脳主幹動脈閉塞または狭窄症における脳機能の性状： 脳波による機能回復性または hemodynamic crisis の可能性判定

鈴木 明文, 安井 信之

Detection of Functional Reversibility and Hemodynamic Crisis in Cerebral Ischemia by the EEG Study

Akifumi SUZUKI, M.D., and Nobuyuki YASUI, M.D.

*Department of Surgical Neurology, Research Institute for Brain and
Blood Vessels-Akita, Akita, Japan*

Summary : The functional reversibility and the possibility of hemodynamic crisis were studied in 21 patients with stenocclusive diseases in internal carotid artery or the trunk of middle cerebral artery. Those patients showed improvement or deterioration of EEGs under induced hypertension or hypotension. The induced hypertension increases the cerebral blood flow (CBF) in the dysautoregulatory area of ischemic brain. The induced hypotension decreased the CBF of patients who possess the possibility of hemodynamic crisis. Angiotensine® or dobutamine was administered intravenously for the induced hypertension. Alfondar® was administered intravenously for the induced hypotension. The maximum range of induced hypertension was +30 mmHg, and that of induced hypotension was -10 mmHg by mean blood pressure. EEGs were recorded from 21 points on the scalp according to 10/20 international method, and analyzed by interval histograms and amplitude histograms automatically. From the interval histogram, % time of each frequency band was calculated. In the present study, the change of % time and amplitude was evaluated statistically by t-test.

EEGs of 9 patients improved under induced hypertension. In those patients, the brain function was considered to improve by the increase of CBF. Seven of those patients underwent bypass surgery, and all of them improved clinically. However, 2 of the surgical patients suffered reoccurrence cerebral ischemia due to the embolic process. Two other patients were treated conservatively. One improved after spontaneous recanalization, but the other did not improve.

EEGs of 12 patients deteriorated under induced hypotension. In those patients, the brain function was considered to deteriorate subclinically due to hemodynamic crisis. Eight of those patients underwent bypass surgery, and further occurrence of cerebral ischemia have been prevented postoperatively. Four other patients were treated conservatively, and one patient suffered the reattack of cerebral ischemia. Both surgical and conservative patients have been administered aspirin.

Therefore, the EEG analysis under the blood pressure change is useful to detect the functional reversibility and the possibility of hemodynamic crisis in patients of cerebral ischemia. To select suitable candidates for bypass surgery, those functional studies are necessary.

Key words :

- cerebral ischemia
- functional reversibility
- hemodynamic crisis
- EEG
- blood pressure change

はじめに

脳主幹動脈の閉塞または高度狭窄症に対する血行再建術の適応について我々は脳循環代謝とともに脳機能の性状にも注目して脳波や誘発電位による検討を行ってきた¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾¹⁰⁾¹⁴⁾。血行再建術は脳虚血により障害された脳機能を改善する目的と hemodynamic crisis により生じる脳虚血発作を防止する目的がある。そして、手術適応の決定に際しては血行再建による脳血流の改善が脳機能改善や脳虚血発作の防止をもたらすか否かを知ることが必要である。我々はそのため脳血流を変えうる薬物の負荷を行い、脳機能に対する効果を脳波や誘発電位で検討してきた。今回はそのような負荷テストで脳波になんらかの変化がみられた症例について転帰を含めて報告する。

対象および方法

対象は内頸動脈または中大脳動脈主幹部に閉塞や高度狭窄を認め、以下に述べる負荷テストで脳波の有意な変化をきたした 21 例である (Table 1)。男 18 例、女 3 例で年齢は 41 から 78 歳 (56±9 歳) であった。臨床型は重度の片麻痺や全失語あるいは意識障害を呈した major stroke が 6 例、片麻痺や失語症が軽度で意識も清明である minor stroke が 9 例、回復性虚血性神経脱落 (RIND) が 4 例、一過性脳虚血発作 (TIA) が 2 例である。このうち 15 例で頭

蓋内外血管吻合術 (以下バイパス術) が行われた。臨床的な経過観察期間は平均約 6 年であり、バイパス術による臨床的改善度は術後 1 カ月目に判定した。手術の有無にかかわらずアスピリンまたはチクロピジンを投与して経過観察を行った。

