

# 上半・下半網膜の空間周波数特性

佐野 信昭, 安達恵美子

千葉大学医学部眼科学教室

## 要 約

上半および下半網膜の空間周波数特性をパターン視覚誘発電位 (PVECP) の P100頂点潜時を指標として検討した。視力1.0以上の正常者56名を対象とし, 上半および下半網膜刺激にてチェックサイズを112' 56' 28' 14' 7' と変化させた。チェックサイズ56' ~28' にて上半網膜刺激の P100頂点潜時が最短となったのに対して下半では112' ~56' となり, 下半網膜刺激における P100頂点潜時 vs 空間周波数曲線が上半網膜刺激におけるものより低周波数領域に移行していた。このことは, 上半および下半網膜に対する視神経路の生理的機能の相違を示唆するものと考えられる。(日眼会誌 94: 679-682, 1990)

キーワード: 空間周波数特性, 上半下半網膜, パターン視覚誘発電位, 頂点潜時

## Spatial Frequency Characteristics of Upper and Lower Hemiretina with Pattern Reversal VECPs

Nobuaki Sano and Emiko Adachi-Usami

*Department of Ophthalmology, School of Medicine, Chiba University*

### Abstract

We studied the spatial frequency characteristics in the upper and lower hemiretina using pattern reversal VECPs. The subjects were 56 normal volunteers ranging in age from 14 to 69 years old. The latency of the first major positive component (P100) of VECPs was measured using checker board pattern stimuli under varying conditions of spatial frequency (112', 56', 28', 14', 7'). For the upper hemiretinal stimuli, the P100 peak latency vs spatial frequencies curve reached minimum at 56' ~28' and increased at both lower and higher frequencies. For the lower hemiretinal stimuli, this curve shifted towards lower frequencies. The results suggested that the spatial frequency characteristics between the upper and lower hemiretina were different. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 94: 679-682, 1990)

Key words: Spatial frequency characteristics, Upper and lower hemiretina, VECPs, Peak latency

## I 緒 言

視覚の形態覚機能を定量的に評価するため, パターン視覚誘発電位 (PVECP) を用いた空間周波数特性による検討が近年 Campbell<sup>1)</sup>以来報告されている。特

に PVECP の頂点潜時における空間周波数特性の研究も, 多くは格子パターン刺激によるものであるが, 数多くなされてきた。

一方, 上半網膜と下半網膜およびそれらに対応する視覚伝導路に関して, 両者の形態学的, 生理学的な相

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 佐野 信昭  
(平成元年9月29日受付, 平成元年12月11日改訂受理)

Reprint requests to: Nobuaki Sano, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Chiba Univ.  
1-8-1 Inohana, Chiba 280, Japan

(Received September 29, 1989 and accepted in revised form. December 11, 1989)

違が存在することは周知の事実である。その裏付けとして、transient VECF による検討が Adachi-Usami<sup>2)</sup>, Jeffreys ら<sup>3)</sup>により行われている。しかし、上半網膜および下半網膜刺激による PVECF を用いた空間周波数特性の検討は、ほとんど施行されていないのが現状である。

今回我々は、市松模様の刺激パターンによる上半・下半網膜刺激の PVECF の P100 頂点潜時を基準にして空間周波数特性を検討し、その結果を年齢別に比較した。

## II 対象および方法

対象としたのは視力1.0以上、屈折異常 $\pm 2.0D$  以内の正常者56名56眼で、年齢別に表1のように3群に分けて検討した。

PVECF の刺激には白黒反転のテレビ方式を用い、反転頻度は3rev/sec, コントラスト80%, 平均輝度39.1 cd/m<sup>2</sup>, 観察距離は1.7m とした。この観察距離での画面視野は7°×12°であり、刺激野の上・下水平線の中点を固視させ上半・下半網膜刺激とした。チェックサイズは7', 14', 28', 56', 112' の5種を用いた。

電極はO<sub>2</sub>におき、両耳朶に不関電極を置いた単極誘導を用い、前置増幅器(日本光電 Model AVB-9)にて1.5~100Hz の帯域で増幅したのち、加算平均器(日本光電 ATAC350)にて200msec の解析時間にて100回の加算平均をおこない、X-Y レコーダー(理化電器)にて記録した。

