

## パターン視覚誘発電位による他覚的視力測定

波柴 礼恵<sup>1)</sup>, 田淵 昭雄<sup>1)</sup>, 松田 盈子<sup>2)</sup>, 山口 若水<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>川崎医科大学眼科学教室, <sup>2)</sup>川崎医科大学生理機能センター

### 要 約

パターン視覚誘発電位(PVEP)による他覚的視力測定の精度をより高めるために, 著者らはこれまで視力に関する網膜 X 細胞優位な刺激方法を検討してきた。今回, 臨床応用可能な刺激条件について検討した。対象は, 正常者 18 例 18 眼(平均年齢 22.2 歳)とした。検査距離を刺激視野 8 度に合わせ, 刺激視標は白黒格子縞パターンを用い, パターンのチェックサイズは 39, 26, 15, 9 分とした。コントラスト値 15% とし, 反転頻度 0.7 Hz で刺激し, 加算処理は 100 回施行した。判定は後頭領域での P<sub>100</sub>成分を指標とし, チェックサイズが 39 分で P<sub>100</sub>成分

を認め, 26 分で P<sub>100</sub>成分を認めなかった場合を視力 0.1 とし, 以下同様に判定した。視力 0.1 では 76.9% に, 0.2 では 71.4% に, 0.5 では 70.0% に, 1.0 では 58.3% に視力が判定できた。ランドルト環視力測定が困難である乳幼児や発達遅延児らに対して, 小視角, 低コントラスト, 低反転頻度刺激での PVEP による他覚的視力測定が可能である。(日眼会誌 101: 644-647, 1997)

キーワード: パターン視覚誘発電位(PVEP), 視力測定, 網膜 X 細胞

## Visual Acuity Measured by Pattern Visual Evoked Potential

Ayae Hashiba<sup>1)</sup>, Akio Tabuchi<sup>1)</sup>, Eiko Matsuda<sup>2)</sup>  
and Wakami Yamaguchi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Kawasaki Medical School

<sup>2)</sup>Kawasaki Medical School Clinical Physiology Research Center

### Abstract

We investigated the appropriateness of a method for the assessment of visual acuity using pattern visual evoked potentials (PVEP) in which retinal X-ganglion cells are predominantly stimulated. Eighteen normal eyes (average 22.2 years old) with normal acuity of 1.0 were examined. The stimulus consisted of white and black checkerboards (39', 26', 15' and 9') with a visual angle of eight degrees and a contrast level of 15%. The pattern reversal frequency was 0.7Hz. This resulted in 100 averaged PVEP per session. We judged visual acuity from responses of the P<sub>100</sub> component. Visual acuity was judged to be 0.1, so that there was response to the 39' checkerboard stimulus pattern, but not to the 26'

pattern. Consequently, the accuracy for visual acuity was 76.9% for 0.1, 71.4% for 0.2, 70.0% for 0.5 and 58.3% for 1.0. This method, which uses a stimulus pattern with a small visual angle, low contrast, and low pattern reversal frequency, is useful for subjective measurement of the visual acuity of infants or handicapped children whom it is difficult to measure by the conventional objective method of measuring visual acuity with Landolt's rings. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 644-647, 1997)

Key words: Pattern visual evoked potential (PVEP), Visual acuity, X-cell

## I 緒 言

近年, パターン視覚誘発電位(PVEP)を用いた他覚的な視力測定が試みられているが, PVEP による視力測定は可能であるとするもの<sup>1)-3)</sup>と, その臨床応用は難しい

とする意見とがある<sup>4)-6)</sup>. 後者の理由として, PVEP では個人差が大きく, 視力が低い場合は固視不良となり, 正確な測定が困難で, その結果は信頼性に欠けるとしている<sup>4)-6)</sup>. そのため, PVEP による他覚的視力測定が広く臨床の場で用いられているとはいえなかった。しかし, 1990

別刷請求先: 701-01 岡山県倉敷市松島 577 川崎医科大学眼科学教室 波柴 礼恵

(平成 8 年 8 月 20 日受付, 平成 9 年 3 月 29 日改訂受理)

Reprint requests to: Ayae Hashiba, M.D. Department of Ophthalmology, Kawasaki Medical School, 577 Matsushima, Kurashiki-shi, Okayama-ken, 701-01, Japan

(Received August 20, 1996 and accepted in revised form March 29, 1997)