脳波は 10/20 国際法に従って頭皮上 16 または 21 部位より両耳朶を基準にして記録した。周波数特性は 0.3~30 Hz である。

薬物負荷は Angiotensine[®] または dobutamine の持続微量静注による血圧上昇措置と trimetaphan camsilate (Alfonad[®]) の持続微量静注による血圧下降措置で行った。前者は脳虚血のために脳循環自動調節能の障害 (dysautoregulation) に陥った領域で脳血流を増加させることを目的とし、後者は高度狭窄部の通過血流量や血管閉塞例での側副血行を減少させることを目的とした。特に後者の血圧下降措置は臨床的な脳虚血症状を生じる危険性があり厳重な監視のもとで行った。血圧上昇措置はバイパス血流による脳機能改善の可能性を、血圧下降措置は hemodynamic crisis による脳機能悪化の可能性を検討する方法であり、症例毎にこれらの方法を選択した。血圧変動の範囲は安静臥床時の血圧を基準にして、血圧上昇措置は平均血圧で +30 mmHg を上限とし、最高血圧では 180 mmHg 以内の範囲とした。血圧下降措置は -10 mmHg を下限とし、最高血圧では 90 mmHg 以上の範囲で行った。なお、安静臥床

Table 1 Case summary

No	Age	Sex	Angiography	Stroke	Bypass	EEG study	Postop. state	Reattack
1	60	M	L IC S	Major	14 d	I (11 d)	Improved	-
2	58	M	R MC O	Major	2 d	I (2 d)	Improved	+ (emboli)
3	67	F	R IC & MC O	Minor	17 d	I (14 d)	Improved	-
4	52	M	R IC O	Minor	2 d	I (1 d)	Improved	-
5	56	M	R IC O	Minor	74 d	I (69 d)	Improved	-
6	55	F	R IC O	RIND	47 d	I (45 d)	Improved (EEG)	+ (emboli)
7	51	M	R IC O	RIND	53 d	I (52 d)	Improved (EEG)	-
8	53	M	L IC O	Major	-	I (0 d)	(Improved by recanaliz.)	-
9	61	M	L MC O	Major	-	I (1 d)	(Unchanged)	-
10	65	M	R IC O	Major	25 d	W (7 d)	Unchanged	-
11	61	M	L MC O	Minor	4 m	W (3 m)	Improved	-
12	46	M	B IC O	Minor	L: 30 d R: 60 d	W (28 d)	Improved	-
13	41	M	L MC O	Minor	29 d	W (24 d)	Unchanged	-
14	47	M	L MC O	Minor	44 m	W (44 m)	Unchanged	-
15	59	M	R IC S	RIND	22 d	W (9 d)	Unchanged	-
16	62	M	L IC O	RIND	3 m	W (54 d)	Unchanged	-
17	55	M	R MC O	TIA	44 d	W (34 d)	Unchanged	-
18	66	F	R MC O	Major	-	W (0 d)	(Unchanged)	-
19	42	M	L MC O	Minor	-	W (9 m)	(Unchanged)	-
20	53	M	B IC O	Minor	-	W (32 d)	(Unchanged)	-
21	78	M	R IC O	TIA	-	W (1 d)	(Unchanged)	+ (died)

L: Left, R: Right, IC: internal carotid artery, MC: the trunk of middle cerebral artery, O: Occlusion, S: severe stenosis, d: day(s) after onset, m: Month(s) after onset, I: improved, W: worsened, (EEG): only EEGs were improved, Postop. state: the clinical result within one month after bypass surgery, or that of one month after the EEG study in non-surgical cases, recanaliz.: spontaneous recanalization.

Fig. 1 The method of EEG analysis. Firstly, peaks of the EEG wave were detected. Secondly, a wave with peak-to-peak amplitude being less than 5 microvolt was regarded as an artifact and eliminated. Thirdly, the interval and amplitude of each EEG wave were measured. Then, the interval histogram based on the number of waves and amplitude histogram were made. The interval of EEG waves was represented as % time of each frequency band.

時の平均血圧が 120 mmHg 以上あるいは最高血圧が 160 mmHg の場合は血圧上昇措置は行わず、平均血圧が 70 mmHg 以下あるいは最高血圧が 110 mmHg 以下の場合は血圧下降措置を行わないことを原則とした。

