

破裂血豆状内頸動脈前壁動脈瘤に対する 急性期 high-flow bypass 併用動脈瘤 trapping 術の治療成績

吉川雄一郎¹, 池田 俊貴², 竹田理々子¹
中島 弘之¹, 大井川秀聡³, 栗田 浩樹¹

Aneurysmal Trapping with High-flow Extracranial-intracranial Bypass for Ruptured Blood Blister-like Anterior Wall Aneurysms of the Internal Carotid Artery during the Acute Period after Subarachnoid Hemorrhage

Yuichiro KIKAWA, M.D.¹, Toshiki IKEDA, M.D.², Ririko TAKEDA, M.D.¹,
Hiroyuki NAKAJIMA, M.D.¹, Hidetoshi OOIGAWA, M.D.³, and Hiroki KURITA, M.D.¹

¹Department of Cerebrovascular Surgery, Saitama Medical University International Medical Center, Hidaka, ²Department of Neurosurgery, Saitama Cardiovascular and Respiratory Center, Kumagaya, Saitama, and ³Department of Neurosurgery, Teikyo University Hospital, Tokyo, Japan

Summary: Background: Blood blister-like aneurysms (BBAs) arising from the anterior wall of the internal carotid artery are characterized by a fragile wall, a poorly defined neck, and a high incidence of rebleeding during the acute period after subarachnoid hemorrhage (SAH). They remain as severe therapeutic challenges. The authors investigated the safety and mid-term efficacy of trapping of the aneurysm with high-flow bypass between the second portion of the middle cerebral and cervical external carotid arteries by using a radial artery graft (EC-RA-M2 bypass) for the complex lesions.

Methods: The medical charts of 14 consecutive patients with ruptured BBAs during the past 4 years were retrospectively reviewed. The patients' mean age was 60.0 years. The World Federation of Neurosurgical Societies grade was I or II in 7 patients and III-V in the other 7 patients. Nine patients underwent acute craniotomy within 24 hours after SAH.

Results: After operation, total elimination of the BBAs with good patency of the bypass was confirmed in all the patients. None of the patients had rebleeding from nor refilling of the aneurysms within a mean follow-up period of 26.5 months. Although one patient showed postoperative perforator area infarction and the other two patients had symptomatic vasospasm, good clinical outcome (Glasgow Outcome Scale: good recovery or mild disability) was observed in 12 patients (89%) at the last follow-up.

Conclusions: Acute surgery using aneurysmal trapping with EC-RA-M2 bypass is effective for the treatment of BBAs, with good and safe mid-term outcomes.

Key words:

- subarachnoid hemorrhage
- high flow bypass
- aneurysmal trapping
- blood blister-like aneurysm

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 45: 171-176, 2017

¹埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科, ²埼玉県立循環器・呼吸器病センター 脳神経外科, ³帝京大学 脳神経外科(受稿日 2016. 10. 4)(脱稿日 2017. 2. 21)[連絡先: 〒350-1298 埼玉県日高市山根 1397-1 埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科 吉川雄一郎]
[Address correspondence: Yuichiro KIKAWA, M.D., Department of Cerebrovascular Surgery, Saitama Medical University International Medical Center, 1397-1 Yamane, Hidaka, Saitama 350-1298, Japan]

はじめに

破裂血豆状内頸動脈前壁動脈瘤(blood blister-like internal carotid artery anterior wall aneurysms : BBAs)は、その動脈瘤壁の脆弱性から早期に致死的な出血を生じやすく、また、従来の clipping や coil 塞栓術では内頸動脈(internal carotid artery : ICA)の狭窄・閉塞や再増大をきたしやすいため、予後不良かつ治療困難な動脈瘤の1つと考えられてきた¹⁾¹⁷⁾。

当施設では破裂BBAsに対し、急性期にhigh flow bypassを併用した動脈瘤trapping術を行っている。今回、当施設における破裂BBAsに対する手術戦略と、中期成績に基づいたその有効性ならびに問題点について検討を行った。

対象と方法

2010年6月から2015年5月までの5年間に、埼玉医科大学国際医療センターで治療を行った破裂BBAs連続14症例を対象とした。平均年齢は60.0歳(40-77歳)、男女比は6:8、平均追跡期間は26.5カ月間であった。患者背景をTable 1に示す。術前のWorld Federation of Neurological Surgeons(WFNS)gradeは、Grade 1が2例、Grade 2が5例、Grade 3が2例、Grade 4が2例、Grade 5が3例であった。当施設では、破裂BBAsに対しては、対光反射を含めた脳幹反射が保たれており、手術を阻害する全身合併症がない限りは、原則としてGrade 5の症例に対して

