

全身麻酔下における視覚誘発電位による視機能の評価 (図5)

長 真理子・安達恵美子・宮崎 泉 (千葉大学医学部眼科学教室)

Evaluation of Visual Function with Visually Evoked Cortical Potentials under General Anesthesia

Mariko Osa, Emiko Adachi-Usami, Izumi Miyazaki-Nakajima

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Chiba University

要 約

GOF および GOE 麻酔下でヒトの flash VECP を測定した。刺激頻度を0.5Hz~10Hz の間で5段階に変化させ、100msec 付近の陽性波 (P_1) につき、以下の結果を得た。1. P_1 の頂点潜時が有意に延長した。2. 低周波領域では振幅の変化が少なかったが、高周波領域では振幅の減衰が著明であった。3. 振幅 vs 時間周波数曲線の極大が低周波側に移行した。4. これらの結果は GOF 麻酔下および GOE 麻酔下で共通してみとめられた。以上の結果より、VECP の潜時のみならず振幅も、刺激頻度の関数として検討することにより、麻酔の影響を考慮する基準になりうることを示された。(日眼 92: 2129—2135, 1988)

キーワード: 視覚誘発電位, 麻酔, ハロセン, エンフルレン, 時間周波数特性

Abstract

Flash visually evoked cortical potentials (FVECPs) were recorded in surgically treated patients before and during general anesthesia: in 17 subjects under GOF (nitrous oxide-oxygen-halothane) anesthesia, and in 5 subjects under GOE (nitrous oxide-oxygen-enflurane) anesthesia. Results of 6 normal subjects were also presented for control data of no medication. VECs were recorded for various stimulus frequencies in the range from 0.5Hz to 10Hz. In 3 of the 6 control subjects the stimulus frequency was varied further to 20Hz. The scalp electrode was placed at Oz with reference to the earlobe. The recordings were done under premedication, and at 20, 30 and 60 minutes after induction of anesthesia. The amplitude and latency of the first major positive component P_1 were measured. In controls the mean latency value of the P_1 peak was 111 ± 3.70 (SE) msec. P_1 amplitude in controls, plotted against stimulus frequency, was at its maximum around 10Hz, with a slight decrease in the lower frequency ranges and a steep fall-off in the higher frequency ranges. The anesthetic effect of both GOF and GOE on the amplitude vs temporal frequency curve was evident with attenuation around 5Hz and 10Hz, whereas there was little effect on the P_1 amplitude in the lower frequency ranges. Significant delay in the P_1 peak latency was also observed under anesthesia. The mean latency value increased from 114 ± 1.71 (SE) msec to 128 ± 3.72 msec under GOF anesthesia, and from 109 ± 3.01 msec to 131 ± 7.14 msec under GOE anesthesia. These results indicated that VECs could be used as a monitor of visual function during general anesthesia. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 2129—2135, 1988)

別刷請求先: 280 千葉市亥鼻 1-8-1 千葉大学医学部眼科学教室 長 真理子

(昭和63年8月31日受付, 昭和63年9月23日改訂受理)

Reprint requests to: Mariko Osa, M.D. Dept. of Ophthalmol, School of Med., Chiba Univ.

1-8-1 Inohana, Chiba 280, Japan

(Received August 31, 1988 and accepted in revised form September 23, 1988)

Key words: Visually evoked cortical potentials, Anesthesia, Halothane, Enflurane, Temporal frequency characteristics

I 緒 言

視覚誘発電位 (Visually evoked cortical potentials, VECP) の測定は臨床的に視機能の客観的な評価や視神経疾患の診断に使用されている。乳幼児等検査に協力が得られにくい患者では全麻下で VECP 測定を行なわざるを得ないことが多い。また視路周辺を扱う開頭手術で、術中の視機能をモニターする手段として VECP を用いる試みが行なわれている^{1)~3)}。これらの場合、全身麻酔そのものが VECP に及ぼす影響を考慮に入れなければならない。一方、麻酔科領域でも麻酔深度のモニターとしての応用が期待されている⁴⁾⁵⁾。しかしながら波形が複雑で個人差が大きいためか、transient の波形のみを対象とした従来の報告では