年 De Keyser ら<sup>7)</sup>は従来の PVEP の刺激法ではなく、網膜神経節細胞の X 細胞を選択的に刺激する方法が他覚的視力検査に有用であることを報告している。我々は、この方法よりもさらに厳密に黄斑部網膜の刺激を行い、PVEP による他覚的視力評価をより精度の高いものにする方法を検討してきた<sup>8)</sup>。今回、臨床応用可能な刺激条件を設定できたので報告する。

## II 実験方法

実験対象は、検査の目的を説明し、同意を得た正常成人 18 例 18 眼(平均年齢 22.2 歳)であり、より屈折度数の小さい片眼を用いた。各々に対して検査は一度施行した。検眼の屈折度は  $-3.0\text{ D}$  以下の者が大部分であり、3 例のみが  $-4.0\sim -8.0\text{ D}$  であった。乱視のある者は完全矯正( $\text{cyl}-1.5\text{ D}$  以下)を行った。

方法は、 $-4\sim +1.75\text{ D}$  の球面レンズを負荷し、ランドルト環視力表(5 m)を用いて視力 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 を作製した。このランドルト環視力に対応するパターンのチェックサイズの設定は De Keyser ら<sup>7)</sup>の示したグラフ、すなわち視力とそれに対応する対数チェックサイズとが直線関係にあるという結果を用いた。まず、予備実験として De Keyser ら<sup>7)</sup>がテレビ画面全体を用いているのに対して、我々はより網膜の黄斑部領域を刺激するために刺激視野は視角 8 度とした。視力 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 に対応する対数チェックサイズは、De Keyser ら<sup>7)</sup>のグラフから 39, 20, 13, 9 分とした。視力 0.1 の時にチェックサイズ 39, 20 分を行い、視力 0.2 の時に 20, 13 分を、視力 0.5 の時に 13, 9 分を、視力 1.0 の時に 9 分のみを施行した。しかし、20 分と 13 分、13 分と 9 分の間で視力 0.2 および 0.5 の分離ができなかった。この原因には、刺激視野の差が関係するものと考えられた。そこで、我々は新しく

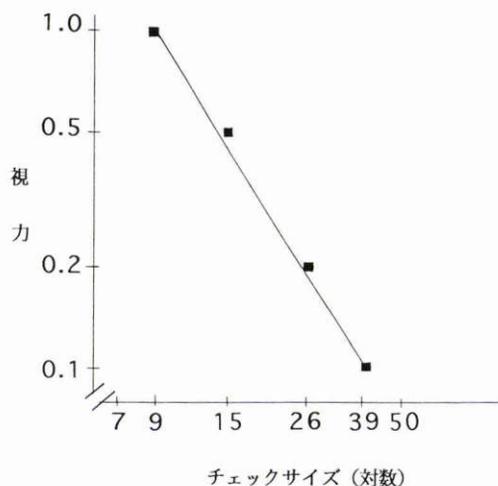


図1 視力およびチェックサイズ(対数)のグラフ。  
縦軸は視力、横軸はパターンのチェックサイズ(対数)を示しており、視力 0.1 でチェックサイズ 39 分、0.2 で 26 分、0.5 で 15 分、9 分で 1.0 に対応したグラフである。

視力とそれに対応する対数チェックサイズを De Keyser ら<sup>7)</sup>とは異なった勾配で種々検討した。今回は図 1 に示した勾配で施行した。チェックサイズ 39, 26, 15, 9 分に対応すると、視力は 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 となった。具体的な実験方法は、矯正視力 0.1 の時にチェックサイズ 39, 26 分を行い、視力 0.2 の時に 26, 15 分を、視力 0.5 の時に 15, 9 分を、視力 1.0 の時に 9 分のみを行った。刺激視標は白黒格子縞パターンを用い、検査距離を刺激視野 8 度になるように設定した。白黒格子縞作製はプログラム誘発刺激装置を ST 10(Medelec)と Random Puls Generator(日本電気三栄)を用いた。コントラスト値 15%、反転頻度 0.7 Hz で刺激し、得られた反応を Signal Processor DP 1200(日本電気三栄)を用いて分析時間 512 msec とした。検査時には検者が被検者の固視を観察し、固視のよい状態の反応についてのみ 100 回の加算処理を行った。脳波は探査電極を国際 10~20 法に準じて 16 か所、基準電極を両耳朶に連結し、アース電極を眉間に設置し、EEG 1 A 98(日本電気三栄)で増幅した。誘発反応は後頭領域( $O_1, O_2, O_z$ )での主要誘発電位  $P_{100}$ 成分を指標とし、潜時および振幅を求めた。

