症例報告

流入動脈塞栓術後に摘出術を行なった AVM 症例の TCD 所見

高崎勝幸¹ 広畑 優¹ 安陪等思² 徳富孝志¹ 重森 稔¹¹ 久留米大学脳神経外科² 久留米大学放射線科

TCD Findings in a Patient with AVM Undergoing Resection after Feeder Embolization

Katsuyuki TAKASAKI¹, Masaru HIROHATA¹, Toshi ABE², Takashi TOKUTOMI¹, Minoru SHIGEMORI¹¹ Department of Neurosurgery, Kurume University School of Medicine² Department of Radiology, Kurume University School of Medicine

We report a case with AVM who was studied by TCD and SPECT to evaluate the hemodynamic changes before and after treatment (feeder embolizations followed by surgical resection). A 23-year-old man was admitted to our hospital with convulsive seizures. Preoperative cerebral angiogram showed left parieto-occipital AVM fed from the MCA and PCA branches. A preoperative SPECT study showed decreased blood flow in the area surrounding the AVM. SPECT with acetazolamide challenge showed a decrease of cerebrovascular response at the left parieto-occipital lobe. A TCD study showed an increase of the left middle cerebral artery mean flow velocity (MCaMFV) and a decrease of the pulsatility index (PI). TCD after hyperventilation (5 min) showed a decrease of the right MCaMFV and an increase of PI. Conversely, left MCaMFV and PI were not changed. These findings indicated a potential risk of post-operative hyperemic complications from a single-stage resection of the AVM. We performed feeder embolization (TAE) as the first step. SPECT with acetazolamide challenge showed improvement of the cerebrovascular response at the parieto-occipital lobe. A TCD study after embolization also showed a decrease of the left MCaMFV and an increase of PI. The changes in mFV and PI after hyperventilation returned to the normal response. Surgical resection was performed uneventfully one week after embolization and the patient returned to normal life. TCD is a useful monitoring tool to evaluate hemodynamic changes and guide the selection of the optimum surgical treatment of high flow AVM.

Key words : AVM, TCD, hyperventilation

はじめに

脳動静脈奇形 (AVM), 特に large high-flow AVM では nidus 周囲の正常脳組織は慢性的な虚血のために脳血管が拡張し脳血管自動調節能を失った状態にある. このような症例に対して一期的な AVM 摘出術を施行すると nidus 摘出の最終段階で完全に拡張して自動調節能を失った血管が hyperemia の状態になり急激な脳腫脹を引き起こす normal perfusion pressure breakthrough (NPPB) 発生の可能性が高い^{5, 11)}. そのため術前に, nidus 周囲の正常脳組織の血流動態を把握することは治療方針を決定するうえで非常に重要である^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12)}. Single photon emission CT 検査 (SPECT)⁵⁾ 過呼吸負荷前後の transcranial Doppler 検査

(TCD)^{1, 2, 3, 4, 12)} は nidus 周囲の脳血管反応性の障害の有無や程度を知るのに有用である. 今回我々は high flow AVM 症例に対して術前の TCD, SPECT の結果, 一期的な nidus 摘出術では NPPB 発生の可能性^{5, 11)}が高いと考えられたため, 多段階の流入動脈塞栓術後に摘出術を行い良好な結果を得た症例を経験した. そこで症例を提示し, nidus 周囲の正常脳組織の脳血流動態把握における TCD 検査の有用性を中心に報告する.

症 例

症例は 23 歳, 男性. 痙攣にて発症し近医を受診した. MRI にて左頭頂後頭葉の AVM の診断で当科に入院となった. 神経学的に異常所見は認めなかった. すでに抗痙攣剤を内服

Reprint request

広畑 優 : 〒830-0011 久留米市旭町 67 久留米大学脳神経外科

Masaru HIROHATA : Department of Neurosurgery, Kurume university school of medicine, 67 Asahi-machi, Kurume 830-0011, Japan

[Received January 17, 2000 ; Accepted July 26, 2000]

Fig.1 Pretreatment left CAG (a, b, c, d) showing an AVM in the left parieto - occipital region fed by the enlarged posterior parietal artery (arrow), and the angular artery(double arrow), with draining into the superior sagittal sinus (arrowhead). The left ACA cannot be detected and the flow of other MCA branches is reduced.