実用に限界があった。

著者らは flash VECP の振幅を刺激頻度の関数として検討することにより、全麻による有意な変化を見出し得たので報告する。現在臨床手術の際、最も広く行なわれている麻酔法である GOF (nitrous oxide-oxygen-halothane) 麻酔および GOE (nitrous oxide-oxygen-enflurane) 麻酔下で測定を行なった。このうち GOF 例の一部については既に著者の一人である宮崎 (中島) らが報告している⁶⁾が、今回は症例を増やすとともに GOE 麻酔例を加えて検討した。

II 実験方法

1. 対象

千葉大学付属病院にて手術を行なった患者22例を対

Control

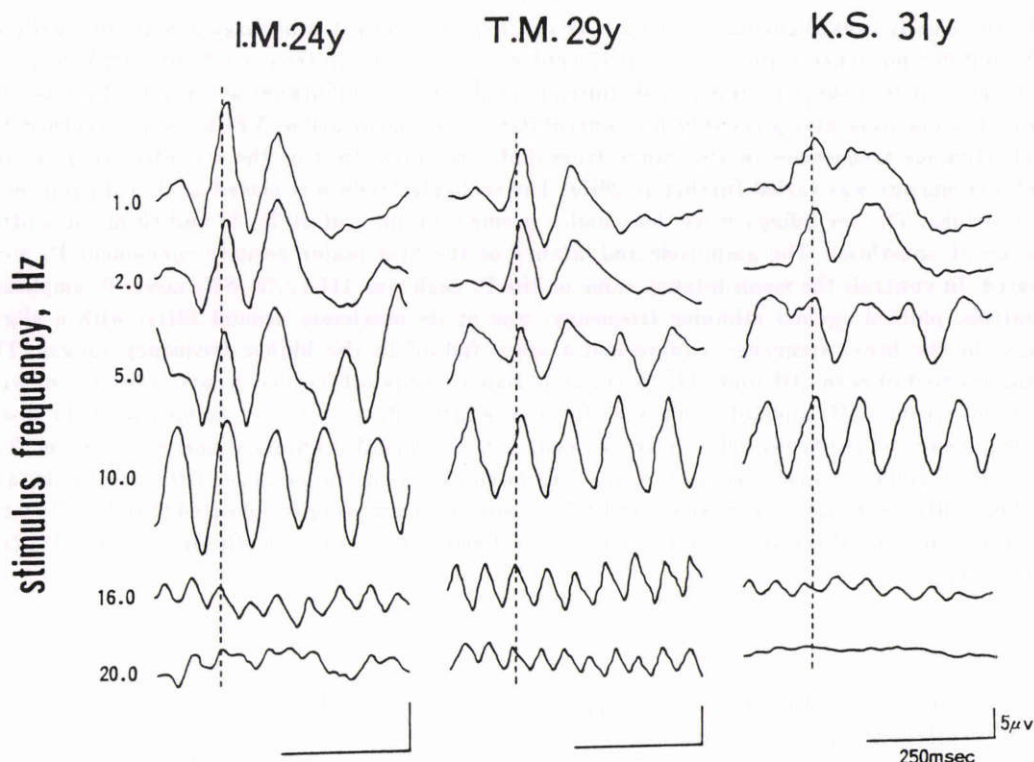


Fig. 1 VECP records of 6 controls for different stimulus frequencies. The first major positive component P_1 is indicated by broken lines.