## III 結果

被験者 18 例中  $\alpha$  波の混入などで判定が不可能なものは除外した。 $O_1, O_2, O_z$  に有意な  $P_{100}$ 成分が得られたものは、視力 0.1 相当では 13 例、0.2 相当では 14 例、0.5 相当では 11 例、1.0 相当では 12 例であった。各チェックサイズの  $P_{100}$ 成分の平均潜時および振幅を表 1 に示した。チェックサイズ 39 分における  $P_{100}$ 成分の振幅(平均値  $\pm$  標準偏差)より 26 分での  $P_{100}$ 成分の振幅が小さい場合を反応なしとし、視力 0.1 相当とした。以下同様に判定した。 $O_1, O_2, O_z$  における各々の  $P_{100}$ 成分を検討した結果、 $O_1$  における  $P_{100}$ 成分よりも  $O_2, O_z$  で反応がより大きかったため、今回の判定には  $O_z$  の  $P_{100}$ 成分を用いた。すべての検査に要した時間は 60 分前後であった。

チェックサイズ 39 分で反応が得られ、同 26 分で反応がなく、視力 0.1 相当と判定できたものは 13 例中 10 例(76.9%)であった(表 2)。チェックサイズ 26 分で反応(+), 同 15 分で反応(-)で、視力 0.2 と判定できたものは 14 例中 10 例(71.4%)であった。その 1 例を図 2 に示した。チェックサイズ 15 分で反応(+), 同 9 分で反応(-)で、視力 0.5 と判定できたものは 11 例中 7 例(70.0%)であった。同 9 分まで反応が得られ、視力 1.0 と判定できたものは 12 例中 7 例(58.3%)であった。

## IV 考 按

今回我々は、PVEP による他覚的視力測定の精度をよくするため、臨床応用可能な条件設定を検討した。PVEP の条件は、小視角(刺激視野 8 度)、低コントラスト(コントラスト値 15%)、低頻度反転刺激(0.7 Hz)で施行した。

表1 各チェックサイズ(視力)における P<sub>100</sub>成分の平均潜時および振幅

39分(0.1)		26分(0.2)		15分(0.5)		9分(1.0)	
潜時	振幅	潜時	振幅	潜時	振幅	潜時	振幅
127.0	5.1	113.5	3.1	152.0	2.7	107.0	-0.3
122.5	3.9	127.0	2.6	117.0	2.2	127.5	2.2
121.5	1.5	95.5	1.8	142.0	2.1		
134.5	3.6	119.5	3.4	142.0	1.7	121.5	3.4
87.5	1.8	120.5	2.8	100.5	1.2	101.0	1.5
131.5	3.1	130.5	2.6	140.5	4.0	134.5	3.5
102.0	4.5	103.0	2.5	124.5	2.2	129.5	2.1
104.0	3.8	128.5	5.0	139.0	2.5		
89.5	5.3	91.5	3.1	107.0	2.8	131.0	1.7
115.0	3.8	99.0	2.1	101.5	2.1	131.5	3.9
135.0	3.9	89.0	0.6	126.5	2.2	122.5	1.8
129.5	3.7	149.5	1.7				
89.5	2.7	97.0	3.7	126.5	4.7	133.5	2.0
113.5	2.8	115.5	2.5				
123.5	5.5	103.5	4.0	89.5	1.9	102.5	1.9
123.0	3.8	140.0	1.8			131.5	1.2
139.5	1.8	121.0	3.9	124.0	3.7	137.5	2.3
117.0 ±16.8	-3.6 ±1.2	113.5 ±17.5	-2.8 ±1.1	123.3 ±18.0	-2.6 ±1.0	122.3 ±12.5 (msec)	-2.1 ±1.1 (μV)

