

## 原 著

## 脳動静脈奇形に対する血管内治療の有用性と pitfall

宮地 茂 岡本 剛 小林 望 小島 隆生  
服部 健一 飯塚 宏 吉田 純

## Effectiveness and Pitfall of Embolization for Cerebral Arteriovenous Malformations

by

Shigeru Miyachi, M.D., Takeshi Okamoto, M.D., Nozomu Kobayashi, M.D., Takao Kojima, M.D.,  
Ken-ichi Hattori, M.D., Hiroshi Iizuka, M.D., and Jun Yoshida, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Nagoya University Graduate School of Medicine

The use of embolization for cerebral arteriovenous malformations (AVMs) as the pretreatment of surgical extirpation and radiosurgery has recently diminished due to the passive application to asymptomatic patients and growing preference for radiosurgery based on its superior results. However, the embolization still plays an important role in some difficult AVMs. It is particularly significant in terms of the following: (1) reduction of nidus size and shunt flow, (2) elimination of inappropriate factors so as to achieve the maximum effect of the secondary treatments, (3) treatment for associated aneurysms posing high risk of rupture. The basic concept of AVM embolization is not to pursue total AVM obstruction by embolization alone but to avoid rebleeding and deteriorations of symptoms by targeted embolization. To perform a safe and effective embolization, the following points are thought to be very important: (1) understanding the angioarchitecture of the functional brain using various functional imagings and provocative tests, (2) an embolization design and strategy proportionate to the secondary treatments, (3) nidus embolization with materials that pose the least risk of recanalization, and (4) assuring appropriate perioperative care based on the principles of risk management. In spite of taking such precautions the rate of complications was 13.9%, and the morbid-mortality rate was 4.9% in our series. Two patients with an angiographic cure of temporo-occipital AVMs suffered from extensive intracerebral bleeding 6 and 8 years after radiosurgery. Therefore, we should reconsider the multi-modality treatment strategy of AVM, including embolization, and reevaluate its efficacy based on the risk-benefit assessments.

(Received January 21, 2005; accepted February 10, 2005)

**Key words** : arteriovenous malformation, treatment strategy, pitfall, embolization

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 14 : 393-400, 2005

## はじめに

すべての外科的治療には、発症した疾患の根治または病態発現の予防という目的がある。一方でその遂行に伴い副作用や合併症など疾患とは別の不都合が生じるリスクはゼロではない。この考えを脳動静脈奇形 (anteriove-

nous malformation ; AVM) に当てはめてみると、すべての外科的治療は、大出血などの critical な場合の救命的処置を除けば、出血予防につきるといえる。一部の症例で痙攣の発作減少、steal 現象の緩和などの効用が期待できる<sup>9)</sup>が、コンセンサスは得られていない。このうち開頭摘出術と radiosurgery は高い根治性を持っており、塞栓

名古屋大学大学院医学系研究科脳神経病態制御学講座／〒466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町 65 [連絡先：宮地 茂]

Address reprint requests to : Shigeru Miyachi, M.D., Department of Neurosurgery, Nagoya University Graduate School of Medicine, 65 Tsurumai-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466-8550, Japan

**Table 1 Profile of AVM**

<b>Location</b>	Frontal (non-rolandic)	11
	Frontal (rolandic)	22
	Temporal, temporo-occipital	18
	Medial temporal, trigone	9
	Parietal	8
	Occipital	5
	Nuclear (basal ganglia, thalamic)	8
	Callosal, cingulate	6
	Cerebellum	10
	Brain stem	4
<b>Size (ml)</b>	<5	6
	5~9	14
	10~24	50
	25~50	27
	50<	4
<b>Spetzler-Martin grade</b>	I	10
	II	31
	III	37
	IV	19
	V	4

術はその前処置、後処理やブースターとしての役割を担う。従来、後療法を安全かつ確実にするための補足的処置としての意義は認められており<sup>15)~17)</sup>、出血する危険性の高い付随動脈瘤や、radiosurgery の効きにくい fistulous feeder, meningeal feeder の塞栓術は有用と考えられている<sup>12)</sup>。一方で、不十分な塞栓後の再開通、正常枝の塞栓による虚血性合併症、drainer 塞栓や血流動態の急激な変化に伴う出血性合併症のリスクは低くなく、そのために前処置としての塞栓術に対する有用性に疑問を呈する報告もみられる<sup>2)4)18)</sup>。本稿では特に radiosurgery 前の塞栓術を行った自験例を中心に、血管内治療の有用性を再評価するとともに、radiosurgery 後の遅発性合併症も含めたピットフォールについて述べる。

## 対 象

対象は過去 8 年間に血管内治療を行った AVM 101 例(男性:女性=60:41、平均年齢:37.7 歳)で、このうち後治療として radiosurgery は 67 例、摘出術が 17 例に行われ、塞栓術のみまたは後治療の待機中が 17 例である。発症形式として出血は 54 例で最も多く、痙攣 25 例、虚血症状 3 例で、残りの 19 例は頭痛などで incidental に発見されている。AVM の location は前頭葉の rolandic area が最も多く(22 例)、size としては nidus volume として 10~24 ml が半数を占めた。Spetzler-Martin grade<sup>25)</sup>では、grade III が最も多く 36 例、以下 grade II が 31 例、grade