象とした。性別は男性8例、女性14例、年齢は12歳から69歳まで (45.4 ± 13.0 Mean $\pm$ SD) で、全例アメリカ麻酔学会リスク分類のIないしIIに属していた。麻酔方法はGOF麻酔17例、GOE麻酔5例である。手術の内訳は開腹手術8例、開胸手術（自然気胸）1例、婦人科手術8例、尿管切石術1例、乳房切除3例、皮膚科手術1例である。全例眼疾患の既往はない。

別に無麻酔下の対照として24歳から43歳まで (30.3 ± 6.62 Mean $\pm$ SD) の6人の健康な女性のVECPを測定した。

2. VECF 記録方法

電極は銀血電極を用い、関電極をOz（後頭結節上3cm）に、不関電極を耳朵に置いた。閉眼状態で眼前10cmの距離より0.3ジュールのキセノンフラッシュにて両眼同時刺激を与えた。刺激の繰返し頻度を0.5, 1, 2, 5, 10Hzと5種類に変化させた。ただしGOF例のうち3例は1Hzのみで測定した。無麻酔下の対照については、3例は上述の5種類の刺激頻度を、残り3例では1, 2, 5, 10, 12, 14, 16, 18, 20Hzの各頻度を使用した。電位は、ポータブル型の測定器（MES-3102+DAT-3102、日本光電社製、電気フィルター1.5~100Hz）で40回加算を行なって記録した。ただし20Hzまで変化させた3例については、前置増幅器（AVB-9、日本光電社製）、加算平均器（ATAC-350、日本光電社製）を用いた。

3. 麻酔方法および記録時点

あらかじめ患者には検査の了解を得た。前投薬としてatropine sulfate 0.5mg, hydroxyzine 50~100mg, pentazocine 0~30mgを筋注した。前投薬投与後約30分の時点で手術室にて室内光下（約60lux）で1Hzおよび10Hzの刺激にて麻酔導入前のVECPを測定した。導入は22例中19例はthiopental 3~5mg/kg 静注にて行なったが、3例はGOFによる緩速導入にて行なった。

Succinylcholine chloride 約1mg/kgを用いて気管内挿管を行なった後、GOFまたはGOEにて調節呼吸または補助呼吸を行なった。酸素と笑気の割合は1:2とした。今回は特にhalothaneやenfluraneの濃度を統一せず、循環動態等をもとに最適と思われる濃度に調節し、全例ほぼ同一の麻酔深度（Guedelの第3期1相ないし2相に相当）を維持するようにした。19例では筋弛緩剤pancuronium bromideを使用した。3例は使用していない。

VECP測定はhalothaneまたはenflurane吸入開始

20分後に1Hzにて、30分後、60分後の各時点では5種類の刺激頻度を使って測定した。ただし上述のGOF3例については各時点とも1Hzのみで測定を行なっている。それぞれ同一条件下で2回以上の測定を行ない、再現性のある波について検討した。

III 結 果

1. 対照例

無麻酔下の対照6例の波形をFig. 1に示す。いずれの刺激に対しても点線で示す100msec付近の陽性波が共通してみられたため、これをP₁とし、以後の検討の対照とした。1Hz刺激に対するP₁の頂点潜時の6例の平均値は111 $\pm$ 3.70 (SE) msecであった。

同一被験者における各刺激頻度に対するP₁振幅のうち最大のものを100として、それぞれの刺激頻度における相対振幅を求めた。6例の相対振幅の平均値をプロットした結果、振幅は10Hzにて極大を示し、それより低周波領域へのなだらかな低下、高周波領域への急峻な低下を示した（Fig. 2）。

