原 著

脳動静脈奇形摘出術中の脳皮質血流量測定

田 中 柳 水 宮 坂 佳 男 常 盤 嘉 一

Changes in the Cortical Blood Flow after the Surgical Removal of an Arteriovenous Malformation

by

Ryusui Tanaka, M.D., Yoshio Miyasaka, M.D., Kaichi Tokiwa, M.D.,

from

Department of Neurosurgery, Kitasato University School of Medicine

Just before and after the surgical removal of an arteriovenous malformation (AVM), the authors intraoperatively measured the local blood flow in the cortex (LCoBF) surrounding an AVM in 24 cases (16 superficial, 8 deep AVMs), and have studied the relationship between these two time-point values and the subsequent hemodynamic complications, i. e., breakthrough swelling and/or breakthrough hemorrhaging.

All LCoBFs were determined by employing a thermal diffusion probe that uses a Pertier stack. In all cases, assessment of the postoperative complications was made by CT, and in 12 of the 24 cases, the intracranial pressure (ICP) was also measured.

After the removal of the AVM, an LCoBF increase was seen in 11 cases, an LCoBF decrease in 7 cases, and no change in 6 cases. In all 11 patients with the blood flow increase, the AVM had been superficially situated, whereas cases showing a blood flow decrease or no blood flow change had deep AVMs. As for AVM size and its relationship to the LCoBF changes after AVM removal, an LCoBF increase was observed in 5 of 12 cases with a large AVM, and in 6 of 12 cases with a small AVM.

With regard to the relationship between the postoperative ICP and the LCoBF change after the AVM removal, in one case only, the ICP rose of above 25 mmHg on the third day. Postoperative CTs were used to evaluate all cases treated, and only in this case that showed an ICP above 25 mmHg was postoperative hemorrhaging seen.

Attention has gradually focused on the breakthrough of the normal perfusion pressure as being the cause of hemorrhagic complications after the surgical removal of an AVM, though such complications appear to arise from more causes than had been previously thought. The results of our study would seem to indicate that the postoperative intracranial blood flow around the site of a resected AVM has no direct bearing on postoperative hemorrhaging and/or brain swelling. In cases where hemorrhaging occurs after the AVM has been removed, careful consideration should be given to other possible causes like disorders in the venous blood flow and/or hemodynamic complications in the arteries, such as an insecure hemostasis with a high pressure afterload.

(Received March 5 1992 ; accepted May 11, 1992)

Key words : arteriovenous malformation, local cortical blood flow (LCoBF), intraoperative monitoring, hemodynamic complication

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 1 : 256-259, 1992

北里大学医学部脳神経外科〔連絡先：田中柳水，〒228 相模原市北里1-15-1〕

Address reprint requests to : Ryusui Tanaka, M.D., Department of Neurosurgery, Kitasato University School of Medicine, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara-shi 228, Japan

はじめに

脳動静脈奇形 (AVM) 摘出後の AVM 周囲の脳血液循環動態を理解することは治療上きわめて重要であると思われる。AVM 摘出後の問題としては、normal perfusion pressure breakthrough (NPPB) による術後の出血が強調されている。われわれは AVM 摘出術において AVM 周囲の術中皮質血流量 (LCoBF) を測定し、AVM 摘出術前後の LCoBF 変化と hemodynamic complication (breakthrough hemorrhage, breakthrough swelling) との関連性について検討したので報告する。

対象と方法

摘出術中 AVM 周囲の LCoBF を測定した 24 例を対象とした。LCoBF の測定は Pertier stack を用いた熱勾配式組織血流量測定装置 (BTG III, バイオメデカルサイエンス社製) を使用した。測定部位は術中開頭部において nidus より 2 cm 以上離れた脳表で、太い血管にプレート型プローベが当たらないよう考慮し密着させた。また、AVM 摘出前、後ではほぼ同一部位の LCoBF が測定できるように配慮した。全例手術中に持続的体血圧の測定と適時 Paco₂ の測定を行った。LCoBF 測定時の平均体血圧は摘出前値が $126.3 \pm 20.1 / 67.1 \pm 13.2$ mmHg, 摘出後値が $125.8 \pm 22.0 / 66.3 \pm 14.2$ mmHg, また Paco₂ は前値が 33.47 ± 3.38 mmHg, 後値が 33.93 ± 3.88 mmHg であり、有意差は認めなかった。術後の hemodynamic complication の判定は全例術後の CT で行い、24 例中 12 例では術後頭蓋内圧 (ICP) 測定も行った。

結果

① AVM 摘出前後の LCoBF 変化率

LCoBF 変化率 (% changes in the LCoBF after AVM removal) は,

$$\text{LCoBF 变化率} = \frac{\text{postoperative value} - \text{preoperative value}}{\text{preoperative value}} \times 100$$

