

先天性赤緑色覚異常の程度と早期視細胞電位 (図4, 表1)

田辺 久芳・田辺 譲二・花崎 秀敏・牛村 繁 (金沢大学医学部眼科学教室)

The Early Receptor Potential in Different Grades of Abnormality
in Congenital Red-Green Color Deficiency

Hisayoshi Tanabe, Jhoji Tanabe, Hidetoshi Hanazaki and Shigeru Ushimura

Department of Ophthalmology, Kanazawa University School of Medicine

要 約

先天性赤緑色覚異常の程度を社会適性判定基準(馬嶋)に従って微度, 弱度, 中等度, 強度の4群(第1色覚異常は弱度, 中等度, 強度の3群)に分類し, この異常の程度と早期視細胞電位の R_2 振幅との相関について検討した。520nmと600nmでの R_2 振幅の平均値ならびに460nmでの R_2 振幅の600nmでの R_2 振幅に対する比の平均値には第1色覚異常の各群あるいは第2色覚異常の各群の間で有意差を認めなかった。従って, 先天性赤緑色覚異常の程度は広範囲(視角約60度)の網膜における視細胞外節の異常の総和を示す早期視細胞電位には反映されないことが示された。(日眼 92:1565—1568, 1988)

キーワード: 先天性赤緑色覚異常, 程度判定, 早期視細胞電位, off 応答急峻部, 分光特性

Abstract

We studied the amplitude of the early receptor potential in cases of congenital red-green color deficiency. They were classified into four grades (strong, moderate, mild, very mild) on the basis of Majima's classification for social adaptability. The amplitude at 520nm and 600nm did not differ among the four grades in protan and deutan subjects. The log ratio of the amplitude at 460nm to the amplitude at 600nm also did not differ among the four grades in protan and deutan subjects. We discussed the pathogenesis in terms of abnormality in congenital red-green color deficiency. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92:1565—1568, 1988)

Key words: congenital red-green color deficiency, classification of grade, early receptor potential, rapid off-response, spectral characteristics

I 緒 言

先天性赤緑色覚異常者の進路指導にあたっては, 職業適性あるいは社会適性が問題となることが多い。この際に色覚異常の程度判定は重要であり, これまでに多くの色覚異常の程度判定法が提案されている^{1)~3)}。しかし一方では, 色覚異常の程度の多様性, すなわち程度の軽いものから重いものまでの差異が視路のどのレベルの異常を反映しているかに関しては, 十分に解

明されていないように思われる。

著者らはこれまでにERG, 特に主に錐体機能を反映するとされる off 応答急峻部を先天性赤緑色覚異常の他覚的診断に応用してきており^{4)~11)}, また視細胞外節機能を反映するとされる早期視細胞電位(ERP)¹²⁾を用いて, 先天性赤緑色覚異常者の分光特性を検討した^{13)~15)}。また色覚異常の程度との相関に関しても off 応答急峻部を用いて検討したが¹⁶⁾, 今回はERPを用いて, ERPと第1色覚異常者15名および第2色覚異常

別刷請求先: 920 金沢市宝町13-1 金沢大学医学部眼科学教室 田辺 久芳 (昭和63年6月21日受付)

Reprint requests to: Hisayoshi Tanabe, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Kanazawa Univ.
13-1 Takara-machi, Kanazawa 920, Japan

(Accepted for publication June 21, 1988)

者31名の程度との相関を検討し、ERP と色覚異常の程度との相関および色覚異常の程度を決定する障害部位に関して考察した。

II 方法および対象

第1色覚異常者15名(全て男性、12~19歳、平均15.8歳)、第2色覚異常者31名(男性30名、女性1名、9~20歳、平均15.5歳)を対象とした。色覚一般検査として、石原表、新大熊表、東京医大式検査表、AO H-R-R 表、標準色覚検査表、Lantern test(市川式)、Farnsworth Panel D-15、Neitz anomaloscope OTを用いて検査した後、馬嶋の社会適性判定基準(表1)に従って色覚異常の程度を分類した。この基準により第1色覚異常者15名は弱度群3名、中等度群5名、強度群7名に分類され、第2色覚異常者31名は微度群6名、弱度群11名、中等度群7名、強度群7名に分類された。今回は微度の第1色覚異常者はいなかった。

色覚一般検査の後、ERPを記録した。460nmから600nmまで20nm間隔で刺激し、基線からR₂までの振幅を測定した。ERPの記録方法は前報に準じた¹⁴⁾。すなわち、ERP刺激光源として $1.2 \times 10^3 \text{ J}$ のキセノン閃光放電管($5.7 \times 10^3 \mu\text{F}$)を用い、光路に干渉フィルター(460~600nm、半幅幅26~38nm)を挿入し、さらに中性フィルターにより各単色光を等光子量子数に揃えた。最大刺激光強度は角膜面で $1.08 \times 10^{15} \text{ quanta/cm}^2/\text{flash}$ である。単色光刺激は460nmより始めて600nmまで20nm間隔で3分毎に照射された。

