

## 脳梗塞の既往のある網膜中心動脈分枝閉塞症における 視野欠損の他覚的部位別評価

山田 恭子, 大出 尚郎, 篠田 啓, 木村 至, 真島 行彦

慶應義塾大学医学部眼科学教室

### 要 約

**目 的**：脳梗塞の既往を持つ網膜中心動脈分枝閉塞症 (BRAO) の 1 例を経験した。視野欠損を他覚的に評価するために多局所網膜電図 (m-ERG), 多局所視覚誘発電位図 (m-VEP), および Heidelberg Retina Flowmeter (HRF) を用いて組織血流測定を行った。

**症 例**：38 歳, 男性, 左眼下鼻側の視野欠損を自覚し, 近医で左眼の BRAO を指摘され, 慶應義塾大学病院眼科を紹介受診した。24 歳時に左下肢麻痺を生じ, 脳梗塞を指摘されたが, 視野欠損の自覚はなかった。左眼の眼底には上耳側動脈分枝周囲に網膜浮腫があり, Goldmann 視野検査および Humphrey 視野検査で左上 1/4 同名半盲と左眼の下方視野欠損があった。

**結 果**：BRAO 領域の視野欠損部位では m-ERG, m-VEP とともに振幅の低下 (特に二次核成分) を示し, 脳

梗塞による視野欠損部位 (左上 1/4 同名半盲) では m-VEP のみ振幅が低下していた。また, HRF による網膜の血流測定では, BRAO による視野欠損部位に一致して血流の低下した領域と低下していない領域があり, 循環状態と網膜機能が必ずしも一致しないことが推定された。

**結 論**：中枢性疾患と網膜疾患の視野障害の病巣部位の他覚的鑑別に m-ERG, m-VEP は有用な検査であると考えられた。(日眼会誌 105 : 257—264, 2001)

**キーワード**：網膜中心動脈分枝閉塞症, 1/4 盲, 多局所網膜電図, 多局所視覚誘発電位図, 組織血流測定装置

## Objective Evaluation of Visual Field Loss in a Patient with Branch Retinal Artery Occlusion and Brain Infarction

Kyoko Yamada, Hisao Ohde, Kei shinoda, Itaru Kimura and Yukihiro Mashima

Department of Ophthalmology, Keio University School of Medicine

### Abstract

**Purpose** : To evaluate visual field loss using multifocal ERG (m-ERG), multifocal VEP (m-VEP), and Heidelberg Retina Flowmeter (HRF) in a patient with branch retinal artery occlusion (BRAO) and brain infarction.

**Case** : A 38-year-old man noticed inferior-nasal visual field loss in the left eye, and was referred to Keio University Hospital. He suffered from paralysis in the left leg due to brain infarction at the age of 24. However, he had not noticed visual field loss due to the brain infarction. His left fundus showed retinal edema in the area of a superior-temporal retinal artery occlusion. He was diagnosed as having BRAO. The Goldmann and Humphry perimetric examinations revealed homonymous quadrantanopia in the upper left field as well as inferior visual field defect in the left eye.

**Results** : Both m-ERG and m-VEP, especially

second-kernel responses, were reduced in the affected retinal area of BRAO. But only m-VEP was affected in the corresponding area of homonymous quadrantanopia in the upper left field. The retinal flow in the area with BRAO evaluated by HRF was decreased in some areas and not in others, suggesting that retinal function was not necessarily consistent with retinal circulation.

**Conclusions** : m-ERG and m-VEP are useful To differentiate retinal lesions from brain lesions in visual field loss. (J Jpn Ophthalmol Soc 105 : 257—264, 2001)

**Key words** : Branch retinal artery occlusion, Homonymous quadrantanopia, Multifocal ERG, Multifocal VEP, Heidelberg retina flowmeter

別刷請求先：160-8582 東京都新宿区信濃町 35 慶應義塾大学医学部眼科学教室 真島 行彦  
(平成 12 年 7 月 12 日受付, 平成 12 年 9 月 19 日改訂受理)

Reprint requests to : Yukihiro Mashima, M. D. Department of Ophthalmology, Keio University School of Medicine, 35 Shinanomachi, Shinjuku-ku, Tokyo 160-8582, Japan

(Received July 12, 2000 and accepted in revised form September 19, 2000)

## I 緒 言

多局所網膜電図(multifocal electroretinogram, m-ERG)は、1992年にSutterら<sup>1)</sup>によって開発された検査法で、短時間で同時に網膜の多局所でERGを測定できる他覚的検査法である。近年、近視眼、緑内障、黄斑円孔、網膜剝離、網膜中心動脈分枝閉塞症(BRAO)などの様々な疾患の診断に使用されるようになってきた<sup>2)~10)</sup>。BRAOでは網膜内層の障害であるため、一般に通常の全視野刺激のERG(bright flash ERG)においてはa波よりもb波の振幅が低下する、いわゆるnegative ERGになるのに対し、m-ERGでは一次核成分の後期成分と二次核成分で強く影響を受けると報告<sup>10)</sup>されている。また、多局所視覚誘発電位(multifocal visual evoked potential, m-VEP)は<sup>11)~13)</sup>、緑内障<sup>14)</sup>、下垂体腫瘍による両耳側半盲や脳梗塞による同名半盲などの視路障害による視野欠損部位の他覚的評価に有用であることが報告<sup>15)16)</sup>されている。