Pretreatment left VAG(A - P view : e)showing the feeding artery from the calcarine artery (arrow)and the posterior temporal artery (double arrow).

Pretreatment right CAG(A - P view : f)showing cross - filling to the left MCA through the anterior communicating artery (arrowhead).

してた状態であったが入院後の脳波所見では特に異常を認めなかった。脳血管撮影では左内頸動脈撮影(CAG)では左中大脳動脈(MCA)を、また左椎骨動脈撮影(VAG)では左後大脳動脈(PCA)を流入動脈とし、上矢状静脈洞に還流するAVMを認めた。また左CAGでは前大脳動脈(ACA)は描出されておらず、流入動脈以外のMCA分枝の描出は不良であった。また右CAGでも前交通動脈を介してAVMへの血流を認めた。Nidusの大きさは32mmであり、Spetzler & Martin grade¹⁰⁾Ⅲと診断した(Fig.1)。^{99m}Tc-ECDを核種としたSPECT検査(E-CAM シーメンス社)ではnidus周囲の頭頂葉から後頭葉の血流は低下していた。Acetazolamide(DiamoxR)負荷後SPECTではより広い範囲で脳血管反応性の低下を認めた(Fig.2)。TCD検査(TC2-64:EME社)では患側MCAの平均血流速度(MCA mean flow velocity: MCAmFV)は146cm/sec, pulsatility index (PI)は0.46であった。反対側と比較するとMCAmFVは著明に上昇し、PIは低下していた。さらに5分間の過呼吸負荷後にMCAmFV, PIを測定した。健側では過呼吸負荷によりMVAmFVは34%低下しPIは72%増加した。しかし患側ではmFVは5%低下、PIも26%上昇したのみで過呼吸負荷に対する反応性の

低下が認められた(Table 1)。以上の結果より、nidusへの盗血により特に左MCA領域の血管はいわゆるmaximun vasodilatationの状態にあると考えられた。そこで一期的なAVMの摘出術はNPPBを引き起す危険性があると考え、開頭手術にさきだって多段階の流入動脈の塞栓術を施行した。

1. 脳血管内手術

全身ヘパリン化の上、全身麻酔にて手術を行なった。流入動脈内にeddy microcatheter (Target社)を誘導した。塞栓物質はliquid coil (Target社)とpoly vinyl alcohol (PVA)粒子を用いた。1回目の塞栓術でMCA領域の流入動脈を塞栓した。4日後にPCA領域の流入動脈を塞栓した。塞栓術後の脳血管撮影では左CAGではAVMは描出されず、術前は描出されなかった左前大脳動脈が描出され、左中大脳動脈の描出にも改善を認めた。左VAGでもnidusの一部が造影される程度に血流は低下した(Fig.3)。塞栓術後に右上四分の一の半盲が出現した。術後のSPECT検査では、術前見られた患側の頭頂葉から後頭葉の血流低下は認めず、Diamox^Rの反応性も改善した。TCD検査では患側のMCFVは86cm/secまで低下し、PIは0.99に上昇した。過呼吸負荷による反応性も改善した(Table 1)。以上の結果より、nidus摘出によ

Fig.2 : Pretreatment SPECT(A : resting, B : after acetazolamide challenge) showing the decreased CBF at the left parieto - occipital region.

SPECT after embolization (C : resting, D : after acetazolamide challenge) showing the improvement of CBF in the area surrounding the AVM.

	Initial		Post embolization		Post resection	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Resting MCAmFV (cm/sec) /PI	66/0.87	146/0.46	58/1.09	86/0.99	86/0.98	94/1.00
After HV MCAmFV (cm/sec) /PI	43/1.5	138/0.58	42/1.77	46/1.77	36/1.99	56/1.77
%of change	-34/+72	-5/+26	-27/+62	-46/+79	-45/+103	-40/77

Table 1 : TCD findings before and after hyperventilation.

Initial left MCAmFV and PI were 146 cm/sec and 0.46. The mFV was double, and the PI was half, that of the right side. The right MCAmFV decreased by 34% and the PI increased by 72% after hyperventilation (HV). However, the responses of the left MCAmFV and PI to hyperventilation were significantly lower than those of the right side. After the embolization, the difference between the two sides decreased and the responses to hyperventilation improved. After the surgical resection of the AMV, the left mFV was still a little higher than that of the right side (94 cm/sec vs 66 cm/sec), but the responses to hyperventilation were almost the same on both sides.