なお被検眼は1% tropicamide にて散瞳させ、3mm の人工瞳孔下で完全矯正し、固視点を注視させた。

以上の条件で得られた PVECF の P100 頂点潜時を計測した。

## III 結果

図1は、15歳女児および59歳男性の実際の PVECF 波形を示す。100msec 付近で頭皮上電極上向きの振れ(P100)がすべてのチェックサイズにおいて認められる。上半網膜刺激においては、最短の P100 頂点潜時が得られるチェックサイズは両者とも28'であり、これに対して下半網膜刺激では56'である。

表1は、各チェックサイズにおける平均の P100 頂点潜時および標準誤差 (Mean $\pm$ SE, n=56) を示したものである。下半網膜刺激における P100 頂点潜時は若年者と老年者間でばらつきが大きく、標準誤差も大きな値をとるため、10~29歳、30~49歳、50~69歳の3群

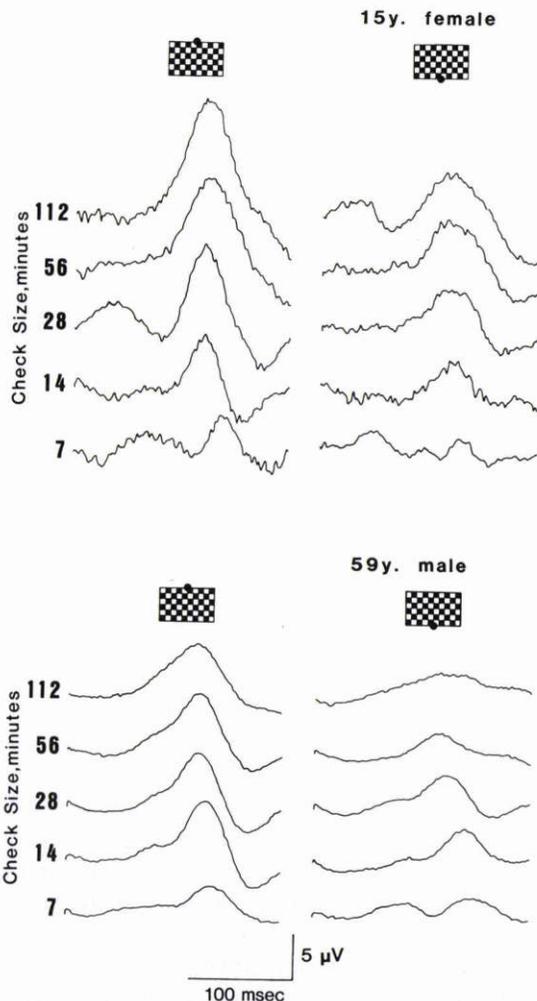


図1 15歳女児, 59歳男性の transient VECFs. 最短の P100 頂点潜時が得られるチェックサイズは、両者とも上半網膜刺激では28' 下半網膜刺激では56'である。

表1 各チェックサイズの上半・下半網膜刺激における平均 P100 頂点潜時一覧

| check size   | Mean $\pm$ SE |               |               |               |               | n=56   |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
|              | 112'          | 56'           | 28'           | 14'           | 7'            |        |
| upper retina | 114 $\pm$ 1.3 | 112 $\pm$ 1.0 | 113 $\pm$ 1.0 | 118 $\pm$ 1.1 | 133 $\pm$ 2.2 | (msec) |
| lower retina | 126 $\pm$ 2.4 | 125 $\pm$ 1.5 | 127 $\pm$ 1.8 | 133 $\pm$ 1.5 | 148 $\pm$ 2.5 |        |

