電磁血流計による頭蓋内単一脳動脈血流測定とその応用

島 健・西田 正博*・岡田 芳和*・魚住 徹*・西村 茂**

Cerebral Arterial Blood Flow Measured with an Electromagnetic Flow Meter during Surgery

Takeshi SHIMA, Masahiro NISHIDA*, Yoshikazu OKADA*, Tohru UOZUMI* and Shigeru NISHIMURA**

Department of Neurosurgery, Chugoku Rosai Hospital, Kure; *Department of Neurosurgery, Hiroshima University, Hiroshima; **Department of Neurosurgery, Kitakyushu Yukawa Hospital, Kitakyushu

Abstract

Intracranial cerebral arterial blood flow was measured in 33 patients with an electromagnetic flow meter to investigate the hemodynamic state during surgery for cerebrovascular disease. These cases were composed of 25 intracranial aneurysms, 1 arteriovenous malformation, 1 hemangioblastoma, and 6 STA-MCA anastomosis. Specially designed probes were made and an electromagnetic flow meter with the auto-zero balance system was used to facilitate measurement of the cerebral arterial blood flow. A probe with an appropriate size and sensitivity was applied to the carefully exposed cerebral artery. Blood flow could be measured in the internal carotid artery (ICA) (14 cases), M₁ (7 cases) and M₂ portion (3 cases) of the middle cerebral artery (MCA) and in the superficial temporal artery (STA) after bypass surgery. The collateral potential of the circle of Willis was evaluated from the changes in MCA blood flow following test occlusion of the ICA in 2 cases. The effects of brain retraction (8 cases) and induced hypotension with ATP infusion method (8 cases) were also studied.

The mean arterial blood flow in the ICA, M₁ and M₂ portion of the MCA were 144 ml/min, 81 ml/min, and 28 ml/min, respectively. The anastomotic blood flow in the STA was 27 ml/min on the average. Test occlusion of the ICA demonstrated the patient's collateral capacity through the anterior and posterior communicating arteries in each case. Induced hypotension showed that the arterial blood pressure threshold of the autoregulatory response was 58 mmHg in normotensive patients. Brain retraction, ranging from 150 to 300 mmH₂O (average 250 mmH₂O), decreased blood flow by approximately 20 percent of the control value.

It was suggested that the specially designed probes and electromagnetic flow meter could investigate the intracranial arterial blood flow during surgery without any serious side effects. Measurements of the cerebral arterial blood flow with this method gave important clues to the management of the main cerebral arteries and to the protection of the brain from ischemic insult.

Key words: electromagnetic flow meter, cerebral aneurysm, induced hypotension, cerebral blood flow, collateral circulation

I はじめに

脳血流測定には、最近では¹³³Xe 内頸動脈注入法による大脳半球の局所脳血流測定法から、侵襲の少ない¹³³Xe 吸入法が普及しつつある。一方、非侵襲的な超音波 Doppler

法による脳血管障害患者の血流動態の検索も進められている。これに対し、もっとも定量的な血流測定方法として古くから知られている電磁血流計は、血管を露出しなければならないという欠点があるため、頸部手術症例での頸部脳動脈への応用に限られていた。しかし近年、電磁血流計に

中国労災病院脳神経外科 *広島大学脳神経外科 **北九州湯川総合病院脳神経外科

Address reprint requests to: T. Shima, M. D., Department of Neurosurgery, Chugoku Rosai Hospital, 1, 477 Hiromachi, Kure 737-01.

受稿 1983年1月10日 受理 1983年4月8日

はデジタル化，血流ゼロレベルの自動化，および安定性の向上などの改良が加えられ，その操作もきわめて容易になってきている。

我々は，この電磁血流計のプロープにさらに改良を加え，脳深部脳動脈に装着できるようにした。本論文では，主として脳動脈瘤手術時での電磁血流計による単一脳動脈の血流測定により血流動態を検索したので，若干の考察を加えたい。

II 対象および方法

対象は，1973年11月から1980年4月までの間に，広島大学脳神経外科および関連病院で手術を行った脳動脈瘤25例，脳動静脈奇形・hemangioblastoma 各1例，およびSTA-MCA 吻合術を行った6例の計33例である。

