

網膜静脈閉塞症の多局所網膜電図

池田 純¹⁾²⁾, 長谷川 茂¹⁾, 鈴木 恵子¹⁾, 市辺 幹雄¹⁾, 谷本 直之¹⁾
 臼井 知聡¹⁾, 高木 峰夫¹⁾, 海谷 忠良²⁾, 阿部 春樹¹⁾

¹⁾新潟大学医学部眼科学教室, ²⁾海谷眼科

要 約

目的：網膜静脈閉塞症(以下, RVO)の多局所網膜電図(以下, mERG)の波形変化を明らかにする。

方法：RVO 8例9眼および正常29眼を対象とした。mERGの測定はVERIS™ 3.0.1(EDI社製)を用い, 103個の六角形要素から成る視覚刺激をモニター上に呈示し, 周辺4象限および中心部の5領域について加算平均波形を求め, 波形の陰性・陽性ピークを順にN1, P1, N2とし, 潜時(ms)と応答密度(nV/deg²)を測定した。

結果：周辺4象限ではRVO病変部のN2潜時は7眼で, P1潜時は2眼で1~2SD以上の遅延を示したが応答密度の異常は1眼のみであり, 統計学的にも正常群

に比べ潜時のみ有意差がみられた($p \leq 0.03$, U検定)。一方, RVO眼の中心領域では応答密度は6眼で1~2SD以上低下したが潜時の異常は3眼であり, 統計学的には応答密度のみ正常群に比べ有意差がみられた($p \leq 0.024$, U検定)。

結論：mERGのN2潜時はRVO病変部の異常を, 応答密度は中心領域の異常を鋭敏に反映した。mERGはRVOの部位別網膜機能の評価に有用である。(日眼会誌108:84-91, 2004)

キーワード：網膜静脈閉塞症, 多局所網膜電図

Multifocal Electroretinograms in Patients with Retinal Vein Occlusion

Jun Ikeda¹⁾²⁾, Shigeru Hasegawa¹⁾, Keiko Suzuki¹⁾, Mikio Ichibe¹⁾, Naoyuki Tanimoto¹⁾
 Tomoaki Usui¹⁾, Mineo Takagi¹⁾, Tadayoshi Kaiya²⁾ and Haruki Abe¹⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, Niigata University School of Medicine

²⁾Kaiya Eye Clinic

Abstract

Purpose : To investigate waveform changes of multifocal electroretinograms(mERG) in patients with retinal vein occlusion(RVO).

Methods : Nine eyes of 8 patients with RVO and 29 eyes of 29 normal subjects were examined using mERG. An array of 103 hexagonal elements was displayed on a monitor. mERG latencies(ms) and response densities (nV/deg²) were measured for center area(Ct) and for each of four quadrant areas. The peak and troughs were named N1, P1 and N2, consecutively.

Results : In pathological quadrants, although the response densities were abnormal in only one eye, latencies of the N2 and P1 were prolonged in 7 eyes and in 2 eyes, respectively(over 1SD~2SD). The latencies were significantly prolonged compared with those of normal eyes($p \leq 0.03$, U-test). On the

other hand, in the central area, although the latencies were abnormal in 3 eyes, the response densities were reduced in 6 eyes(over 1SD~2SD). The response densities were significantly reduced compared with those of normal eyes($p \leq 0.024$, U-test).

Conclusions : Both peak latencies in pathological quadrants and response densities in the central retinal area can be sensitive indicators of retinal dysfunction caused by RVO. The mERG system is useful for detecting local retinal dysfunction in patients with RVO.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi(J Jpn Ophthalmol Soc 108 : 84-91, 2004)

Key words : Retinal vein occlusion, Multifocal electroretinograms

別刷請求先：951-8510 新潟市旭町通1-757 新潟大学医学部眼科学教室 池田 純
 (平成14年7月10日受付, 平成15年5月30日改訂受理)

Reprint requests to : Jun Ikeda, M. D. Department of Ophthalmology, Niigata University School of Medicine. 1-757 Asahimachi-dori, Niigata 951-8510, Japan

(Received July 10, 2002 and accepted in revised form May 30, 2003)

