特集 血行再建術

原 著

破裂内頸動脈前壁瘤に対する RA グラフトを用いた ハイフローバイパスの治療戦略

吉河 学史, 堤 一生

Management of Ruptured Anterior Wall Aneurysm of the Internal Carotid Artery with High-flow Bypass Using a Radial Artery Graft

Gakushi YOSHIKAWA, M.D., and Kazuo TSUTSUMI, M.D.

Department of Neurosurgery, Showa General Hospital, Kodaira, Tokyo, Japan

Summary: Because of a high tendency toward rebleeding, we treat all ruptured aneurysms of the anterior wall of the supraclinoid internal carotid artery (ICA) with trapping of the rupture site through vascular reconstruction of the distal internal carotid artery. However, according to the site and size of a ruptured aneurysm, some patients are treated with trapping of the posterior communicating artery (PCoA) or proximal clipping of the ICA to create a blind end. We reviewed and analyzed the clinical records of 12 patients treated between 2009 and 2015 at our hospital. We divided aneurysm locations into 3 types. Four patients with an aneurysm located between the origin of the ophthalmic artery and PCoA (Type 1) were treated with trapping between the cervical ICA and the ICA distal to the aneurysm. Four patients with an aneurysm located on the opposite wall at the origin of the PCoA (Type 2) were treated with trapping that included the origin of an adult type PCoA. Among 4 patients with an aneurysm located distal to the PCoA (Type 3), 2 were treated with clipping of the ICA proximal to the PCoA, and 2 were treated with direct fenestrated clipping. Only 1 patient (Type 3) had a postoperative ischemic complication. In conclusion, surgical outcomes of bypass and trapping for treating ruptured anterior wall ICA aneurysms were favorable, but the management of Type 3 aneurysms remains challenging.

Key words:

- anterior wall aneurysm
- high flow bypass
- internal carotid artery

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 45: 432-438, 2017

はじめに

内頸動脈前壁瘤の中でも血豆状脳動脈瘤ともいわれる破裂例は、通常の脳動脈瘤頸部クリッピングでの治療が困難とされる⁸⁾⁹⁾¹¹⁾。このため、内頸動脈(internal carotid artery : ICA)の順行性の血流を保ったまま、wrap on clippingを行う方法⁷⁾や、順行性の血流を遮断してバイパスを施行したうえで病変部を trapping する方法²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾¹²⁾が主に

行われている。当院では頸部で ICA を遮断し、橈骨動脈(radial artery : RA)を用いて ICA 領域に血行再建を行う high flow bypass(HFB)を行い⁴⁾、原則として病変部を trapping する方法を行っている。しかし、治療として病変部のみの trapping が理想的なのだが、破裂箇所によっては trapping の間に眼動脈(ophthalmic artery : OphA)や後交通動脈(posterior communicating artery : PCoA)を含んだり、trapping が困難で RA からの逆行性の血流に

Table 1 Summary of patient characteristics

Age, sex	WFNS grade	AN location	PCoA type	Allcock test	Treatment	Postoperative rerupture	Outcome (mRS)
53F	2	Type 1	Adult	+	Trapping	—	0
57F	2	Type 1	Fetal	+	Trapping	—	1
46F	2	Type 1	Fetal	+	Trapping	—	1
34M	2	Type 1	Adult	+	Trapping	—	1
35F	2	Type 2	Adult	+	Trapping	—	0
49M	2	Type 2	Adult	+	Trapping	—	2
54F	2	Type 2	Adult	+	Trapping	—	2
52F	2	Type 2	Adult	+	Trapping	—	1
73F	2	Type 3	Adult	+	Prox.clip	—	3
74M	5	Type 3	Adult	+	Prox.clip	—	5
50F	2	Type 3	Adult	+	Clipping	—	1
69F	5	Type 3	Fetal	+	Clipping	—	4

WFNS: World Federation of Neurological Societies, AN: aneurysm, PCoA: posterior communicating artery, F: Female, M: Male, mRS: modified Rankin Scale, Prox.clip: proximal clipping

変化させて盲端化させる治療に終わることがある。今回、当院にて内頸動脈瘤の破裂部位によりどのような治療を行ったか、その戦略を検討し、報告する。

対象, 方法

2009年から2015年の6年間で、当院において破裂内頸動脈前壁瘤に対して手術治療を行った12例を対象とした。男性3例、女性9例、平均年齢は53.8歳(35-74歳)であった。全例くも膜下出血を発症、脳血管撮影および造影CT angiography(CTA)にて確定診断を行い、術前評価はWorld Federation of Neurological Societies(WFNS)gradeを用いた。また、基本手術戦略として、全例で頸部ICAを遮断したうえで、RAを用いて頸部外頸動脈(external carotid artery: EC)と中大脳動脈(middle cerebral artery: MCA)のM2部とをバイパスするHFB(EC-RA-M2)による血行再建を施行するが、破裂部位によりその後の治療にはオプションが発生する。このため、破裂部位を以下の3つに分類した。