として計算した。LCoBF 変化率がいくらかでも増加を示した症例は 11 例であり、変化率は +3 ~ +160% であった。LCoBF 変化率がいくらかでも減少を示したのは 7 例であり、変化率は -3 ~ -44% であった。残りの 6 例は変化率は 0 であった。Fig. 1 は、AVM 摘出前後の LCoBF 変化率と AVM の局在の関係について検討したものである。対象とした AVM を表在性 16 例、深

Fig. 1 Postoperative changes in the LCoBF in relation to localization of the AVM

Table 1 Relationship between AVM size and LCoBF

LCoBF	AVM size	
	< 4 cm	≥ 4 cm
Increased	5 cases	6 cases
No change or a decrease	7 cases	6 cases

LCoBF : local cortical blood flow

在性 8 例に分類し検討してみると，摘出後に血流量が増加した 11 例はすべて表在性 AVM であった．一方，深在性 AVM 8 例すべては摘出後の血流量が不変か，減少した症例であった．

② AVM の大きさと AVM 摘出前後の LCoBF 変化率

Yasargil ら¹⁰⁾の定義に従い、AVM の最大径が 4 cm 以上の large AVM と 4 cm 未満の small AVM に分けて LCoBF 変化率との関係を検討した結果が **Table 1** である。LCoBF 変化率の増加を認めた症例は、large AVM が 5/12 症例、small AVM が 6/12 症例であり、両者に有意差はなかった。また、表在性 AVM 16 例にだけかぎり検討した結果でも、LCoBF 変化率の増加を認めた症例は、large AVM が 6/8 症例、small AVM が 5/8 症例であり、両者に有意差は認めなかった。

3 術後 ICP と AVM 摘出前後の LCoBF 変化率

Fig. 2 は、術後に ICP を測定した 12 例について

Fig. 2 Relationship between the postoperative ICP and the LCoBF

Table 2 Relationship between the postoperative course and the LCoBF

LCoBF	Postoperative hemorrhaging and/or brain swelling assessed by CT. Also by ICP recording with neurological deficits	
	(+)	(-)
Increased (N=11)	1	10
No change or a decrease (N=13)	0	13
Total	1	23

LCoBF: local cortical blood flow

LCoBF 変化率と術後 ICP との関係を示している。LCoBF 変化率が 50%, 160% とかなり上昇した症例でも、術後の ICP は 25 mmHg 未満で安定していた。LCoBF 変化率が 27% に増加した 1 例のみが、術後 3 日目に ICP が 25 mmHg 以上に上昇した。対象としたすべての症例について術後に CT が施行されているが、術後出血が認められたのは ICP が 25 mmHg 以上に上昇したこの 1 症例のみであった。この症例の出血については hemorrhagic venous infarction が原因であるとすでに報告している⁷⁾。それ以外の症例においても術後に hemodynamic complication が問題となった症例は認めなかった (Table 2)。

考 按

AVM 摘出前後の脳出血、脳腫脹の原因として、① AVM の残存⁶⁾¹⁰⁾、② NPPB⁸⁾、③ insecure hemostasis

with a high pressure afterload³⁾、④ overload phenomenon⁹⁾、⑤ 静脈還流障害⁷⁾などさまざまな原因が考えられている。特に、Spetzler が提唱した NPPB が出血の原因として注目されている。AVM 周囲の慢性的な乏血状態に曝された脳組織は autoregulation を失っており、このような脳組織に AVM 摘出前後、急激に脳血流量が増加するために出血または脳腫脹をきたすというのが NPPB の概念である。しかし、NPPB に関しては、その存在を疑問視する報告もある¹⁰⁾。したがって、AVM の摘出術中に実際に脳血流を測定することによって、このような概念と術中、術後の脳腫脹、脳出血との関連性を検討する必要がある¹⁵⁾。Peltier stack を用いた脳皮質血流測定は測定範囲は制限されるものの、リアルタイムに血流量が示されるために、術中の LCoBF の変動をみるためのモニターとしてその有用性は大きい²⁾。

