椎骨動脈解離に対する外科治療 —再出血予防と穿通枝温存を目指した microneurosurgery—

弘中 康雄, 西村 文彦, 松田 良介, 中川 一郎
本山 靖, 朴 永銖, 中瀬 裕之

Microsurgical Strategy for Vertebral Dissecting Aneurysms to Achieve Prevention of Re-bleeding and Preservation of Perforating Branches

Yasuo HIRONAKA, M.D., Fumihiko NISHIMURA, M.D., Ryoussuke MATSUDA, M.D.,
Ichirou NAKAGAWA, M.D., Yasushi MOTOYAMA, M.D., Park Young-Soo, M.D.,
and Hiroyuki NAKASE, M.D.

Department of Neurosurgery, Nara Medical University, Kashihara, Nara, Japan

Summary: The authors present an analysis of their experience in treating vertebral artery (VA) dissecting aneurysms (DAs) and proposed a surgical management strategy retrospectively. Between 2008 and 2013, 32 patients with VA-DAs, 20 of whom presented with subarachnoid hemorrhage (SAH), and 12 without SAH, were treated with a direct microsurgical intervention at their institution. The treatment strategy applied to the posterior inferior cerebellar artery (PICA) proximal segment of the dissected site involved proximal occlusion (PO) of the parent artery. Treatment of PICA-involved DA included proximal occlusion with or without trapping, followed by occipital artery (OA)-PICA bypass, and PICA distal-type proximal occlusion just distal to the VA-PICA origin or trapping. The direct VA-DA treatment was completed within 12 h after the patient was diagnosed with SAH. The OA-PICA anastomosis was performed in 4 patients, and all recipients obtained good flow. In 31 of the patients, angiography revealed complete occlusion of the DA segment. Postoperative modified Rankin Scales measures were 0 in all unruptured cases, 0-2 in 11 cases, and 3-6 in 9 ruptured cases. Treatment-related complications were re-rupture of DAs in 1 case, lateral medullary infarction in 6, lower cranial nerve palsy in 6, and massive cerebellar infarction in 1. Parent artery occlusion of the long segment led to medullary infarction, and trapping procedure of distal VA produced lower cranial nerve injury. Each complication was associated with unfavorable outcomes after treatment. It was superior in preserving perforating arteries of the VA, led to safe revascularization, and prevented the re-rupture of DAs in the direct microsurgery, as compared to internal coil occlusion.

Key words:

- dissecting aneurysm
- vertebral artery
- proximal occlusion
- trapping
- OA-PICA anastomosis

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 44: 31-36, 2016

はじめに

解離性脳動脈瘤は椎骨動脈系に多く、その自然歴に不明な点が存在し、病理学所見に基づいた治療適応⁶⁾やくも膜下出血発症例を後方視的に解析した報告⁹⁾もあるが、治療方針を決定するうえで苦慮することも少なくない。治療対象となるのは、くも膜下出血、動脈瘤増大、症候性例であり、その治療方法も病態に応じて検討が必要である。解離性動脈瘤を完全に閉塞させることがいちばんの目的であり、その治療過程で再出血および増大、脳神経麻痺、椎骨動脈穿通枝障害が予後規定因子と考えられる。近年、血管内手術の発展により本領域治療の発展がなされてきている¹⁾が、血行再建術の必要性などの観点からも開頭術が不要であるとの見解はない。

そこで、clipping firstで行ってきた当施設での椎骨動脈解離性動脈瘤における治療成績に関して、再出血、瘤の根治性、穿通枝温存の観点から結果を提示し、血管内治療を含めた文献的考察を加え報告する。

対象・方法

2008年1月から2013年10月まで当院にて治療を行った椎骨動脈解離性動脈瘤32例を対象とした。男性21例、女性11例で、平均年齢は50.3歳(30–68歳)であった。発症様式は、くも膜下出血20例、画像上の瘤増大、進行する神経症状悪化などによる未破裂例12例であった。動脈瘤の部位、治療方法・時期、手術に伴う合併症の有無、特に穿通枝障害による脳幹部梗塞や脳神経麻痺の有無を評価、初診時重症度は Hunt & Kosnik(H&K) grade、転帰は退院時の modified Rankin Scale(mRS)で評価した。