も急性期に手術加療を行う方針としている。発症6カ月後の転帰をGlasgow Outcome Scale(GOS)を用いて評価した。

治療方針

術前脳血管撮影における対側からの前交通動脈(anterior communicating artery : ACoA)を介したcross flowの程度にかかわらず、全破裂BBAs症例に対して橈骨動脈(radial artery : RA)グラフトを用いた外頸動脈-橈骨動脈-中大脳動脈M2部[external carotid(EC)-RA-M2] bypass併用動脈瘤trappingを行う方針とした。手術は発症同日もしくは翌日の急性期に行うことを原則としたが、初回血管撮影で病変が同定できなかった症例では、2回目以降の検査で診断が得られ次第治療を行った。スパズム期の紹介患者は、少なくとも極期(Day 5-10)を脱するまで待機し、スパズムを認めた場合は改善が確認できるまで手術を待機した。

手術手技

手術では4名の脳神経外科医により、頸部での頸動脈確保(1名)、前腕でのRA採取(1名)および開頭(2名)を同時に開始した。浅側頭動脈は皮弁の中に温存した。トロッカーカテーテルを用いて下顎下にトンネルを作成した。シルビウス裂を開放しM2を確保した後に、剝離しておいたRAを採取し、トロッカーカテーテル内を誘導した後、RA-M2吻合を行った。続いてトロッカーカテーテルを頸部側に引き抜き、EC-RA吻合を行い、EC-RA-M2 bypass

Table 1 Summary of 14 cases with ruptured BBAs treated by high flow EC-IC bypass with aneurysmal trapping

Case	Age	Sex	WFNS grade	Timing of surgery (days)	AVS	Complication	Outcome
1	61	F	II	0	No	-	GR
2	71	F	III	0	Yes	-	GR
3	77	F	III	0	No	-	MD
4	40	F	V	0	Yes	SVS	SD
5	66	F	II	1	No	-	GR
6	70	M	IV	1	Yes	-	MD
7	42	M	IV	1	Yes	-	GR
8	48	F	V	1	No	-	GR
9	64	M	V	1	No	-	MD
10	47	M	I	3	Yes	SVS	SD
11	53	F	II	4	No	CI in HA	GR
12	42	M	II	12	No	-	GR
13	77	M	I	14	Yes	-	GR
14	74	F	II	17	No	-	GR

WFNS: World Federation of Neurological Surgeons, AVS: angiographic vasospasm, SVS: symptomatic vasospasm, CI: cerebral infarction, HA: Heubner's artery, GR: good recovery, MD: mild disability, SD: severe disability

を完成させた。頸部 ICA をブルドッグ鉗子で一時遮断した後にバイパスを開通させ、順行性の頭蓋内 ICA 血流をグラフト血流へと転換した。indocyanine green (ICG) ビデオ造影でグラフト血流を確認した後、瘤へとアプローチした。眼動脈の遠位と後交通動脈 (posterior communicating artery : PCoA) の近位との間で ICA の trapping を行い、PCoA へとバイパス血流を流出させることで前脈絡叢動脈 (anterior choroidal artery : AChA) の血流を温存するように努めた。頸部 ICA の一時遮断を解除し、ICA の順行性血流を眼動脈へ灌注させた後、術後の瘤内血流の消失およびバイパスの開存を ICG ビデオ造影で確認した。