平均値±標準偏差

表2 パターン視覚誘発電位(PVEP)で判定可能な P<sub>100</sub>成分を得られた確率

視力	判定
0.1	76.9%
0.2	71.4
0.5	70.0
1.0	58.3

刺激視野を8度とし、網膜神経節X細胞を主体に刺激する視標を用いることによってPVEPの反応をより信頼

性のあるようにした。これは、De Keyserら<sup>7)</sup>が行った方法に準じたものである。彼らの方法では、眼科的および神経眼科的疾患を有する42例の患者に対して他覚的に視力を測定できたと報告しているが、視標はテレビモニター全体を用いたものであり、厳密に黄斑機能の反応を得た方法ではない。我々が刺激視野を8度としたのは、可及的に黄斑機能領域の反応に限定し、かつ、反応が容易に得られる最小視野としたからである。また、コントラストを15%と低コントラストに設定した。コントラストは、低コントラストと高コントラストでは処理系が異なると

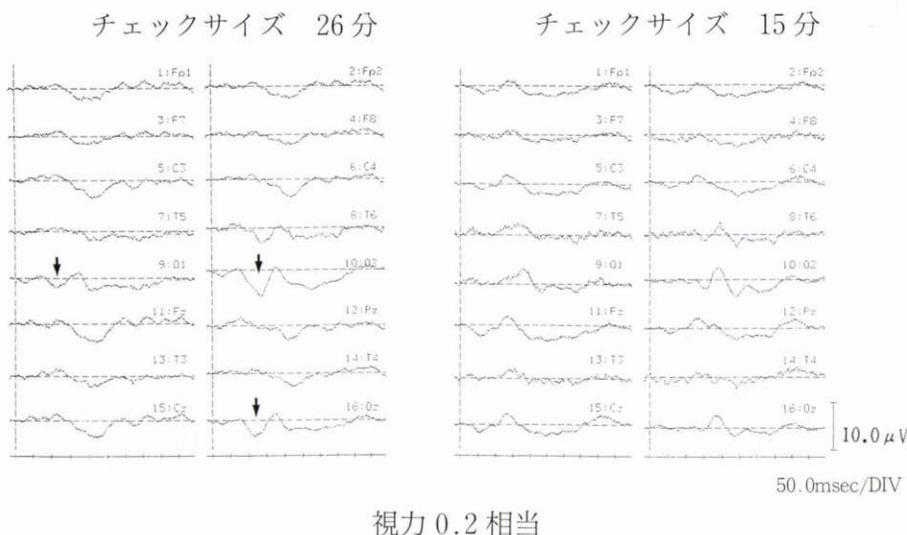


図2 視力0.2相当のパターン視覚誘発電位(PVEP).

後頭領域の反応を示す O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>z</sub> の P<sub>100</sub>成分を指標(矢印)とした時、チェックサイズ26分ではいずれにも反応を認めるが、15分では反応を認めなかった。よって、視力0.2相当と判定した(右眼刺激)。

されている<sup>9)10)</sup>。高コントラストは動き自体を発見するメカニズムを持ち、網膜神経節細胞 Y 細胞が主に関与するが、低コントラストはパターンのみを発見するメカニズムを持っている網膜神経節細胞 X 細胞が主に関与する。このため、パターンのみを認識するようにコントラスト値を設定した。反転頻度は 0.7 Hz とした。視力を細かく測定するためにチェックサイズを小さくする必要があるが、このため、反転頻度は 5 Hz 以下に維持した方がよい<sup>9)</sup>と考えたからである。

今まで様々な方法で、視覚誘発電位による視力測定が試みられてきた<sup>1)~6)</sup>。Peterson<sup>4)</sup>はコントラスト 50%、1~30 Hz、5、10、20、40 分の条件を用いて 16~54 歳の成人に対して PVEP を施行し、矯正視力 0.5 以上の場合には視力測定が可能であるが、0.5 以下の場合には判定が困難であったとしている。Furuskog ら<sup>6)</sup>は視力 1.0 の正常人に対して PVEP を施行し、PVEP による視力測定は個人差があり、信頼性にかけると報告している。一方、Sokol ら<sup>3)</sup>は生後 2~6 か月の乳児に 7.5、15、30 分、視角 12 度の PVEP を行い、視力 1.0 の測定が可能であったと肯定的である。Odom ら<sup>12)</sup>も乳幼児および精神発達遅延児らに対して VEP による視力測定を試み、3 歳以下では 75%、精神発達遅延児は 87% に可能であったと報告しており、PVEP は他の視力検査と比べてより幼少時から行うことができるとしている。本邦では大野ら<sup>11)</sup>が transient VEP を用いて P<sub>100</sub>成分の潜時からコントラスト閾値を測定して他覚的視力測定に応用しており、また入江ら<sup>12)~14)</sup>もコントラスト閾値から空間的 modulation transfer function (MTF) を求めて他覚的視力測定を行っている。