2. 麻酔例

GOF麻酔例の波形の1例をFig. 3左に、GOE麻酔例の波形の1例をFig. 3右に示す。

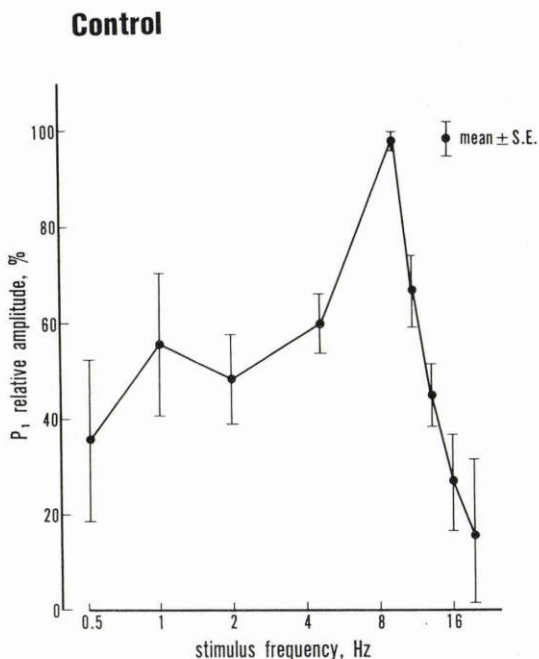


Fig. 2 Relative P₁ amplitude as function of frequency in 6 control subjects.

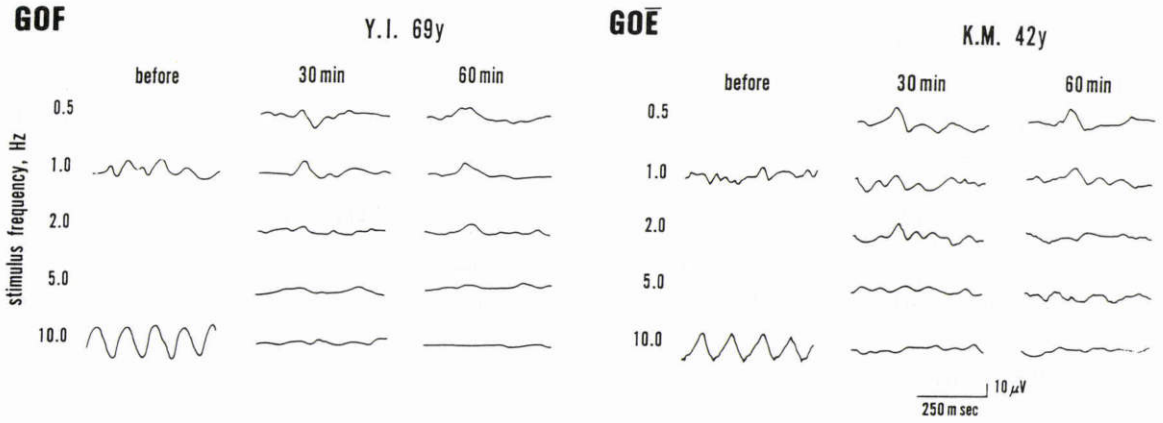


Fig. 3 Left half; Actual VECP records of a subject before and after induction of GOF anesthesia. Right half; Actual VECP records of a subject before and after induction of GOE anesthesia.