結 果

全症例で RA を用いた EC-RA-M2 bypass と動脈瘤 trapping を行った。治療結果のまとめを **Table 1** に示す。全 14 症例中 9 症例は Day 0 もしくは Day 1 の急性治療であった。脳血管撮影もしくは computed tomography angiography (CTA) における画像上の脳血管攣縮は 14 例中 6 例に認めた。症候性脳血管攣縮 (symptomatic vasospasm : SVS) は 2 例に生じた (Case 4, 10)。Case 10 は、SVS による脳梗塞に起因した神経学的悪化により severely disabled (SD) にいたった。1 例で術翌日に病変側の Heubner's artery の灌流領域に脳梗塞を認めたが (Case 11)、AChA 領域の梗塞は 1 例も生じなかった。術中所見を **Table 2** に示す。PCoA の発達を認めなかった 1 例を除いた 13 例中 11 例で、バイパスを介した逆行性の PCoA の灌流を温存する trapping が可能であった。残り 2 例では、PCoA が瘤よりかなり近位に存在したこと (Case 4)、および出血点が PCoA の直下にあるものの解離の範囲が長かったことから (Case 10)、trapping の際には PCoA への逆行性血流は温存できなかった。Case 4 では、PCoA 起始部のすぐ遠位に近位側のクリップを挿入し、また、Case 10 では PCoA の起始部を近位側のクリップで ICA と同時に遮断した。trapping する際に、14 例中 4 例で前床突起削除が必要であった。全例で、術中、術後を通じて、bypass graft の良好な patency を確認した。術後再出血や瘤の再発は認めなかった。6 カ月後の GOS は、9 例が good recovery (GR)、3 例が moderately disabled (MD)、2 例で SD であった (**Table 1**)。SD の 2 症例には Grade 5 および 1 の症例が含まれており、Grade 5 の 1 例は発症時の primary damage により、Grade 1 の 1 例は SVS による脳梗塞により SD にいたった。

代表症例

〈Case 12〉 42 歳、男性。

大動脈解離 (Stanford B) の既往があり、41 歳時に大動

Table 2 Summary of operative findings and graft patency

Case	Position of PCoA	Preservation of retro-grade PCoA flow	Anterior clinoidectomy	Patency of bypass graft
1	Distal	Yes	Yes	Good
2	Below	Yes	No	Good
3	Just distal	Yes	No	Good
4	Proximal	No	No	Good
5	Distal	Yes	No	Good
6	Just proximal	Yes	No	Good
7	Below	Yes	No	Good
8	Below	Yes	Yes	Good
9	NA	NA	No	Good
10	Below	No	No	Good
11	Distal	Yes	Yes	Good
12	Below	Yes	No	Good
13	Just distal	Yes	No	Good
14	Just distal	Yes	Yes	Good

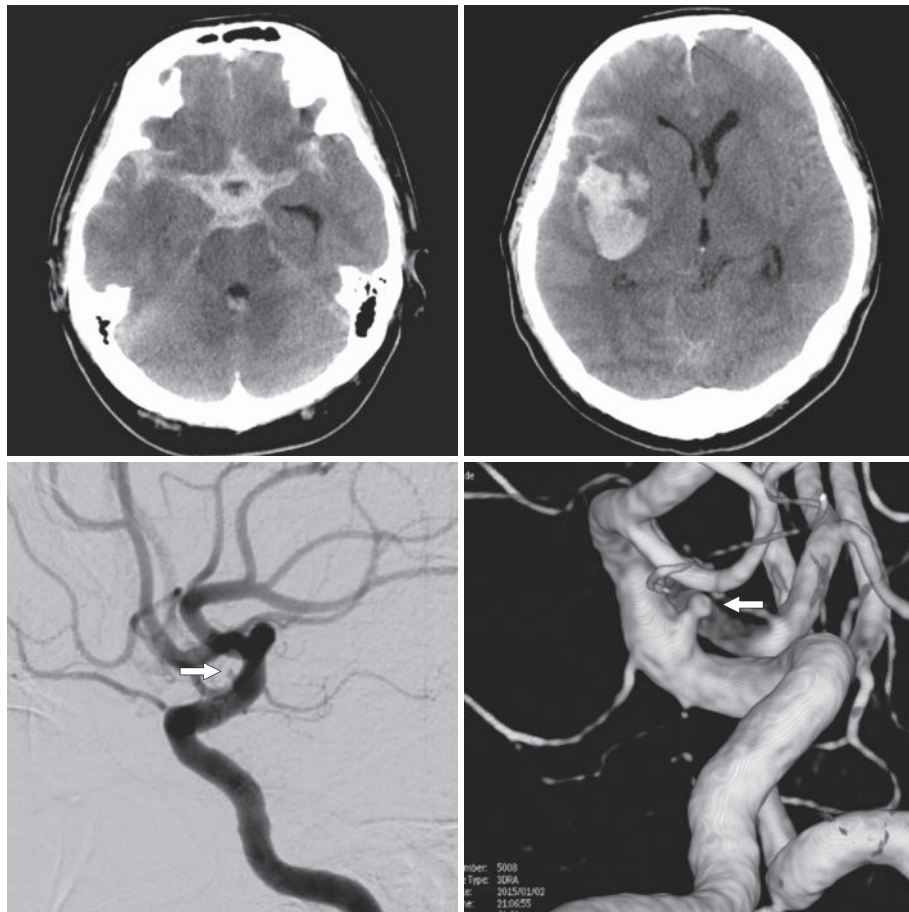
PCoA: posterior communicating artery, distal: distal to the aneurysm, below: below the aneurysm, proximal: proximal to the aneurysm, NA: not applicable