脳動脈瘤症例はいずれもクモ膜下出血で発症し，手術時のgradeはHunt & Kosnikの分類でGrade I 18例，Grade II 5例，Grade III 2例である。25例以外に7例で血流測定を試みたが，強い動脈硬化や脳腫脹のため中止した。脳動脈瘤は，GOF 麻酔で全例手術顕微鏡下にpterional approachでneck clippingを行った。なお前交通動脈瘤は，dominantな前大脳動脈(A₁)を有している側からapproachし，術中動脈瘤の破裂が予想された症例では，ATP(500 mg/500 ml，アデホスコワ®)点滴静注法によるinduced hypotensionを利用した¹¹⁾。

血流計は，自動ゼロレベル補正回路を内蔵した電磁血流計 model MF-27 (日本光電)を用いた^{9,12)}。プロープは，Fig. 1に示すような頭蓋内脳動脈に装着しやすいように我々が形状を改良した1，1.25，1.5，2.0，2.5，3.0，3.5φの径で流量に適合した感度を有するものを用いた¹²⁾。脳深部血流測定には，プロープを装着するのに視野が狭いこ

とや，装着する内頸動脈，中大脳動脈および前大脳動脈のいずれからも分枝している穿通枝の損傷が重要な問題点である。したがってプロープ作製にあたっては，プロープ本体が視野の妨げにならない程度の大きさで，直接血管に装着する部分の幅はできるだけ狭く，しかも血管への装着や離脱が容易に行えるように開口部(slit)を大きくする，などの注意を払った。さらに，中大脳動脈起始部(M₁部)，前大脳動脈のA₁部は，術野では手前に上がってきたり横走するような位置となるため，プロープを血管へ装着する部分が手術顕微鏡下で十分確認できるようにプロープ本体に10~20°の角度をつけた。Fig. 2は，3φのプロープを内頸動脈に装着した状態を示している。血流測定は，穿通枝の出ている場所ではできるだけ行わないように，たとえば内頸動脈では後交通動脈と前脈絡動脈分枝部の間にプロープを装着した。プロープ装着後は，機械的刺激による攣縮の予防およびプロープと血管との適合をよくする目的で，10倍希釈した塩酸パパペリンの局所塗布を行った。血流波形は，カニューレーションによる動脈血圧とともにポリグラフ上に同時記録した。血流の変化を検索する目的でのtemporary occlusionは，マイクロピンセットで血管を一時遮断した。STA-MCA 吻合術例では，浅側頭動脈の前頭枝または頭頂枝にカニューレーションを行い，血圧測定を行った。浅側頭動脈の本幹部に1.5~2.0φで50 ml/minの感度のプロープを装着して血流測定を行い，全身動脈血圧，浅側頭動脈血圧，吻合部血流量の同時記録を行った。さらに一部の症例では，脳ベラによる脳圧迫の脳血流に及ぼす影響を検索する目的で，脳ベラと脳表の間にLadd社製の頭蓋内圧測定用センサーを挿入し，retraction pressureの測定と同時に脳血流量を記録した。

Fig. 1 Specially designed electromagnetic flow probes, with diameter 1.25, 2.0, 2.5, 3.0 mm, respectively, from the left.

Fig. 2 Operative field shows a probe applied to the internal carotid artery (IC). ACA indicates anterior cerebral artery; SP, spatula; FL, frontal lobe; II, optic nerve.

III 結 果

1. 頭蓋内単一脳動脈の平均血流量

内頸動脈血流はTable 1のごとく, 14例で19回の測定を行い, 100~240 ml/min, 平均 144 ml/min を示した. 血流測定時の平均動脈血圧は 98 mmHg であった. Fig. 3Aは, 内頸動脈血流の代表的血流波形を示しており, 鋭い systolic notch とそれに引き続く diastolic notch が明瞭である. 一方, 中大脳動脈本幹部で調べた7例の血流量は, 50~100 ml/min, 平均 81 ml/min を示し, 血流測定時の平均動脈血圧は 94 mmHg であった. Fig. 3B は代表的な中大脳動脈血流波形であるが, 内頸動脈血流波形に比して systolic notch は鋭さが減じている. 3例で測定した中大脳動脈分枝部 (M_2 部) の平均血流量は, 28 ml/min で M_1 部の約1/3であった (Fig. 3C). 中大脳動脈領域の脳表動脈での血流を 1.0φ, 20 ml/min の感度のプローブを用いて3例で測定した. その平均血流量は 8 ml/min であった.

一方, 4例で測定した前大脳動脈 A_1 部の血流量は平均 52 ml/min で, 血流測定時の動脈血圧は平均 96 mmHg であった. これらのうち, hypoplastic な A_1 部で測定した血流量は 30 ml/min と低値であった.