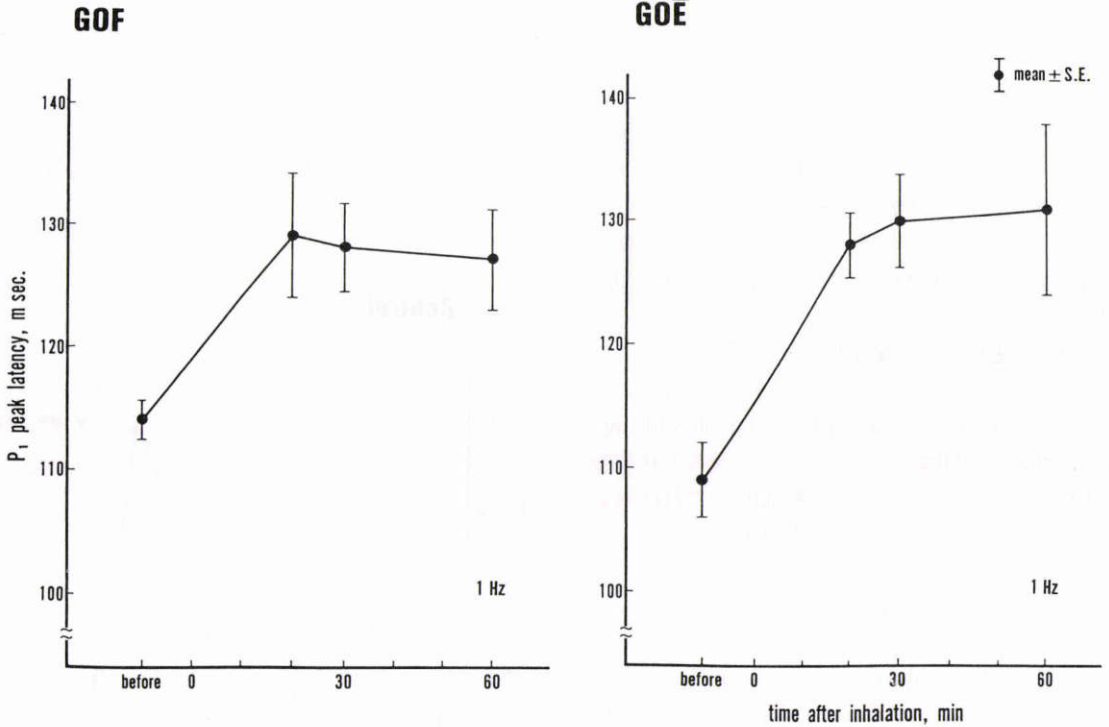


Fig. 4 Left half; P_1 peak latency before and during GOF anesthesia in 17 subjects. Right half; P_1 peak latency before and during GOE anesthesia in 5 subjects.

1) 麻酔下における潜時の変化

各時点の1Hz 刺激に対する P_1 の頂点潜時を計測した。GOF 17例の平均値は導入前が 114 ± 1.71 (SE) msec であったのに対し、導入20分、30分、60分後の潜

時はそれぞれ 128 ± 4.97 msec, 128 ± 3.72 msec, 127 ± 4.10 msec であった (Fig. 4 左)。導入後の各時点の値は導入前に比べ有意に延長した (各 $P=0.0111$, $P=0.0011$, $P=0.0049$)。導入後の3時点の間には有意差