この Peltier stack を用いた今回の検討では、AVM 摘出後 LCoBF の増加例と、不変例および減少例がみられた。摘出後 LCoBF の増加する症例は、表在性 AVM では 16 例中 11 例と高頻度であった。AVM によってシャントされていた血流が摘出後、周囲の脳組織に還流するために AVM のみならず、正常脳へも血液供給を行う、いわゆる transit feeder を術中に犠牲にしなければ、これら表在性 AVM 摘出後に皮質血流が増加することは当然考えられる現象である。今回の検討では、LCoBF の増加は従来から NPPB をきたしやすいとされる大きな AVM に限定した現象ではなく、4 cm 未満の AVM にもほぼ同程度の頻度で認められた (Fig. 1, Table 1)。また、術後 ICP 測定、画像所見から判定した脳腫脹、脳出血と術中の LCoBF の増加との間にも有意な関連性は得られなかった (Fig. 2, Table 2)。すなわち摘出後、50%, 160% と LCoBF の上昇率が高かった 2 例も、出血性の合併症や脳腫脹はなかった。唯一の脳出血例は LCoBF 増加率が 27% を示し、AVM 摘出 3 日後に出血し、静脈還流障害として報告した 1 例のみであった⁷⁾。すなわち、今回の検討では表在性 AVM の摘出後の周囲脳の LCoBF の増加はしばしばみられる現象であり、AVM 摘出後の脳血流量増加が直ちに術後出血、脳腫脹に直結するという結果は得られなかった。

今後、動脈系の血行力学的合併症を論ずるには LCoBF の上昇に加えて、摘出後の流入動脈圧の上昇率などを加味して、合併症を予測し対処すること¹⁾が大切であろう。術後の出血性の合併症の原因として NPPB が中心的な考えになりつつあるが、その原因は従来考えられていたよりも多彩である。基本的にはまず残存 AVM を除外し⁶⁾、さらに insecure hemostasis with a

high pressure afterload³⁾ など動脈系の血行力学的合併症に加えて、静脈系の還流障害⁷⁾も十分に考慮すべきである。なお, LCoBF 不変または減少例の多くは深在性の AVM であり, 本方法による血流測定が深部の血流動態を反映しない可能性と, 深部の AVM 摘出時の脳圧排による血流減少を反映している可能性が考えられる。

文 献

- 1) Barnett GH, Little JR, Ebrahim ZY, Jones SC, Friel HT : Cerebral circulation during arteriovenous malformation operation. *Neurosurgery* **20** : 836-842, 1987.
- 2) Carter LP, Erspamer R, Bro WJ : Cortical blood flow : thermal diffusion vs isotope clearance. *Stroke* **12** : 513-518, 1981.
- 3) Drake CG, Friedman AH, Peerless SJ : Posterior fossa arteriovenous malformation. *J Neurosurg* **64** : 1-10, 1986
- 4) 端 和夫 : Large AVM の手術の問題点. 脳血管外科のフロンティア. 第 6 回 The Mt. Fuji Workshop on CVD **6** : 193-203, 1988
- 5) Leblanc R, Little JR : Hemodynamics of arteriovenous malformations. *Clin Neurosurg* **36** : 299-317, 1988.
- 6) 宮坂佳男, 田中柳水, 田中千彦, 常盤嘉一, 北原行雄, 入倉克巳, 倉田 彰, 斎藤元良, 遠藤昌孝, 中山賢司, 森井誠二, 矢田賢三, 北原孝雄, 大和田隆 : 大型 AVM の手術成績に関連する諸因子と対策. 脳卒中の外科 **18** : 215-256, 1990.
- 7) Miyasaka Y, Yada K, Ohwada T, Kurata A, Tokiwa K, Suwa T, Yamada M, Oka H : Hemorrhagic venous infarction after excision of an arteriovenous malformation : Case report. *Neurosurgery* **29** : 265-268, 1991.
- 8) Spetzler RF, Wilson CB, Weinstein P : Normal perfusion pressure breakthrough theory. *Clin Neurosurg* **25** : 651-672, 1978.
- 9) 杉田虔一郎, 竹前紀樹 : Large AVM の手術. *Neurosurgery* **7** : 35-41, 1988.
- 10) Yasargil MG : *Microneurosurgery III*. A. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag, Thieme Medical Publishers Inc, 1987, pp. 85-138, pp. 213-239.

要 旨

脳動静脈奇形摘出術中の脳皮質血流量

田中 柳水 宮坂 佳男 常盤 嘉一

Arteriovenous malformation (AVM) 摘出術後の出血性の合併症の原因として, normal perfusion pressure breakthrough (NPPB) が中心的な考えになりつつあるが, その原因は従来考えられているよりも多彩である。そこでわれわれは, AVM 摘出術において AVM 周囲の術中皮質血流量 (LCoBF) を測定し, AVM 摘出術前後の LCoBF 変化と hemodynamic complication (breakthrough hemorrhage, breakthrough swelling) との関連性について検討した。今回のわれわれの検討では, AVM 摘出後の AVM 周囲の脳血流量増加が直ちに術後出血, 脳腫脹に直結するという結果は得られなかった。

脳外誌 1 : 256-259, 1992