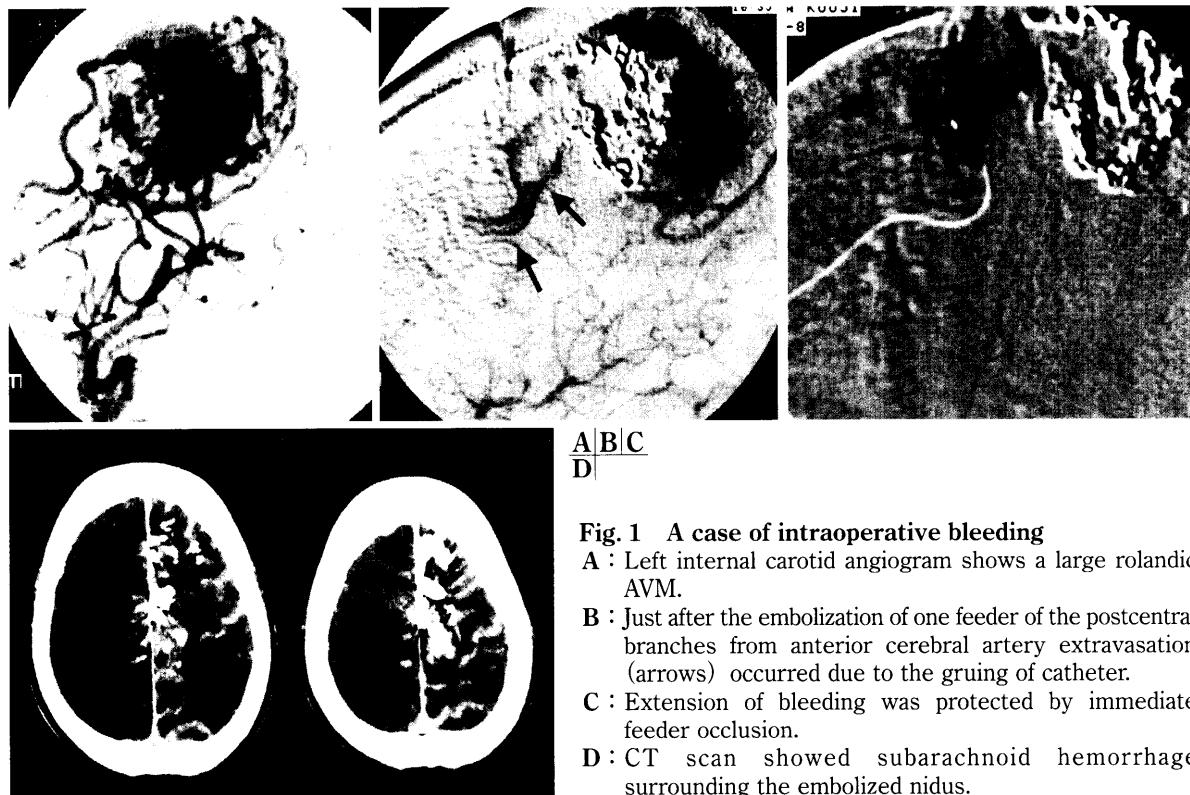
IV が 19 例であった。内訳を Table 1 に示す。付随動脈瘤は 18 例に認められ、複数個例も含めた 20 個の内訳は intranidal aneurysm 9 個、flow-related aneurysm 4 個、proximal feeder aneurysm 7 個であった。

## 治療方法

塞栓術は通常 1 セッションで行われたが、24 例では複数回に分けて行った。塞栓は主に flow-guided microcatheter を用い、基本的に液体塞栓物質である NBCA(n-butyl cyanoacrylate) を用いて塞栓した。一部の外頸動脈枝には固体塞栓物質(PVA; polyvinyl alcohol およびコイル)を用いた。方針として intranidal aneurysm は 1 例を除いて NBCA にて feeder ごと塞栓、proximal feeder aneurysm は broad neck の 2 例を除きコイルにて saccular packing を行った。Flow-related aneurysm については AVM の治療を先決とし、退縮傾向のなかった 1 例のみコイルによる塞栓を行った。塞栓術後の後治療については、摘出術は全例 2 週間以内に、radiosurgery は塞栓後 1~2.5 カ月の間に行われている。