脳波は我々の方法で分析して各周波数帯域毎の出現率(%time)と平均振幅値を求め、薬物負荷前と負荷中の記録を統計学的に比較検討した。脳波の分析方法を簡単に紹介すると、ある条件下の記録から artifact のない部分を 10 秒間ずつ 6 カ所選ぶ。それぞれについて、Fig. 1 に示したように波の変曲点を検出して周期と振幅値を求める。その際、振幅が 5 μ V 以下の波は artifact とみなして除外した。そして各周波数帯域毎に周期と振幅値の合計値を求める。周期については記録時間すなわち 10 秒でその合計値を除して各周波数帯域の時間的割合を出現率(%time)として算出する。振幅値については波の個数でその合計値を除して各周波数帯域の平均振幅値を算出する。これにより頭皮上の各電極点である周波数帯域の出現率および平均振幅値がひとつの条件下でそれぞれ 6 個得られることになる。次いで、各条件下で得られた 6 個の値について *t* 検定により変化の有意性を検討する。これらの処理により、薬物負荷においてどの電極点でどのような変化が脳波上有意にみられたかを知ることができる。

症 例

上述した脳波薬物負荷テストの実際を代表的な症例で紹介する。

Fig. 2 CAGs in Case 5. The arrow indicates right internal carotid artery occlusion.

<症例 5> 56 歳、男性。記憶障害、失見当識、左片麻痺で発症し当センターに入院した。脳血管造影で右内頸動脈閉塞(Fig. 2)と診断されたが、高圧酸素療法などで症状が改善したためいったん退院しアスピリン療法で経過観察となった。しかし左脱力の TIA を繰り返し再入院したが、すでに構音障害、記憶障害、失見当識、軽度の左片麻痺を明らかに認めた。初回発作から 69 日目に脳波の負荷テストを行った。薬物負荷は dobutamine 5 μ g/kg/min の持続静注とした。負荷前の平均血圧は 113 mmHg であり、負荷後 133 mmHg に上昇した。Fig. 3, 4 に出現率と振幅値に関する脳波トポグラフィーを示す。これらはそれぞれの条件下でサンプリングした 6 区間の脳波から得られた値の

Fig. 3 The EEG topography of % time in Case 5. A: Resting state. B: Induced hypertension. 4%/step. Delta; 1–3 Hz, Theta. 1; 4, 5 Hz, Theta. 2; 6, 7 Hz, Alpha. 1; 8, 9 Hz, Alpha. 2; 10–13 Hz, Beta; 14–17 Hz.

Fig. 4 The EEG topography of amplitude in Case 5. A: Resting state. B: Induced hypertension. 3 microvolt/step.

平均値で作成したものである。血圧上昇後に徐波帯域の出現率、振幅値がともに減少している。

Table 2, 3 に主な電極点における徐波帯域の統計学的な結果を示す。Table 2 に示すように右半球の徐波出現率は特に theta 波帯域で有意に減少した。しかし、振幅値は 4, 5 Hz の theta 1 帯域では減少したものの 6, 7 Hz の theta 2 帯域では有意に増加した。Table 3 に示すように左半球でも特に theta 1 帯域の出現率と振幅値は有意に減少した。以上の結果より血圧上昇措置により脳血流が増加して脳機能が改善したと考え、初回発作から 74 日目に右浅側頭動脈-中大脳動脈 (STA-MCA) 吻合術を行った。術後症状の改善が明らかで、3.5 年経た現在神経学的に正常でありこの間再発作も経験していない。

結 果

21 症例の結果を Table 1 に示した。

1. バイパス術施行例

1) 術前血圧上昇措置で脳波が改善した症例

15 例でバイパス術を施行したが、術前の脳波負荷テストにおいて 7 例で血圧上昇措置による脳波の改善がみられ

た。このうち major stroke は 3 例中 2 例で術後臨床的にも改善した。他 1 例は 2 日目の急性期にバイパス術を行い術後いったんは臨床的に改善したが発症 7 日目に再開通による出血性梗塞のため再び悪化し、結局術前と同じ状態になった。経過中に心房細動がみられ塞栓症と考えられた症例である。minor stroke は 2 例であったがいずれも術後臨床的に改善した。RIND の 2 例では術前後ともに臨床症状は問題なかったが、術前にみられた脳波の徐波化は術後改善した。ただし、1 例は発症 64 カ月目に再発作を生じて死亡した。この症例も再発作時に心房細動がみられ塞栓症による再発作と考えられた。

2) 術前血圧下降措置で脳波が悪化した症例

術前の血圧下降措置により 8 例が脳波の悪化を示した。major stroke 1 例, minor stroke 4 例, RIND 2 例, TIA 1 例である。術後の再発作はいずれの症例においてもみられていない。ただし術後臨床的に改善したのは minor stroke の 2 例のみである。

2. 保存的治療例

1) 血圧上昇措置で脳波が改善した症例

急性期の血圧上昇措置で major stroke 2 例が脳波の改善

Table 2 Results of statistical analysis of EEG changes in the right hemisphere of Case 5