結 果

出血20例の初診時 H&K grade は I : 1, II : 4, III : 2, IV : 4, V : 9 例と重症例が多く、中には心肺呼吸停止症例もあった。非出血例とあわせて、病変は右14例、左18例で両側例はなく、健側の椎骨動脈が低形成、posterior inferior cerebellar artery(PICA) termination 例もなかった。解離性動脈瘤と PICA の位置関係は、PICA 分岐部より遠位に存在する distal type が9例(28%)、PICA involved type 12例(38%)、近位に存在する proximal type 4例(12%)、PICA 分岐が椎骨動脈になく anterior inferior cerebellar artery(AICA)と共通幹を形成し分岐していたものが7例(22%)であった(**Table 1**)。

全例開頭術で根治術がなされた。非破裂例は十分な評価を行ってから治療を行い、出血例では grade V の心肺停止症例で循環動態が落ち着いた入院後12時間で治療を行った1例を除き、残る19例では来院後2時間以内での

超急性期に手術加療を開始し、治療前再出血は認めなかった。治療方法は、非出血例では proximal occlusion(PO)11例、PICA involved type 1例に occipital artery(OA)-PICA 吻合術を追加し、破裂例では PO 7例、trapping 10例、OA-PICA 吻合術を3例に行った。血行再建術の patency は全例で確認している。PICA-involved type 11例で trapping, PO に終わった7例は、術前 H&K grade が悪く脳腫脹が強かった6例、AICA-PICA 吻合の発達していた1例であった。7例中死亡した2例を除く5例で PICA 領域の広範な梗塞はきたしていない。治療後3日目に PO を行った出血例1例が再出血をきたし死亡した以外、31例で解離性動脈瘤部を含めた病側椎骨動脈閉塞を確認し

Table 1 Profile of vertebral dissecting aneurysms

	Non-hemorrhagic onset	Hemorrhagic onset	Total
Number of patients	12	20	32
Number of male	8	13	21
Mean age (yrs)	55.3 ± 8.1	47.2 ± 8.3	50.3 ± 8.9
Mean follow-up period (months)	45.2 ± 20.2	40.5 ± 21.4	43.6 ± 21.7
Aneurysm location			
PICA distal	7	2	9
PICA proximal	0	4	4
PICA involved	1	11	12
No PICA	4	3	7
Procedures			
Proximal occlusion (PO)	11	7	18
Trapping	0	10	10
PO with OA-PICA	1	0	1
Trapping +OA-PICA	0	3	3
Postoperative aneurysmal occlusion			
Complete occlusion	12	20	32
Partial occlusion	0	0	0
Postoperative deficits			
Cranial nerve palsy	0	6	6
Medullary infarction	0	6	6
Postoperative status			
mRS 0–2 (favorable)	12	7	19
mRS 3–5 (unfavorable)	0	10	10
mRS 6	0	3	3

PICA: posterior inferior cerebellar artery, OA: occipital artery, mRS: modified Rankin Scale

Fig. 1 **A:** Preoperative 3D-computed tomography angiography (CTA) showing right DA of the VA and the PICA originating from an extracranial VA. **B:** Anteroposterior view of the right vertebral angiogram demonstrating the complete occlusion of the dissecting site with trapping. The distance of trapping from the proximal to the distal clip was 5.4 mm. **C:** Left vertebral artery, including the DA, was completely occluded with clips. **D:** MR T2-weighted image showing the absence of any abnormal portion in the medulla oblongata.

た。現在、平均 43.6 カ月の観察でも再開通を認めておらず、根治性の高さが認められた。

術後、下位脳神経麻痺を 6 例(18.8%)、延髄外側梗塞 6 例(18.8%)、PICA-involved type で trapping 術のみを行った 1 例に外減圧術を要する小脳梗塞を認めた。延髄外側梗塞は trapping 術 13 例中 4 例に、PO 術 19 例中 2 例に発症した。trapping 例では延髄への穿通枝を犠牲にした結果と考えられるが全例で起こっているわけではなく、PO 例では全例穿通枝の温存を確認できたので出血による damage, spasm の影響と考えられた。trapping を行った椎骨動脈の脳血管撮影、3-dimensional computed tomographic angiography (3D-CTA) 像における距離は、延髄梗塞発症 4 例では 11.62 ± 4.2 mm、未発症 10 例では 5.3 ± 2.5 mm と梗塞発症例では有意に距離が長かった。また、発症 grade III 以上の全例に延髄梗塞が、grade IV 以上に脳神経麻痺が起こっていたことで、手術操作以外の初発出血量や damage が関与したとも考えられる。退院時、非出血 12 例全例が mRS : 0 であり、出血 20 例は転帰良好(mRS : 0-2)7 例、不良(mRS : 3-5)10 例、死亡(mRS : 6)3 例で、延髄梗塞、脳神経麻痺の発症、初発意識障害残存の有無が大きい