## 結 果

85 例で 70% 以上の nidus 体積の減少が得られ、このうち 7 例では塞栓術後血管撮影上の消失をみたが、2 例では経過観察中にわずかな nidus の再出現をみたため、ガンマナイフを行い完全消失が得られた。逆にガンマナイフ後の遺残 nidus に対する塞栓術の追加が 4 例(うち 3 例は再ガンマナイフ)、摘出術後の遺残または再発に対する塞栓術が 3 例に行われている。塞栓術による合併症として 9 例に一過性、5 例に永続性の神経障害を生じた。合併症発現の時期で分類してみると術中の event は 6 例で、内訳はカテーテル抜去遅延に伴う術中出血 2 例(Fig. 1)、塞栓物質の逆流や migration に伴う overembolization による虚血が 3 例、catheterization 時の血管内膜損傷に伴う血栓塞栓症が 1 例であった(Table 2)。また術後 24 時間の周術期合併症として 9 例に神経症状を認めた。このうち 3 例は画像変化も伴う永続性の虚血合併症となつたが、残りの 6 例は一過性の症状であった。塞栓術後 1 カ月以内の亜急性期には、特に合併症はみられなかった。それ以降の慢性期の合併症として出血が 3 例に認められた。Radiosurgery 後早期(2 週間 1 例、3 週間 1 例)に再出血をきたした 2 例のうち、1 例は large AVM の性急な塞栓術後の drainer 閉塞による varix の破綻、1 例は遺残した intranidal aneurysm の破裂が原因と考えられ



**Fig. 1 A case of intraoperative bleeding**  
**A** : Left internal carotid angiogram shows a large rolandic AVM.  
**B** : Just after the embolization of one feeder of the postcentral branches from anterior cerebral artery extravasation (arrows) occurred due to the gruing of catheter.  
**C** : Extension of bleeding was protected by immediate feeder occlusion.  
**D** : CT scan showed subarachnoid hemorrhage surrounding the embolized nidus.

**Table 2 Complications due to embolization and timing of the presentation of neurological signs**

Timing	Cause of complications	No.
<b>Intraprocedural</b>		6
	Intraoperative bleeding	2
	Reflux of glue or overembolization	3
	Thrombosis due to catheterization	1
<b>Periprocedural (within 24 hours)</b>		9
	Ischemia*	9
<b>Subacute (within 1 month)</b>		0
<b>Chronic (later than 1 month)</b>		3**
	Rebleeding	2
	Extensive ICH	1

\*retrograde thrombosis or chemical reaction of glue

\*\*all events occurred after radiosurgery

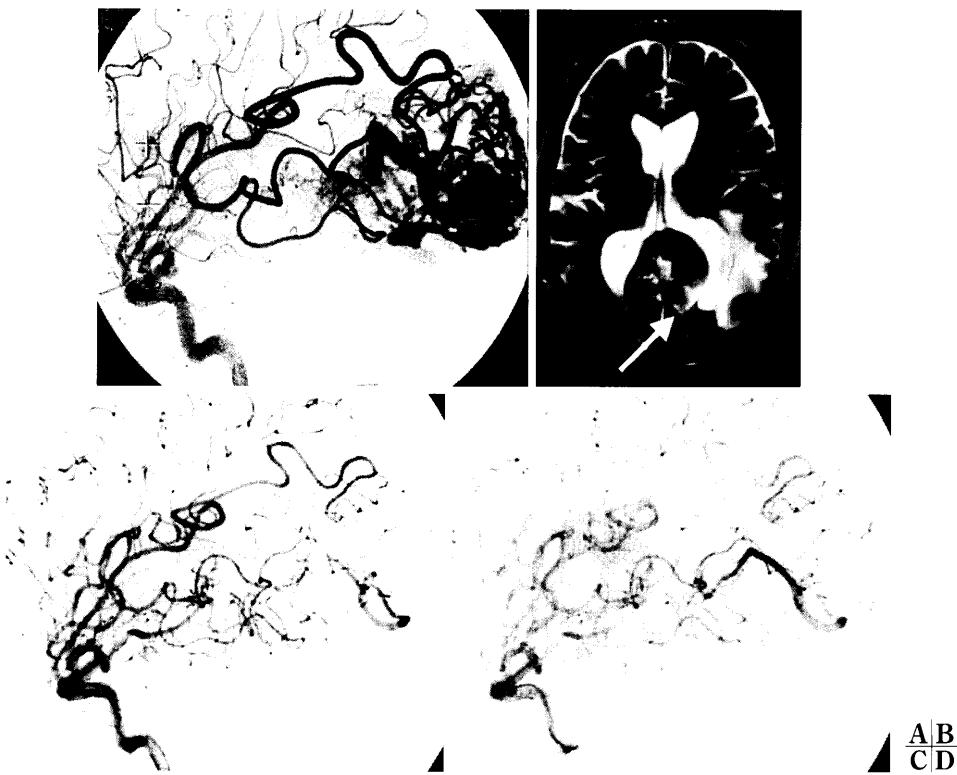
た。一方、後頭葉 large AVM の不完全な塞栓術（塞栓率 50%）後、radiosurgery を行った 1 例は、4 年後にはほぼ nidus の消失を得たものの extensive ICH (intracerebral hematoma) をきたし、手術的摘出を要した (Fig. 2)。

