脳動静脈奇形治療における血管内手術の役割

根本 繁¹, 河本 俊介¹, 佐々木富男¹, 高倉 公朋¹
山田 直司², 岩佐 英明², 渡辺 英寿³, 滝 和郎⁴
岩田 博夫⁵, 高橋 明⁶

Embolization of Cerebral Arteriovenous Malformations —A Combined Treatment with Surgery or Radiosurgery—

Shigeru NEMOTO, M.D.,¹ Shunsuke KAWAMOTO, M.D.,¹ Tomio SASAKI, M.D.,¹
Kintomo TAKAKURA, M.D.,¹ Naoshi YAMADA, M.D.,² Hideaki IWASA, M.D.,²
Eiju WATANABE, M.D.,³ Waro TAKI, M.D.,⁴ Hiroo IWATA, Ph.D.,⁵
and Akira TAKAHASHI, M.D.⁶

Department of Neurosurgery: ¹University of Tokyo, Tokyo,

²Jichi Medical School Omiya Medical Center, Omiya,

³Tokyo Metropolitan Police Hospital, Tokyo, ⁴University of Kyoto, Kyoto,

⁵National Cardiovascular Center, Osaka, and ⁶Kohnan Hospital, Sendai, Japan

Summary: Thirty-two patients were treated with embolization of brain arteriovenous malformations (AVM's). Of these patients, 16 underwent surgical removal of AVM and 16 radiosurgery following embolization. Embolization caused neurological deficit in six patients (morbidity 18%) and fatal brain swelling in one (mortality 3%). Complication occurred in 6 out of 17 patients with AVM's in the eloquent area (35%) and 1 out of 15 with those in the non-eloquent areas (6%). Although embolization was a valuable procedure in the treatment of brain AVM's combined with surgery or radiosurgery, indication for embolization of AVM should be carefully decided with consideration of therapeutic risk, especially for lesions in the eloquent areas.

Key words:

- cerebral arteriovenous malformation
- embolization
- radiosurgery

はじめに

脳動静脈奇形(AVM)の治療では、外科的摘出術が根治的治療方法と考えられてきたが、摘出術が容易でないかまたは不可能な症例も数多く経験されるところである⁵⁾。超選択的カテーテル法によるAVMの塞栓術が可能となり、AVMの新しい治療手段として導入されるようになった³⁾。しかしながら塞栓術のみでAVMを完全に閉塞し根治を得ことは難しく、他の治療法との併用が必要になる。一方、摘出術が困難な症例で術前に塞栓術を実施することにより摘出が容易になることが経験されている⁷⁾¹²⁾¹³⁾。また

ガンマナイフによる放射線療法で非観血的にAVMを治療することが可能となったが、対象とするAVMサイズの大きさに限界がある²⁾⁹⁾。そこで塞栓術を摘出術や放射線療法と併用してAVMを治療する方法がより合理的と考えられた²⁾。こうした転換期を迎えたAVMの治療における血管内手術の役割を検討した。

対 象

AVM塞栓術を実施したのは過去5年間に外科的摘出術またはradiosurgeryを治療目標とした32例であり、急性期出血例は除外した。これらの症例の年齢は14~72歳、

¹東京大学 脳神経外科, ²自治医科大学大宮医療センター 脳神経外科, ³東京警察病院 脳神経外科, ⁴京都大学 脳神経外科, ⁵国立循環器病センター 脳神経外科, ⁶広南病院 脳神経外科(受稿日 1992.9.28) [連絡先: 〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学医学部 脳神経外科 根本 繁]

Fig. 1 Case 21. Right carotid injection (lateral view). A: AVM fed by the pericallosal artery. B: Superselective injection of AVM nidus through the pericallosal artery. C: Post-embolization angiography; most of nidus was occluded. D: Following surgical excision; residual nidus was totally removed.

男性 22 名 女性 10 名であった。このうち出血で発症したもの 24 例 (75%) で、残りは痙攣発作、運動麻痺、頭痛などが初発症状であった。AVM ナイダス (nidus) の部位は大腦皮質 22 例、大腦基底核・視床 6 例、小脳 3 例、脳幹 1 例であった。AVM がいわゆる eloquent area にあったものは 17 例で、non-eloquent area は 15 例であった。

nidus の大きさは径 6 cm 以上 4 例、3 ~ 6 cm 24 例、3 cm 以下 4 例であった。Spetzler 分類¹⁵⁾では Grade 1: 1 例、Grade 2: 6 例、Grade 3: 12 例、Grade 4: 10 例、Grade 5: 1 例、Grade 6: 2 例で、Grade 3, 4 が最も多かった。

