原 著

脳動静脈奇形に対する intravascular surgery

兵頭 明夫, 坪井 康次, 橋川 正典, 榎本 貴夫
吉澤 卓, 吉井 与志彦, 能勢 忠男

Intravascular Surgery of Cerebral Arteriovenous Malformation

Akio HYODO, M.D., Koji TSUBOI, M.D., Masanori HASHIKAWA, M.D.,
Takao ENOMOTO, M.D., Takashi YOSHIZAWA, M.D.,
Yoshihiko YOSHII, M.D., and Tadao NOSE, M.D.

Department of Neurosurgery, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan

Summary: Twelve cases of cerebral arteriovenous malformation (AVM) were managed with intravascular surgery preoperatively, in order to facilitate surgical removal. In 10 of these cases, preoperative balloon occlusion of the feeding arteries was performed by means of detachable balloon catheter. In the rest of the cases, preoperative embolization of the AVM was performed by EVAL through Tracker infusion catheter. There was no complication after preoperative balloon occlusion and one transient aphasia related to preoperative embolization. None of the cases developed normal perfusion pressure breakthrough. Preoperative balloon occlusion was thought to be safe and to decrease the difficulty in surgical resection of the AVM. Preoperative embolization seems to be more effective than balloon occlusion; however, it should be performed carefully without causing complications.

Key words:

- cerebral arteriovenous malformation
- intravascular surgery
- balloon occlusion
- embolization

はじめに

1964年, Luessenhop AJら¹⁾により, はじめて頭蓋内動脈へバルーンカテーテルを導入する方法が発表されたが, 近年のカテーテル²⁾や塞栓物質³⁾, DSAの技術的進歩はめざましく, 血管内手術は比較的広く行われるようになってきた. 我々は1983年12月から1989年2月までの間に脳動静脈奇形(AVM)などに, 42症例66回の超選択的血管内カテテリゼーションを施行したが, そのうち12例のAVMに対し, 計15回のintravascular surgeryを施行したので, その有用性について代表的症例を呈示し, 報告する.

対象および方法

Table 1に示すごとく症例は男性9例, 女性3例であり, 年齢は12歳から48歳, 平均36.6歳であった. AVMの大きさは, 3例がmedium size(径2~4 cm), 9例がlarge size(径4 cm以上)であった. 症例1から10まではdetachable balloon catheterによる導入動脈閉塞術を, 症例11, 12には超選択的カテテリゼーションによるAVM塞栓術を施行した. 使用したシステムは, detachable balloon catheterはダウコーニング社製脳血管内バルーンカテーテルで, バルーン硬化剤としてはシリコン液あるいはHEMAを用いた. また塞栓術用にはTarget Therapeutics社製Tracker infusion catheterを, 塞栓物質としては滝ら³⁾の開発したEVALを用いた. intravascular surgeryは局麻意識下に, 神経学的所見や, EEG, SEPをはじめとし

Table 1 Summary of case: Intravascular surgery of cerebral AVM

Case	Age & Sex	AVM location	Size	Artery occluded	Complications
1.	48 F	L. temporal	L	MCA branch (2) meningeal artery (2)	—
2.	39 F	R. frontal	M	MCA branch	—
3.	40 M	L. temporal	M	MCA branch	—
4.	39 M	R. frontal	L	MCA branch (2)	—
5.	38 M	L. post. temporal	L	PCA branch	—
6.	43 M	L. occipital	L	PCA branch	—
7.	38 M	R. temporooccipital	L	PCA branch	—
8.	25 F	cerebellar	L	R SCA	—
9.	35 M	R. temporal	L	maxillary artery	—
10.	41 M	L. frontal	L	ACA branch	—
11.	12 M	L. frontal	L	embolization (MCA & ACA branch)	transient aphasia
12.	41 M	R. frontal	M	embolization (MCA branch)	—