に予後を左右した。

症 例

〈症例 1〉 47 歳、女性。

突然の激しい頭痛、嘔吐にて発症。CT で Fisher group 3 のくも膜下出血を認め、直ちに 3D-CTA を施行し左椎骨動脈に pearl and string sign を呈する解離性動脈瘤を認めた。PICA は頭蓋外より分岐する distal type であった。来院後、2 時間で直達 trapping 術を開始。術中、pre-mature rupture をきたすも 4 本の clip を用いて trapping 術を行い、止血後に distal clip より遠位の union 近傍に穿通枝の存在を確認しておいた。術後、意識清明。神経脱落症状なく経過。脳血管撮影で解離性動脈瘤部の閉塞を確認し、trapping した椎骨動脈間距離は 5.4 mm であった(**Fig. 1**)。mRS : 0 で第 28 病日に独歩退院された。

〈症例 2〉 43 歳、男性。

後頸部痛で発症。CT で Fisher group 1 のくも膜下出血を認め、施行した 3D-CTA で左 VA-PICA 分岐部を中心に pearl and string sign を呈する解離性動脈瘤を認めた。

Fig. 2 **A, B:** 3D-CTA showing the left vertebral DA involving the PICA.
C: Postoperative 3D-CTA demonstrating the left VA occlusion and preservation of the PICA via OA-PICA anastomosis.
D: MR T2-weighted image showing no abnormality in the medulla oblongata and cerebellum.

来院後 2.5 時間で手術開始し proximal occlusion + OA-PICA anastomosis を行った。術直後、3D-CTA で左解離性動脈瘤部完全閉塞、PICA への良好なバイパス血流が確認された。mRS : 0 で第 25 病日に独歩退院され、延髄梗塞も認めていない (Fig. 2)。

考 察

椎骨動脈解離性動脈瘤治療は、出血例と非出血例とでは動脈瘤根治という最終目標は変わらないが、治療適応決定には自然歴を考慮して同等に論じられない面がある。非出血例では、治療適応に関してのコンセンサスはないが、未破裂嚢状動脈瘤の治療に準拠した方針 (5-7 mm 以上の dome 径、bleb やいびつな形、増大傾向にあるもの、症候性など) を参考に、われわれは、経過観察中に再出血、増大、症候出現時に治療を考慮している。Naito ら⁸⁾ は 21 例の非出血発症例で、3 例に遅発性出血 (14.3%)、6 例に動脈瘤増大 (28.6%) を認めて外科治療を考慮したと報告しており、上記の適応での治療は受け入れられるものであり、非出血例に対して再出血を念頭に置いた厳重な経過観察が必要である。治療術式は、椎骨動脈からの穿通枝や下

位脳神経障害をきたさないように PICA involved type では、PICA への血行再建を考慮したうえで解離腔を盲端とする proximal occlusion⁶⁾¹⁰⁾ を行った。結果、全例で解離部の閉塞を確認し、神経後遺症なく治療できている。宮地ら⁷⁾ の非出血例に対する血管内治療 (internal coil trapping) 36 例の報告では、5 例に虚血性症状悪化を、1 例に追加治療を要しているとあり、根治度、術後合併症、穿通枝への影響に関しても開頭術の非劣勢があるといえない。

出血例では救命、すなわち再出血予防がいちばんの目的である。過去、再出血の頻度は 14-71% と報告され、発症時期は発症当日に多く、小野ら⁵⁾ は 59%、水谷ら¹⁰⁾ の報告では 54% と高率であったとしているため、診断と同時に超急性期に手術加療が必要となる。われわれは 3D-CTA を用い出血源を迅速に精査し、ほぼ全例 2 時間以内の手術加療を行うことで、術前の再出血を経験することなく対処できた。Hamada ら²⁾ も再出血予防のため急性期に手術加療をすることで良好な結果を得たと報告している。しかし、緊急手術ができる環境に依存する因子が強いことは否めない。再出血さえ起きなければ、予後に影響を与える因子としては出血発症時の脳損傷、手術に基因する脳神経障