16 例は摘出術の術前処置として塞栓術を行い、他の 16 例はガンマナイフによる放射線治療の術前に実施した。

方 法

経大腿動脈セルジンガー法により 6 Fr. ガイディング・カテーテルを内頸動脈または椎骨動脈に進め、coaxial に挿入したマイクロカテーテルを AVM の feeder に誘導する。マイクロカテーテルとしては tracker 18 または

1.8 Fr. マジックカテーテルを用いた。function test としてキシロカイン 40~50 mg、アミタール (またはラボナール) 40~50 mg を局所動注した。test 陰性を確認後塞栓物質を注入した。塞栓物質としては、24 例にポリ酢酸ビニル (PVAc) を用い、他の症例では IBCA, NBCA, EVAL, silk suture などを併用した¹²⁾。

塞栓術後、AVM 摘出術あるいは radiosurgery が実施された。

摘出術前に塞栓術を実施した症例

＜症例 1＞ 47 歳、女性。左片麻痺で発症し、CT スキャンで右大腦前頭頭頂葉内側に血腫を認め、脳血管撮影施行し、前大腦動脈を feeder とする AVM と判明した。待機手術を予定し、発症後 2 週間で塞栓術を施行し、ナイダスのほとんどは閉塞し、新たな神経症状出現することなく塞栓術翌日に AVM は全摘出された (Fig. 1)。

塞栓術と radiosurgery を併用した症例

＜症例 2＞ 14 歳、男子。痙攣で発症し左前頭葉の

Fig. 2 Case 2. Left carotid arteriogram (lateral view). A: AVM fed by the callosomarginal artery and the middle cerebral artery. B: Superselective injection of AVM nidus through the callosomarginal artery. C: Following embolization through the anterior cerebral artery branch. Pedicles of the middle cerebral artery were not embolized. D: 1-year follow-up angiogram. AVM was not visualized.

AVM と診断され、他院にて開頭術を受けるも、運動領にあるため部分摘出に終わった。ガンマナイフ治療のため紹介されたが、nidus が 3 cm 以上あるため塞栓術を実施することになった。左前大脳動脈の feeder から塞栓物質を注入し、中大脳動脈からは function test で陽性となったため、塞栓術は行われなかった。塞栓術により nidus は縮小し、残存する AVM に対し radiosurgery が実施された。塞栓術 1 年後の脳血管撮影では、AVM はほぼ完全に消失し、神経学的変化は認められなかった (Fig. 2)。

結 果

塞栓術を 1 回だけ実施したのは 17 例で、2 回以上行ったのは 15 例であった。塞栓術の回数は surgery 群では平均 1.3 回、radiosurgery 群では 2.1 回であった。

塞栓術による nidus の閉塞率は 80% 以上 16 例でこのう

ち 4 例では完全閉塞が得られ、50～80% 4 例、50% 以下 12 例であった。塞栓術による臨床結果は Table 1 に示すごとく morbidity 18%, mortality 3% であった。塞栓術により症状悪化が見られた 6 例は、血管攣縮、塞栓物質による脳梗塞、出血によるものである。死亡した 1 例は静脈閉塞が致命的な脳腫脹をきたした。こうした合併症の見られた 7 例のうち 6 例は eloquent area の AVM であった。塞栓術を施行した feeder では前大脳動脈 7 例、中大脳動脈 9 例、前脈絡動脈および線条体動脈 6 例、椎骨脳底動脈 17 例であり、合併症の出現率はそれぞれ 0%, 11%, 50%, 18% であった。

考 察

AVM の塞栓術は、superselective catheterization technique の発達とともに、より頻繁に試みられるようになり

Table 1 AVM 塞栓術症例
Eloquent area の AVM

No.	年齢	性別	発症	AVM 部位	nidus サイズ	Spetzler Grade	治療目的	AVM 閉塞率	合併症
1.	11	男	TIA	前頭葉	7 cm	5	radiosurgery	80%	—
2.	14	男	痙攣	前頭葉	5 cm	3	radiosurgery	50%	—
3.	25	男	痙攣	前頭葉	6 cm	4	radiosurgery	60%	—
4.	18	男	痙攣	前頭葉	4 cm	3	radiosurgery	90%	—
5.	13	男	痙攣	側頭葉	5 cm	4	radiosurgery	90%	一過性混迷
6.	44	女	出血	前頭葉	5 cm	3	surgery	20%	—
7.	26	男	出血	後頭葉	6 cm	4	surgery	100%	—
8.	61	男	出血	側頭葉	3 cm	4	surgery	90%	一過性記憶障害
9.	31	女	出血	側頭葉	3 cm	4	radiosurgery	20%	—
10.	19	男	出血	視床	3 cm	4	radiosurgery	30%	—
11.	19	女	出血	内包	3 cm	4	radiosurgery	80%	片麻痺
12.	25	女	出血	レンズ核	5 cm	4	radiosurgery	50%	片麻痺
13.	38	男	片麻痺	視床	3 cm	4	radiosurgery	20%	—
14.	20	男	出血	視床	1 cm	3	surgery	100%	知覚障害
15.	21	男	出血	小脳	7 cm	5	radiosurgery	70%	—
16.	19	女	出血	脳幹	2 cm	6	radiosurgery	30%	—
17.	17	女	出血	尾状核	4 cm	4	radiosurgery	30%	片麻痺