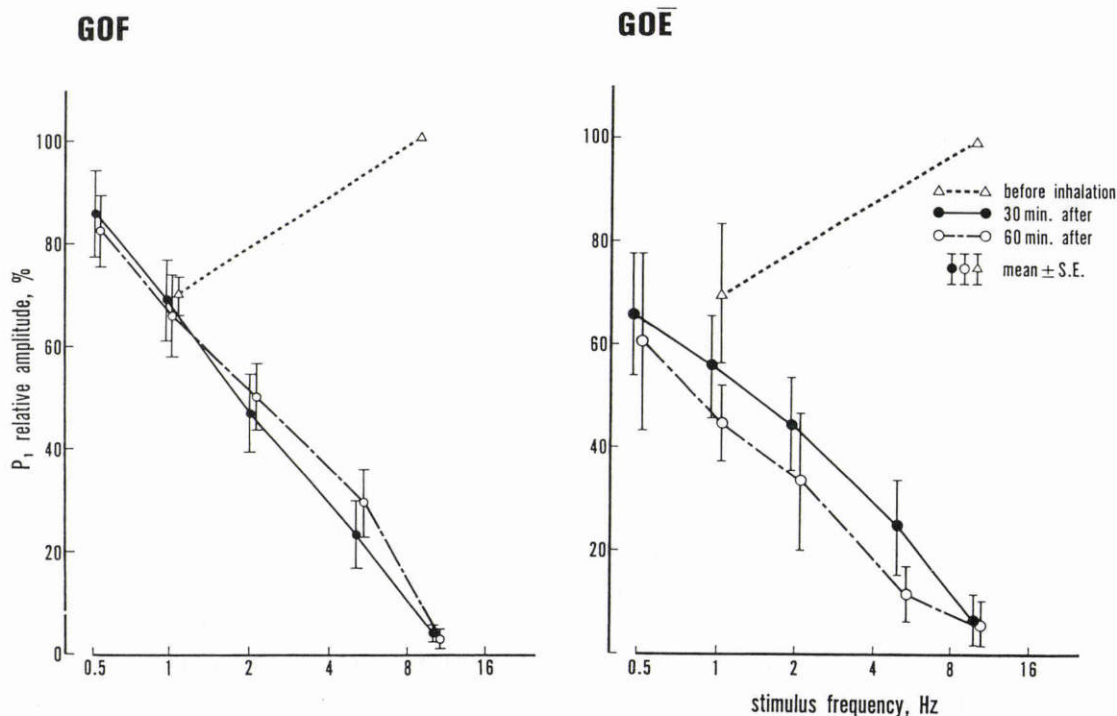


Fig. 5 Left half; Relative P_1 amplitude against stimulus frequency before, 30 min after, and 60 min after induction of GOF anesthesia in 14 subjects. Right half; Relative P_1 amplitude against stimulus frequency before, 30 min after, and 60 min after induction of GOE anesthesia in 5 subjects.

がなかった。

GOE 5 例では導入前 109 ± 3.01 msec, 導入後各 128 ± 2.72 msec, 130 ± 3.95 msec, 131 ± 7.14 msecであった(Fig. 5 右). 導入後の各時点とも導入前に比べ有意の潜時延長をみとめた(各 $P=0.0003$, $P=0.0008$, $P=0.0106$). 導入後の各時点の間には有意差がなかった。

前投薬の影響をみるために, GOF 例と GOE 例を合わせた22例の麻酔導入前の P_1 潜時の平均 113 ± 1.52 (SE) msecを対照6例の P_1 潜時 111 ± 3.70 msecと比較すると両者の間には有意差はなかった($P=0.245$).

2) 麻酔下における振幅の変化

刺激頻度を5種類に変化させたGOF 14例, GOE 5例について刺激頻度と P_1 振幅の関係を求めた. 対照例で上述のように10Hzで振幅が極大を示したことに基き, 今度は導入前の各被験者の10Hzに対する振幅を100として, 各時点における相対振幅を求めてみた. Fig. 5 左はGOF 例の結果である. 導入前はほぼ対照

例の時間周波数曲線と類似した傾向を示すが, 麻酔下では1Hzに対する振幅には変化がなかったのに対し, 高頻度刺激に対する振幅は明らかに減衰した. 振幅対時間周波数曲線の極大の低周波側への移行をみとめた. 導入後30分の結果と60分の結果との間には有意差がなかった。

Fig. 5 右はGOE 例の結果である. GOF 例とほぼ同様に, 高頻度刺激に対する振幅の減衰, 極大の低周波側への移行をみとめた. 導入後30分の結果と60分の結果との間に有意差はなかった。

IV 考 按

Flash VECF の transient の波形は複雑で個人差が大きく, 報告者により見解も一致していない. その中で100msec 付近の陽性波は比較的安定して検出され, 信頼性が高いとされている^{7)~10)}. その潜時の値は中心窩近くの機能を反映するとされ⁷⁾, 臨床応用が行なわれている¹¹⁾.