塞栓術後手術治療を行った 17 例では、grade V の large AVM の 1 例を除く 16 例で完全摘出が行われている。不完全摘出に終わった 1 例は、50%以下の塞栓率で手術を施行したものであり、術後にきわめて強い脳腫脹をきたした。また、塞栓術後ガンマナイフを施行した例のうち、現在のところ 47 例で AVM の消失または shunt の消失を認めている。Nidus の size と塞栓経過の詳細な記録の

ある 43 例の検討では、nidus embolization が各 feeder で行われた 12 例では 10 例 (83%) で radiosurgery 直前に nidus のさらなる血栓化による size 減少がみられたのに對し、全 feeder で proximal feeder occlusion に終わった 8 例では 7 例 (88%) で nidus の再増大がみられた。

## 考 察

脳動静脈奇形の塞栓術の歴史は長く、脳血管内治療の中では最も古くから行われているもの一つである。前世紀末には、塞栓物質の改良により手術治療がきわめて



**Fig. 2 A case of delayed extensive intracerebral hematoma developed 4 years after radiosurgery**

- A : Left carotid angiogram before radiosurgery showed a large occipital AVM partially embolized 1 month ago.
- B : In spite of uneventful postoperative course MRI taken 4 years later showed the edema and small hematoma (white arrow) close to the AVM site.
- C, D : Angiogram shows almost disappearance of nidus except for small early filling of a drainer. The hematoma was surgically removed.

難しい例について、塞栓術が救世主のように代替治療として脚光を浴びた時期があった。しかしながら、新しい治療 modality の開発、EBMに基づく治療効果の多面的解析、患者の治療嗜好の変化、自然歴の再評価などから、今世紀になり AVM 治療の中での塞栓術の位置づけは変化してきている。

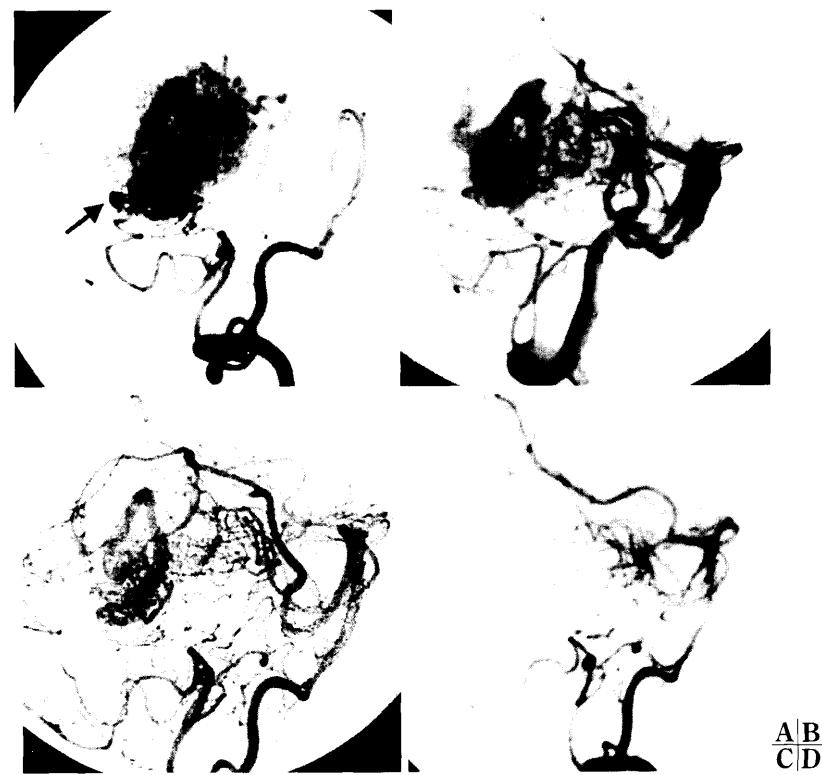
## ① 塞栓術の意義

上述のように 1990 年代は術前塞栓術、radiosurgery 前塞栓術として有効であったとする報告が多く出された<sup>5)29)</sup>。われわれも、自験例の分析で nidus embolization が有効になされ、radiosurgery に不適切な要素を排除すれば、radiosurgery 前の塞栓が有効であることを示してきた<sup>13)14)</sup>。また、Hartmann ら<sup>8)</sup>は、自身の large series において塞栓術に伴う合併症について検討し、14%に合併症が生じたが、身体的不具合は 2%，死亡は 1%と低率であり、塞栓術により得られる利益の方が大きいと述べている。Karolinska institute からの AVM 治療ガイドライ

ンにおいても、塞栓術が complicated AVM における radiosurgery の前処置として位置づけられている<sup>24)</sup>。

一方、Morgan ら<sup>18)</sup>は、開頭手術前の塞栓術について、塞栓術を行った例の morbid-mortality rate は 8.8%で、行っていない場合の 1.9%を優位に上まわっていると述べている。Friedman ら<sup>2)</sup>は、radiosurgery の成功に関与する因子として、術前の塞栓術は negative factor であったと報告しており、Pollock ら<sup>22)</sup>も、radiosurgery 後の遺残が塞栓術でいったん消失し、radiosurgery の target から外れた部位の再開通であることを疑っている。