脈弓部および下行大動脈置換術が行われている。自動車運転中の意識消失による自損事故により前医に救急搬送され、精査の結果破裂 BBA による subarachnoid hemorrhage (SAH) が疑われたため当院に紹介搬送された。来院時の CT では、脳底槽と両側シルビウス槽を中心にびまん性に Fisher group 3 の SAH を認めた (**Fig. 1A**)。術直前の CT では、右基底核に血腫を伴う再出血を認めた (**Fig. 1B**)。脳血管撮影で、右 ICA 前壁動脈瘤を認めた (**Fig. 1C, D**)。術直前の WFNS grade は Grade 4 であった。発症翌日 (Day 1)、右前頭側頭開頭にて EC-RA-M2 bypass と動脈瘤 trapping 術を施行した。術後、新たな神経脱落症状を認めず、SVS もなく経過した。術翌日ならびに術後 7 日目の CTA で、バイパスは明瞭に描出された (**Fig. 2A, B**)。術後経過中に画像上の新たな虚血巣の出現は認めなかった (**Fig. 2A, C**)。発症 42 日目に、modified Rankin Scale 3 で回復期リハビリテーション病院へ転院し、その後自宅退院するとともに職場復帰を果たした。術半年後の GOS は GR であった。

考 察

本研究では、破裂 BBAs に対する急性期における RA グラフトを用いた high flow bypass 併用動脈瘤 trapping 術の有効性について検証した。

BBAs に対しては、正常内頸動脈壁を含めて clipping する方法⁸⁾や clipping on wrapping 法¹⁰⁾¹³⁾、encircle clip の使用¹⁸⁾、bypass 併用 trapping などのさまざまな外科治療が



A/B
C/D

Fig. 1 **A:** Computed tomography (CT) scan on admission showing a thick subarachnoid clot in the basal and bilateral sylvian cisterns. **B:** Preoperative CT scan showing rebleeding with hematoma formation in the right temporal lobe. **C, D:** Digital subtraction angiogram showing a blood blister-like aneurysm (white arrows) of the anterior wall of the supraclinoid portion of the right internal carotid artery.

試みられてきたが、BBAsはその本態が動脈壁の解離や仮性動脈瘤であるとする報告も多く¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾、再出血、再発を予防するうえでは動脈瘤の trapping が最も確実な方法であると考えられる。当施設では、trappingの際の血行再建として全例でRAグラフトを用いた high flow bypass を施行した。ICAの trapping に際しては、内頸動脈の balloon test occlusion(BTO)による臨床症状や脳波所見、脳血流量などに基づいて EC-IC bypass の適応や種類を決定すべきであるとする意見も多いが³⁾⁶⁾、手技中の再出血のリスクを考えると、破裂BBAsにおける術前BTOは推奨されない⁴⁾¹⁶⁾。したがって、虚血性合併症のリスクを最小限に抑えるために、われわれは治療を阻害するような全身合併症がない限り、全例で high flow bypass による血行再建を行う方針としている。治療に起因する虚血性合併症

として、1例に Heubner's artery 領域の脳梗塞を術翌日に認めたが(Case 11)、術半年後の転帰は GR であった。また、Day 4 以前に治療を行った 11 例中 2 例(18%)に SVS を認めたが、これは通常の破裂動脈瘤における頻度と同程度であった。しかし、high flow bypass 後の middle cerebral artery (MCA) 灌流圧は自然な ICA 血流の 90% 程度に低下するとの報告や¹²⁾、破裂BBAs に対する high flow bypass 併用動脈瘤 trapping 術後の ¹²³I-IMP-SPECT は軽度血流低下で経過するといった報告もあり²⁾、high flow bypass 下においても虚血性合併症が生じるリスクは通常の clipping より高いという認識のもと、慎重な術後管理を行う必要があると考えられる。また、同様の観点から、術前評価における RA の径が十分でない場合には、積極的に vein graft を用いるなどの対策も重要であると考え



Fig. 2 **A, B:** Three-dimensional images obtained by using the volume-rendering method of computed tomography (CT) angiography, showing the area from the external carotid artery to the M2 portion of the middle cerebral artery bypass with an interposed radial artery graft (white arrow) and the titanium clips used for aneurysmal trapping.
C: Postoperative CT scan showing no ischemic lesion or hemorrhage.

