

短潜時視覚誘発反応 (SVEP) にみられる

両眼性効果について (図3, 表1)

深井 小久子・筒井 純 (川崎医科大学眼科学教室)

Binocular Effects in Short Latency Visual Evoked Potentials

Sakuko Fukai and Jun Tsutsui

Department of Ophthalmology, Kawasaki Medical School

要 約

両眼刺激による VEP の振幅増大については、よく知られた事実となっている。しかし視路や脳幹部を含む皮質下における両眼性増大効果については知られていない。この研究においては短潜時視覚誘発反応 (short latency VEP SVEP) の増大効果をムービングトポグラフィー法によって検討した。両眼性増大効果は、(1) 眼から頭頂後頭部に移動する N_{40} 成分、(2) 脳幹部発射の P_{50} 成分、(3) 後頭葉性の N_{70} 成分にそれぞれ認められた。増大率は N_{40} は1.4倍、 P_{50} は1.5倍、 N_{70} は1.7倍であった。 N_{40} 、 P_{50} 、 N_{70} の頂点潜時は0.7msec から4.1 msec の遅延が両眼刺激時に単眼刺激に比して認められた。これは両眼からの興奮の伝達に干渉作用があるためではないかと考えられた。(日眼 92:203-208, 1988)

キーワード：両眼性増大効果、短潜時視覚誘発反応(SVEP)、ムービングトポグラフィー、正常両眼視機能者、視路

Abstract

The enhancement of the amplitude of visual evoked cortical potentials by binocular stimulation is well known. However a binocular effect in the subcortical pathway, including the visual pathway and brainstem has not been reported. In this investigation using short latency VEP the binocular effect was studied by means of moving topography. The binocular enhancement was recognized to consist of an N_{40} component which moved from the anterior area to the parieto-occipital area, a P_{50} component of brainstem discharge and an N_{70} component of the occipital lobe. The enhancement ratios were 1.4 times for N_{40} , 1.5 times for P_{50} and 1.7 times for N_{70} . The peak latency of N_{40} , P_{50} , N_{70} showed a slight delay (0.7-4.1msec) in binocular stimuli compared with monocular stimuli. This may be explained by the interaction of conduction between optic pathways from the two eyes. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 203-208, 1988)

Key words: binocular effect, short latency visual evoked potential, moving topography, normal binocular vision, optic pathway

I 緒 言

両眼の相互作用による視覚誘発反応(以下 VEP と略す)の振幅増大に関する研究は数多くあり、これら

は主として皮質レベルにおける VEP 振幅の増大を取り上げている¹⁾⁻⁵⁾。

私共は、両眼性の VEP に関する一連の研究で、視差に富む立体視標を刺激視標として用いた時に立体視の

別刷請求先: 701-01 倉敷市松島577 川崎医科大学眼科学教室 深井小久子 (昭和62年6月1日受付)

Reprint requests to: Sakuko Fukai Dept. of Ophthalmol., Kawasaki Medical School

577 Matsushima, Kurashiki 701-01, Japan

(accepted June 1, 1987)

興奮が最も大きくなることに注目し、実在立体視標装置を開発した⁶⁾⁷⁾。その後、頭皮上で最も両眼性の増大効果が出現する部位として、頭皮上の中心から右側の頭頂後頭部にかけて最大増大の焦点があることを報告した⁸⁾。さらに動的脳電位図法で90~170msecの比較的遅い時間帯の正中中心(Cz)正中頭頂(Pz)附近より陰性焦点が連続的にうねりながら興奮伝播することを報告した⁹⁾。これは主として脳内における遅い時間帯の反応様式を示している。

最近短潜時視覚誘発反応(short latency VEP以下SVEPと略す)の研究が進み、眼から視中樞までの伝導を調べることが可能となってきた^{10)~13)}。

すなわち筒井ら¹⁴⁾はSVEPの潜時40msecから60msecにかけて出現する電位について、①断頭豚の植込電極実験、②聴性脳幹反応との比較、③脳幹部病巣の臨床例¹⁵⁾、④頭の上面、側面、前面、後面における電位焦点の対比¹⁶⁾などの研究から視路脳幹電位が出現していることを報告した。