しかしながら、これらの塞栓術に対する negative な報告において、塞栓術がどのような concept でどこまで行われたかは明らかではない。Morgan ら<sup>18)</sup>の series における塞栓術は particle により行われており、塞栓効果としては一時的で後治療に対する貢献は期待できない。また、radiosurgery 前の塞栓術が feeder occlusion に終われば、他の血管系からの feeder の参入、周辺の vascular network の発達などのために、nidus の縮小どころか、その



**Fig. 3 A case of extensive nidus thrombosis following embolization**

- A : A large cerebellar AVM associated with intranidal aneurysm (arrow) was embolized with NBCA.
- B, C : The angiogram for planning for gamma knife shows further reduction in size of nidus comparatively than that of the angiogram just after the embolization.
- D : The AVM was completely occluded 1 year after the radiosurgery.

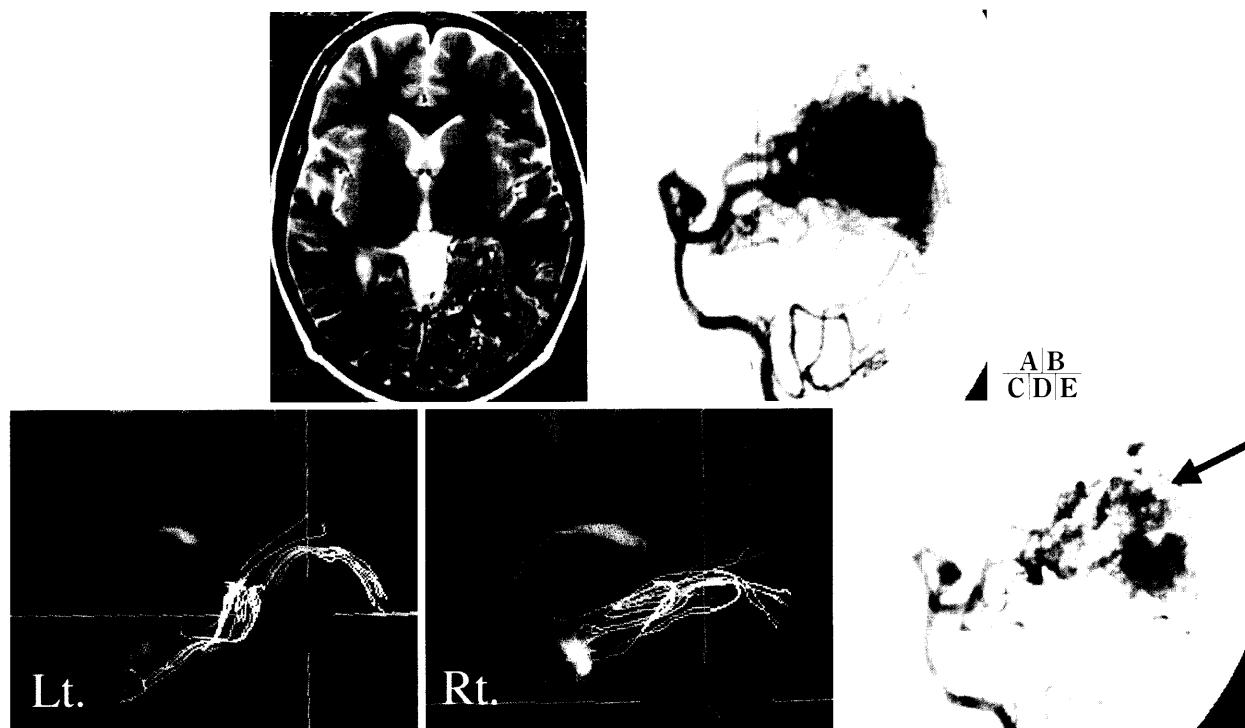
血管構築や血行動態の変化をきたし、後治療が困難になることは既知の事実である。Wickholm ら<sup>30)</sup>が NBCA により完全に塞栓された AVM の再開通はなかったと述べているように、NBCA による nidus embolization の永久閉塞の信頼性は高い。われわれの例でも、feeder occlusion に終わった例では、radiosurgery 前の planning のための血管撮影にて、塞栓術直後より nidus が大きくなっていることが多く、逆に nidus embolization が有効に行われた例では、待機中にさらに nidus の血栓化が進行していた<sup>12)13)</sup>(Fig. 3)。塞栓の strategy が有効に働く例では、その治療効果は十分評価に値すると考えられる。

一方、high grade AVM において、塞栓術により size をなるべく減じることは、たとえ palliative でも有効と考えられてきたが、不完全治療は神経症状をかえって悪化させるという報告<sup>30)</sup>や、出血率を約 7 倍高める<sup>7)</sup>等の報告により、Spetzler-Martin grade IV, V に対する積極的治療は、米国心臓協会 (American Heart Association ; AHA) ガイドラインにおいても推奨されていない<sup>20)</sup>。以上より、根治的治療が行えない high grade AVM については、

steal などの血行動態にかかる症候がないかぎり、塞栓術の適応は慎重であるべきである。また、small AVM については、shunt flow の多い fistulous type などは適応を限定すれば有効という報告がある<sup>31)</sup>が、われわれの series においても同意できる結果であった。