全麻下でこの潜時が延長することはハロセン(OF)

麻酔下で Domino ら¹²⁾¹³⁾, Uhl ら⁵⁾¹⁴⁾によって, エンフルレン (OE) 麻酔下では Zatonni ら¹⁵⁾によって報告されている。しかし GOF 麻酔下では, Raitta ら¹⁶⁾が, この潜時は変化しなかったとし, また, 筆者らの知るかぎり GOE 麻酔下の VECF についての報告はない。今回の実験では GOF, GOE 麻酔下でも P_1 が有意に延長することが明らかになった。また麻酔導入より20分から60分までの各時点の潜時の値の間に有意差がなく安定していたことから, P_1 潜時が麻酔の影響を考える基準になりうると考えた。

一方, P_1 の振幅に関しては個人によるばらつきが大きく, それだけでは評価の基準になりにくい。全麻下の過去の報告をみても, Domino ら¹²⁾¹³⁾は OF 麻酔下で1Hz の flash に対する VECF の振幅は抑制されず増大したと述べ, Uhl ら⁵⁾¹⁴⁾は2Hz および3Hz の flash を用いて OF 麻酔下で100msec 付近の陽性波の振幅に変化がなかったとしている。一方, Raitta ら¹⁶⁾は GOF 麻酔下で1Hz 刺激に対する100msec 付近の陽性波の振幅は低下したとしている。また OE 麻酔下では, Zettoni ら¹⁵⁾は1Hz の刺激に対する VECF の振幅は増大ないし不変であったが, ごく深麻酔になると抑制されたとしており, Burchiel ら¹⁷⁾は正常換気下では振幅が増大したとしている。このように麻酔下の振幅の変化に関しての報告結果はまちまちであった。

ところで, Van der Tweel ら^{18)~20)}, Regan ら²¹⁾の報告により flash VECF における100msec 付近の陽性波の振幅は刺激頻度を変化させると8~10Hz の刺激で最大となり, それより低い領域でなだらかな低下, 高い領域へ急峻な低下を示すことが知られている。球後視神経炎においてこの時間周波数特性が変化すると報告¹¹⁾²⁰⁾もみられる。これらの報告をふまえ, 著者らは刺激頻度を変化させて振幅を検討することにより全麻下の振幅の変化をより包括的にとらえることができるのではないかと考えた。従来はこのような観点からの報告はなく, わずかに Raundzens³⁾が高頻度刺激で振幅の減衰をみたとしているも詳細は不明である。

その結果, 低周波側では振幅の変化が少ないが, 高周波側では麻酔による有意の振幅低下をみとめ, 振幅対時間周波数曲線の極大の低周波側への移行が明らかであった。これらの傾向は GOF, GOE 麻酔下で共通しており, 導入30分後と60分後の結果の間に差がなかったことから, 信頼に値するものと考えられる。

VECF の振幅対時間周波数曲線は ERG のそれとは異るとされるが²²⁾, 麻酔薬の影響も両者で異なってお

り, 高田ら²³⁾は GOF 麻酔下で ERG は低周波刺激側で振幅の低下が大きかったと報告している。このことは, ERG は網膜周辺部機能を主として反映し, VECF は網膜中心部機能を反映するという解剖学的位置の差の関与に加えて麻酔による VECF の時間周波数特性の変化が, 少なくとも網膜レベルで完結するのではなく, 視路のより中枢側に関与していることを意味している。麻酔により高周波刺激に対する振幅が減弱する理由として, 高周波刺激に対応するシステムは低周波刺激に対応するシステムとは別のものであるという説²⁴⁾に従えば, 麻酔により高周波に対応するシステムのみが選択的に抑制されることが考えられる。

以上の結果は, 振幅のばらつきの多い flash VECF でも, 時間周波数特性を計測することにより, 麻酔の影響を考慮する基準になりうることを明らかにした。さらに, 今後, 麻酔の深さを客観的に知る上に応用されることが示唆された。