る NPPB の可能性は少ないと判断し 2 回目の塞栓術より 7 日目に AVM 摘出術を行なった。

2. AVM 摘出術

手術は右半腹臥位で頭頂後頭開頭を行なった。硬膜切開後脳表にコイルで塞栓された流入動脈が確認された。塞栓された流入動脈に沿って nidus を周囲脳より剥離した。Nidus を深部白質から剥離するさい白質の細動脈よりの流入血管をみとめたが、容易に凝固剥離が可能であり nidus を全摘出

しえた。術中出血量も 230cc と少なく術後にも新たな神経脱落症状は見られなかった。術後の TCD 検査では左 MCAmFV は 94cm/sec, PI は 1.00 と塞栓術後と変化なく、過呼吸負荷に対する反応性も左右差は認めなかった (Table 1)。脳血管撮影で nidus の全摘出が確認された (Fig. 4)。神経学的には不完全な右上四分の一盲を残したが独歩にて自宅退院となった。

Fig.3 The left CAG after the second embolization showing marked decrease of the AVM.
The left ACA can be detected and flow of other MCA branches is improved.

Fig. 4 The left CAG and VAG after surgical resection showing complete disappearance of the AVM.

考 察

頭蓋内 AVM の nidus は low resistant であるため AVM に流入する血流量は著明に増加し mFV は上昇し PI が低下することが知られている^{1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12)}。流入動脈の mFV, PI を測

定した過去の文献的には mFV, PI それぞれ $113 \pm 40 \text{ cm/sec}$, $0.61 \pm 0.13^{7)}$, 134 cm/sec , $0.44^{6)}$, $96.3 \pm 29.4 \text{ cm/sec}$, $0.6 \pm 0.18^{1)}$ などである。またこのような mFV や PI の変化は AVM の大きさに比例していることが知られている^{4, 8)}。した

がって large high-flow AVM では周囲の正常脳組織は慢性的な低還流状態となり脳虚血による進行性の神経脱落症状を呈する症例が存在する^{6, 7, 8)}。TCD 検査で AVM 周囲の正常脳組織の低還流状態をどの程度判断しうるかについては Lindergaard ら⁶⁾は mFV が上昇し PI が低下している症例は周囲脳組織は慢性的な虚血に陥っている可能性が高いと報告している。また Manchola ら⁷⁾は実際に脳虚血症状を有する症例では症状を示さない症例と比較して有意に mFV が高いと報告している。また正常脳では過換気負荷により PaCO₂ の低下させることで脳血管が収縮するいわゆる脳血管反応性が存在する⁹⁾。この反応を利用して TCD 検査で脳血管反応性の変化を測定することが可能である。De Salles ら¹⁾は健康人に対して過換気負荷を行い end-tidal arterial CO₂ pressure を約 15mmHg 低下させた前後の MCmFV を測定し mFV は約 35% 低下、また Ringelstein ら⁹⁾も同様に健康成人をつかい過換気負荷前後で end-tidal CO₂ Vol% を 2% 低下させることで mFV は 35% 低下すると報告している。今回我々は 5 分間の過換気負荷で健側の mFV は 35% 低下していることより過換気負荷中の PaCO₂ の変化は測定してないが 5 分間の過換気負荷は脳血管反応性を調べる検査としては妥当と考える。AVM の流入動脈での過換気負荷前後の mFV の変化としては、Lindergaard ら⁶⁾は過呼吸負荷の際の流入動脈を含む脳主幹動脈の mFV と PI の変化は認められなかったと述べている。Harder ら²⁾も PaCO₂ を変化させ流入動脈を含む MCA の mFV の変化を測定しているがやはり患側の MCmFV は変化を示さなかった。さらに Hassler ら³⁾は開頭術中に PaCO₂ を変化させた前後で microvascular Doppler sonogram の変化を観察している。その結果流入動脈では PaCO₂ を変化させても mFV, PI はほとんど変化しなかったと報告している。このように TCD 検査による流入動脈の mFV, PI の測定および PaCO₂ を変化させた際の変化を知ることで AVM 周囲の脳循環の状態を予測することが可能である。健康成人の MCmFV, PI はそれぞれ 55.4±13.5cm/sec, 0.85±0.16 とされている¹⁾。しかし本症例の left MCA の mFV は 146cm/sec, PI は 0.46 であり、過去の報告同様に mFV は上昇し PI は低下し^{1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12)}、過呼吸負荷での mFV と PI の変化^{1, 2, 3, 6)}は乏しかった (Table 1) ことから AVM 周囲脳は慢性的な虚血状態にあると判定された。