SVEPによる両眼刺激下での特異的な反応や、視路伝導における中継核での反応変化については、いまだ知られていない。本編での研究の目的は、眼から視中樞に至るまでの伝導路における両眼性入力の影響を明らかにするものである。

II 実験方法および被検者

1. ムービングトポグラフィ装置

ムービングトポグラフィの主体はEEG Topography system 711A (NEC三栄製)である。これは多用途18チャンネル脳波計、4メガバイトのメモリーで脳電図を64画面呈示するシグナルプロセッサ7T18SとCRTコントローラー、サーマルプリンター、ビデオ録画装置、写真撮影装置から成っている¹³⁾。

本法に使用したトポグラム作成のプログラムは日本電気三栄製でSignal Processor 7T18用No. 305 (VI. I)で、特に視中樞附近を細かく表現するためCz、Ozを加え補間関数Bで電極間の推定値の精度をよくしている。一般脳波用ではこの両電極が省略されることが多い。従ってこのプログラムは視覚研究用にすぐれている。

2. 脳波の記録

電極位置は、国際10/20法に準じた、活性電極としては、Fp₁、Fp₂、Fz、F₇、F₈、C₃、C₄、Cz、T₅、T₆、O₁、O₂、Oz、P₃、P₄、Pzの16誘導とし、基準電極は平衡型頭部外電極、balanced noncephalic electrode

(BNE)を用いた。脳波測定は単極誘導を採用したが各電極間の抵抗は5K Ω 以下とした。刺激装置は1 Joule 8 Hzのキセノン閃光フラッシュで、50cmの距離をとり、眼前にdiffuserをおき照射し、広範囲の網膜を刺激した。聴性脳幹反応をおさえるために耳栓をしてフラッシュ音を消した。加算回数は1,000回である。時定数は、0.001秒、HCは3KHzを用いた。測定は、両眼刺激および単眼刺激で行い、再現性の有無を確認した。得られたSVEPの反応波は、網膜律動様小波の40 msec以後の波形に注目し、潜時はCRT上にカーソルを移動して測定した。振幅の測定は求めた各頂点と基線間およびpeak to peakを測定した。

3) 被検者

被検者は、川崎医科大学眼科学教室のスタッフ12名で屈折異常以外の眼疾患のない正常両眼視機能者(Titmus 60sec保有者)を対象とした。年齢は24~62歳(平均33.5歳)である。その内最も再現性のよい5例を選出し、両眼性増大効果を算出した。SVEPの正常反応と両眼性増大効果の頂点潜時については、12例で分析を試みた。