た電気生理学的検査所見をモニターとして施行した。導入動脈閉塞術は non-detachable balloon catheter による一時閉塞試験, leak balloon catheter によるアミタール注入試験などにより, 閉塞が可能であることを確認した後に施行し, 塞栓術は, Tracker catheter による超選択的カテリゼーションの後, アミタール注入試験を施行, neurologic deficit や電気生理学的に異常所見のないことを確認した後, DSA 下に EVAL を応用した。

結 果

導入動脈閉塞術は, それぞれ 1 ～数本の主導入動脈に施行したが, 10 症例 11 回とも合併症を認めなかった (Table 1)。主導入動脈の閉塞により, 脳血管写上の AVM の造影の減少, 循環時間の遅延などの効果が認められ, 主導入動脈閉塞術後数日～数週間以内に施行された摘出術においても, 大部分は出血量の減少や手術操作の容易さとして, その有効性が認められた。塞栓術は 2 症例に計 4 回施行したが, うち 1 回に一過性の運動性失語の合併症を認めた。これは塞栓物質が導入動脈外に逆流したためであるが, 塞栓術の効果は導入動脈から nidus そのものも一部塞栓されるので, 主導入動脈閉塞術に比してより大であると思われる。特に約 90 % 塞栓可能であった症例 12 では出血も少なく, 手術も非常に容易であった。次に代表的症例を呈示する。

<症例 1> 48歳, 女性。

41歳時に意識喪失発作で初発した左側頭葉の large AVM である。今回出血発作をきたし, 当院入院となった。入院時の脳血管造影では, 左内頸動脈造影で左中大脳動脈,

Fig. 1 Lateral view of the left carotid angiography before balloon occlusion of the Case 1. Arterial (*upper*) and late arterial (*lower*) phase of the film showing a large AVM in the left temporal lobe.

左前脈絡動脈を主導入動脈とし, 径 6 cm 以上の nidus を左側頭葉内にもつ AVM を認めた (Fig. 1)。さらに左外頸動脈造影により中硬膜動脈も主導入動脈となっていること

Fig. 2 Lateral view of the plain skull film after balloon occlusion of the Case 1. Arrows indicate detached balloons in the feeding arteries of the AVM.

が認められた。左総頸動脈穿刺により左外頸動脈、左内頸動脈に導入カテーテルを留置し、ダウコーニング社製バルーンカテーテルを応用した。左中大脳動脈、左上頸動脈からの主導入動脈にバルーンカテーテルを導入し、一時閉塞試験で deficit の出ないことを確認し、detachable balloon catheter を同じ部位まで導入、シリコン液で置換しバルーンカテーテルを detach した。Fig. 2 は balloon を detach した後の頭蓋単純撮影側面像だが、矢印に示すごとく、detach された balloon の tip が多数認められる。

Fig. 3 は detachable balloon による主導入動脈閉塞術後の左 CAG 側面像であるが、術前に比して AVM の nidus の造影が少なくなり、循環時間が著明に遅延しているのが認められた。術翌日に左側頭開頭を行い、AVM の全摘出を施行したが、開閉頭を含め 800 ml の輸血で手術は容易に終了した。

＜症例 7＞ 38歳、男性。

35歳時にクモ膜下出血で初発した右側脳室三角部に nidus をもつ large AVM である。その後数回のクモ膜下出血をきたした後、今回当院に入院した。入院後 CT スキャンおよび脳血管造影を施行したが、左椎骨動脈造影側面像において、右後大脳動脈、左外側後脈絡動脈を主導入動脈とし、導出静脈に大きな varix をもつ large AVM を認め (Fig. 4 左)、造影 CT において巨大な varix が脳幹部を圧迫しているのがよく認められた (Fig. 5 左)。右大腿動脈

Fig. 3 Lateral view of the left carotid angiography after balloon occlusion of the Case 1. Arterial (*upper*) and late arterial (*lower*) phase of the film showing decreased filling of the AVM due to occlusion of feeding arteries by balloons.

Fig. 4 Lateral view of the left vertebral angiography of the Case 7. Pre embolization film (*left*) showing a large temporo-occipital lobe AVM with a large varix of drainage vein. Post embolization film (*right*) showing complete disappearance of the varix and decreased filling of the AVM due to balloon occlusion of the feeding artery.