また SPECT 検査で AVM 周囲脳組織の血流低下、および DiamoxR 負荷後も同部に脳血流の増加を認めない症例は周囲脳組織の脳血管自動調節能が低下しており、摘出術後に NPPB が発生する可能正が高いとされている⁵⁾。本症例の術前の SPECT でも同様の所見が得られた (Fig. 2)。以上の TCD, SPECT 検査の結果から本症例に一次的な AVM 摘出術を行なうと NPPB の危険性があると考え、血管内手術に

より段階的に流入動脈の閉塞をおこなった。塞栓術後に mFV, PI と過呼吸負荷の反応は正常化し SPECT 検査でも同様に周囲脳の血流および血管反応性が正常化したことを確認し得た。そこでその後に安全に AVM 摘出術が行い得た。TCD 検査は非侵襲的でしかも繰り返し測定可能な利点もあり、AVM 症例では治療前の AVM 周囲の脳組織の循環動態の予測だけでなく、流入動脈塞栓術後の評価にも極めて有用であると考えられた。

文 献

- 1) De Salles, AAF, Manchola I: CO₂ reactivity in arteriovenous malformation of the brain: a Transcranial Doppler ultrasound study. *J Neurosurg* 80: 624 - 630, 1994
- 2) Harders A, Bien S, Eggert HR, Laborde G, Merland JJ, Rufenacht D: Haemodynamic changes in arteriovenous malformations induced by superselective embolization: transcranial Doppler evaluation. *Neurol - Res* 10: 239 - 245, 1988
- 3) Hassler W, Steinmetz H: Cerebral hemodynamics in angioma patients: an intraoperative study. *J Neurosurg* 67: 822-831, 1987
- 4) Kader A, Young WI, Spellman JP, Mast H, Scicca RR, Mohr JP, Stein MB: The influence of hemodynamic and anatomic factors on hemorrhage from cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery* 34: 801 - 807, 1994
- 5) 加藤庸子, 佐野公俊, 竹下 元, 外山 宏, 明石克彦, 早川基治, 神野哲夫: AVM 摘出前後の周辺脳, 脳循環動態からみた NPPB の発生予知 脳卒中の外科 23: 421 - 430, 1996
- 6) Lindegard KF, Grolmund P, Aaslid R, Normes H: Evaluation of cerebral AVM's using transcranial Doppler ultrasound. *J Neurosurg* 65: 335 - 344, 1986
- 7) Manchola IE, De-Salles AA, Foo TK, Ackerman RH, Candia GT, Kjvllberg RN: Arteriovenous malformation hemodynamics; a transcranial Doppler study. *Neurosurgery* 33: 556 - 562, 1993
- 8) Mast H, Mohr JP, Thompson JLP, Osipov A, Trocio SH, Mayer S, Young WL: Transcranial Doppler ultrasonography in cerebral arteriovenous malformations. Diagnostic sensitivity and association of flow with spontaneous hemorrhage and focal neurological deficit. *Stroke* 26: 1024 - 1027, 1995
- 9) Ringelstein EB, Ois SM: Physiologic testing of vasomotor reserve, in Newell DW, Aaslid R (eds): *Transcranial Doppler*. New York: Raven Press, 1992, pp83 - 99
- 10) Spetzler R, Martin NA: A proposed grading system for arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 65: 476 - 483, 1986
- 11) Spetzler RF, Wilson CB, Weinstein P, Mehdorn M, Towns J, Telles D: Normal perfusion pressure breakthrough theory (Chapter 46). *Clinical Neurosurg* 25: 651 - 672, 1978
- 12) Uggowitz MM, Kugler C, Riccabona M, Klein GE, Leber K, Simbrunner J, Quehenberger F: Cerebral arteriovenous malformations: diagnostic value of echo-enhanced transcranial Doppler sonography compared with angiography. *AJNR* 20: 101 - 106, 1999