BRAOは、急性期の網膜浮腫のある時点ではその診断は容易であるが、陳旧化して網膜浮腫が消失すると、視野欠損を残すのみで一見網膜は正常にみえ、検眼鏡的に診断が難しい場合がある。このような、視野欠損部位の評価を行うに当たりm-ERGとm-VEPを組み合わせることは網膜病変と視神経以降の病変との鑑別に有用であると思われる。今回、我々は脳梗塞の既往を持ち、左眼にBRAOを発症した1例に対し、中枢性および網膜性に起因する視野欠損の鑑別を他覚的に行うためにm-ERG、m-VEP検査を行ったので報告する。さらに、網膜の血流状態を検査するためにHeidelberg Retina Flowmeter(HRF)検査を行った。HRFは、視神経乳頭辺縁や網膜組織に対する非観血的組織血流測定装置として用いられており、網膜内組織血流の減少と網膜感度の低下とが相関するといわれている<sup>17)~19)</sup>。

## II 症 例

症 例：38歳、男性。

主 訴：左眼視野欠損。

家族歴：特記すべきことなし。

既往歴：24歳時に左下肢麻痺を生じ、脳梗塞を指摘されたが、視野欠損の自覚症状はなかった。25歳時に粘液腫による心臓弁膜症を指摘され人工弁置換術を施行し、現在まで抗凝固薬(ワルファリンカリウム)を内服中である。

現病歴：1999年7月17日に突然の左眼下鼻側の視野欠損を自覚し、19日に近医を受診したところ、左眼のBRAOを指摘され、精査および加療目的で慶應義塾大学病院眼科を紹介され、21日に受診した。

初診時：視力は右眼0.3(1.0×-1.50 D)、左眼0.3(1.0×-1.50 D)。眼圧は右眼15 mmHg、左眼14 mmHgであった。瞳孔反応は正常であった。両眼とも、前眼部、中間透光体に異常所見はなかった。Goldmann視野検査で、右眼の上鼻側の欠損と左眼の上耳側、および下方の欠損があった(図1)。眼底検査では、右眼は正常であったが、左眼には上耳側動脈分枝に沿った網膜浮腫があった(図2)。左眼のフルオレセイン蛍光眼底検査では、上耳側動脈の第2分枝に流入遅延があり、この領域の網膜浮腫は著明であった(図3)。以上から、左眼のBRAOと診断した。

経 過：7月24日に、m-ERG、m-VEPおよびHRFを記録した。8月7日に行ったHumphrey視野検査(プログラム30-2)では、左上方の1/4同名半盲および左眼の下方視野欠損があった(図4)。血液検査の結果から、抗リン脂質抗体症候群は否定的であった。本症例に示された特異な視野障害について、その病巣部位を明らかにする目的で以下の諸検査を行った。

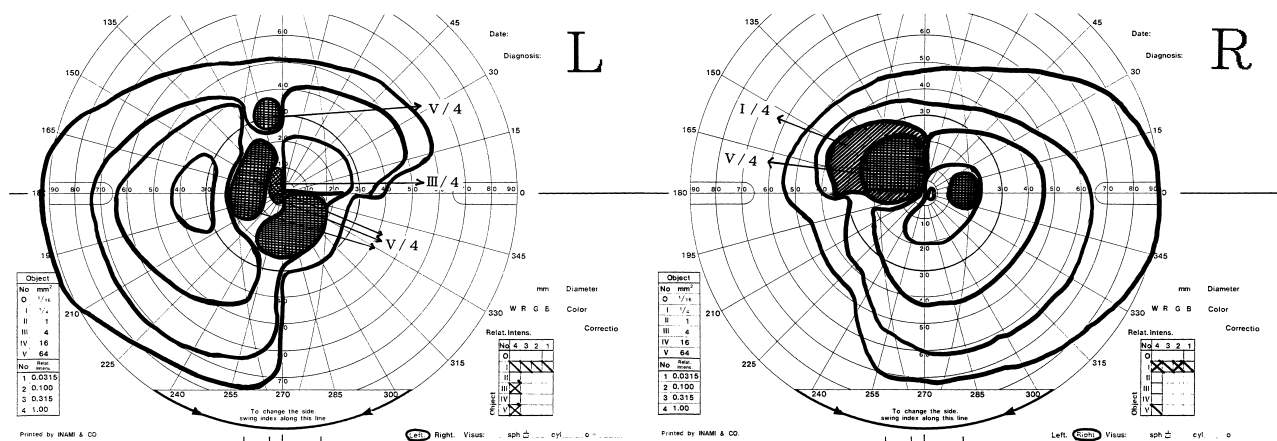


図1 Goldmann 視野検査。

右眼：上鼻側の視野欠損。左眼：上耳側から下鼻側への欠損。



図 2 左眼の眼底写真.

上耳側動脈分枝周囲に網膜浮腫が存在する.

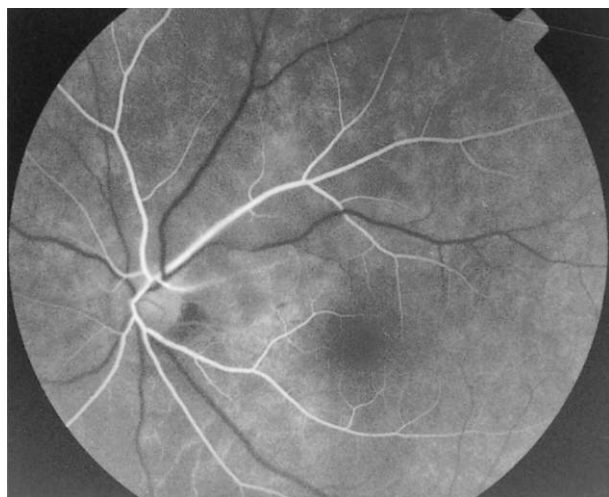


図 3 左眼のフルオレセイン蛍光眼底造影(16 s).