Type 1: OphA 起始部より遠位部でかつ PCoA 起始部より近位部

Type 2: PCoA の起始部を含んだ ICA に病変があるもの

Type 3: PCoA 起始部より遠位部

また、術後3日以内に脳血管撮影を施行し、脳血管攣縮の有無のチェックもかねて術後7-10日目を目安に再度脳血管撮影もしくは3D-CTAにて破裂部位の評価を行っている。

治療オプションおよび治療成績

結果のまとめを **Table 1** に示す。

全12例で、術後の脳血管撮影にて動脈瘤の消失を確認し、追跡し得た11例(mRS 5となった症例を除く)全例で、RA グラフトの開存をMRAにて確認できた(平均追跡期間4.25年)。

Type 1は4例であった。この場合は、頸部ICAとPCoA近位部でOphAを間に挟んで遮断したものが3例、OphA遠位部とPCoA近位部で病変部のみを遮断する理想的なtrappingを施行できたものが1例であった(**Fig. 1A**)。全例で術後の再出血や虚血性合併症を認めず、また全例WFNS grade 2であったことから治療成績も良好であった。代表症例を **Fig. 1B, C** に示す。

Type 2は4例であった。このTypeはRAからの血流をPCoAへflow outさせる形での遮断が困難で、全例でPCoAを挟んだtrappingとなった(**Fig. 2A**)。しかし、全例でAllcock testが陽性で、後方循環からPCoA穿通枝の描出が認められたため、後大脳動脈(posterior cerebral artery: PCA)、PCoAの穿通枝領域に虚血巣は出現しなかった。また、術後出血も認めなかった。代表症例を **Fig. 2B, C** に示す。

Type 3は4例であった。破裂部位の近位部をPCoA起始部よりも近位部で遮断して盲端化とする治療を2例に(**Fig. 3**)、PCoAや前脈絡叢動脈(anterior choroidal artery: AChA)の起始部を温存させるように有窓クリップを用いて破裂部位にclippingを行ったものが2例であった(**Fig. 4, 5**)。このtypeはICからPCoAとAChAが分岐

A	
B	C

Fig. 1 **A:** Two options for trapping of a Type 1 ruptured anterior wall aneurysm of the internal carotid artery. **B, C:** A Type 1 aneurysm in a 46-year-old woman. Trapping was performed between the cervical internal carotid artery and proximal to the origin of a fetal type posterior communicating artery.

A	
B	C

Fig. 2 **A:** Trapping of a Type 2 ruptured anterior wall aneurysm of the internal carotid artery. **B, C:** A Type 2 aneurysm in a 35-year-old woman. Trapping included the origin of an adult type posterior communicating artery.

Fig. 3 A: Proximal occlusion of a Type 3 ruptured anterior wall aneurysm of the internal carotid artery. B-D: A Type 3 aneurysm in a 49-year-old man. Preoperative head computed tomography (B), left internal carotid angiography (C), and 3-dimensional reconstruction (D). E, F: Postoperative head computed tomography (E) showing infarction of left internal capsule and 3-dimensional computed tomography angiography (F).

する間の距離が解剖学的に近い場合、破裂部位を trapping すると必然的に AChA 起始部を含んだ形となり、AChA 領域が虚血となる。そのため、破裂近位部を遮断して RA からの血流に対して盲端化させる治療に終わらざるを得ないが、破裂部位と PCoA、AChA の起始部の位置関係によっては、外側方向から有窓クリップを用いて IC の長軸と平行に破裂部位を clipping できることがある。盲端化させた 2 例とも PCoA は adult type であり、1 例に術後 AChA 領域に虚血巣が出現したため、意識障害の遷延および片麻痺を後遺した (Fig. 3)。clipping を行った 2 例とも術後に虚血性合併症は出現しなかった (Fig. 4, 5)。全例で術後出血は認められなかった。

考 察

破裂内頸動脈前壁瘤の治療は、通常の動脈瘤頸部 clipping は困難であることが多い⁸⁾⁹⁾¹¹⁾。wrap on clipping は内頸動脈の順行性の血流が保たれるメリットはあるものの、動脈瘤を含む ICA を全周性に剝離、露出しなければ