III 結 果

図1に色覚正常者18名、第1色覚異常者15名および第2色覚異常者31名のそれぞれの群における平均のR₂の振幅・波長曲線を示す。R₂振幅の平均値は、色覚正常者群に比べ第1色覚異常者群では580nmと600nmで有意に低下し($p < 0.05$)、第2色覚異常者群では480nm~520nmで有意に低下した($p < 0.05$)。

次に、第1色覚異常者群での長波長域におけるR₂振幅の低下が、色覚異常の程度と相関するかどうかを検討した。600nmでのR₂振幅の平均値(M)±標準偏差(SD)は、弱度群で 14.6 ± 9.5 、中等度群で 11.1 ± 4.3 、強度群で $8.3 \pm 5.0 \mu\text{V}$ であり、600nmでのR₂振幅のMには第1色覚異常の弱度群・中等度群・強度群の間で有意差を認めなかった。

次に、第2色覚異常者群での中波長域におけるR₂振幅の低下が、色覚異常の程度と相関するかどうかを検

Table 1 Majima's classification for social adaptability of color vision defectives (Majima, 1972).

程 度 表	ランタン	D-15	判 定
H-R-R表 大 熊 表 T.M.C. 表	いずれか 2種類以上を 全表正読	pass	pas
弱 度 以 上	pass	pass	弱 度
弱 度 以 上	fail	pass	中 等 度
弱 度 以 上	fail	fail	強 度

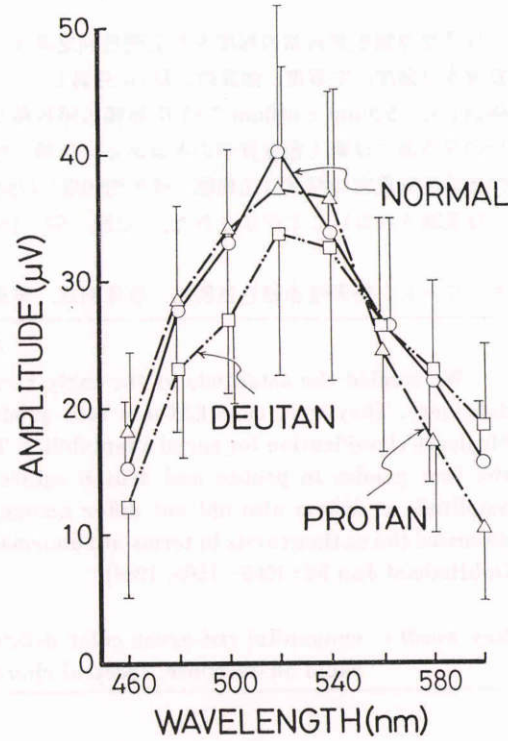


Fig. 1 Mean and standard deviation of the spectral response curves of the ERP (R₂) in normal (○—○), protan (△—△) and deutan (□—□) subjects.

討した。520nmでのR₂振幅のM±SDは、微度群で 32.4 ± 6.3 、弱度群で 36.0 ± 18.8 、中等度群で 29.6 ± 3.2 、強度群で $34.9 \pm 7.6 \mu\text{V}$ であり、520nmでのR₂振幅のMには第2色覚異常の微度群・弱度群・中等度群・強度群の間で有意差を認めなかった。

図2に色覚正常者群18名、第1色覚異常者群15名および第2色覚異常者群31名の、460nmでのR₂振幅の600nmでのR₂振幅に対する比の対数(以下ではlog

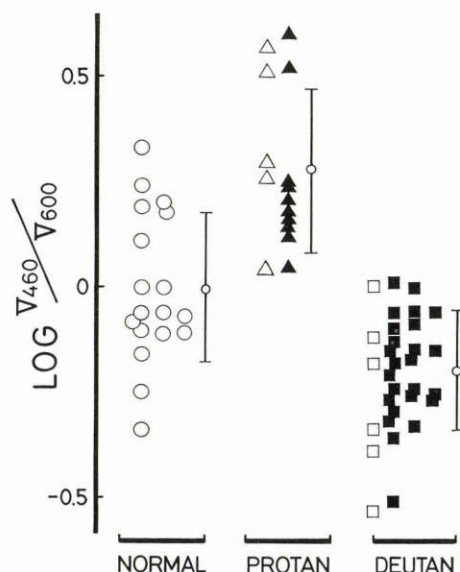


Fig. 2 Log ratio of the ERP (R_2) amplitude at 460nm to the amplitude at 600nm. Small open circle and vertical line ($\bar{x}$) indicate the mean and the standard deviation respectively. Open circles, triangles and squares indicate the normal, protan and deutan subjects respectively. Open triangles and squares indicate dichromats. Closed triangles and squares indicate abnormal trichromats.