III 結 果

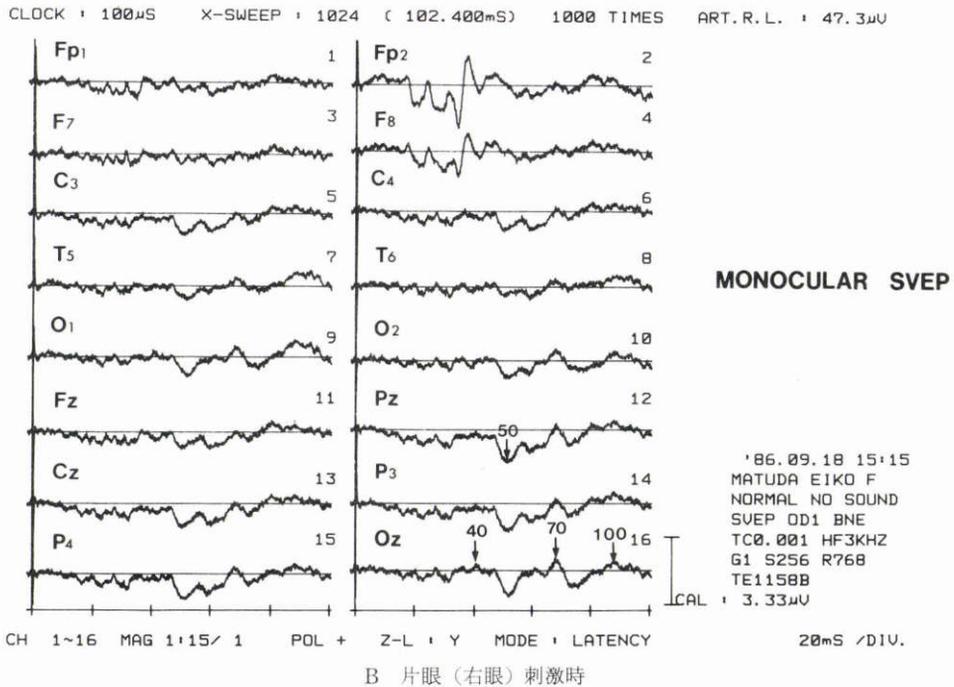
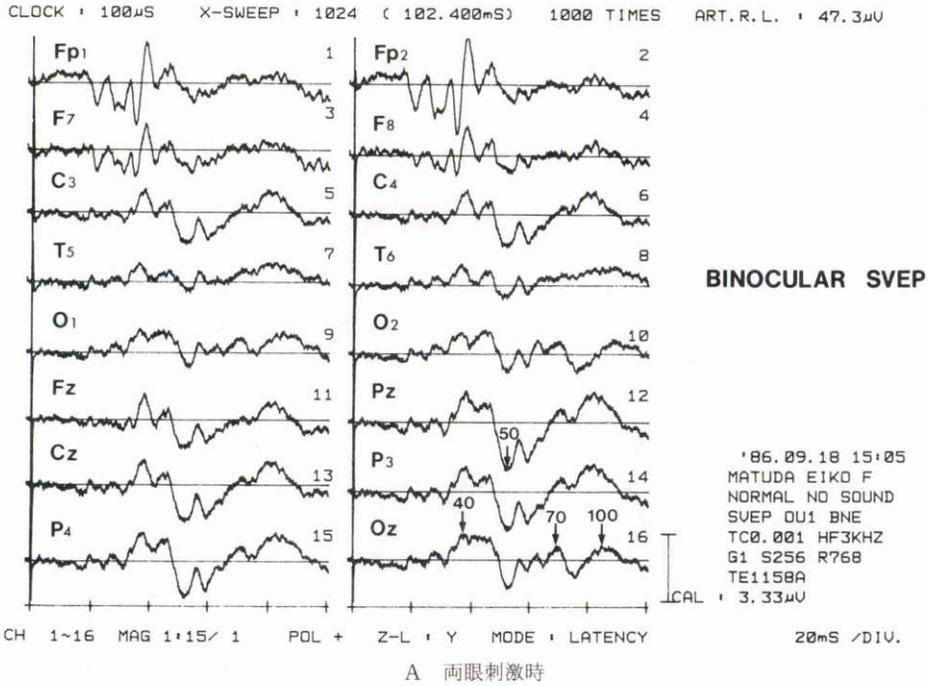
1. SVEPの正常波形成分

本実験より得られた正常者における両眼刺激時のSVEP波形における反応波の出現時間と出現部位を示す(第1図)。第1に出現する反応は網膜律動様小波でFp₁、Fp₂にみられ第1図Aでは両眼刺激のため両眼性に、Bでは右眼刺激であるため右眼のみに出現している。出現時間はFp₁、Fp₂の部位に20~40msecの時間帯に陽性波3回、陰性波1回計4回出現している。第2のピークは、40~60msecにかけての陽性帯電である。これは、視路脳幹電位で、出現する部位は、F、C、P、Oである。第3の著明な反応波は、陰性帯電で、後頭葉反応である。最も顕著に出現する部位は、P、Oで陰性焦点が3波に分岐している。

Grand averageによる脳電位図上での主要焦点は第2図に示すごとくである。N₄₀成分は数msecのうちに前頭から後頭へ移動するが、図には最終段階のみを示す。P₅₀成分は視路脳幹反応のうち脳幹電位の特徴を示すもので瞳孔反応に関係があると考えられている。N₇₀は後頭葉視中樞の反応としての分布を示している。