## ② 付随動脈瘤の処置について

AVM に付随する動脈瘤のうち最も破裂の危険性が高いのは intranidal aneurysm であるが、術中合併症として、出血発症の頭頂部 large AVM において、後脈絡叢動脈の intranidal aneurysm を塞栓しなかったために、摘出術中深部 feeder からの大量出血の止血に難渋した。Intranidal aneurysm の易出血性については多くの報告があり<sup>21)23)27)</sup>、特に radiosurgery 後の出血原因としても取り上げられているが<sup>19)</sup>、最近 AVM と付随動脈瘤における出血リスクについて疑問視する報告が出てきている<sup>11)</sup>。Stapf ら<sup>28)</sup>は、463 例の AVM における 117 個の付随動脈瘤について検討した結果、出血発症に対する瘤の attributable risk は 6% であり、出血のリスクに関与しないと述



**Fig. 4 The application of MR tractography for the embolization of AVM**

- A, B : MRI shows a left large occipital AVM mainly supplied from posterior cerebral artery.
- C, D : The tractography demonstrates that the optic tract fibers in the left side shifts superiorly comparatively than those in the right.
- E : According to these data the feeders close to the functional area (arrow) was intentionally left without embolization.

べている。また、Halim ら<sup>6)</sup>は、施設間の比較で付随動脈瘤の多い AVM と少ない AVM を扱った施設の間に出血発症の割合に差がないことを指摘し、瘤の出血率に疑問を投げかけている。

これらの議論から総合すると、出血発症例に intranidal aneurysm が多いことは明らかであるが、これは出血後の血腫内に発生した仮性動脈瘤であり、非出血 AVM における intranidal aneurysm は feeder 末梢の真性動脈瘤であるとすると、起源が別である可能性が考えられる。また、feeder 内での intranidal aneurysm の特定には超選択的造影が必要であるが、これが intranidal valix との鑑別を含めて行われていたかは疑問である。さらに、付随動脈瘤には intranidal aneurysm, distal feeder aneurysm (flow-related aneurysm), proximal feeder aneurysm, unrelated aneurysm があるが、これらの報告において形成過程、血管の脆弱性、hemodynamic stress の関与のしかたが異なる付随動脈瘤を一つにまとめて議論することも問題と思われる。しかしながら、現在のところ nidus にきわめて近い部位の動脈瘤については、出血例はもちろんエビデンスが不明な非出血例においても十分確認できる明らかな瘤は、可能な限り治療しておくというスタンスでわれわれ

は行っている (Fig. 3)。また、proximal feeder aneurysm については、通常の未破裂動脈瘤と同じ考え方で、大きさ、形状などにより報告されている破裂率に基づくリスクとわれわれの治療実績に基づく治療リスクの表示をもって、コンセントを得たものについては積極的に治療を行っている。

### ③ 合併症とその予防について

報告例では、手技に基づく morbid-mortality は約 4～18%<sup>13)26)</sup> とされており、われわれも永続性の合併症を 5% に生じた。正常動脈の誤塞栓や、radiosurgery における misplanning および閉塞部位の再開通を防ぐ意味で、nidus embolization が必要なことは明らかであるが、常に理想的な position に microcatheter の先端をもつていいわけではない。この場合、nidus のきわめて近傍からである正常枝の閉塞を防ぐことは、合併症予防のために重要である。Provocative test は信頼性のある指標であるが、shunt の大きい例では偽陰性となることもある。Glue の overembolization による、直後から出現する虚血症状については技術的な問題が大きいが、shunt 血流の急激な減少に伴う feeder 近位部での retrograde thrombosis

については、無用の血栓形成促進療法を控え、むしろ抗凝固治療を周術期に行う必要がある。これらの正常枝の閉塞するリスクについて、特にそれが運動・高次機能の後遺障害を呈さないために、functional area に関与しているかどうかの判定が重要である。現在、functional brain の同定方法として活用できるのは、運動野や視中枢の同定では従来の functional MRI に加えて、PET、MEG、光topography、経皮的磁気刺激などが有用であり、視覚線維等の走行を知るには MR tractography 等が用いられる (Fig. 4)。これらの functional imaging を用いて、AVM の存在により shift している可能性のある functional area や tract に関与する feeder を予知し、塞栓による合併症の危険を回避することができると思われる。ただし、現在の画像では解像度に問題があり、誘発試験との結果の discrepancy がある場合の評価が難しいという欠点を克服する必要がある。

一方われわれの series で、radiosurgery 併用の 2 例に超遅発性合併症として expansive chronic intracerebral hematoma を生じた (Fig. 2)。この原因については dose や planning などいろいろ考察されている<sup>10)</sup>が、塞栓術による更なる volume の縮小があったならば防ぎえたのかどうかについては確証がない。Combination therapy における pitfall として慎重なフォローアップによる検証が必要と思われる。