%time									
	Delta waves			Theta 1 waves			Theta 2 waves		
	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test
F ₄	0.7 ± 2.5	0.4 ± 1.7	ns	14.6 ± 6.8	2.5 ± 4.1	↓↓	23.5 ± 6.8	15.9 ± 5.5	↓↓
C ₄	2.5 ± 3.9	0 ± 0	↓	10.1 ± 5.6	2.3 ± 2.1	↓↓	20.8 ± 4.7	10.8 ± 6.8	↓↓
P ₄	1.6 ± 3.0	0 ± 0	ns	12.2 ± 6.8	2.3 ± 3.2	↓↓	19.7 ± 4.1	12.8 ± 6.6	↓↓
O ₂	0 ± 0	0 ± 0	ns	8.9 ± 7.0	0.3 ± 1.0	↓↓	20.2 ± 4.6	6.4 ± 3.5	↓↓
T ₄	10.7 ± 7.6	0.5 ± 1.7	↓↓	25.9 ± 9.5	6.1 ± 5.0	↓↓	20.0 ± 8.6	19.7 ± 8.9	ns

(%)

Amplitude									
	Delta waves			Theta 1 waves			Theta 2 waves		
	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test
F ₄	2.9 ± 10.1	4.2 ± 14.7	ns	26.3 ± 6.5	12.0 ± 15.3	↓↓	23.6 ± 2.7	29.2 ± 3.9	↑↑
C ₄	12.0 ± 17.9	0 ± 0	↓	28.3 ± 11.1	18.3 ± 16.7	ns	23.8 ± 3.5	31.9 ± 8.5	↑↑
P ₄	7.7 ± 14.4	0 ± 0	ns	30.4 ± 6.4	13.7 ± 17.5	↓↓	23.8 ± 2.3	28.6 ± 3.5	↑↑
O ₂	0 ± 0	0 ± 0	ns	27.7 ± 12.0	2.3 ± 8.0	↓↓	26.9 ± 3.1	25.9 ± 10.0	ns
T ₄	23.9 ± 14.4	4.2 ± 9.9	↓↓	18.4 ± 2.1	16.6 ± 10.5	ns	16.4 ± 2.5	20.0 ± 2.3	↑↑

(μV)

mean ± SD

↓ : decreased significantly (p<0.05)

↓↓ : decreased significantly (p<0.01)

ns : not significant

↑ : increased significantly (p<0.05)

↑↑ : increased significantly (p<0.01)

Table 3 Results of statistical analysis of EEG changes in the left hemisphere of Case 5

%time									
	Delta waves			Theta 1 waves			Theta 2 waves		
	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test
F ₃	1.1 ± 2.7	0.5 ± 2.0	ns	4.5 ± 3.5	0.9 ± 1.8	↓↓	13.3 ± 4.2	8.8 ± 7.6	ns
C ₃	0.9 ± 2.2	0 ± 0	ns	5.8 ± 3.4	0.7 ± 1.7	↓↓	10.3 ± 6.4	6.0 ± 5.0	ns
P ₃	0 ± 0	0 ± 0	ns	3.7 ± 5.8	0 ± 0	↓	6.5 ± 4.5	3.9 ± 3.1	ns
O ₁	0 ± 0	0 ± 0	ns	0.7 ± 1.7	0 ± 0	ns	2.7 ± 4.5	0.9 ± 1.3	ns
T ₃	4.1 ± 4.3	0 ± 0	↓↓	17.7 ± 8.8	0 ± 0	↓↓	10.6 ± 5.8	0 ± 0	↓↓

(%)

Amplitude									
	Delta waves			Theta 1 waves			Theta 2 waves		
	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test	Rest	Hypertension	t-test
F ₃	5.3 ± 12.6	3.4 ± 11.7	ns	15.4 ± 9.7	8.2 ± 15.3	ns	20.2 ± 4.1	23.6 ± 7.0	ns
C ₃	3.6 ± 8.4	0 ± 0	ns	19.5 ± 10.6	3.3 ± 7.9	↓↓	19.8 ± 7.2	23.0 ± 12.1	ns
P ₃	0 ± 0	0 ± 0	ns	7.5 ± 11.3	0 ± 0	↓	19.4 ± 7.5	15.7 ± 10.9	ns
O ₁	0 ± 0	0 ± 0	ns	4.7 ± 11.9	0 ± 0	ns	12.0 ± 16.7	8.3 ± 12.7	ns
T ₃	9.9 ± 9.1	0 ± 0	↓↓	15.2 ± 3.4	0 ± 0	↓↓	14.1 ± 1.6	0 ± 0	↓↓