Fig. 5 Contrast-enhanced computerized tomography of the Case 7. Pre embolization film (*left*) shows that the brain stem is compressed by a large varix (*white arrow*). Post embolization film (*right*) shows a shrunk varix (*arrow*) in which a niveau formation of the blood is recognized due to balloon (*arrow head*) occlusion of the feeding artery.

を穿刺し、左椎骨動脈に導入カテーテルを留置、ダウコーニング社製、バルーンカテーテルを右後大脳動脈分枝に導入した。一時閉塞試験により症状の悪化のないことを確認し、detachable balloon catheter を同部位まで導入、HEMA で balloon 内の造影剤を置換し、detach した。detach した後に施行した DSA による左 VAG 側面像では、循環時間の遅延とともに巨大な varix が造影されなくなり、nidus の造影も小さくなっていた (**Fig. 4 右**)。 **Fig. 5 右** は detachable balloon による主導入動脈閉塞術後の造影 CT だが、導入動脈内に矢印のごとく detach した balloon が

認められ、varix は増強されず、内部には血流を失い、停滞した血液による niveau 形成が認められた。術 2 日後に右側頭開頭を行い AVM の全摘術を施行したが、開閉頭を含め 1800 ml の輸血で手術を終了した。術中 varix は血栓化されており、血流は認められなかった。

＜症例 12＞ 42歳，男性。

3 ヶ月前にクモ膜下出血で発症。近医に入院し、脳血管造影で右前頭葉に中大脳動脈を主導入動脈とする medium size の AVM と、右内頸動脈および中大脳動脈に計 2 々の脳動脈瘤を認めた。脳動脈瘤に対し、右前頭側頭開頭の後 clipping 術が施行されたが、AVM は nidus が一部深部にかかるため手術はされず、当院転院となった。入院後の脳血管造影では、右中大脳動脈瘤と内頸動脈瘤は clip されており、右中大脳動脈分枝を導入動脈とし、径 3.5 cm の nidus を右前頭葉内にもつ AVM を認めた。左内頸動脈造影により右前大脳動脈分枝も、わずかだが導入動脈となっていた。右大腿動脈を穿刺し、右内頸動脈に導入カテーテルを留置、ダウコーニング社製 balloon catheter および Target Therapeutics 社製 Tracker infusion catheter を右中大脳動脈分枝に導入、super-selective angiography を施行した (**Fig. 6**)。それにより、右中大脳動脈からの導入動脈は 2 本あり、それぞれに Tracker catheter の導入が可能なが確認された。DSA のロードマッピング機能を利用し、右中大脳動脈からの導入動脈 2 本にそれぞれ nidus 直前まで Tracker catheter を導入し、アミタール注入試験

Fig. 6 Lateral views of right carotid angiography of the Case 12. Conventional right carotid angiography (*left*) showing the right frontal lobe AVM fed by two branches of middle cerebral artery. Superselective angiography with balloon catheter (*upper middle, upper right*) and Tracker catheter (*lower middle, lower right*) showing more precise detection of the feeding arteries of the AVM.

Fig. 7 Lateral views of right carotid angiography of the Case 12. The size of the nidus decreased as the embolization has performed. *Left:* Before embolization. *Middle:* After embolization of a main feeding artery of the AVM. *Right:* After embolization of another feeding artery of the AVM.