上耳側動脈の第 2 分枝の流入が遅延している.

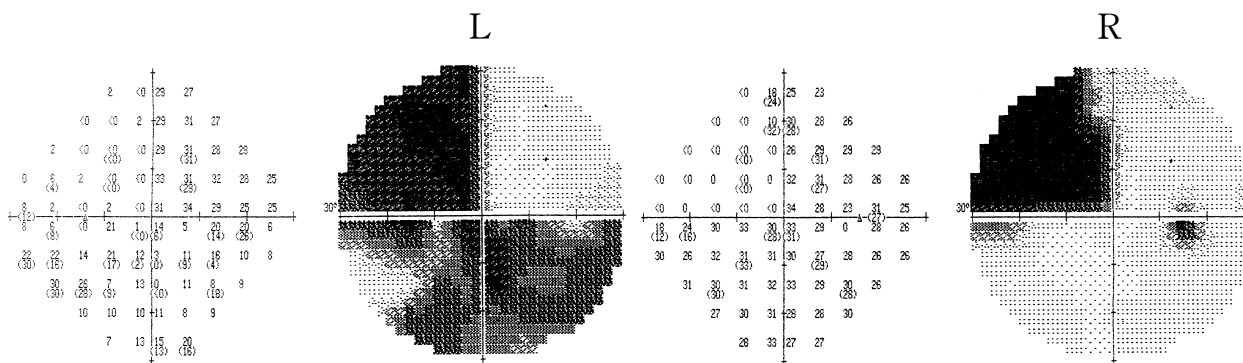


図 4 Humphrey 視野検査.

両眼の左上 1/4 同名半盲. 左眼はさらに下方視野欠損.

### III 検査方法

電気生理学的検査は VERIS (トーマー社) を用いて m-ERG および m-VEP の記録を別々に行った (7月24日). 記録結果の解析には Veris Science™ 3.0 (Electro-Diagnostic Imaging Inc) を用いた.

#### 1. m-ERG

記録方法: 両眼をミドリン P® で極大散瞳させ, 検査時は片眼をアイパッチで遮閉した. 検査眼に塩酸オキシブプロカイン (ベノキシール®) を用いて点眼麻酔を行い, VERIS ERG 用の双極型のコンタクトレンズ電極 (トーマー社) を装着し, 耳朶に接地電極を置いた. 眼前 12 mm の位置に矯正レンズを置いて, 刺激モニターの画面上中央部を固視させた. 刺激のパターンは 61 個の六角形の要素を用いた. 刺激条件は, M-sequence を 2<sup>14)</sup>, 記録時間は約 4 分間に設定し, Segment 数を 8 回とした.

解析: Artifact removal は一度使用し, spatial imaging の interaction も一度使用した. 解析時間は 80 msec として 1 st kernel-1 st slice と 2 nd kernel-1 st slice を

求めた. 各要素を上下左右の 4 象限のグループに分割し, それぞれの平均加算波形を求め, 最初の陰性波から便宜上 N 1, P 1, N 2 と名付け, N 1-P 1 振幅および P 1-N 2 振幅を比較検討した.

#### 2. m-VEP

記録方法: VERIS の刺激画面を非散瞳下でみると自覚的に固視点に焦点が合ったり合わなかったりすることがあるため, ミドリン P® で散瞳して瞳孔径を一定に保ち, 記録中の調節の変動を少なくし記録条件をできるだけ一定に保つようにした. 片眼をアイパッチで遮閉した. 電極は後頭結節を中心に, 鼻根部から後頭結節までの距離の 5% 上方に関電極を置き, 5% 下方に不関電極を置いた. 額中央部に接地電極を置き導出した. 刺激パターンは 61 個の要素から成るダーツボード型のパターン反転刺激を用いた. 刺激視野は 50° (中心から 25°) である<sup>16)</sup>. 眼前 12 mm の位置に矯正レンズを置いて, 刺激モニターの画面上に視力矯正を行った. 刺激条件は, M-sequence を 2<sup>15)</sup>, 記録時間は約 8 分間に設定し, Segment 数を 16 回とした.