ならず、術中破裂した場合は一時的にせよ trapping となること、また AChA や PCoA の穿通枝を避けて wrapping material を通すのは困難であること、などリスクがある。その点、RA を用いて頭蓋内 ICA 領域に血行再建を行ったうえで頸部 ICA を遮断すれば、破裂動脈瘤の前後で健常な頭蓋内 ICA を露出すれば trapping が完成するため術中破裂のリスクは少ないものの、破裂部位により治療法や治療成績に課題が残る¹²⁾。

Type 1 は、破裂部位のみの trapping ができ、完全な止血が得られる可能性が一番高い type である。つまり、動脈瘤近位部の ICA を確保するには前床突起を削除して OphA を露出させなければならないことが多いが、硬膜貫通部から PCoA が分岐するまでの ICA の走行が長ければ前床突起を削除せずに完全な trapping が可能である。実際は上記のような症例は少なく、われわれの方針として術中破裂をさせずに手術が進められていれば、前床突起削除中の術中破裂や視神経障害のリスクがあるため、前床突起を削除せずに動脈瘤の遠位部 ICA と頸部 ICA との間での

Fig. 4 **A:** Clipping of a Type 3 ruptured anterior wall aneurysm of the internal carotid artery.
B-D: A Type 3 aneurysm in a 50-year-old woman. Preoperative right internal cerebral angiography (**B**), 3-dimensional reconstruction (**C**), and postoperative angiography (**D**).
E, F: Intraoperative photograph showing an aneurysm projecting medially on the opposite side of the posterior communicating artery (PCoA) and anterior choroidal artery (AChA) (**E**). Fenestrated clipping was performed with the lateral blade passed under the PCoA and AChA (**F**).

trappingとしている。このような OphA を含んだ trapping となった場合は、術後の虚血性眼症予防のために術前に EC からの側副血行路を脳血管撮影にて確認し、また、OphA からの back flow により術後出血をきたさないように十分な降圧を行う必要がある。本研究でも術後の虚血性眼症や術後再出血例はなく、一番治療成績が良好であった。また、この type の中でも、fetal type の PCoA 起始部近くまで動脈瘤が及んでいる場合は、PCoA へ RA からの血流が flow out するように ICA に斜めにクリップを挿入する工夫が必要である。

Type 2 は、PCoA を挟んで trapping せざるを得ない type である。PCoA が adult type であり、Allcock test が陽性で後方循環から PCoA 穿通枝が描出される場合は PCoA 分岐部を間に挟んでの trapping をしても穿通枝領域の虚血が出現する可能性は低く、また再出血の危険も低い。われわれの症例では経験しなかったが、課題として PCoA が fetal type の場合、もしくは adult type であっても Allcock test が陰性で後方循環から PCoA 穿通枝が描出

されない場合がある。前者の場合は動脈瘤を完全 trapping できないまでも、なんとか ICA に斜めにクリップを挿入して PCoA への血流を確保するしか方法がなく、また後者の場合は動脈瘤の治療を優先して PCoA ごと trapping するのも一法かと思われる。

Type 3 は、治療に最も難渋する type である。破裂部位が内頸動脈前壁でも内側寄りであれば、われわれの示した方法のように、外側、頭側方向から片方のクリップブレードを AChA、PCoA よりも内側に挿入して、有窓クリップで ICA を跨いで clipping することは可能である。有窓クリップを用いる利点として、ICA の長軸方向に平行にかけることができ、かつ有窓を用いることでスリップアウトの危険を減らせることである。うまくクリップをかけることができて、頸部 ICA からの順行性の flow を残しておくと、いわゆる saccular type の動脈瘤に対する neck clipping の状態ではないため術後のスリップアウトや再出血の危険があり、ICA を頸部で閉塞した状態で RA からの reverse flow としている。この type の課題としては、症

A/B
C/D

Fig. 5 **A, B:** A Type 3 aneurysm in a 69-year-old woman. Preoperative 3-dimensional reconstruction using left internal cerebral angiography (**A**) and postoperative 3-dimensional computed tomography angiography (**B**). **C, D:** Intraoperative photograph showing an aneurysm located on the opposite side of the origin of the posterior communicating artery (PCoA) (**C**). Angioplasty was performed using fenestrated clips because the PCoA became kinked when the internal carotid artery (ICA) proximal to the PCoA was obliterated with a clip (**D**).