460nm/600nm と略記)を示す。この比の平均値は色覚正常者群に比べ第1色覚異常者群では有意に大きく ($p < 0.001$)、第2色覚異常者群では有意に小さかった ($p < 0.001$)。この比を指標とすると、第1色覚異常者と第2色覚異常者とは試みた全例で分離された。二色型色覚異常者と異常三色型色覚異常者との間には有意差を認めなかった。

図3に第1色覚異常者における $\log 460\text{nm}/600\text{nm}$ を、色覚異常の程度別に分けて示す。 $\log 460\text{nm}/600\text{nm}$ の M および SD は、弱度群で 0.20 ± 0.05 、中等度群で 0.24 ± 0.16 、強度群で 0.33 ± 0.24 であった。各群の間で、 $\log 460\text{nm}/600\text{nm}$ の M に有意差を認めなかった。

図4に第2色覚異常者における R_2 振幅比の対数を、色覚異常の程度別に分けて示す。 $\log 460\text{nm}/600\text{nm}$ の M および SD は、微度群で -0.25 ± 0.17 、弱度群で -0.14 ± 0.11 、中等度群で -0.22 ± 0.11 、強度群で -0.24 ± 0.19 であった。各群の間で、 $\log 460\text{nm}/600\text{nm}$ の M に有意差を認めなかった。

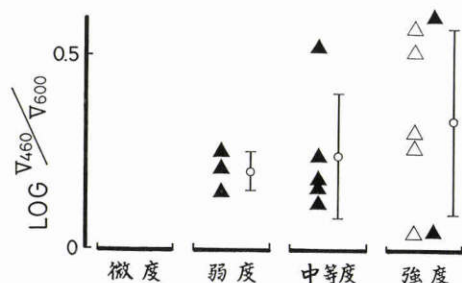


Fig. 3 Log ratio of the ERP (R_2) amplitude at 460nm to the amplitude at 600nm in protan subjects. They were classified into three grades (mild, moderate, strong) by Majima's classification.

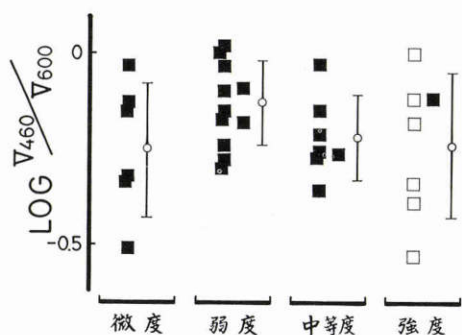


Fig. 4 Log ratio of the ERP (R_2) amplitude at 460nm to the amplitude at 600nm in deutan subjects. They were classified into four grades (very mild, mild, moderate, strong) by Majima's classification.

IV 考 按

色覚異常の程度差が視路のどのレベルの異常を反映しているかについては、現在十分には検討されていない。今回我々は、視細胞外節に起源を有するとされる ERP¹²⁾を用いて、色覚異常の程度と ERP との相関を検討し、色覚異常の程度差が視細胞外節レベルに発しているかどうかを検討した。我々の ERP 記録方法では、刺激光は約60度という比較的広範囲の網膜を照射する¹⁴⁾。よって、今回の R_2 の結果は広範囲の網膜における視細胞外節の状態を反映していると思われる。色覚異常の程度と520nm および600nm での R_2 振幅並びに460nm での R_2 振幅の600nm での R_2 振幅に対する比の対数との間に有意な相関関係を認めなかったという今回の結果は、色覚異常の程度の多様性は広範囲の網膜における視細胞外節の異常の総和に依存するもの

ではないことを示唆する。PokornyとSmith¹⁷⁾, Jaeger¹⁸⁾は、小視野アノマロスコープで二色型色覚異常と診断された色覚異常者が大視野アノマロスコープでは異常三色型色覚異常を示すことを示した。BretonとTansley¹⁹⁾は、100 hue testとパネルD-15において大視野では色覚異常が改善すると述べている。よって大視野刺激では同程度の色覚異常を呈する症例も、小視野刺激においては異なる異常の程度を示す可能性がある。これにより、色覚異常の程度は狭い範囲の網膜の異常に依存するという仮説が提唱され、今回のERPの結果もこの仮説に矛盾しない。