STA-MCA 吻合術後浅側頭動脈本幹部で測定した bypass flow の平均値は 27.1 ml/min で, 血流測定時の平均動脈血圧は 100 mmHg であった (Fig. 4).

2. 頭蓋内脳動脈一時遮断による内頸動脈血流の変化

A_1 部や M_1 部の temporary clipping による内頸動脈血流の変化を, 9症例10回の測定で検討した. Fig. 5A は A_1 部を一時遮断したときの同側内頸動脈血流の変化を示しているが, 迅速な血流減少が明らかである. 内頸動脈血流は, 133±40 (mean±SD) ml/min から A_1 clipping により平均 41±20 ml/min (32±13%) の減少をきたし, 平均 92±38 ml/min となった. しかし, 血流減少量は 20~85 ml/min, 減少率では 12.5~50% と症例によりかなりの差がみられた. 2例を除くと, いずれも dominant A_1 を有している側の内頸動脈血流を測定していることから, かなりの

Table 1 Blood flow values in the main cerebral arteries measured with an electromagnetic flow meter

Applied site of probe	No. of cases	No. of measurements	Blood flow (ml/min)	MABP (mmHg)
ICA	14	19	144.3±39.0	98.6±15.0
MCA (M_1)	7	9	81.1±19.8	94.0±16.8
MCA (M_2)	3	4	27.7±10.0	94.5±6.4
MCA (M_2)*	1	1	80.0	98.0
MCA (M_4)	3	3	8.0±0.5	105.0±7.1
ACA (A_1)	4	5	52.0±14.4	96.0±16.7
PICA	1	1	12.5	106.0
STA**	6	6	27.1±2.2	100.0±11.0

MABP indicates mean arterial blood pressure; ICA, internal carotid artery; ACA, anterior cerebral artery; MCA, middle cerebral artery; PICA, posterior inferior cerebral artery; STA, superficial temporal artery; * feeder of the arteriovenous malformation, ** STA-MCA anastomosis.

減少をきたしたものと考えられる. さらに, 中大脳動脈領域の vascular bed の大きさや, 脳ベラの retract の影響も考慮に入れる必要があろう. 一方, M_1 部の一時遮断による同側内頸動脈血流の変化を7例で検討した. M_1 部遮断後の血流量は平均 73±30 ml/min であり, 42±18% の減少率を示した. また, 血管写上 anterior cross circulation の比較的良好な2例で中大脳動脈 (M_1 部) の血流を測定し, 同側内頸動脈の一時遮断の影響を検討した. Fig. 5B にその1例を示すが, 遮断により血流量が 82.5 ml/min から 56.5 ml/min に約30%減少し, 遮断解除後の血流は明らかな増加を示した. これらのことより, 内頸動脈や中大脳動脈血流を測定しながら他の主幹動脈を一時遮断することにより, collateral circulation の良否を判断できることが示唆された.

3. 脳ベラによる脳 retraction の脳血流への影響

1・2で述べた内頸動脈, 前大脳動脈, 中大脳動脈の血流量は, いずれも脳ベラで脳を retract した状態で測定した値である. しかし脳 retraction は, 脳血流にかなり影響を及ぼしているものと考えられる. そこで脳動脈にプロ

Fig. 3 Typical pulsatile blood flow patterns recorded from the internal carotid artery (ICF) (A), M_1 (B) and M_2 (C) portion of the middle cerebral artery (MCA, F). SBP indicates systemic blood pressure.

Fig. 4 Anastomotic blood flow (STA-MCA.F) and side pressure (STA-MCA.P) recorded from the superficial temporal artery after STA-MCA anastomosis.

Fig. 5 A: Temporary occlusion of the A₁ portion produces a significant decrease in the unilateral internal carotid flow (IC.F) B: Effects of temporary occlusion of the internal carotid artery (IC) on the middle cerebral artery flow (MCA.F) occl indicates occlusion; rel, release.

Fig. 6 Induced hypotension produces insignificant changes in the middle cerebral artery flow (MCA.F). Period of infusion of ATP indicated by arrows. Pulseless portion of the graph indicates averaged values. SBP indicates systemic blood pressure.