## まとめ

現在の AVM の適応は限られてきており、そのままで surgery, radiosurgery のよい適応である場合か、手がつけられない場合のどちらかの条件を満たす以下のようないくつかの AVM については塞栓術の治療適応外と思われる。①深部の small AVM (<5 ml) で fistulous feeder のないもの (radiosurgery の適応), ②緊急血腫除去の必要な small AVM (緊急手術必要), ③無症候性で出血リスクの低い辺縁不明瞭な AVM (治療の benefit なし), ④transit feeder のみ、または catheterization 不能な AVM (塞栓術不可能), ⑤steal 症候、drainer 閉塞のない Spetzler-Martin grade IV, V の AVM (治療有効性のエビデンスなし)。しかしながら、後治療にとって不適切な要素を排除し、後治療を有効かつ安全にするために行う塞栓術は、正しい適応と適切な塞栓方法を行うことにより必要不可欠な前処置となりうると考えられる。

## 文献

- 1) Arteriovenous Malformation Study Group: Arteriovenous

- malformations of the brain in adults. *N Engl J Med* **340**: 1812–1818, 1999.
- 2) Friedman WA, Bova FJ, Bollampally S, Bradshaw P: Analysis of factors predictive of success or complications in arteriovenous malformation radiosurgery. *Neurosurgery* **52**: 296–307, 2003.
  - 3) Frizzel RT, Fisher WS 3rd: Cure, morbidity, and mortality associated with embolization of brain arteriovenous malformations: A review of 1246 patients in 32 series over a 35-year period. *Neurosurgery* **37**: 1031–1039, 1995.
  - 4) Gallina P, Merienne L, Meder JE, Schlienger M, Lefkopoulos D, Merland JJ: Failure in radiosurgery treatment of cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery* **42**: 996–1004, 1998.
  - 5) Gobin YP, Laurent A, Merienne L, Schlienger M, Aymard A, Houdart E, Casasco A, Lefkopoulos D, George B, Merland JJ: Treatment of brain arteriovenous malformations by embolization and radiosurgery. *J Neurosurg* **85**: 19–28, 1996.
  - 6) Halim AX, Singh V, Johnston C, Higashida RT, Dowd CF, Halbach VV, Lawton MT, Gress DR, McCulloch CE, Young WL: Characteristics of brain arteriovenous malformations with coexisting aneurysms: A comparison of two referral centers. *Stroke* **33**: 675–679, 2002.
  - 7) Han PP, Ponce FA, Spetzler RF: Intention-to-treat analysis of Spetzler-Martin grades IV and V arteriovenous malformations: Natural history and treatment paradigm. *J Neurosurg* **98**: 3–7, 2003.
  - 8) Hartmann A, Pile-Spellman J, Staph C, Sciacca RR, Faulstich A, Mohr JP, Schumacher HC, Mast H: Risk of endovascular treatment of brain arteriovenous malformations. *Stroke* **33**: 1816–1820, 2002.
  - 9) Heikkinen ER, Konnov B, Melnikov L, Yalynych N, Zubkov YuN, Garmashov YuA, Pak VA: Relief of epilepsy by radiosurgery of cerebral arteriovenous malformations. *Stereotact Funct Neurosurg* **53**: 157–166, 1989.
  - 10) Kurita H, Sasaki T, Kawamoto S, Taniguchi M, Kitanaka C, Nakaguchi H, Kirino T: Chronic encapsulated expanding hematoma in association with gamma knife stereotactic radiosurgery for a cerebral arteriovenous malformation: Case report. *J Neurosurg* **84**: 874–878, 1996.
  - 11) Meisel HJ, Mansmann U, Alvarez H, Rodesch G, Brock M, Lasjaunias P: Cerebral arteriovenous malformations and associated aneurysms: Analysis of 305 cases from a series of 662 patients. *Neurosurgery* **46**: 793–802, 2000.
  - 12) Miyachi S, Negoro M, Okamoto T, Otsuka G, Suzuki O, Yoshida J: Embolization of arteriovenous malformations prior to radiosurgery. *Interventional Neuroradiology* **6**: 131–137, 2000.
  - 13) 宮地 茂, 根来 真, 岡本 剛, 鈴木 宰, 吉田 純: 脳動静脈奇形の塞栓術における pitfall とその対策. 脳卒中の外科 **29**: 9–15, 2001.
  - 14) 宮地 茂, 根来 真, 岡本 剛, 大塚吾郎, 鈴木 宰, 佐原佳之, 吉田 純: 脳動静脈奇形の治療方針—塞栓術の適応と現状について一. 脳卒中の外科 **29**: 391–396, 2001.
  - 15) 宮地 茂: 脳動静脈奇形・集学的治療. 菊池晴彦監修, 坂井信幸, 寺田友昭, 宮地 茂編: 先端医療シリーズ 9, 脳神経外科医のための血管内治療—その実際と今後の展望. 東京, 先端医療技術研究所 2001, pp.201–214.
  - 16) 宮地 茂, 根来 真, 鈴木 宰, 服部光爾, 小林 望, 小島隆生, 吉田 純: 脳動静脈奇形の血管内治療—適応,