I 緒 言

網膜中心静脈分枝閉塞症(以下, BRVO)では従来の全視野刺激による網膜電図(以下, ERG)の a 波や b 波は有意な異常を示さない。一方, Henkes¹⁾は網膜中心静脈の基幹部の閉塞 25 例中 20 例で ERG の b 波が減少したと報告している。また, Hara ら²⁾は BRVO では律動様小波の振幅は減少するが, 通常の ERG は異常を示さないことを報告している。したがって, 光刺激に対する網膜全体からの応答である通常の ERG は網膜静脈閉塞症(以下, RVO)の病変範囲に応じて異常を示し, 局所の網膜病変の評価には適していない。この欠点を補うため, 目的とする一部の網膜に光刺激を与え, 主にその部位から生じる ERG を記録する局所 ERG (focal ERG) が開発され応用されてきた^{3,4)}。しかし記録の難しさもあり, 一般臨床に広く応用されるまでに至っていない。

これに対して, Sutter ら⁵⁾は網膜の多数の部分から局所 ERG を同時に記録する新しい手法を開発した。この多局所網膜電図(multifocal ERG, mERG)は, 黄斑部を中心とした半径約 25 度以内の範囲の網膜を多数の六角形の要素に分割して, それぞれの部位をバイナリ M 系列と呼ばれる擬似ランダム系列に従って同時に, かつ互いに独立して刺激し, 得られた反応から cross-correlation technique を用いてそれぞれの部位の反応を抽出する方法である。今回, 我々は RVO を対象として, 病変領域と健常領域の網膜機能を mERG の一次核成分を用いて評価し, 臨床所見との関係を解析した。

II 対象ならびに方法

1. 対 象

RVO 以外の網膜硝子体および視神経疾患のない 8 例 9 眼〔男性 3 例, 女性 5 例, 平均年齢 57.5 ± 9.1 (平均値 \pm 標準偏差) 歳) および正常 29 例 29 眼 (平均年齢 53.3 ± 9.1) 歳を対象とした。各症例の臨床経過を表 1 に示した。

2. 測定方法

mERG の測定には VERISTM Science 3.0.1 (Erectro Diagnostic Imaging Inc., San Mateo, CA, 米国) を用いた。視覚刺激として CRT モニター (MD-B 1700, 中央無線社製) の画面上に, 同心円状に配列された 103 個の六角形要素を提示した。この六角形要素を, バイナリ M 系列に従い, 75 Hz の頻度で白 (200 cd/m^2) または黒 (5 cd/m^2) に反転させた。刺激野の大きさは垂直方向視角約 40° , 水平方向視角約 50° で刺激野の中央に固視点を置いた。ミドリリン P[®] で両眼の瞳孔を直径 7 mm 以上に散瞳し, 塩酸オキシプロカイン (ベノキシール[®]) で点眼麻酔を行った後に, Burian-Allen 双極型コンタクトレンズ電極 (Hansen Ophthalmic Instruments, Iowa City, IA, 米国) を装着した。接地電極は耳朶に置き, 対側眼はアイパッチで遮蔽した。眼前 12 mm の位置に矯正用レンズを置いて, 画面上で最高視力が得られるように矯正を行い, 網膜上の結像倍率が正視眼と等しくなるように CRT モニターと被検者との間の距離を調節した。記録としては片眼 30 秒の連続刺激を 8 回行い, 1 回毎に小休止を入れた。記録時間の合計は片眼約 4 分であった。導出した電位は 10~300 Hz の帯域で 10,000 倍に増幅し (Grass, RPS 107, Quincy, MA, 米国), パーソナルコンピュータ (Power Macintosh 7100/80 AV[®], Apple, CA, 米国) 上で A/D 変換し, VERISTM Science 3.0.1 により mERG の測定を行った。静的視野は, Humphrey 自動視野計 (以下, HP) を用いて (プログラム中心 30-2), 完全屈折矯正下で計測した。全例で固視不良や偽陽性, 偽陰性はなかった。蛍光眼底撮影 (以下, FA) で無血管野が存在するものを虚血型 RVO, 無血管野がないものを非虚血型 RVO とした。

3. 波形の解析方法

記録された電位は, 多入力解析法⁵⁾を用いて各部位の局所 ERG 応答を算出した。波形の解析には VERISTM Science 3.0.1 を用い, 得られた 103 個の波形を上鼻側