解析: 解析時間は 160 msec として 2 nd kernel-1 st

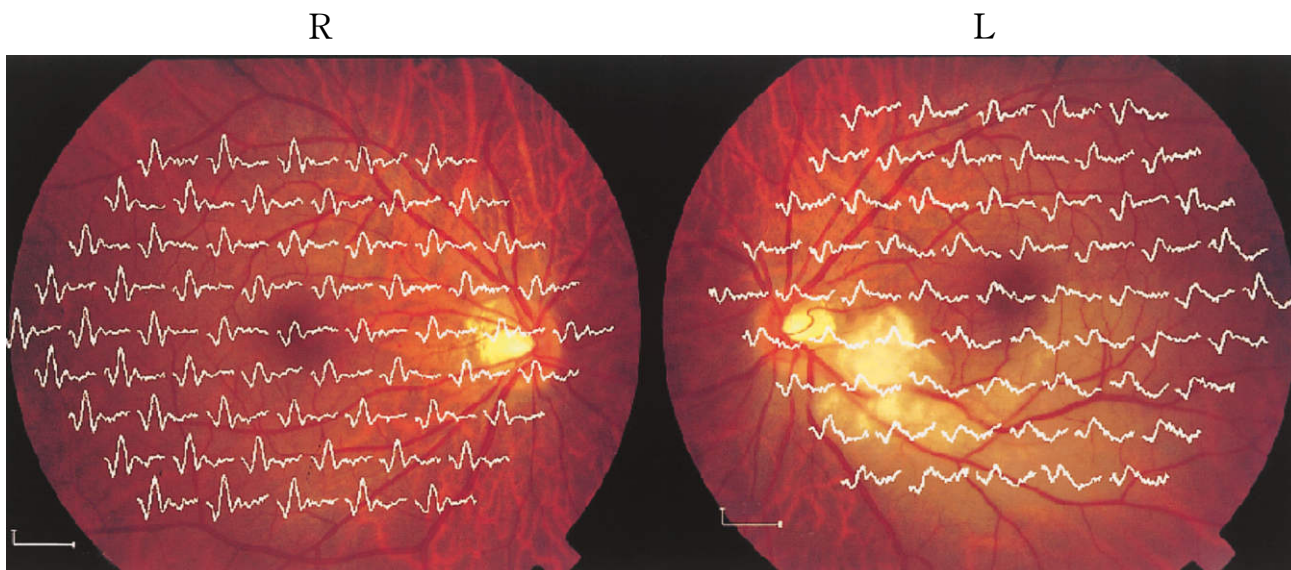


図5 multifocal electroretinogram (m-ERG).

眼底写真は意図的に上下を反転してある。右眼：正常。左眼：各波形の振幅低下がみられるが、特に網膜浮腫領域(視野欠損部位)を中心に振幅が低下している。

slice を評価した。各エレメントを上下左右の4象限のグループに分割し、それぞれの平均加算波形を求めた。

### 3. HRF

HRF で網膜の組織血流量を測定した(7月24日)。2 m 遠方の指標を固視させ、普通瞳孔下で視神経乳頭の上耳側、下耳側、黄斑部の上耳側、下鼻側の4か所の領域に分けてそれぞれ5回ずつ、 $2.7 \times 0.7$  mm の範囲について両眼の画像を取得し、得られた画像について、Automatic full field analysis プログラムを用いて mean flow 値を算出し<sup>20)</sup>、それぞれ5回の平均値をとり、測定値とした。

## IV 結 果

### 1. m-ERG

図5はm-ERGの1st kernel-1st sliceの結果と眼底のおよその位置とスーパーインポーズして表したものである(眼底写真は意図的に上下を反転してある)。右眼は61個の各エレメントすべてにおいて良好な反応が得られた。左眼は閉塞した血管の還流領域の網膜で、N1-P1振幅の低下とそれに続くP1-N2の陰性波が著明に低下していた。特にP1-N2の陰性波の低下は、閉塞していない血管の還流領域においてもみられた。

4象限の平均加算波形では、右眼はすべての象限で1st kernel-1st slice, 2nd kernel-1st sliceともに良好な反応が得られた(図6A, B)。各象限における加算波形の振幅の測定値、振幅比を表1に示す。BRAOの存在する左眼の1st kernel-1st sliceの加算波形では、4象限すべてにおいてN1-P1, P1-N2の振幅が低下していた(図6C)。2nd kernel-1st sliceの4象限の平均加算波形では、左眼の下方視野の反応(図6の真中の模式

図で2と3に相当)が得られず、また、上方視野における反応も著明に振幅が低下しており(図6の真中の模式図で1と4に相当)、この結果はm-ERGの1st kernel-1st sliceと比べてより顕著であった(図6D)。

### 2. m-VEP

図7Aは61個の各エレメントに相当するVEPの反応である。4象限の平均加算波形を図7Bに示した。m-VEPの4象限の平均加算波形では、通常、視野の上方と下方において極性が反転しており、振幅は視野の下方において上方よりやや小さい傾向があるが、耳側と鼻側では差はない。本症例の右眼においては、上耳側視野(図7Bの真中の模式図で1に相当)のVEP振幅が1.3 nVに対し、上鼻側視野(図7Bの真中の模式図で4に相当)のVEP振幅は0.7 nVと低下していた。左眼でも上鼻側視野(図7Bの真中の模式図で1に相当)のVEP振幅が1.5 nVに対し、上耳側視野(図7Bの真中の模式図で4に相当)のVEP振幅は0.7 nVと低下していた。視野上方に関しては、左上1/4同名半盲に相当する所見である。

視野の下方における反応では、右眼において良好な反応が得られているのに対して、左眼はほぼ消失していた(図7Bの真中の模式図で2と3に相当)。以上の結果はHumphrey視野検査での視野欠損部位(図4)と良く一致していた。

### 3. HRF

BRAOによる網膜浮腫領域である左眼の視神経乳頭の上耳側では、右眼に比べて血流が低下していた(表2)。一方、検眼鏡的には網膜浮腫がみられない左眼の黄斑部の上鼻側では、m-ERGで応答密度が低下していたにもかかわらず血流は低下していなかった。