ープを装着した状態で、脳ペラによる脳圧迫の脳動脈血流への影響を操作後10分以内の変化で検討した。8例における10回の測定では、retraction pressureは平均 253 ± 54 mmH₂O (150~300 mmH₂O)で、血流は平均 $21 \pm 8.8\%$ 減少した。このうち内頸動脈で測定した5例では、平均 $16 \pm 4.8\%$ の血流減少しか認められなかったのに対し、中大脳動脈で測定した3例では、平均 $30 \pm 6.1\%$ の減少が認められた。しかし retraction pressureの程度と血流減少度については、症例も少なく細かい検討はできなかった。

4. ATP点滴静注法による induced hypotension の脳動脈血流に及ぼす影響

内頸動脈(7例)や中大脳動脈(1例)で、血流を測定しながらATP点滴静注法により平均動脈血圧を約30~40%下げ、autoregulatory responseを調べた。Fig. 6にその1例を示す。平均動脈血圧は約110から70 mmHgに低下しているが血流はほぼ一定であり、十分な autoregulatory responseを示している。術前正常血圧の範囲にあった6例では、平均動脈血圧が58 mmHgで autoregulatory responseの消失がみられたが、術前高血圧症を有していた2

例では、85 mmHgが autoregulatory responseの下限であった。なお症例はいずれも脳動脈瘤症例で、gradeはI・IIであった。

5. 合併症

術後の死亡例はなく、2例で血管操作によると考えられる一過性の不全麻痺を認めたが、いずれも軽快した。

IV 考 察

臨床例で最初に頭蓋内単一脳動脈血流を定量的に測定したのはNornesで、内頸動脈海綿静脈洞瘻症例での頭蓋内内頸動脈血流を電磁血流計で測定したものである⁵⁾。この報告後、彼はさらに脳動脈瘤の手術時にも脳主幹動脈の血流測定を行い、血流動態の検索をしている^{6,7)}。しかし、彼の使用した電磁血流計(Nycotron, Lier, Norway)が血流ゼロレベルの自動化機構を内蔵していないため、血流量を定量的に知るためには、そのつどプローブを装着した血管の遠位部を一時的に遮断してゼロレベルを決める必要があった。この脳動脈遮断は一時的ではあるが煩雑であり、しかも危険を伴うものである。加えて、頭蓋底部の単一血管

の血流を電磁血流計で測定する場合、広い視野が得られない、重要な穿通枝が存在する、血管内膜を損傷するおそれがある、機械的血管攣縮を発生させる可能性がある、などの問題がある。したがって、これまでの電磁血流計による脳血流測定は主として研究室レベルで行われてきた^{8,10,14)}。一方、我々が用いた日本光電で開発された電磁血流計 MF-27型、および最近さらに小型化された MFV-100型、MFV-1200型は、血管を直接・機械的に閉塞することなく血流ゼロレベル(non-occlusive zero)を求めることができるゼロ安定化回路が採用されている⁹⁾。さらに漏電流0.5 μ A以下、デフィブリレーター保護回路内蔵など、きわめて高い電氣的安定性を有している。プローブは、頭蓋内深部の脳主幹動脈に装着するため、おのおのの血管径に良く適合した小型で高感度なものでなくてはならない。我々は、日本光電の協力のもとに種々の大きさのプローブを作製した¹²⁾。この結果、内頸動脈血流測定用には3.5~2.5 ϕ 、中大脳動脈には2.0~1.5 ϕ 、前大脳動脈には2.0~1.5 ϕ の大きさで、プローブ本体に曲がりをつけたものが使いやすかった。

本研究での頭蓋内各主要血管の平均血流量は、内頸動脈で144 ml/min、中大脳動脈で81 ml/min、前大脳動脈で52 ml/minであった。これらの値はいずれも、Nornes らが報告している内頸動脈血流量144 ml/min、中大脳動脈血流量97 ml/min、前大脳動脈血流量65 ml/minと良く一致していた⁹⁾。しかし内頸動脈や前大脳動脈血流量に関しては、同側の前大脳動脈の発達程度によりかなり異なってくる可能性が大きく、今後さらに詳細な検討が必要と考えられる。

脳外科的疾患、たとえば内頸動脈海綿静脈洞瘻(CCF)、内頸および中大脳動脈領域の巨大動脈瘤、内頸動脈をinvolveしている脳腫瘍などの外科的治療に際して、一側の内頸動脈を遮断せざるをえない場合がある。このような場合、術中電磁血流計を用いて中大脳動脈血流を定量的に測定すれば、内頸動脈遮断時のcross circulationの良否を含めた血流動態が把握でき、治療方針を決定するのに好都合である。Nornes⁹⁾らは、CCF患者で瘻に流れ込む血流量から内頸動脈のtrappingの安全性の是非を決めている。