2. SVEPの両眼性増大効果

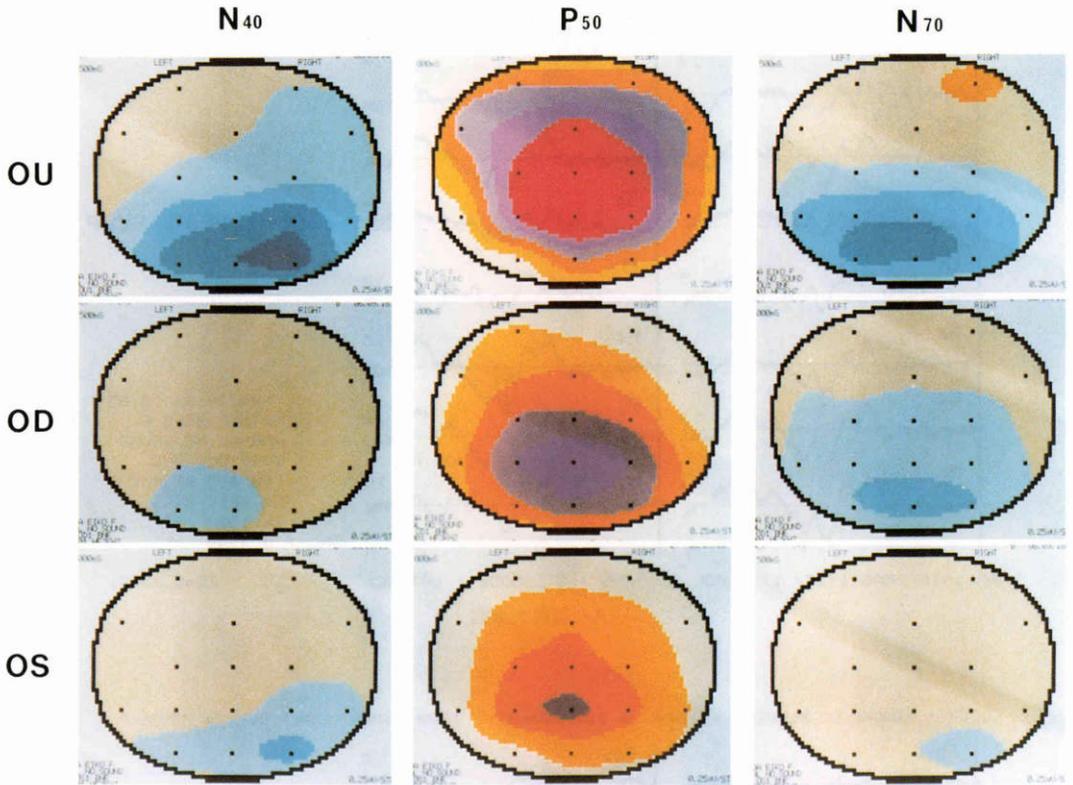
図1のA図とB図の比較でも判るように律動様小



第1図 SVEPの反応波形の比較

それぞれの図において40はN₄₀, 50はP₅₀, 70はN₇₀を示す。印字の位置が、計算に使用した位置である。全体的にみて両眼刺激によりすべての成分に増大が認められる。Fp₁, Fp₂は網膜律動様小波を示す。

TE-1158 SVEP BINOCULAR EFFECT 0.25 μ V/step



第2図 SVEPの両眼性増大効果を示す脳電図
赤系は陽性電位, 青系は陰性電位

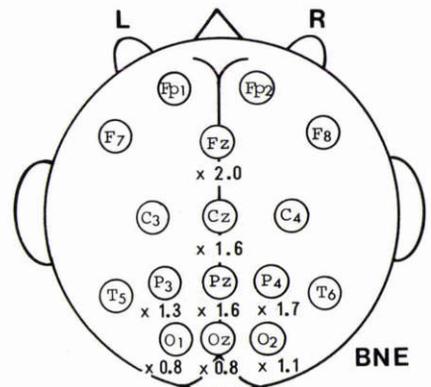
カラーステップは一段差が0.25 μ Vであるので、それぞれの興奮焦点の強さの略略は0.25 μ V \times ステップ数で算出できる。絶対値は得られない。OU 両眼, OD 右眼, OS 左眼