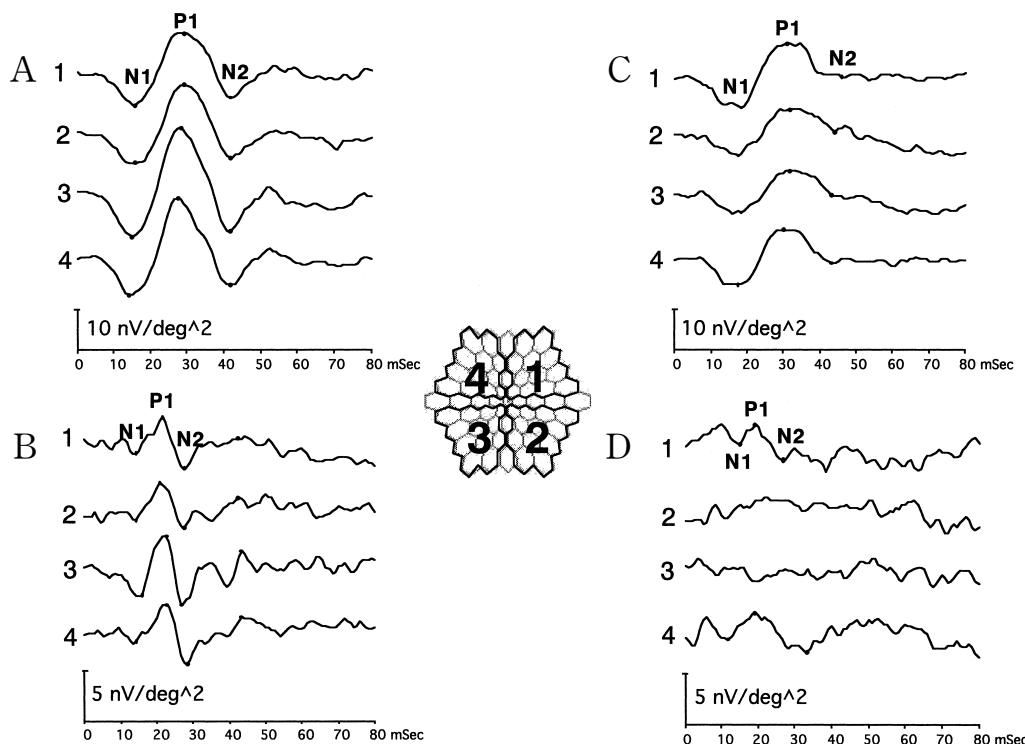


図 6 m-ERG の 4 象限の平均加算波形。

A：右眼の 1st kernel, B：右眼の 2nd kernel, C：左眼の 1st kernel, D：左眼の 2nd kernel. 1~4 の番号は真中の模式図の番号に一致した部位からの反応を示す。

表 1 健常眼と BRAO 眼における m-ERG の振幅と振幅比

象限	健常眼			BRAO 眼			BRAO/正常(%)		
	N 1-P 1 (nV/deg <sup>2</sup> )	P 1-N 2 (nV/deg <sup>2</sup> )	N 1-P 1/P 1-N 2	N 1-P 1 (nV/deg <sup>2</sup> )	P 1-N 2 (nV/deg <sup>2</sup> )	N 1-P 1/P 1-N 2	N 1-P 1	P 1-N 2	
1st- kernel	1	17.5	15.7	1.11	15.6	8.4	1.86	89.14	53.50
	2	19.0	17.7	1.07	11.3	5.6	2.02	59.47	31.64
	3	26.4	25.1	1.05	10.2	5.9	1.73	38.64	23.51
	4	23.5	21.0	1.12	13.4	8.2	1.63	57.02	39.05
2nd- kernel	1	3.6	5.1	0.71	1.9	3.4	0.56	52.78	66.67
	2	3.7	4.5	0.82	0.0	0.0		0.00	0.00
	3	5.9	6.8	0.87	0.0	0.0		0.00	0.00
	4	3.6	5.9	0.61	2.6	3.8	0.68	72.22	64.41

BRAO：網膜中心動脈分枝閉塞症 m-ERG：多局所網膜電図

### V 考 按

m-ERG とは、1992 年に Sutter<sup>1)</sup>らによって開発された方法で、テレビ画面に多数の視覚刺激用のエレメントを呈示し M 系列を用いた疑似ランダム刺激を行った結果、得られた応答を数学的に解析することによって網膜の複数部位の ERG を抽出し、トポグラフィカルに示すものである<sup>2)</sup>。特に黄斑部を中心とした約 25°の範囲での網膜障害の部位、範囲、程度を定量的に測定が可能である。また、得られた視野図は患者の自覚的応答によらないことから、網膜の機能の評価や治療効果の判定をより客観的に表すことも可能である。これまでに多種多様な網膜疾患に対して m-ERG が使用されており、機能的

な網膜障害の検出に有用であるといわれている<sup>2)~10)</sup>。中でも BRAO では網膜内顆粒層の 1/3 から内層の網膜に障害を与える。大島ら<sup>10)</sup>は BRAO において、m-ERG の一次核成分(1st kernel-1st slice)を分析した結果、後期成分ほど振幅の低下と潜時の延長を示す傾向があるとし、後期成分が網膜内層の状態を反映すると述べている。さらに、二次核成分(2nd kernel-1st slice)はより顕著に振幅が低下することから、網膜内層機能障害の診断に重要であると述べている。Horiguchi ら<sup>22)</sup>は ERG の各成分をブロックする薬物を用いて、家兎の m-ERG と flash ERG を比較した結果、m-ERG の一次核成分は photopic short flash ERG と同様に ON 双極細胞と OFF 双極細胞の反応に関連し、一方、二次核成分と Op