一方、脳動静脈奇形などの異常な血流動態の検索においても、本法による脳動脈血流の測定は有用である。たとえば、中大脳動脈分枝部(M₂部)の血流量は平均28 ml/minで、中大脳動脈本幹部(M₁部)の約1/3であった。このような中大脳動脈領域の血流分配状態に対して、脳動静脈奇形のfeederとなっていた中大脳動脈分枝部(M₂部)における血流量は約80 ml/minであり、M₁部に一致した血流量がstealされていることが明らかにできた。

脳ベラによる脳のretractionは、脳動脈瘤などの手術に際してもっとも重要な操作であるが、その脳循環に対する影響の臨床的研究はほとんどない。本研究で脳ベラによるretraction pressureと脳動脈血流量との関係を検索したところ、平均250 mmH₂Oのretraction pressureにより血流量は約20%減少していた。Bennett ら¹⁾は、動物実験で脳ベラによるretraction pressureの脳機能に及ぼす影響を、体性感覚誘発電位(SEP)を指標として検索している。その結果、30 mmHg以下の圧で1時間retractした場合SEPは26%以内の低下にとどまり、40~50 mmHgでは50%の低下をきたしている。さらに、induced hypotensionにより平均動脈血圧を50 mmHgまで低下させた状態では、10~20 mmHgのretraction pressureでもSEPは50%以下になり、脳組織に不可逆的な変化が生じていることを明らかにし、SEPの記録が脳機能の良い指標になることを示唆している。

脳血流量とSEPなどの脳機能の指標との関係は、多くの動物実験や臨床例で報告されており、正常状態の脳血流量の30~40%が、明らかな脳機能障害を生じるcritical levelとされている^{2-4,9,10,18)}。以上の事実から考えると、本研究でのretraction pressure 200~250 mmH₂Oによる脳動脈血流の約20%の減少は、脳機能をほとんど変化させないかもしれないと思われる。しかし、クモ膜下出血後で脳循環障害が少なからず生じている患者などでは、脳のretractionの影響は正常脳を圧迫するよりも著明な脳循環障害を生じるとも推察でき、術中の脳ベラによる脳のretractionはできるだけ軽度にとどめるとともに、本法を用いてretraction pressureを術中検討してみることも重要と考えられる。

我々は、ATP点滴静注法¹¹⁾によるinduced hypotension時のautoregulatory responseを調べたが、大多数の症例で動脈血圧が平均約60 mmHgに低下するまで血流は一定に維持されていた。しかし術前高血圧症を有していた2例では、autoregulatory responseの下限は約85 mmHgとやや上昇していた¹⁵⁾。Nornes ら⁷⁾は、trimethaphan camsylate(Arfonad)によるinduced hypotensionによりautoregulatory responseを維持し、脳動脈瘤症例で術前Grade I・IIのものではautoregulatory responseの下限は動脈血圧約62 mmHg、Grade IIIでは76 mmHgと報告している。我々の脳動脈瘤症例はほとんどがGrade I・IIで、動脈瘤破裂後2週間以上経過して手術したものであることや、induced hypotensionの方法が異なることから、gradeによるautoregulatory responseの下限の比較検討はできなかった。

以上、脳動脈瘤手術時における、電磁血流計による頭蓋内単一脳動脈血流の測定方法の実際を中心に述べた。本法

は、正確かつ慎重な血管操作と血流計の取り扱いを行えば、術中の血流動態が速やかに把握でき、脳機能の検索とともに治療方針の決定、術後合併症の予防や脳血管障害の病態の解明に有用なものと考えられた。

V ま と め

1. 頭蓋内各血管血流測定用の電磁血流計の特殊プローブを作製し、脳血管障害患者33例の手術時に、直接血流を定量的に測定した。
2. 内頸動脈血流量は平均 144 ml/min, 中大脳動脈 M₁ 部 81 ml/min, M₂ 部 28 ml/min, 前大脳動脈 A₁ 部 52 ml/min であった。また、STA-MCA 吻合術後の血流量は平均 27.1 ml/min であった。
3. 脳ベラ圧排により脳血流に及ぼされる影響を検索したが、平均 250 mmH₂O の圧で血流はおよそ20%の減少をきたした。
4. Temporary clip による各血流の変化を調べたが、血流変化は迅速に起こり、cross circulation collateral capacity を知る上できわめて有用であった。
5. ATP 点滴静注法による人為的低血圧時の血流の変化を検討した。術前正常血圧例では、全身血圧は平均 58 mmHg となり血流も低下したが、高血圧を有していた2例では、85 mmHg と autoregulatory response の下限の上昇が認められた。
6. 本法は、Doppler 法とともに術中の血行動態を知る上で有力な手段と考えられた。