られる。

われわれは、スパズム期の紹介患者や初回の血管撮影で瘤が確認できなかった症例を除き、全例で発症1-2日目の急性期に治療を行った。破裂BBAsに対する手術時期に関してはいまだにコンセンサスが得られるところまではいたっておらず、特に high grade SAH の症例の急性期においては、脳の腫脹や血行一時遮断に対する tolerance の問題もあり、あえて待機手術を選択する場合もあると思われる¹¹⁾。しかし、破裂BBAsにおいては、術前の急性期における再出血が重要な予後悪化因子であることは明らかであり⁴⁾¹⁷⁾、致死的な再出血をきたす前に完全な止血を得ることが最も重要な治療の first step であるともいえる。当施設では、あらかじめ high flow bypass を設置して頭蓋内灌流をバイパス血流に転換し内頸動脈圧を下げた後にはじめて動脈瘤にアプローチする方法をとっており、致死的な術中再出血は経験していない。同様に、あらかじめバイパスを設置したうえでの動脈瘤操作を行う方針をとり、急性期手術においても良好な結果が得られている報告は散見される⁵⁾⁷⁾⁹⁾。本検討では、急性期に治療を行った全9例中、

予後の改善がみられなかった Grade 5 の症例 (Case 4) を除く 8 例 (89%) で良好な転帰 (GR, MD) が得られた。また、この 8 例中 4 例が Grade 4, 5 であり、high flow bypass 併用動脈瘤 trapping 術は high grade SAH の急性期にも十分応用できる術式と考えてもよいと思われる。

本検討では、術後 AChA 領域の梗塞は 1 例も認めなかったが、PCoA への逆行性血流を温存し、AChA が盲端とならないような trapping が可能かどうかは、PCoA と瘤との位置関係に依存するところが大きい。PCoA が瘤の遠位に存在する場合のみならず、瘤の直下やすぐ近位に存在する場合でも多くの症例で PCoA の温存が可能であったが、PCoA が瘤と大きく離れた心臓側から起始していた 1 例 (Case 4) ならびに解離の範囲が長かった 1 例 (Case 10) では、PCoA を遮断範囲に含む trapping を行わざるを得なかった。瘤の近位側では全例で眼動脈の遠位側にクリップを挿入し、ICA からの順行性の眼動脈血流を温存した近位遮断を行うことが可能であったが、約 30% の症例で前床突起切除を必要とした。しかし、眼動脈の起始部が通常より遠位に存在し解離範囲に含まれる場合や、解離

が dural ring を超えて近位に及ぶ場合などでは、眼動脈を含めた trapping や頸部での ICA の結紮を余儀なくされる可能性もある。

一般的に high flow bypass を用いた動脈瘤手術では、その手技の煩雑さや侵襲性に加え、手術時間も長くなり、高齢者や全身状態の悪い患者には負担が大きい。特に high grade SAH の急性期は、脳組織は強い一過性全脳虚血に曝された直後であり、手術侵襲を最小限に抑えるためにも手術時間をできる限り短縮することが求められる。当施設では、RA 採取 1 人、頸部での頸動脈確保 1 人、開頭 2 人の計 4 人で同時に手術を開始し、3カ所での操作を同時進行させることとしている。そのため通常、頸動脈の確保に続いて、RA 剥離と硬膜切開とがほぼ同じタイミングで終了し、顕微鏡導入後、M2 へ到達し M2 の吻合準備を行う間に RA グラフトの preparation が同時進行で行われ、手術開始から EC-RA-M2 バイパス終了までに時間のロスがほとんどなく手術が進行する。また、バイパス完成後は頸部 ICA 遮断下に半球血流をバイパス血流に転換した後に瘤へアプローチするため、内頸動脈内圧が低下することで術中再出血の危険が低下し、比較的安かつスピーディに瘤への到達ならびに瘤近傍の操作を行うことが可能となる。本検討では、75 歳以上の 2 症例はいずれも予後良好 (MD, SD) であり、また、high grade SAH においても 5 例中 4 例で良好な予後が得られている。したがって、本術式は高齢者や high grade SAH にも適応し得ると考えられるが、今後多数例でのさらなる検討が必要である。