例を選ぶ必要があること、また AChA や PCoA 穿通枝領域にクリップ操作に伴う血管攣縮や ICA の狭窄による虚血合併症の可能性があることである。その他の場合は、再出血予防を優先に trapping を試みれば AChA の犠牲は免れず、AChA の虚血を避けるのであれば動脈瘤近位部を遮断して盲端化するしか方法はない。しかしその場合、PCoA を RA からの血流の流出路としていても adult type であればわれわれの経験した症例のように、動脈瘤を含んだ盲端の血栓化に伴い AChA が巻き込まれて灌流域が梗塞となる可能性があり、fetal type であれば逆に動脈瘤部分が血栓化せずに再出血のリスクがある。現状では AChA を犠牲にしても trapping を行って確実な止血を得るのか、AChA の温存を優先して盲端化とするかは症例ごとに判断するしかないと考えている。

いずれの type も、破裂部位が完全に trapping されていない場合が多くなる。いったん術中破裂をきたすと、完全 trapping をせざるを得ず、部位によっては PCoA や AChA が犠牲になってしまうため、術中破裂のリスクを最小限にする工夫、手段が必要である。このためバイパス施行後は、手術操作に伴う術中破裂をきたさないように、動脈瘤の projection とは反対の、ICA の外側から AChA や PCoA の分岐部を確認しながらアプローチして動脈瘤遠位部の

ICA を確保することが重要である。そのうえで、Type 2 や Type 3 であれば頭蓋内 ICA を動脈瘤近位部で確保できる可能性が高いため、頭蓋内 trapping が可能であるか観察するようにしている。最終的に完全遮断となっていない場合は、術後に十分な降圧管理が必要であり、すべての症例で術後出血はなく、また術後 1 週間以内に破裂箇所の血管撮影上での消失および RA グラフトの開存を確認している。

ICA 非分岐部のいわゆる血豆状脳動脈瘤に対する血管内治療は過去には治療困難なものとされていた¹⁰⁾が、近年 flow diverter によるステント治療の報告¹⁾もみられ、今後の治療に期待がもたれる。さらに症例を蓄積して検討を重ねていきたい。

結 語

後交通動脈分岐部以遠の破裂内頸動脈前壁瘤の治療は依然として困難であり、決定的な治療法はなく、課題が残っている。特に確実な止血を優先するか、前脈絡叢動脈の温存を優先させるかは症例ごとに判断せざるを得ず、さらなる症例の蓄積とともに今後の新たな治療に期待がもたれる。

文 献

- 1) Aydin K, Arat A, Sencer S, *et al*: Treatment of ruptured blood blister-like aneurysms with flow diverter SILK stents. *J Neurointerv Surg* 7: 202-209, 2015
- 2) Ishikawa T, Mutoh T, Nakayama N, *et al*: Universal external carotid artery to proximal middle cerebral artery bypass with interposed radial artery graft prior to approaching ruptured blood blister-like aneurysm of the internal carotid artery. *Neurol Med Chir*(Tokyo)49: 553-558, 2009
- 3) Kamiyo K, Matsui T: Acute extracranial-intracranial bypass using a radial artery graft along with trapping of a ruptured blood blister-like aneurysm of the internal carotid artery. Clinical article. *J Neurosurg* 113: 781-785, 2010
- 4) 上山博康：橈骨動脈を用いたバイパス手術. No Shinkei Geka 22: 911-924, 1994
- 5) Kazumata K, Nakayama N, Nakamura T, *et al*: Changing treatment strategy from clipping to radial artery graft bypass and parent artery sacrifice in patients with ruptured blister-like internal carotid artery aneurysms. *Neurosurgery* 10(Suppl 1): 66-72, 2014
- 6) Kawashima A, Okada Y, Kawamata T, *et al*: Successful treatment of a blood blister-like aneurysm of the internal carotid artery by trapping with a high-flow bypass. *J Clin Neurosci* 15: 797-800, 2008
- 7) Kubo Y, Ogasawara K, Tomitsuka N, *et al*: Wrap-clipping with polytetrafluoroethylene for ruptured blister-like aneurysms of the internal carotid artery. Technical note. *J Neurosurg* 105: 785-787, 2006
- 8) Lee JW, Choi HG, Jung JY, *et al*: Surgical strategies for ruptured blister-like aneurysms arising from the internal carotid artery: a clinical analysis of 18 consecutive patients. *Acta Neurochir*(Wien)2: 125-130, 2009
- 9) Ogawa A, Suzuki M, Ogasawara K: Aneurysm at nonbranching site in the supraclinoid portion of the internal carotid artery: internal carotid artery trunk aneurysms. *Neurosurgery* 47: 578-583, 2000
- 10) Park JH, Park IS, Han DH, *et al*: Endovascular treatment of blood blister-like aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 5: 812-819, 2007
- 11) Sim SY, Shin YS, Cho KG, *et al*: Blood blister-like aneurysm at nonbranching sites of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 3: 400-405, 2006
- 12) 杉山 拓, 中山若樹, 数又 研, ほか：クリッピング困難な内頸動脈瘤に対するバイパス併用手術. 脳卒中の外科 44: 183-188, 2016