波以外の波形成分は両眼性では片眼性に比して著明に振幅が大きいことが判る。

両眼性増大効果の算出法は従来⁹⁾の方法と同様であるが、今回はCRT上でカーソル移動により実数値(μ V)を求めて計算した。その結果N₄₀成分は1.4倍、P₅₀は1.5倍、N₇₀は1.7倍と視路を後に行くほど増大が大きく出現した。

この増大現象は脳電図(第2図)ではさらに部位的によく示される。すなわち両眼刺激(OU)は片眼刺激(OD, OS)に比して同じ頭皮上の部位において顕著に電圧が高いことを示している。

両眼性増大効果をさらに従来⁹⁾のN₇₀とP₁₀₀の頂点間振幅によって算出したものが第3図である。頭部中央(Cz)から右頭頂後頭(P₄)にかけて1.6~1.7倍の両眼性増大効果が得られた。いずれの数値も従来の光刺激



第3図 両眼性増大効果の分布図
N₇₀, P₁₀₀の頂点間電位差による。BNE: balanced noncephalic electrode 基準電極

第1表 両眼性増大効果の出現する頂点潜時

	monocular	binocular
N ₄₀	38.8±2.9	39.8±2.6
P ₅₀	52.9±3.4	54.9±3.1
N ₇₀	70.8±2.1	73.0±4.0

N=12 (msec)

VEP で得られた両眼性増大効果より低い値であるが、SVEP 上にも両眼性増大効果が認められた。しかし立体視標刺激時の両眼性増大効果 $\sqrt{4}$ 倍を越えるものではない。また左右各眼の単眼刺激の反応を加算集計した反応波形と、両眼刺激時の反応波形は、ほぼ類似しており、両眼刺激時の反応波形から、単眼刺激時反応波形を除いた波形からは、両眼視に何ら特異的な特殊反応は認められなかった。

3. 両眼性増大効果の出現する頂点潜時について

SVEP における両眼性増大効果の認められる N₄₀、P₅₀、N₇₀成分の頂点潜時を正常者12例より求めた。いわゆる N₄₀成分については、単眼刺激での頂点潜時は、38.8±2.9msec であり、両眼刺激では39.8±2.6msec であった。

P₅₀成分については、単眼刺激での頂点潜時は、52.9±3.4msec に対して、両眼刺激時の頂点潜時は54.9±3.1msec であった。N₄₀成分は、単眼刺激時の頂点潜時が70.8±2.1msec であるが、両眼刺激では73.0±4.0msec であった。SVEP における N₄₀、P₅₀、N₇₀の3成分は、共に両眼刺激時の頂点潜時が、片眼刺激時の頂点潜時に比して有意に延長することが認められた ($p < 0.05$) (表1)。

IV 考 按

眼から視中枢に至るまでの視路の途上で、視覚誘発反応の両眼性増大効果を生ずる部位があるかどうか、また、この経路に両眼視に特異的な反応が認められるかどうかを最近発達した SVEP で検討した。その結果、SVEP に見られる両眼性の増大効果は、眼から視中枢までの中継核においても両眼性の増大効果があることが判明した。両眼性増大効果は視標によっても異なり、私共の測定では TV 市松刺激においては、1.5 倍、立体視標、特に実在立体視標のフランス人形で disparity の豊富な部分では 2 倍、白黒積木ブロック視

標では 2 倍、発泡スチロール立体視標では約 2 倍の両眼性増大効果が認められた^{6)~8)}。しかし今回の SVEP では 2 倍までの両眼性増大効果は得られなかった。本法と従来との結果の差は、VEP の記録方法、実験方法が異なっていることにもよるが、従来の方法では、主として視刺激が後頭葉視中枢に入力されてからの遅い反応をとらえる方法である。それに比べて今回の方法は、視中枢に至るまでの速い時間帯の反応をとらえており、実験方法、条件は大いに異なっている。