プローブ作製にあたり全面的に御協力下さいました日本光電工業株式会社 小川桂屹氏に感謝の意を表します。また、血流測定に好意的に御協力頂きました中国労災病院、双三中央病院、広島総合病院各脳神経外科の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

本論文の一部は第38回日本脳神経外科学会総会(1979年10月、東京)、第22回脳循環代謝研究会(1979年10月、東京)、7th International Congress of Neurological Surgery(1981年7月、München)において発表した。

文 献

- 1) Bennett MH, Albin MS, Bunegin L, Dujovny M, Hellstron H, Jannetta PJ: Evoked potential changes during brain retraction in dogs. *Stroke* 8: 487-492, 1977
- 2) Branston NM, Symon L, Crockard HA, Pastor E: Relationship between cortical evoked potential and local

- cortical blood flow following acute middle cerebral artery occlusion in the baboon. *Exp Neurol* 45: 195-208, 1974
- 3) Eisenberg HM, Turner JW, Teasdale G, Rowan J, Feinstein R, Grossman RG: Monitoring of cortical excitability during induced hypotension in aneurysm operations. *J Neurosurg* 50: 595-602, 1979
- 4) Grossman RG, Turner JW, Miller JD, Rowman JD: The relationship between cortical electrical activity, cerebral perfusion pressure and cerebral blood flow during increased intracranial pressure. *Stroke* 4: 346-347, 1973
- 5) Nornes H: Hemodynamic aspects in the management of carotid-cavernous fistula. *J Neurosurg* 37: 687-694, 1972
- 6) Nornes H, Kuntzen HB: Cerebral arterial blood flow and aneurysm surgery. Part 1. Local arterial flow dynamics. *J Neurosurg* 47: 810-818, 1977
- 7) Nornes H, Kuntzen HB: Cerebral arterial blood flow and aneurysm surgery. Part 2. Induced hypotension and autoregulation capacity. *J Neurosurg* 47: 819-827, 1977
- 8) 小川桂屹: 矩形波電磁血流計技術解説. *Khoden Report* 27: 6-12, 1979
- 9) 岡田芳和, 島 健, 魚住 徹: Embolization 法による中大脳動脈閉塞の実験的研究 一局所脳血流と evoked potential の相関について一. *脳と神* 32: 417-424, 1980
- 10) 岡田芳和, 島 健, 魚住 徹: SHR 両側総頸動脈閉塞および血行再開の局所脳血流量 一皮質脳波に与える影響一. *脳神経外科* 9: 687-695, 1981
- 11) 岡田芳和, 曾我部貴士, 井口孝彦, 竹吉 悟, 西本安子, 津野信輔, 新井達潤, 横田 晃: ATP 低血圧麻酔時の循環代謝に関する実験的研究. *脈管学* 17: 867, 1977
- 12) 島 健: 脳神経外科領域における電磁血流計の臨床応用. *Khoden Report* 27: 1-5, 1979
- 13) 島 健, 石川 進, 佐々木潮: 脳底動脈血流に関する実験的研究. *脳神経外科* 4: 451-457, 1976
- 14) 島 健, 石川 進, 佐々木潮, 宮崎正毅, 桑原 敏: 電磁流量計による脳底動脈血流測定. *脈管学* 14: 251-254, 1974
- 15) Strandgard S, Olesen J, Skinhøj E, Lassen NA: Autoregulation of brain circulation in severe arterial hypertension. *Brit Med J* 1: 507-510, 1973
- 16) Teasdale G, Rowan JO, Turner J: Cerebral perfusion failure and cortical electrical activity, in Ingvar DH, Lassen NA (eds): *Cerebral Function, Metabolism and Circulation*, Chapter 23. Copenhagen, Munksgaard, 1977, pp 14-15

[別刷請求先: 〒737-01 呉市広町 1, 477, 中国労災病院脳神経外科, 島 健]