害、穿通枝障害による虚血、小脳障害など、spasmで起こる虚血病変、全身状態変化が考えられる。われわれの結果では、初診時H&K gradeがⅣ以上が13例(65%)と重症例が多く、13例のその後はmRS:0-2:4例, mRS:3-5:5例, mRS:6:4例と、転帰不良例は初診時重症例と相関していた。また、脳神経(外転、舌咽、迷走、副、舌下)麻痺を6例(18.8%)、延髄外側梗塞を6例(18.8%)に認めた。下位脳神経麻痺は術前のdamage、手術操作などで起こっていると推測される。一方、穿通枝障害は、解離部が長くunion近傍の遠位までtrappingをする症例に多く発症していたが、穿通枝を温存したPO例でも起こっており、手術に基因しない要素も含まれる。虚血障害はtrapping症例に多く起こっており、trappingした椎骨動脈距離を測定すると延髄外側梗塞をきたしたものは平均 11.62 ± 4.2 mm, 未発症例では 5.3 ± 2.5 mmと有意($p < 0.05$, Mann-Whitney U test: SPSS Japan, Tokyo)に長く遮断した例に発生していた。血管内手術でtrapping距離の長さに関して、梗塞発症群が 15.7 ± 6.0 mm, 非梗塞群が 11.5 ± 4.3 mmの遮断と有意に距離に応じた梗塞出現が報告されている¹⁾。しかも、OA-PICA bypassと穿通枝障害予防とに相関も認められなかったとしている¹⁾。血管内治療はinternal coil trappingが主流で、術後延髄梗塞出現率は5.6-47%¹⁾⁻³⁾と幅があり、起こる梗塞も延髄外側梗塞以外に、延髄半側や広範な梗塞をきたし予後不良をきたすことも指摘されている。虚血発症率ではわれわれの開頭術後成績と比較して問題のない結果と思われるが、致死性的、mRS>3をきたし得る虚血発症率はわれわれの結果とは大きく異なっており、開頭術の優位性があるものと考えられる。梗塞部位が外側のみにしか発症しない要因として、coil trappingよりclip trappingのほうが椎骨動脈閉塞距離を過去の文献例と比較しても大いに短縮でき、加えて直視下で穿通枝確認ができ最小限の穿通枝障害で済んでいるためと思われる。また、開頭術は重症例では頭蓋内圧コントロールが同時に可能で、治療後の再開通がないという利点を踏まえると、手術操作で下位脳神経や穿通枝障害をきたすこと、手術時間、全身麻酔などで課題も存在するが、決して血管内手術に劣勢となる理由がないと判断できる。特にOA-PICA bypassは術者により手術時間や予後に影響を及ぼす手技であり、血管吻合の際に動脈瘤再破裂をきたす可能性も高いため、その際の迅速なtrapping手技にもかなりの経験、トレーニングを要するものである。ISATの報告で破裂動脈瘤に関しては血管内手術の有用性が示されたが、長期観察でも開頭術の根治性があることはわれわれの症例でも証明できる⁴⁾。

本動脈瘤治療の目標は解離部閉塞であり、現在での理想はtrappingを行い、必要ならPICAへの血行再建を考慮

Fig. 3 ICG videography showing the total occlusion of the aneurysm and preservation of the PICA in the proximal clipping of the VA.