De Keyser ら<sup>7)</sup>は視力に相関すると思われるパターンのチェックサイズを選び出し、視力を横軸に、パターンのチェックサイズを縦軸にした対数グラフを作成した。最初、我々はこのグラフを参考にして、パターンのチェックサイズ 39、20、13、9 分をそれぞれ視力 0.1、0.2、0.5、1.0 に対応するとして PVEP を施行したが<sup>8)</sup>、十分な相関は得られなかった。このため、我々はどのパターンのチェックサイズが視力が 0.1、0.2、0.5、1.0 に対応するか再度検討し、その結果、パターンのチェックサイズは 39 分で視力 0.1、26 分で 0.2、15 分で 0.5、9 分で 1.0 としたものがよく相関するであろうというものであった。

視力 0.1、0.2、0.5 相当の視力判定は、それぞれ 76.9%、71.4%、70.0% の信頼性で可能であった。しかし、視力 1.0 相当の判定の信頼性は約 50% であった。これはコントラストが 15%、チェックサイズ 9 分の条件では検査時テレビ画面の走査線の影響を受けてパターンそのものが極めて不明瞭となり、安定した反応が得られな

なったためと思われる。また、テレビ画面上でパターンのサイズが小さくなり、さらに検査時間が約 1 時間を要すると被検者の集中力が低下し、十分な反応が得られなかった可能性も否定できない。

今後、ランドルト環視力測定が不可能である乳幼児や精神発達遅延児らに対して、この方法で臨床応用を行うためには加算回数を減らして、より短時間の測定時間にする必要があるであろう。

#### 文 献

- 1) Odom JV, Hoyt CS, Marg E: Effect of natural deprivation and unilateral eye patching on visual acuity of infants and children. Arch Ophthalmol 99: 1412-1416, 1981.
- 2) Odom JV, Green M: Visually evoked potential (VEP) acuity: Testability in a clinical pediatric population. Acta Ophthalmol 62: 993-998, 1984.
- 3) Sokol S, Dobson V: Pattern reversal visually evoked potentials in infants. Invest Ophthalmol Vis Sci 15: 58-62, 1976.
- 4) Peterson J: Objective assessment of visual acuity. Dev Ophthalmol 9: 108-114, 1984.
- 5) Simon F, Rassow B: Retinal visual acuity with pattern VEP. Normal subjects and reproducibility. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 224: 160-164, 1986.
- 6) Furuskog P, Wanger P: Visual acuity measurements using evoked potentials and fast Fourier transform. Acta Ophthalmol 64: 352-355, 1986.
- 7) De Keyser M, Vissenberg I, Neetens A: Are visually evoked potentials (VEP) useful for determination of visual acuity? Neuro-Ophthalmol 10: 153-163, 1990.
- 8) 田淵昭雄, 川島幸夫, 北畑龍生, 小林由佳: 小視角, 低コントラスト, 低頻度反転刺激によるパターン視覚誘発電位 (PVEP) による他覚的視力評価. 眼紀 44: 692-693, 1993.
- 9) Bobak P, Bodis-Wollner I, Harnois C, Thornton J: VEPs in humans reveal high and low spatial contrast mechanisms. Invest Ophthalmol Vis Sci 25: 980-983, 1984.
- 10) Murray IJ, Kulikowski JJ: VEPs and contrast. Vision Res 23: 1741-1743, 1976.
- 11) 大野卓治, 大野 仁, 入江純二, 河合一重, 松崎 浩: Transient VEP による他覚的視力測定. 神眼 6: 406-410, 1989.
- 12) 入江純二, 河合一重, 松崎 浩: TV pattern reversal VECP を用いた他覚的視力に関する研究 (第 1 報). 日本災医 29: 544-550, 1981.
- 13) 入江純二, 河合一重, 松崎 浩: TV pattern reversal VECP を用いた他覚的視力測定の研究 (第 2 報). 入力と出力との位相ずれ. 眼紀 32: 1822-1830, 1982.
- 14) 入江純二: VECP による他覚的視力測定 (第 3 報). 日眼会誌 86: 2172-2177, 1982.