により neurological deficit の出ないことを確認した。次いで滝ら³⁾の開発した EVAL を用いて、DSA 下に AVM の塞栓術を施行した。Fig. 7 左は DSA による右内頸動脈造影側面像だが、左は塞栓術前、中は右中大脳動脈からの導入動脈の太い 1 本からの塞栓術後、右は残りの 1 本からの塞栓術後である。最終的に AVM の nidus の造影は約 10 % に減少し、循環時間も著明に遅延し、導出静脈に造影剤が停滞していた。塞栓術後 2 週間目に右前頭側頭開頭の後、AVM の全摘出が施行された。術前の予想どおり、クモ膜下出血と、脳動脈瘤手術の影響のため、前頭蓋底と AVM の癒着は高度であったが、開閉頭を含め 400 ml の輸血で手術は容易に終了した。

考 察

AVM に対する頭蓋内血管への selective embolization は 1974 年の Serbinenko⁴⁾の報告以来、detachable balloon catheter を用いたもの⁵⁾⁶⁾、シアノアクリレートなどの液体塞栓物質を用いたもの⁷⁾⁸⁾、イバロンなどの固形塞栓物質を用いたもの⁹⁾それぞれの報告がみられる。

我々は 12 例の AVM に対し、10 例には detachable balloon catheter による導入動脈の balloon occlusion を、2 例に対しては滝ら³⁾の開発した液体塞栓物質である EVAL を用いた塞栓術を施行した。balloon occlusion は test occlusion の後に行えば合併症の発現もほとんどなく、症例によって AVM そのものの造影の減少も期待でき、術前処置として行えば、術中出血を減少させたり、到達困難な導入動脈をあらかじめ閉塞させるなど有用である⁵⁾⁶⁾。また large AVM に対する NPPB¹⁰⁾の発生予防にも導入動脈の段階的閉塞は有効であり、我々の症例では NPPB は経験していない。ただ、balloon occlusion のみでは側副血行の発達などのため根治はほとんど不可能であり、手術を容易に行うための adjuvant として手術を前提に行う必要がある⁵⁾⁶⁾。液体塞栓物質による塞栓術は、そのみで根

治できる場合もあり、術前処置としての効果もより大きいものと思われるが、症例 11 にみられたごとく nidus 外への逆流による合併症の発現など、注意しなければならない点も多い⁷⁾⁸⁾。今後さらに intravascular surgery の適応は拡大していくと思われるが、より安全な塞栓物質の開発や DSA やカテーテルなどのさらなる技術的進歩が必要となる。

結 果

12 例の AVM に対し 10 例に detachable balloon catheter を用いた術前導入動脈閉塞術を、2 例に超選択的カテーテリゼーションによる術前塞栓術を施行した。術前の intravascular surgery により到達困難な導入動脈の術前の閉塞や AVM そのものの造影の減少など手術をするにあたり有効であったが、合併症の出現に注意し、可能な限りの安全策を講じて行うことが必要である。

文 献

- 1) Luessenhop AJ, Velasquez AC: Observation on the tolerance of the intracranial arteries to catheterization. *J Neurosurg* **21**: 85-91, 1964
- 2) Kikuchi Y, Strother CM, Boyer M: New catheter for endovascular interventional procedures. *Radiology* **165**: 870-871, 1987
- 3) 滝 和郎, 米川泰弘, 小林 映, ほか: 脳動静脈奇形の人工塞栓術に用いる 2 種類の液体塞栓物質—開発と臨床応用—. 第 47 回日本脳神経外科学会抄録集, 1988, p 31
- 4) Serbinenko FA: Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg* **41**: 125-145, 1974
- 5) Halbach VV, Higashida RT, Yang P, *et al*: Preoperative balloon occlusion of arteriovenous malformations. *Neurosurgery* **22**: 301-308, 1988
- 6) Hieshima GB, Mehringer CM, Grinnell VS, *et al*: Preoperative balloon occlusion: "The intravascular ligature." *Surg Neurol* **17**: 191-196, 1982
- 7) Debrun G, Vinuela F, A, *et al*: Embolization of cerebral arteriovenous malformations with bucrylate: Experience in 46 cases. *J Neurosurg* **56**: 615-627, 1982

- 8) Pelz DM, Fox AJ, Viñuela F, *et al*: Preoperative embolization of brain AVMs with isobutyl-2 cyanoacrylate. *AJNR* **9**: 757–764, 1988
- 9) 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
- 10) Spetzler RF, Wilson CB, Weinstein P, *et al*: Normal perfusion breakthrough theory. *Clin Neurosurg* **25**: 651– 672, 1978