- 治療方針、臨床結果一、脳外誌 11: 660-667, 2002.
- 17) 宮地 茂: 脳動静脈奇形、吉田 純、宮地 茂編: 脳血管内治療の Do's & Don'ts. 東京、医学書院, 2002, pp.67-92.
  - 18) Morgan MK, Zurin AA, Harrington T, Little N: Changing role for preoperative embolisation in the management of arteriovenous malformations of the brain. *J Clin Neurosci* 7: 527-530, 2000.
  - 19) Nataf F, Ghosoub M, Schlienger M, Moussa R, Meder JF, Roux FX: Bleeding after radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery* 55: 298-305, 2004.
  - 20) Ogilvy CS, Stieg PE, Awad I, Brown RD Jr, Kondziolka D, Rosenwasser R, Young WL, Hademenos G: Special Writing Group of the Stroke Council, American Stroke Association: AHA Scientific Statement: Recommendations for the management of intracranial arteriovenous malformations: A statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Stroke Association. *Stroke* 32: 1458-1471, 2001.
  - 21) Piotin M, Ross IB, Weill A, Kothimbakam R, Moret J: Intracranial arterial aneurysms associated with arteriovenous malformations: Endovascular treatment. *Radiology* 220: 506-513, 2001.
  - 22) Pollock BE, Flickinger IC, Lunsford LD, Maitz A, Kondziolka D: Factors associated with successful arteriovenous malformation radiosurgery. *Neurosurgery* 42: 1239-1244, 1998.
  - 23) Redekop G, TerBrugge K, Montanera W, Willinsky R: Arterial aneurysms associated with cerebral arteriovenous malformations: Classification, incidence, and risk of hemorrhage. *J Neurosurg* 89: 539-546, 1998.
  - 24) Soderman M, Andersson T, Karlsson B, Wallace MC, Edner G: Management of patients with brain arteriovenous malformations. *Eur J Radiol* 46: 195-205, 2003.
  - 25) Spetzler RF, Martin NA: A proposed grading system for arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 65: 476-483, 1986.
  - 26) Taylor CL, Dutton K, Rappard G, Pride GL, Replogle R, Purdy PD, White J, Giller C, Kopitnik TA Jr, Samson DS: Complications of preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 100: 810-812, 2004.
  - 27) Turjman F, Massoud TF, Vinuela F, Sayre JW, Guglielmi G, Duckwiler G: Correlation of the angioarchitectural features of cerebral arteriovenous malformations with clinical presentation of hemorrhage. *Neurosurgery* 37: 856-862, 1995.
  - 28) Staff P, Mohr JP, Pile-Spellman J, Sciacca RR, Hartmann A, Schumacher HC, Mast H: Concurrent arterial aneurysms in brain arteriovenous malformations with hemorrhagic presentation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 73: 294-298, 2002.
  - 29) Vinuela F, Dion JE, Duckwiler G, Martin NA, Lylyk P, Fox A, Pelz D, Drake CG, Girvin JJ, Debrun G: Combined endovascular embolization and surgery in the management of cerebral arteriovenous malformations: Experience with 101 cases. *J Neurosurg* 75: 856-864, 1991.
  - 30) Wikholm G, Lundqvist C, Svendsen P: The Goteborg cohort of embolized cerebral arteriovenous malformations: A 6-year follow-up. *Neurosurgery* 49: 799-805, 2001.
  - 31) Willinsky R, Goyal M, TerBrugge K, Montanera W, Wallace MC, Tymianski M: Embolization of small (<3 cm) brain arteriovenous malformations: Correlation of angiographic results to a proposed angiographic grading system. *Interventional Neuroradiology* 7: 19-27, 2001.

## 要旨

### 脳動静脈奇形に対する血管内治療の有用性と pitfall

宮地 茂 岡本 剛 小林 望 小島 隆生  
服部 健一 飯塚 宏 吉田 純

脳動静脈奇形 (AVM) の根治的治療としての摘出術および radiosurgery の術前処置としての血管内治療（塞栓術）は、以前より需要は減少しているが、依然として high grade AVM に対する位置づけは高く、特に①nidus の縮小と血流の減少、②後治療に不適切な要素の排除、③付随する動脈瘤の処置の 3 点については塞栓術の果たす役割は大きい。また遺残、再発例に対しても低侵襲である塞栓術の有用性がある。塞栓術の基本的な考え方は、不十分な治療であっても最終治療までに症状増悪や出血をきたさないことである。そのためにはさまざまな診断ツールやテストの活用による機能的血管解剖の理解、後治療に対応する血管内手術デザイン、再開通予防のための nidus embolization、危機管理に基づく周術期ケアが必要である。

脳外誌 14 : 393-400, 2005