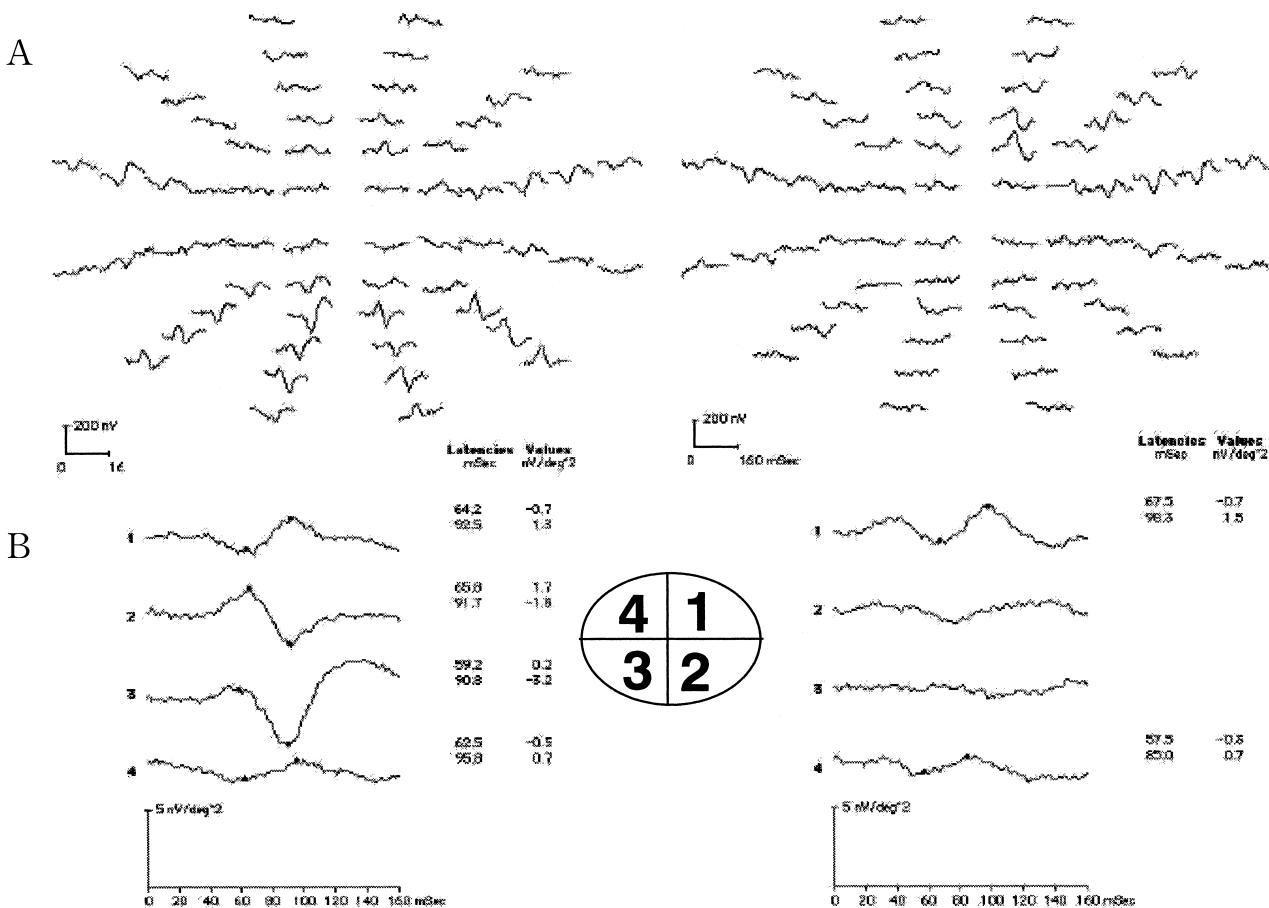


図 7 m-VEP 波形.

A: 原波形, B: 4 象限の平均加算波形. 右眼では左上の視野欠損部位で振幅が低下している. 左眼は左上と下方の視野欠損部位に一致して振幅が低下している. 1~4 の番号は真中の模式図の番号に一致した部位からの反応を示す. 左列が右眼, 右列が左眼を表している.

表 2 各測定部位における平均組織血流量 (flow 値)

測定部位	右眼 flow 値 (AU)	左眼 flow 値 (AU)
視神経乳頭上耳側	259.5	135.4
視神経乳頭下耳側	210.4	206.9
黄斑部上鼻側	202.9	221.5
黄斑部下鼻側	273.5	230.4

波は網膜内層からの反応に関連することを示している. これに対し, 視神経疾患では m-ERG は網膜内層から中枢側の視路の障害を検出し難いため視機能障害を反映しないといわれている<sup>8)</sup>.

