vein (FSV) form a common vertical trunk (CVT) that drains into the sphenoparietal sinus.
 TSV: temporal Sylvian vein
B: M1, M2, and short M1 aneurysms superimposed on 3DCT venography image. The PIV and CVT run parallel to the aneurysm complex.

Fig. 4 Intraoperative photograph and postoperative diffusion-weighted image of a case of short M1 aneurysm associated with common vertical trunk.
A: Posterior insular vein (PIV), common vertical trunk (CVT), and frontal Sylvian vein (FSV) running parallel to the aneurysm complex.
B: Postoperative diffusion-weighted image showing a small lacunar infarction in the lenticulostriate artery.

結 語

short M1 中大脳動脈瘤の clipping 術で、シルビウス裂深部に CVT が存在する場合には、LSA の視認性が悪くなる。そのため虚血性合併率は CVT を伴わない症例に比べ高かった。short M1 瘤症例では CVT を切断することなく十分に穿通枝損傷に気をつけて clipping 術を施行する必要がある。

著者全員は日本脳神経外科学会への COI 自己申告を完了しています。本論文の発表に関して開示すべき COI はありません。

文 献

- 1) Chung J, Hong CK, Shim YS, *et al*: Microsurgical clipping of unruptured middle cerebral artery bifurcation aneurysms: incidence of and risk factors for procedure-related complications. *World Neurosurg* 83: 666-672, 2015
- 2) Daenekindt T, Wilms G, Thijs V, *et al*: Variants of the basal vein of Rosenthal and perimesencephalic nonaneurysmal hemorrhage. *Surg Neurol* 69: 526-529, 2008
- 3) Dashti R, Rinne J, Hernesniemi J, *et al*: Microsurgical management of proximal middle cerebral artery aneurysms. *Surg Neurol* 67: 6-14, 2007
- 4) Huang YP, Wolf BS: The basal vein and its tributaries. Newton TH, Potts DG (eds): *Radiology of the Skull and Brain: Angiography*, Vol 2, Book 3. Mosby, St. Louis, 1974, pp2111-2154

- 5) Kazumata K, Kamiyama H, Ishikawa T, *et al*: Operative anatomy and classification of the sylvian veins for the distal transsylvian approach. *Neurol Med Chir*(Tokyo)43: 427-433, 2003
- 6) Maekawa h, Hadeishi H: Venous-preserving sylvian dissection. *World Neurosurg* 84: 2043-2052, 2015
- 7) Mori K, Wada K, Otani N, *et al*: Keyhole strategy aiming at minimizing hospital stay for surgical clipping of unruptured middle cerebral artery aneurysms. *J Neurosurg* 130: 1359-1366, 2019
- 8) 齊藤文男, 原岡 襄, 伊東 洋, ほか : Pterional approach における静脈処理の問題点—Fronto-temporal bridging vein の考察. *脳卒中の外科* 26: 237-241, 1998
- 9) Varnavas GG, Grand W: The insular cortex: Morphological and vascular anatomic characteristics. *Neurosurgery* 44: 127-136, 1999
- 10) Wolf BS, Huang YP: The insula and deep middle cerebral venous draining system: Normal anatomy and angiography. *AJR Am J Roentgenol* 90: 474-480, 1963
- 11) Yeon JY, Kim JS, Hong SC: Angiographic characteristics of unruptured cerebral artery aneurysms predicting perforator injuries. *Br J Neurosurg* 25: 497-502, 2011