文 献

- 1) Allen A, Starr A, Nudleman K: Assessment of sensory function in the operating room utilizing cerebral evoked potentials: A study of fifty-six surgically anesthetized patients. Clin Neurosurg 28: 457-481, 1981.
- 2) Grundy BL: Intraoperative monitoring of sensory-evoked potentials. Anesthesiology 58: 72-87, 1983.
- 3) Raundzens PA: Intraoperative monitoring of evoked potentials. Ann NY Acad Sci 388: 308-326, 1982.
- 4) 橋 直矢: 脳波誘発反応の麻酔学領域への応用。医学のあゆみ 76: 533-541, 1971.
- 5) Uhl RR, Squires KC, Bruce DL, et al: Variations in visual evoked potentials under anesthesia. Prog Brain Res 54: 463-466, 1980.
- 6) 中島 泉, 安達恵美子, 千葉次郎: 全身麻酔下におけるヒト Flash VECF. 眼紀 34: 1507-1512, 1983.
- 7) De Voe RG, Ripps H, Vaughan HG: Cortical responses to stimulation of the human fovea. Vision Res 8: 135-147, 1968.
- 8) Halliday AM: Clinical applications of evoked potentials, in Matthews WB, Glaser GH (eds): Recent Advances in Clinical Neurology. Edinburgh, Churchill Livingstone Inc, 47-73, 1978.
- 9) Sokol S: Visual evoked potentials, in Aminoff MJ (ed): Electrodiagnosis in Clinical Neurology. New York, Churchill Livingstone Inc, 348-369, 1980.

- 10) 中村善寿：臨床 VEP の基礎と実際。臨眼 77：871—882, 1983.
- 11) Milner BA, Regan D, Heron JR： Differential diagnosis of multiple sclerosis by visual evoked potential recording. Brain 97：755—772, 1974.
- 12) Domino EF, Corssen G, Sweet RB： Effects of various general anesthetics on the visually evoked response in man. Anesth Analg 42：735—747, 1963.
- 13) Domino EF： Effects of preanesthetic and anesthetic drugs on visually evoked responses. Anesthesiology 28：184—191, 1967.
- 14) Uhl RR, Squires KC, Bruce DL, et al： Effect of halothane anesthesia on the human cortical visual evoked response. Anesthesiology 53：273—276, 1980.
- 15) Zattoni J, Siani C： Studio nell'uomo degli effetti dell'Enflurano sulla reattività elettrica cerebrale a stimoli luminosi (risposta evocata visiva), in Damia G, Torri G (ed)： Simposio nazionale sull'Éthane®. Alghero, Giugno, 77—86, 1973.
- 16) Raitta C, Karhunen U, Seppäläinen AM： Changes in the electroretinogram and visual evoked potentials during general anesthesia. Albrecht v Graefes Arch klin Exp Ophthal 211：139—144, 1979.
- 17) Burchiel KJ, Stockard JJ, Myers RR, et al： Visual and auditory evoked responses during enflurane anesthesia in man and cats. Electroenceph clin Neurophysiol 39：434, 1975.
- 18) Van der Tweel LH： Relation between psychophysics and electrophysiology of flicker. Docum Ophthal 18：287—304, 1964.
- 19) Van der Tweel LH, Verduyn Lunel HFE： Human visual responses to sinusoidally modulated light. Electroenceph clin Neurophysiol 18：587—598, 1965.
- 20) Van der Tweel LH, Estévez O： Subjective and objective evaluation of flicker. 4th Congr Europ Soc Ophthal, Budapest 1972, Part 1. Ophthalmologica 169：70—81, 1974.
- 21) Regan D： Some characteristics of average steady-state and transient responses evoked by modulated light. Electroenceph clin Neurophysiol 20：238—248, 1966.
- 22) Sternheim CE, Cavonius CR： Sensitivity of the human ERG and VEP to sinusoidally modulated light. Vision Res 12：1685—1695, 1972.
- 23) 高田郁子, 安達恵美子, 千葉次郎：ヒト ERG に対する Fluothane 麻酔の影響。日眼 86：2166—2171, 1982.
- 24) Regan D： A high frequency mechanism which underlies visual evoked potentials. Electroenceph clin Neurophysiol 25：231—237, 1968.