Non-eloquent area の AVM

18.	17	男	出血	頭頂葉	4 cm	3	radiosurgery	90%	—
19.	53	男	痙攣	前頭葉	4 cm	2	surgery	70%	—
20.	31	男	頭痛	前頭葉	5 cm	2	surgery	50%	—
21.	47	女	出血	前頭葉	5 cm	2	surgery	80%	—
22.	19	女	出血	前頭葉	5 cm	3	surgery	50%	—
23.	47	男	出血	後頭葉	2 cm	1	surgery	100%	—
24.	48	男	出血	前頭葉	5 cm	2	surgery	90%	—
25.	51	男	出血	後頭葉	5 cm	3	radiosurgery	50%	—
26.	69	女	出血	側頭葉	3 cm	3	surgery	80%	—
27.	47	男	出血	側頭葉	3 cm	3	surgery	80%	—
28.	47	男	出血	側頭葉	3 cm	3	surgery	60%	—
29.	11	男	出血	小脳	4 cm	3	surgery	100%	—
30.	45	女	出血	小脳	2 cm	2	surgery	95%	脳腫脹
31.	10	男	出血	後頭葉	5 cm	3	radiosurgery	90%	—
32.	24	男	出血	頭頂葉	4 cm	2	surgery	30%	—

その結果が報告されているが³⁾¹³⁾¹⁶⁾¹⁸⁾，塞栓術のみで根治を得ることは難しく，塞栓術と他の治療法との併用が必要と考えられている。

開頭術による全摘出が最も確実な治療方法であるが，術中出血，functioning brain の損傷，術後脳腫脹など多くの問題点を抱えている¹⁾⁵⁾¹⁶⁾．塞栓術による nidus の縮小・閉塞，大きな feeder の閉塞が開頭術前に行われていると，出血量も少なく，手術操作が容易となるのは，これを経験した脳神経外科医には十分理解されていることである¹⁾³⁾⁷⁾¹²⁾¹³⁾¹⁶⁾．しかし，出血急性期に緊急手術として摘出術を行う場合には，この限りではない．なぜなら塞栓術中にはヘパリン投与を行い，全身投与を行わない場合でもガイディング・カテーテルは常にヘパリン加生食で灌流しており

出血のリスクが高くなると予想される．また出血直後は再出血しやすく，血行動態の変化はさらにリスクを増すとも考えられる．緊急手術が必要な場合には塞栓術に時間を費やすことなく手術室に向かうべきであり，待てる状態であれば，慢性期まで待って，塞栓術を行う方が安全と思われる。

大脳皮質の non-eloquent area の小さな AVM の摘出は手術のリスクも低く比較的容易であり，術前処置としての塞栓術の必要性は低く見られがちである．non-eloquent area の AVM の塞栓術の合併症は我々の症例では 15 例中 1 例 (6%) であり，eloquent area の AVM 17 例中 6 例 (35%) よりはるかに低い．non-eloquent area の AVM では，塞栓術は摘出術にとって有用な補助手段と考えられる。

large-high flow AVM では一期的な摘出術が困難なことがあり、塞栓術を含む staged treatment が有用と考えられているが¹⁾¹⁶⁾、塞栓術後の出血や脳腫脹などの問題点も報告されている¹⁷⁾。eloquent area の AVM の塞栓術のリスクは高いが⁴⁾¹¹⁾、手術のリスクも同様に高く⁸⁾、部分的な塞栓術をうまく併用すれば摘出術に役立つとも考えられる⁴⁾¹⁶⁾。いわゆる steal による神経脱落症状をきたしている AVM では部分的な塞栓術や摘出術でも症状の改善が期待できるが¹⁰⁾、AVM の根治的治療には至らない。