(μV)

mean ± SD

↓ : decreased significantly (p<0.05)

↓↓ : decreased significantly (p<0.01)

ns : not significant

↑ : increased significantly (p<0.05)

↑↑ : increased significantly (p<0.01)

を示した。うち1例は塞栓症でその後自然再開通し臨床的に改善した。他1例は臨床的に不変のままであった。

2) 血圧下降措置で脳波が悪化した症例

minor stroke 3例とTIA 1例である。このうちTIA 1例は4年後に再発作を生じてmajor strokeとなり死亡した。minor strokeの3例には再発作がみられていない。

考 察

Barnettらの国際共同研究では再発作予防を目的としたバイパス術の有効性が証明されなかった¹¹⁾¹²⁾。しかし、hemodynamic crisisか否かを判定するのは困難であったことからその可能性については考慮されなかった。また、

stroke 発生率に関する研究であったためにバイパス術による症状改善については検討されなかった。バイパス術の適応を決めるにあたりこれらの2点は重要であり、何らかの方法で検討しなければならない。

我々は以前から虚血脳の病態を脳機能の面から検討してきた¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾¹⁰⁾¹⁴⁾。目的は妥当な治療法の選択基準、特にバイパス術の適応決定であり、方法は血圧変動に伴う脳波や誘発電位の変化を分析することであった。我々の以前の検討²⁾や Schmiedek らの報告³⁾では stroke 例のほとんどが虚血巣の dysautoregulation を示している。血圧上昇措置はこの現象を利用した一種のシュミレーションテストであり、バイパス術などの血行再建術で脳血流量を増加させた場合の脳機能改善の可能性を術前に脳波や体性感覚誘発電位(SEP)で定量的に検討するものである。脳虚血発作の再発が問題となる TIA のような症例では、起立性低血圧などの血圧下降に伴う脳虚血発作すなわち hemodynamic crisis の防止に血行再建術が考慮される。そこで人為的な血圧下降措置による subclinical なレベルでの脳機能悪化の有無を脳波や SEP で評価し hemodynamic crisis の可能性を検討した。以前は脳波の用手的周波数分析と SEP の $N_1(N_{20})$ 成分の分析を行っていた。用手的周波数分析では周期と振幅値を計測して、周期から出現率(%time)を計算して評価していた。その後医用コンピュータの発達により容易にしかも頭皮上二次元表示(脳波トポグラフィ)として脳波分析が可能となった¹³⁾。しかし、一般に広く応用されている高速フーリエ変換(FFT)による周波数分析では脳波の振幅値に関する情報しか得られず、用手法で分析した出現率の結果に比べて変化を検出することが困難であった。その理由のひとつとして頭皮上脳波は頭蓋骨などインピーダンスの高い構造物を介して記録されるため皮質上で記録される脳波に比べれば振幅値が相当減衰しており、皮質上脳波がかなり変化しなければ頭皮上で検出し難いことが考えられた。その点周期は頭皮上脳波でも皮質上脳波でも変わりなく、したがって変化を検出しやすいと考えられる。ちなみに今回の対象例で振幅値に有意な変化がみられたのは紹介した症例5のみであった。そこで波形認識法を用いた周波数分析で脳波の周期に関する情報も自動分析できるようにした⁶⁾⁸⁾⁹⁾。ところが、波形認識法における脳波の認知基準には主観的な要素が含まれている。できるだけ客観的な評価を目指すことから現在は前述の我々の方法により自動分析して周期から計算される出現率(%time)と振幅値に分けて評価している。また、脳波変化の程度も客観的に評価するため t 検定を用いて統計学的に分析している。一方、SEP の反映する脳機能は体性感覚系に限られていることや、症例によっては末梢神経刺激のため安静を保ち難くなるため現在は SEP を用いていない。

さて、我々の結果では血圧上昇措置で脳波の改善が得られた stroke 例はバイパス術や急性期の自然再開通により全例が臨床的に改善した。一方、保存的に経過をみた1例は臨床的に改善はなかった。ただしバイパス術を施行した1例は塞栓症であり7日目の再開通で出血性梗塞をきたし再び悪化した。血圧上昇措置で脳波が改善した RIND の2例は安静時血圧が低かった症例であるが、これらもバイパス術により脳波の改善が得られている。ただし、1例はその後塞栓症による再発作を生じた。このように、血圧上昇措置で脳波が改善した症例ではなんらかの方法で脳血流の増加をはかることにより脳機能の改善を得ることができた。しかし、塞栓症においてはその後再開通や再発作により再び悪化する可能性もあり、これらの予測は困難である。