結 語

破裂 BBAs に対し、急性期 high flow bypass 併用動脈瘤 trapping を行い、良好な中期成績が得られた。急性期における本術式は、その虚血性合併症や SVS の発症頻度の低さ、術後再出血・再増大の頻度の低さ、高齢者や重症症例におけるその良好な予後などから、破裂 BBAs に対する有効な治療法になり得る。

本論文の要旨は第 45 回日本脳卒中の外科学会 (2016 年 4 月) において発表した。

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おり、本論文に関して開示すべき COI はない。

文 献

- 1) Abe M, Tabuchi K, Yokoyama H, *et al*: Blood blisterlike aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 89: 419-424, 1998
- 2) 藤村 幹, 清水宏明, 井上 敬, ほか: 内頸動脈前壁動脈瘤

- 破裂に対する高灌流 EC-IC bypass/動脈瘤トラッピング術後急性期の脳循環動態と MR 所見の検討. *脳卒中の外科* 41: 201-206, 2013
- 3) Hetzel A, von Reutern G, Wernz MG, *et al*: The carotid compression test for therapeutic occlusion of the internal carotid artery. Comparison of angiography with transcranial Doppler sonography. *Cerebrovasc Dis* 10: 194-199, 2000
- 4) 本郷一博, 佐藤 章, 柿澤幸成, ほか: 内頸動脈「背側型」動脈瘤全国調査結果の解析 (Part 1) — 予後悪化因子の分析. *脳卒中の外科* 34: 366-371, 2006
- 5) 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
- 6) Jafar JJ, Russell SM, Woo HH: Treatment of giant intracranial aneurysms with saphenous vein extracranial-to-intracranial bypass grafting: indications, operative technique, and results in 29 patients. *Neurosurgery* 51: 138-144; discussion 144-136, 2002
- 7) Kamijo 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
- 8) 小林茂昭, 中川福夫, 京島和彦, ほか: 内頸動脈背側動脈瘤の特殊性と手術手技上の問題点. *脳卒中の外科研究会講演集* 12: 56-60, 1983
- 9) 数又 研, 浅岡克行, 横山由佳, ほか: くも膜下出血急性期に high flow bypass を行った破裂内頸動脈瘤の手術—特に内頸背側型動脈瘤の治療について. *脳卒中の外科* 38: 207-215, 2010
- 10) Kubo Y, Ogasawara K, Tomitsuka N, *et al*: Wrap-clipping with polytetrafluoroethylene for ruptured blisterlike aneurysms of the internal carotid artery. Technical note. *J Neurosurg* 105: 785-787, 2006
- 11) 栗田浩樹, 山口竜一, 池田俊貴, ほか: 脳動脈瘤手術における血行再建術の応用—適応と治療成績について (V5-5). *脳卒中の外科* 36: 271-276, 2008
- 12) 村井保夫, 水成隆之, 小林士郎, ほか: 橈骨動脈グラフトの基本—80 例の反省を込めた基本手技と術後管理のポイント. *脳卒中の外科* 41: 33-38, 2013
- 13) Nakano S, Iseda T, Yoneyama T, *et al*: A combination of wrapping and clipping using a collagen-impregnated dacron fabric (Hemashield). *Surg Neurol* 53: 330-333, 2000
- 14) Nakatomi H, Nagata K, Kawamoto S, *et al*: Ruptured dissecting aneurysm as a cause of subarachnoid hemorrhage of unverified etiology. *Stroke* 28: 1278-1282, 1997
- 15) Ohkuma H, Nakano T, Manabe H, *et al*: Subarachnoid hemorrhage caused by a dissecting aneurysm of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 97: 576-583, 2002
- 16) 大里俊明, 中川原謙二, 佐々木雄彦, ほか: 内頸動脈瘤に対する Trapping and Radial Artery Graft Bypass の検討. *脳卒中の外科* 35: 198-203, 2007
- 17) 佐藤 章, 本郷一博, 杉山達也, ほか: 内頸動脈「背側型」動脈瘤全国調査結果の解析 (Part 2) — 出血例における治療を中心に. *脳卒中の外科* 34: 372-376, 2006
- 18) Yanaka K, Meguro K, Nose T: Repair of a tear at the base of a blister-like aneurysm with suturing and an encircling clip: technical note. *Neurosurgery* 50: 218-221, 2002