一方, 中枢レベルでの視野の評価は通常の VEP で試みられてはいるが<sup>23)~25)</sup>, 網膜の局所に対応した VEP を得ることは困難である. これは, 網膜の中心から周辺部に行くに従い, 後頭葉の深い所に投影されるため, 視野の周辺部に対する VEP の信号を検出し難いためとされてきた. 小口<sup>16)</sup>は m-ERG に用いられている M 系列による疑似ランダム刺激のアルゴリズムを VEP に応用することによって, 局所網膜を刺激した時の第一次視覚中枢での応答を抽出する研究を報告した. 視角最大 50° (中

心から 25°) の視野全体を 60 に分割して記録を行うと, 個々においては再現性の良い VEP を得ることはできるが, 個人差が大きく客観的な評価は難しい. そこで, 得られた 60 のエレメントからの応答を上下左右の 4 象限に分割し, 各象限の応答を平均加算することにより個人差を少なくすることができ, m-VEP の記録により 1/4 盲などの評価は可能であった. さらに, この方法により下垂体腫瘍による両耳側半盲では, m-VEP で両耳側の反応が著明に低下していたが, 術後視野の改善とともに m-VEP も改善することなどを報告し, 臨床応用への可能性も示した. また, 小口<sup>16)</sup>は m-VEP の記録により視野の上下に対する反応では, 視野の下方で振幅が優位であることや, 視野の上下で波形の極性が逆向きであることなどを報告した. Klistorner ら<sup>15)</sup>も同様の 4 象限に分割した解析法を報告している. 一方, Graham ら<sup>26)</sup>は後頭葉の複数箇所から電位を導出し解析することにより, 60 分割した視野の応答から緑内障の視野評価の可能性につき報告している. しかしながら, m-VEP はまだ確立した方法論はなく, m-ERG のように臨床的には実用化されていない.



今回、我々は BRAO 患者に Humphrey 視野検査を行ったところ、両眼の 1/4 同名半盲と左眼の下方の視野欠損があった。また、脳梗塞の既往があることから本症例の視野欠損が網膜に由来するのか、視神経から中枢側の視路障害に由来するのかを他覚的に評価することを目的に m-ERG と m-VEP を記録して比較検討した。4 象限に分けた平均加算 m-VEP の結果は、Humphrey 視野検査での視野欠損部位と良く一致していた。左眼の下方の視野欠損部位では、左眼の m-ERG の陰性波の振幅の著明な低下があり、m-VEP は消失していた。一方、両眼の左上 1/4 同名半盲の視野欠損部位では、右眼の m-ERG は正常、左眼は陰性波の振幅が軽度低下していたが、m-VEP では振幅が著明に低下していた。これより、BRAO の領域では m-ERG の 1st kernel の振幅は中等度低下し(特に後期陰性波成分で著明)、m-ERG および m-VEP の 2nd kernel の振幅はともに著明に低下していた。一方、脳梗塞による領域では m-VEP のみ振幅は著明に低下していた。

さらに m-ERG の結果において、1st kernel の早期成分では比較的良い反応が得られていたが、全象限で後期陰性波成分が障害されていた(図 6, 表 1)。2nd kernel では BRAO の領域に一致した視野の下方の反応はほとんど記録されず、また視野の上方においては僅かに記録されていた。このため、左眼は網膜全体にわたり軽度に潜在的な虚血があったのではないかと考えられ、BRAO が閉塞血管の還流領域より広範囲に網膜の機能障害を及ぼしていたか、BRAO を起こす背景に網膜全体の虚血を起こす要因があったのではないかと推定された。7 月 21 日のフルオレセイン蛍光眼底検査で、腕一網膜時間が 14 s とほぼ正常であったが、発症時にはさらに延長していた可能性も考えられた。そのために、左眼の左上 1/4 同名半盲の視野欠損部位でも、左眼の m-ERG の b 波の振幅が軽度低下していたと思われる。m-ERG の 2nd kernel は閉塞血管の還流領域に一致した部分で消失していたことから、網膜内層機能の障害が血管閉塞の直接の影響によるものと思われる。

HRF は共焦点レーザー走査型検眼鏡とレーザードップラ法を組み合わせた非侵襲的な視神経乳頭内および網膜内の組織血流測定装置である<sup>20)</sup>。組織にレーザースポット光を照射し、赤血球の動きによるドップラ効果により生じた反射波の強度の時間的変化をとらえることによりフーリエ解析することで組織血流量を評価するもので、その再現性についても概ね良好であると報告されている。緑内障においては網膜内組織血流の減少と網膜感度低下とが有意に相関するともいわれている<sup>17)~19)</sup>。今回、BRAO が起きたと考えられる左眼の視神経乳頭の上耳側では血流が低下しており、m-ERG、m-VEP における振幅の低下と一致した。ところが、左眼の黄斑部の上鼻側では m-ERG での応答密度が低下していたにも

かかわらず HRF での血流の低下はなかった。この理由としては、左眼の下耳側動脈分枝からの血流が保たれていた可能性、BRAO 後の回復過程において網膜の機能の回復が血流の改善より遅れている可能性、あるいは黄斑部付近の HRF による血流量測定値では脈絡膜循環の要素を多く含んでいる可能性が考えられるが、右眼の対応領域との比較においても左眼の黄斑部上鼻側の血流は同等であり、左眼のみ脈絡膜循環の要素を多く含むとは考えにくい。したがって、前二者の可能性が最も高いと考えられるが、そのうちのどちらであるのか、あるいは両方なのかは確定できなかった。

今回の症例では、脳梗塞と BRAO による視野欠損を同時に持ち、その視野欠損の原因の解明に m-ERG と m-VEP が有用であると思われた。また、これらの検査は部分的な視野欠損に一致させながら客観的に感知することが可能であるため、今後も網膜機能や中枢機能の他覚的評価に使用されることが多いであろうと思われた。

本論文を終えるに当たり、ご校閲いただいた小口芳久教授に深謝いたします。本論文の要旨は、平成 11 年 11 月 21 日の日本中部眼科学会・眼光学・ME 合同眼科学会で発表した。