血圧下降措置を行った症例中 major stroke の1例は安静時血圧が高かったためであり、minor stroke 例は臨床症状がごく軽度でそれ以上の症状改善よりも再発作の防止が優先された症例である。そして、脳波が血圧下降に伴い悪化しバイパス術を施行した症例では術後再発作を生じていない。保存的治療例においては1例ではあるが再発作で死亡している。すなわち、hemodynamic crisis の可能性を判定できる優れた方法である。ただし、臨床症状の厳重な監視とともに経時的な脳波の分析が必要で、患側にわずかも脳波の悪化傾向がみられたらその時点で血圧下降を中止しなければならない。血圧下降の範囲は経験的に決めたものであるが、段階的に徐々に降圧し脳波を on-line 処理で連続的に監視していけば脳機能が悪化しても subclinical なレベルでとどめることができる。非虚血部の脳血流自動調節能の閾値を下回るほど血圧を低下させると虚血巣のみならず非虚血部の脳機能低下ももたらすことになり危険である。

以上のように我々の方法はバイパス術適応症例の選択に有用である。ただし、今回の対象例においては血圧変化に伴う脳血流量の変化を同時に測定していない。現在、positron emission tomography (PET)を用いて脳波記録とともに脳血流量の測定を行っている。この結果についてはいずれ報告する予定である。

結 語

脳主幹動脈閉塞または狭窄症における脳機能回復性や hemodynamic crisis の可能性判定を、血圧上昇措置または下降措置に伴う脳波変化を分析することにより行った。その結果、バイパス術施行例では術前の脳波分析から予測した術後経過をたどった。したがって、我々の方法はバイパス術適応症例の選択に有用である。

脳波の記録分析に関して吉岡喜美雄氏に、本論文作成に関して油谷敏子嬢に深謝いたします。

文 献

- 1) Ito Z, Suzuki A, Hen R, *et al*: Neurological Surgery, Excerpta Medica, Amsterdam, 1978, pp 233-239
- 2) Ito Z, Suzuki A: Microsurgery for Cerebral Ischemia, Springer-Verlag, New York, 1980, pp 117-122
- 3) Schmiedek P, Gratzl O, Spetzler R, *et al*: Selection of patients for extra-intracranial arterial bypass surgery based on rCBF measurements. J Neurosurg **44**: 303, 1976
- 4) 鈴木明文, 伊藤善太郎: 閉塞性脳血管障害における機能回復性の検討. 臨床脳波 **21**: 20-28, 1979
- 5) Suzuki A, Ito Z, Yasui N: Cerebral Ischemia—An update, Excerpta Medica, Amsterdam, 1983, pp 191-201
- 6) 鈴木明文, 安井信之, 吉岡喜美雄, ほか: 波形認識法による脳波周波数二次元表示. 臨床脳波 **26**: 652-658, 1984
- 7) Suzuki A, Yasui N, Ohta H, *et al*: Microsurgical Anastomoses for Cerebral Ischemia, IGA KU-SHOIN, New York, 1985, pp 17-21
- 8) Suzuki A, Yasui N, Yoshioka K, *et al*: Topographical display of the peak frequency and percentage time of EEG. Electroenceph Clin Neurophysiol **61**: S97, 1985
- 9) Suzuki A, Yoshioka K, Yasui N: EEG Topography 1986, NEURON, Tokyo, 1986, pp 215-229
- 10) 鈴木明文: 脳卒中—最新の臨床, 医歯薬出版, 東京, 1989, pp 343-357
- 11) The EC/IC Bypass Study Group: The international cooperative study of extracranial/intracranial arterial anastomosis (EC/IC Bypass Study): Methodology and entry characteristics. Stroke **16**: 397-406, 1985
- 12) The EC/IC Bypass Study Group: Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. N Engl J Med **313**: 1191-1200, 1985
- 13) 上野照剛, 松岡成明: 徐波を示す異常脳波の抽出とその表示法. 医用電子と生体工学 **14**: 118-124, 1976
- 14) 安井信之, 鈴木明文, 佐山一郎: 閉塞性脳血管障害の治療, 現代医療社, 東京, 1989, pp 83-96