することである。trappingによる脳幹部梗塞発症や脳神経麻痺を考慮すると、術中破裂をきたさなければPOを選択することも妥当と考える。PICA involved typeでのPOはPICAへの対側椎骨動脈からのflow流入による再破裂の危険性が増大するため、trappingが推奨されている⁶⁾¹⁰⁾。PO後の再出血に関しては報告があり¹⁰⁾¹¹⁾、われわれもPICA involved typeにPOを行った1例に再出血をきたして亡くしており、それ以降はtrapping術を行い、PICAへの血行再建を積極的に施行して再出血、梗塞出現予防に努めている。POで終えた症例にしてもproximal clipping後にindocyanine green(ICG)videographyを行って逆行性血流が瘤内に到達していないことを経時的に十分確認(**Fig. 3**)し、逆行性血流が認められるときはDoppler血流計で流速を測定し、破裂を危惧する速い流速例ではtrappingを行うように努めている。術翌日には3D-CTAで動脈瘤閉塞を認めるまでは麻酔を継続し厳重に循環、呼吸管理をしている。POを予定していてtrapping術を予期せずに行うときは、術中破裂例が挙げられる。たいていは近位部をclipで遮断しても出血は止まらず、遠位側を早急に確保してclippingを行い止血するのだが、中には穿通枝からのback flowによりtrappingしているのに止血困難となり、適宜動脈瘤を分断するようにclippingを解離病変に追加して止血する例も存在し、止血後に穿通枝の確認を行わないと術後延髄梗塞が必発となることもある。術中解離部付近の操作には慎重、丁寧さが要求され、早急に遠位部確保が必要となる。

最後に、開頭術、血管内手術でも母血管を犠牲にした根治術を選択していることは事実であり、くも膜下出血後のspasm治療や治癒後の脳血流循環に影響を与えており、さらなる治療方針として動脈瘤根治と母血管温存の必要性

が論ぜられる必要がある。最近，血管内デバイスで flow-diverting stent が開発され治療成績の報告があり，全例椎骨動脈リモデリングをもたらし解離性動脈瘤の根治をきしたとされる⁹⁾。新たな治療オプションの1つとなり得るものであり，より注目していく必要がある。

結 論

解離性椎骨動脈瘤に対する開頭術 first で治療を行った成績を提示した。morbidity, mortality が比較的高いうえに超緊急性を要する治療であるが，現段階では internal coil trapping を中心とした血管内手術と比して遜色ない結果と考えられた。特に OA-PICA anastomosis を必要とする症例では直達術が唯一で，その手技に精通している術者が必要であり，症例ごとの治療方針決定の必要がある。

文 献

- 1) Endo H, Matsumoto Y, Kondo R, *et al*: Medullary infarction as poor prognostic factor after internal coil trapping of a ruptured vertebral artery dissection. *J Neurosurg* 118: 131-139, 2013
- 2) Hamada J, Kai Y, Morioka M, *et al*: Multimodal treatment of ruptured dissecting aneurysms of the vertebral artery during the acute stage. *J Neurosurg* 99: 960-966, 2003
- 3) Iihara K, Sakai N, Murao K, *et al*: Dissecting aneurysms of the vertebral artery: a management strategy. *J Neurosurg* 97: 259-267, 2002
- 4) Molyneux AJ, Kerr R, Stratton I, *et al*: International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet* 360: 1267-1274, 2002
- 5) 水谷 徹, 有賀 徹: クモ膜下出血で発症した椎骨脳底動脈解離性動脈瘤における再出血の時期, 頻度と転帰: 自験 20 例および文献 48 例の検討. *脳卒中の外科* 22: 389-393, 1994
- 6) 水谷 徹: 解離性脳動脈瘤に対する手術適応と術式. *脳卒中の外科* 30: 424-428, 2002
- 7) 宮地 茂, 岡本 剛, 小林 望, ほか: 非出血性解離性脳動脈瘤の血管内治療の適応と Pitfall. *脳卒中の外科* 33: 422-428, 2005
- 8) Naito I, Iwai T, Sasaki T: Management of intracranial vertebral artery dissections initially presenting without subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 51: 930-937, 2002
- 9) Narata AP, Yilmaz H, Schaller K, *et al*: Flow-diverting stent for ruptured intracranial dissecting aneurysm of vertebral artery. *Neurosurgery* 70: 982-989, 2012
- 10) 小野純一, 樋口佳則, 町田利生, ほか: くも膜下出血で発症した椎骨脳底動脈系の頭蓋内解離性動脈病変の検討—病態および外科的治療成績. *脳卒中の外科* 35: 124-129, 2007
- 11) 安井敏裕, 岸 廣成, 小宮山雅樹, ほか: 破裂解離性椎骨動脈瘤に対する近位側閉塞後の再破裂機序. *No Shinkei Geka* 28: 345-349, 2000