## 文 献

- 1) Sutter EE, Tran D: The field topography of ERG components in man. 1. The photopic luminance response. *Vision Res* 32: 433-446, 1992.
- 2) Yotsukura J, Adachi-Usami E: Correlation of Electroretinographic Changes with Visual Prognosis in Central Retinal Artery Occlusion. *Ophthalmologica* 207: 13-18, 1993.
- 3) Kondo M, Miyake Y, Horiguchi M, Suzuki S, Tanihara A: Clinical evaluation of multifocal electroretinogram. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 36: 2146-2150, 1995.
- 4) 川端秀仁, 村山耕一郎, 安達恵美子: 近視眼における多局所網膜電図 第 1 報. *眼紀* 47: 509-513, 1996.
- 5) 中崎秀二, 直井信久, 長友顕子, 澤田 惇: 開放隅角緑内障に対する他覚的視野検査としての多局所網膜電図. *眼紀* 47: 514-518, 1996.
- 6) 大島 晃, 長谷川 茂, 阿部春樹, 高木峰夫, 高田律子, 岩井美喜子: 多局所網膜電図が有用であった Acute Zonal Occult Outer Retinopathy. *眼紀* 48: 829-832, 1997.
- 7) 横山顕子, 直井信久, 新井三樹, 丸岩 太, 澤田 惇: 黄斑円孔の多局所網膜電図. *眼紀* 48: 841-844, 1997.
- 8) 高田律子, 大島 晃, 高木峰夫, 長谷川 茂, 阿部春樹: 視神経疾患における多局所網膜電図の検討. *眼紀* 48: 588-591, 1997.
- 9) 森 敏郎, 加藤千晶, 中島理子, 李 勇: 黄斑部を含む網膜剝離術後の多局所網膜電図. *眼紀* 48: 571-576, 1997.
- 10) 大島 晃, 長谷川 茂, 高田律子, 高木峰夫, 阿部

- 春樹：網膜動脈分枝閉塞症の多局所網膜電図. 日眼会誌 103 : 223—228, 1999.
- 11) **Baseler HA, Sutter EE, Klein SA, Carney T** : The topography of visual evoked response properties across the visual field. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 90 : 65—81, 1994.
  - 12) **Klistorner A, Crewther DP, Crewther SG** : Separate magnocellular and parvocellular contributions from temporal analysis of the multifocal VEP. *Vision Res* 37 : 2161—2169, 1997.
  - 13) **Slotnick SD, Klein SA, Carney T, Sutter E, Dastmalchi S** : Using multi-stimulus VEP source localization to obtain a retinotopic map of human primary visual cortex. *Clin Neurophysiol* 110 : 1793—1800, 1999.
  - 14) **Graham SL, Klistorner A** : The diagnostic significance of the multifocal pattern visual evoked potential in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 10 : 140—146, 1999.
  - 15) **Klistorner AI, Graham SL, Grigg JR, Billson FA** : Multifocal topographic visual evoked potential : improving objective detection of local visual field defects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 39 : 937—950, 1998.
  - 16) 小口芳久：第 102 回 日本眼科学会総会 宿題報告 視覚における情報処理機構. 日眼会誌 102 : 850—875, 1998.
  - 17) **Michelson G, Schmauss** : Two dimensional mapping of the perfusion of the retina and optic nerve head. *Br J Ophthalmol* 79 : 1126—1132, 1995.
  - 18) **Michelson G, Langhaus MJ, Groh MJM** : Perfusion of the juxtapapillary retina and the neuroretinal rim area in primary open angle Glaucoma. *J Glaucoma* 5 : 91—98, 1996.
  - 19) 水木健二, 山崎芳夫：Heidelberg retina flowmeter による緑内障の乳頭内組織血流測定 of 検討. 臨眼 53 : 649—652, 1999.
  - 20) **Michelson G, Welzenbach J, Pal I, Harazny J**. Automatic full field analysis of perfusion images gained by scanning laser Doppler flowmetry. *Br J Ophthalmol* 82 : 1294—300, 1998.
  - 21) 近藤峰生, 三宅養三, 堀口正之, 鈴木 聡, 伊藤逸毅, 谷川篤宏：正常者における多局所網膜電図の応答密度の検討. 日眼会誌 100 : 810—816, 1996.
  - 22) **Horiguchi M, Suzuki S, Kondo M, Tanikawa A, Miyake Y** : Effect of glutamate analogues and inhibitory neurotransmitters on the electroretinograms elicited by random sequence stimuli in rabbits. *IOVS* 39 : 2171—2176, 1998
  - 23) **Beauchamp M, Matthews WB, Small D, Stein JF** : The topography of the visual evoked response to half field stimulation. *J Physiol* 260 : 46—47, 1976.
  - 24) **Blumhardt LD, Barrett G, Halliday AM** : The asymmetrical visual evoked potential to pattern reversal in one half field and its significance for the analysis of visual field defects. *Br J Ophthalmol* 61 : 454—461, 1977.
  - 25) **Oguchi Y, Toyoda M** : Vector analysis of pattern VEP. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 27 : 239—245, 1981.
  - 26) **Graham SL, Klistorner AI, Grigg JR, Billson, FA** : Objective VEP perimetry in glaucoma : Asymmetry analysis to identify early deficits. *J Glaucoma* 9 : 10—19, 2000