また、HurvichとJameson²⁰⁾はopponent-colors theoryに基づき、neural processの機能異常が弁色能の異常の差に反映されることを提唱した。近藤ら²¹⁾は錐体出力の伝達に關与する係数を変化させることにより、パネルD-15の結果をpassからfailまで連続的に変化し得ることを示した。このことから、色覚異常の程度差が錐体より近位の伝達系の異常に依るという仮説も考えられる。

我々は、主に錐体機能を反映するとされるoff応答急峻部の感度比が、色覚異常の程度と相関を示さないことを報告した¹⁶⁾。これにより、色覚異常の程度の多様性は広範囲の網膜での錐体の異常に依るものではないことを示したが、今回のERPの結果はoff応答急峻部の結果を視細胞外節レベルにおいて支持するものである。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました河崎一夫教授に深謝いたします。

文 献

- 1) Farnsworth D: Testing for color deficiency in industry. Arch Indust Health 16: 100—103, 1957.
- 2) 飯沼 巖: 色覚異常の程度分類について一特にアノマロスコープとNDフィルターによるI—VII分類一. 眼紀 23: 166—169, 1972.
- 3) 馬嶋昭生: 先天性色覚異常の診断基準について(III) —パネルD-15とランタン併用による社会適性判定基準(馬嶋試案)とその検討一. 眼紀 23: 170—175, 1972.
- 4) 仲里博彦, 河崎一夫, 米村大蔵他: 先天性色覚異常の他覚的検査法の研究, 主に第一色覚異常について. 日眼 85: 1513—1520, 1981.
- 5) Kawasaki K, Yonemura D, Nakazato H, et al: Abnormal spectral sensitivity of the electroretinographic off-response in protanopia and protanomalopia. Doc Ophthalmol 53: 51—60, 1982.
- 6) 仲里博彦, 米村大蔵, 河崎一夫他: 第1および第2色覚異常の他覚的検査法の研究: 2波長におけるoff応答感度比の検討. 日眼 88: 565—571, 1984.
- 7) 仲里博彦, 河崎一夫, 米村大蔵他: 第1および第2色覚異常の保因者の検出. 日眼 89: 548—555, 1985.
- 8) Nakazato H, Hanazaki H, Kawasaki K, et al: Electroretinographic off-response in congenital red-green color deficiency and its genetic carrier. Doc Ophthalmol 63: 179—186, 1986.
- 9) 花崎秀敏, 仲里博彦, 田辺久芳他: 正常レーレー均等を示す先天性赤緑色覚異常者の電気生理学的所見. 眼紀 38: 83—87, 1987.
- 10) 花崎秀敏, 仲里博彦, 田辺謙二他: Protanの男子1例とdeutanの男子2例から成る3兄弟とその母親の1家系—自覚的およびERG検査所見一. 日眼 91: 553—558, 1987.
- 11) Kawasaki K: Electrodiagnosis of red-green color deficiency. Jpn J Ophthalmol 31: 50—60, 1987.
- 12) Cone RA: The early receptor potential of the vertebrate retina. Nature 204: 736—739, 1964.
- 13) Tanabe J, Nakazato H, Tanabe H, et al: Spectral characteristics of early receptor potential in congenital red-green color blindness. Doc Ophthalmol 63: 165—171, 1986.
- 14) 田辺謙二, 河崎一夫, 米村大蔵他: 先天性赤緑色覚異常における早期視細胞電位の分光特性. 日眼 89: 1145—1150, 1985.
- 15) 田辺謙二, 田辺久芳, 花崎秀敏他: 先天赤緑色覚異常におけるERPの分光特性. あたらしい眼科 2: 1763—1765, 1985.
- 16) 花崎秀敏, 仲里博彦, 田辺久芳他: ERG off応答急峻部の臨床応用—先天性赤緑色覚異常の程度との相関について一. 日眼 91: 860—864, 1987.
- 17) Smith VC, Pokorny J: Large-field trichromacy in protanopes and deuteranopes. J Opt Soc Am 67: 213—220, 1977.
- 18) Jaeger W, Krastel H: Dichromatic and anomalous trichromatic color vision examined with small and large field matches by means of the projection anomaloscope. Doc Ophthalmol Proc Series 39: 147—154, 1984.
- 19) Breton ME, Tansley BW: Improved color test result with large-field viewing in Dichromats. Arch Ophthalmol 103: 1490—1495, 1985.
- 20) Hurvich LM, Jameson D: Color theory and abnormal red-green color vision. Doc Ophthalmol 16: 409—442, 1962.
- 21) 近藤昭治, 内藤 昇: 色覚のシミュレーション(3) Panel D-15 testによる考察. 第7回色覚研究会夏期大会, 東京, 1985.