SVEP の脳電位図上での両眼性増大効果の出現する部位は、N₄₀成分については、後頭葉附近が顕著であった。P₅₀成分は、頭部中央から頭頂後頭にかけて出現しており、N₇₀成分は、後頭葉附近に最もよく両眼性増大効果は出現していた。この陰性帯電は65msec から75msec にかけて後頭頭頂部をアメーバ運動状にうねりながら移動する状態が認められた。

両眼性増大効果が認められた N₄₀、P₅₀、N₇₀成分の頂点潜時についてはいずれの成分ともに単眼刺激に比して両眼刺激時に0.7~4.1msec の延長があることが確認された。この頂点潜時の延長は、両眼から送られた興奮の干渉処理に要する時間ではないかと考えられた。

つまり片眼各々の刺激が外側膝状体や上丘などに送られ、それが両眼性の干渉を行うため0.7~4.1msec 程度の伝導の遅れを生ずるのであろうと考えられる。各頂点潜時の振幅が示すところは深径覚といったような高次の感覚の発生というよりは、視路中継核における単純な両眼性の興奮の増大であらうと考えられる。

本研究は文部省科学研究費一般研究 B59570759 の補助によったことを感謝する。

文 献

- 1) **Spekreijse H:** Analysis of EEG responses in man. The Hague, Netherlands, Dr W Junk, Publisher, 129-143, 1966.
- 2) **Wanger P, Nilsson BY:** Visual evoked responses to pattern reversal stimulation in patient with amblyopia and/or defective binocular function. Acta Ophthalmol 56: 617-627, 1978.
- 3) **Blake R, Levinson E:** Spatial properties of binocular neurones in the human visual system. Exp Brain Res 27: 221-232, 1977.
- 4) **Srebro R:** The visually evoked response. Binocular facilitation and failure when binocular vision is disturbed. Arch Ophthalmol 96: 839-844, 1978.

- 5) 阿部春樹：チェッカーボード VECP（視覚誘発脳波）による両眼相互作用に関する研究. 日眼 83: 1575—1583, 1979.
 - 6) 深井小久子, 阿部哲子, 筒井 純：両眼性 disparity sensitive VECP の研究. 日眼 84: 1629—1633, 1980.
 - 7) Fukai S: Binocular facilitation of VEPs by real stereotarget. *Kawasaki Med J* 7: 211—222, 1981.
 - 8) 深井小久子：視覚誘発動的脳電位図法による両眼視機能検査. 眼臨 78: 1695—1699, 1984.
 - 9) Fukai S: Topographic visually evoked potentials induced by stereoptic stimulus. *Br J Ophthalmol* 69: 612—617, 1985.
 - 10) 筒井 純：視覚誘発 (VEP) の臨床応用. *Equilibrium Res* 41: 274—281, 1982.
 - 11) 川島幸夫：短潜時視覚誘発反応の研究. 1. 電気的測定条件の検討. 眼紀 34: 1663—1669, 1983.
 - 12) 筒井 純：神経眼科に関する諸問題. 視覚誘発動的脳電位図法の基礎と臨床応用. 日眼 89: 86—131, 1985.
 - 13) 筒井 純, 大西 徹, 深井小久子他：ムービングトポグラフィの開発と臨床応用. 第2世代の動的脳電位図法. 臨眼 41: 1018—1019, 1987.
 - 14) 筒井 純, 川島幸夫, 大西 徹：視機能に関連する脳幹電位の動的脳電位図法による研究. 日眼 90: 1462—1473, 1986.
 - 15) Tsutsui J, Kawashima S: Studies on short latency visual evoked potentials in cases with optic pathway lesions. *Neuroophthalmology* 6: 247—255, 1986.
 - 16) 川島幸夫：短潜時視覚誘発反応の研究3. 4次元脳電位図法の応用. 眼紀 35: 978—982, 1984.
-