に分けて検討し、その結果を各々図2に示す。3群ともすべてのチェックサイズにおいて、下半網膜刺激における P100 頂点潜時は上半網膜刺激より有意に(3群

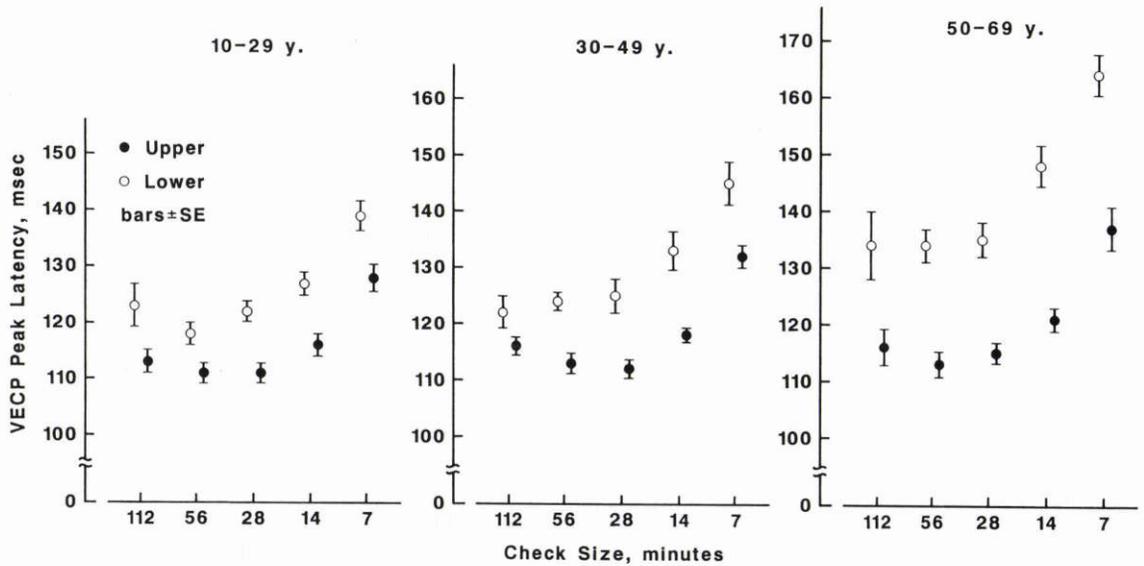


図2 各年齢群での各チェックサイズに対する平均 P100 頂点潜時。下半網膜刺激における P100 頂点潜時は上半網膜刺激より有意に ( $p < 0.01$ ) に延長している。また、上半および下半網膜刺激の空間周波数特性は異なる。

$p < 0.01$ ) 延長していた。空間周波数特性については、上半網膜刺激において10~28歳群では28', 30~49歳群では28', 50~69歳群では56'のチェックサイズをピークとしたU字型を示した。これに対して、下半網膜刺激においては、そのピークは3群それぞれ56', 112', 112'となり、上半網膜刺激より低空間周波数領域に移行する傾向は3群全てに認められた。

#### IV 考 按

視覚誘発電位の頂点潜時を指標とした空間周波数特性に関して、現在まで多くの報告がなされてきた。PVECPの刺激条件は様々であり、その成分波も異なるため、今回の我々の結果とは一概には比較検討することはできない。しかし、空間周波数の変化にともなって頂点潜時が規則的な変化を示すことは事実である。Parker<sup>4)</sup>、Vassilev<sup>5)</sup>は、縞模様刺激による検討にて、すべてのPVECP成分の頂点潜時が空間周波数が増加するに連れて延長すると述べており、Skrandies<sup>6)</sup>、Jones<sup>7)</sup>は同様の刺激にて、それぞれ2.3c/deg、4c/degをピークとしたU型のパターンを示すと報告している。これらに対して、Sokol<sup>8)</sup>は我々と同じ市松模様刺激にて、空間周波数が増加するにつれて潜時は延長し、6'と48'のチェックサイズの間では20msecの違いがあると述べている。

このような空間周波数特性が生ずる機序について、Tolhurst<sup>9)</sup>、Kulikowski<sup>10)</sup>はいわゆる transient channels と sustained channels との異なった空間周波数特性によるものではないかと述べている。また、Parker<sup>4)</sup>はあるPVECP成分波においては、transient channels のみが関与していると解釈しており、未だ一定の結論は得られていない。しかし、P100頂点潜時に関しては、transient または sustained channels の単独の関与と考えるよりは、両 channels が関係していると考えた方がU型の空間周波数特性曲線を示す点から、より説明しやすいと思われる。

一方、上半網膜・下半網膜刺激によるPVECPの検討において、Eason<sup>11)</sup>、Lehmann<sup>12)</sup>、Adachi-Usami<sup>2)</sup>およびPrevic<sup>13)</sup>は、下半網膜刺激の方が上半網膜刺激よりPVECPの頂点潜時が延長することを報告している。さらに、Lehmann<sup>12)</sup>は反転頻度、Peregrin<sup>14)</sup>は輝度をかえることによって、上半および下半網膜刺激によるPVECPの頂点潜時の変化が両者で異なることを示した。この現象に対して、Lehmann<sup>12)</sup>は大小の網膜神経節細胞の構成比率の相違によって生ずると推論している。ERGでは三宅<sup>15)</sup>の上・下半網膜刺激による局所ERGの報告があるが、a波、b波、網膜律動様小波とともに上半網膜において振幅が大きく、網膜視細胞レベルのみでも両者の視機能差が明ら