ガンマナイフによる radiosurgery の進歩により、AVM 治療の適応が拡大されたが、適応となる nidus の大きさに限界がある⁹⁾。塞栓術で nidus が縮小し、ガンマナイフ治療可能なサイズになればガンマナイフの適応が広がると考えられる²⁾。non-eloquent area の 3 cm を越えるような大きさの AVM で開頭術を行わずに治療を試みる症例は、塞栓術のよい適応と考えられる。しかしながら実際に radiosurgery を治療目標として塞栓術を実施した我々の症例 16 例中 13 例は、eloquent area の AVM であり、塞栓術のリスクも高い。こうした AVM は手術のリスクも当然のことながら高く、治療の選択に迷うところである。

もう一つの問題点は、塞栓術後の再開通である。IBCA を用いた塞栓術では再開通例が報告されているが⁶⁾¹⁴⁾¹⁸⁾、我々のシリーズでは塞栓術とガンマナイフ併用例のフォローアップは最長 1 年であり、ガンマナイフ実施後の再開通は今のところ認められないが、今後の長期フォローアップの結果を待たなければならない。

ま と め

塞栓術は AVM の治療手段として外科的摘出術や radiosurgery と併用することにより有効な方法と考えられるが、eloquent area の AVM では塞栓術のリスクが高く、これらを十分考慮して、その適応を決定しなければならない。

本論文の要旨は第 21 回日本脳卒中の外科研究会(名古屋, 1992)において発表された。

文 献

- Andrews BT, Wilson CB: Staged treatment of arteriovenous malformations of the brain. *Neurosurgery* **21**: 314-323, 1987
- Dawson RC III, Tarr RW, Hecht ST, *et al*: Treatment of arteriovenous malformations of the brain with combined embolization and stereotactic radiosurgery: Results after 1 and 2 years. *AJNR* **11**: 857-864, 1990
- Debrun G, Viñuela F, Fox AJ, *et al*: Embolization of cerebral arteriovenous malformations with bucrylate. Experience in 46 cases. *J Neurosurg* **56**: 615-627, 1982
- Dowd CF, Halbach VV, Barnwell SL, *et al*: Particulate embolization of the anterior choroidal artery in the treatment of cerebral arteriovenous malformations. *AJNR* **12**: 1055-1061, 1991
- Drake CG: Cerebral arteriovenous malformations: Consideration for an experience with surgical treatment in 166 cases. *Clin Neurosurg* **26**: 145-208, 1979
- Fournier D, Terbrugge K, Rodesch G, *et al*: Revascularization of brain arteriovenous malformations after embolization with bucrylate. *Neuroradiology* **32**: 497-501, 1990
- Fournier D, Terbrugge KG, Willinsky R, *et al*: Endovascular treatment of intracerebral arteriovenous malformations: Experience in 49 cases. *J Neurosurg* **75**: 228-233, 1991
- Heros RC: Arteriovenous malformations of the medial temporal lobe. Surgical approach and neuroradiological characterization. *J Neurosurg* **56**: 44-52, 1982
- Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC, *et al*: Stereotactic radiosurgery for arteriovenous malformations of the brain. *J Neurosurg* **75**: 512-524, 1991
- Marks MP, Lane B, Steinberg G, *et al*: Vascular characteristics of intracerebral arteriovenous malformations in patients with clinical steal. *AJNR* **12**: 498-496, 1991
- 根本 繁, 佐々木富男, 高倉公朋, ほか: 脳動静脈奇形塞栓術の問題点. 第 7 回日本脳神経血管内手術研究会講演集(和賀志郎監修), 名古屋, 1991, pp 71-74
- 根本 繁: 血管性疾患, 画像診断と IVR-脳一. 臨床画像 **8**: 12-21, 1992
- Purdy PD, Samson D, Batjer HH, *et al*: Preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations with polyvinyl alcohol particles: Experience in 51 adults. *AJNR* **11**: 501-510, 1990
- Rao VRK, Mandalam KR, Gupta AK, *et al*: Dissolution of isobutyl 2-cyanoacrylate on long-term follow-up. *AJNR* **10**: 135-141, 1989
- Spetzler RF, Martin NA: A proposed grading system for arteriovenous malformations. *J Neurosurg* **65**: 476-483, 1986
- Spetzler RF, Martin NA, Carter LP, *et al*: Surgical management of large AVM's by staged embolization and operative excision. *J Neurosurg* **67**: 17-28, 1987
- Tarr RW, Johnson DW, Horton JA, *et al*: Impaired cerebral vasoreactivity after embolization of arteriovenous malformations: Assessment with serial acetazolamide challenge Xenon CT. *AJNR* **12**: 417-423, 1991
- Viñuela F, Fox AJ, Pelz D, *et al*: Angiographic follow-up of large cerebral AVM's incompletely embolized with isobutyl 2-cyanoacrylate. *AJNR* **7**: 919-925, 1986