かであると述べている。

今回我々は、上半網膜と下半網膜刺激によるPVECPのP100成分の検討に於いて、10~29, 30~49, 50~69歳の各3群いずれにおいても両者の空間周波数特性が異なり、上半網膜刺激における空間周波数特性曲線がより低空間周波数領域に移行する傾向があることを示した。このことはLehmannら<sup>12)</sup>が指摘している上半網膜と下半網膜のシステムにおける機能的な相違を支持するものである。このような相違が生じる機序に関しては、上半および下半網膜におけるtransient channelsとsustained channelsの構成比率の反映が考えられる。しかし、この相違が網膜レベルのみであるか、より上位の視路においても認められるかは今回の結果からだけでは言及することはできない。また、生理学的な結果の裏付けとなる上・下半網膜の形態学的な相違については、上半網膜の錐体視細胞密度が大きいことを指摘したÖsterberg<sup>16)</sup>の報告がある。しかし、上位の視路を含めていた上・下半網膜におけるX-cell, Y-cellの構成比の違いについては明確になっておらず、今後さらに検討してゆく必要があると思われる。

#### 文 献

- 1) **Campbell FW, Maffei L**: Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. *J Physiol* 207: 635—652, 1970.
- 2) **Adachi-Usami E, Lehmann D**: Monocular and binocular evoked average potential field topography: Upper and lower hemiretinal stimuli. *Exp Brain Res* 50: 341—346, 1983.
- 3) **Jeffreys DA, Smith AT**: The polarity inversion of scalp potentials evoked by upper and lower half field stimulus patterns: Latency or surface distribution differences? *Electroenceph Clin Neurophysiol* 46: 409—415, 1979.
- 4) **Parker DM, Salzen EA**: Latency changes in the human visual evoked response to sinusoidal gratings. *Vision Res* 17: 1201—1204, 1977.
- 5) **Vessilev A, Manahilov V, Mitov D**: Spatial frequency and pattern onset-offset response. *Vision Res* 23: 1417—1422, 1983.
- 6) **Skrandies W**: Scalp potential fields evoked by grating stimuli: Effect of spatial frequency and orientation. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 58: 325—332, 1984.
- 7) **Jones R, Keck MJ**: Visual evoked response as a function of grating spatial frequency. *Invest Ophthalmol Visual Sci* 17: 652—659, 1978.
- 8) **Sokol S, Moskowitz A**: Effect of retinal blur on the peak latency of the pattern evoked potential. *Vision Res* 21: 1279—1286, 1981.
- 9) **Tolhurst DJ**: Reaction times in the detection of gratings by human observers: A probabilistic mechanism. *Vision Res* 15: 1143—1149, 1975.
- 10) **Kulikowski JJ, Tolhurst DJ**: Psychophysical evidence for sustained and transient detectors in human vision. *J Physiol* 232: 149—162, 1973.
- 11) **Eason RG, White CT, Oden D**: Averaged occipital responses to stimulation of sites in the upper and lower halves of the retina. *Perception Psychophysics* 2(10): 423—425, 1967.
- 12) **Lehmann D, Skrandies W**: Multichannel evoked potential fields show different properties of human upper and lower hemiretina systems. *Exp Brain Res* 35: 151—159, 1979.
- 13) **Previc FH**: The neurophysiological significance of the N1 and P1 components of the visual evoked potential. *Clin Vision Sci* 3: 195—202, 1988.
- 14) **Peregrin J, Pastrnáková I, Pastrnák A**: Visual evoked response to the upper and lower half-field stimulation in a dark-adapted man. *Pflügers Arch* 376: 81—86, 1978.
- 15) 三宅養三: 黄斑部局所ERG. *日眼会誌* 92: 1419—1449, 1988.
- 16) **Österberg GA**: Topography of the layer of rods and cones in the human retina. *Acta Ophthalmol Suppl* 6: 1—102, 1935.