表 1 網膜静脈閉塞症 8 例 9 眼のまとめ

症例	W	年齢	性別	患眼	病変部	視力 1	視力 2	Fovea	MD	F	ME
症例 1	96	59	女	右眼	ST・SN	0.7	0.4	33→32	0.06→1.33	N	+
症例 1	96			左眼	IT・IN	1.5	1.2	37→36	-0.02→-6.77	I	-
症例 2	48	48	女	左眼	IT・IN	1.0	1.2	36→29	-6.5→-11.94	I	+
症例 3	36	54	男	左眼	ST・SN	0.6	0.3	30	-0.85	I	+
症例 4	2	73	男	左眼	IT・IN	0.3	0.3	10	-10.7	I	+
症例 5	16	55	女	左眼	IT・IN	0.5	0.5	35	-1.11	N	+
症例 6	16	53	男	右眼	IT・IN	1.5	1.2	36	-2.28	N	-
症例 7	72	69	女	右眼	IT・IN	1.2	1.2	34	0.75	N	+
症例 8	68	49	女	左眼	ST・SN	1.2	1.2	36	-2.95	N	-

W: 経過観察期間(週), 病変部: 網膜静脈閉塞症(RVO)の出血部位を示す。視力 1: 初診時視力, 視力 2: 最終視力, Fovea: Humphrey 自動視野計の Fovea の閾値, 平均偏差 (MD): Humphrey 自動視野計の平均偏差 (dB), Fovea, MD とともに, 矢印の前は初診時の値, 矢印の後は最終の値を示す。F: 蛍光造影, N: 非虚血型, I: 虚血型, ME: 黄斑浮腫, +: あり, -: なし。

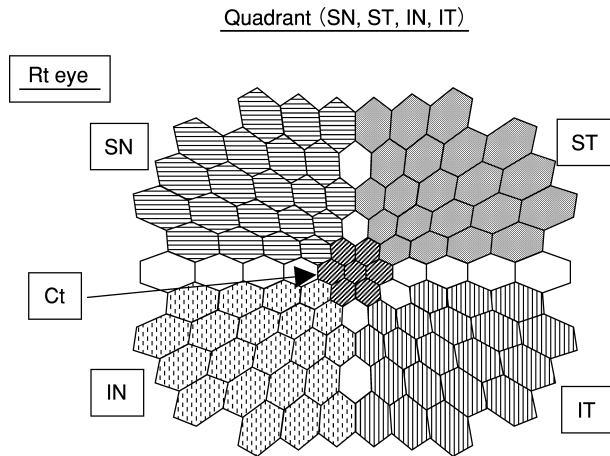


図1 視覚刺激パターンと解析した5つの領域(周辺4分割象限と中心領域)を示す。

ST: 上耳側, SN: 上鼻側, IT: 下耳側, IN: 下鼻側, Ct: 中心領域

(以下, SN), 上耳側(以下, ST), 下鼻側(以下, IN), 下耳側(以下, IT)の4象限および中心領域(以下, Ct)の5つの領域に分け, それぞれの平均加算波形を解析の対象とした(図1)。得られた平均加算波形の陰性波とそれに続く陽性波, 陰性波を順にN1波, P1波, N2波と名づけ, それぞれ陰性頂点と陽性頂点を順にN1, P1, N2と定義した(図2)。応答波形の応答密度としてVERIS™プログラムのAveraged-Response Density Scaleを用い, 単位面積当たりの応答密度(nV/deg²)を求めた。

III 結 果

1. RVO 症例の臨床的特徴(表1)

表1はRVO症例の年齢, 性別, 病変部, 初診時視力と最終視力, HPのfovea 閾値と平均偏差(MD), 蛍光眼底所見(F), 黄斑浮腫(ME)の有無を示した表である。患眼は右眼3例, 左眼6例と左眼が多く, 病変部は上方視野(ST, SN)が3例, 下方視野(IT, IN)が6例と下方視野が多かった。初診時視力は症例4が0.3, 症例5が0.5であるが, 他は0.6以上と比較的良好でthe logarithm of the minimal of resolution(log MAR)視力の平均は0.077(少数視力0.84)であった。症例1の右眼と症例3は最終視力が低下したが, 他の症例ではほぼ変化がなく最終視力のlog MAR視力の平均は0.150(少数視力0.71)であった。一方, HPの初回MDは平均-2.62dBで, 症例2(-6.5dB)と症例4(-10.7dB)以外は-2.95以上と比較的良好であった。HPで長期にわたり経過をみた3例のうち, 症例1の左眼と症例2ではそれぞれ-6.77dB, -11.94dBとMDは低下した。経過中, 3例を除き6例で眼底所見あるいは光干渉断層計(以下, OCT)によりMEがみられた。

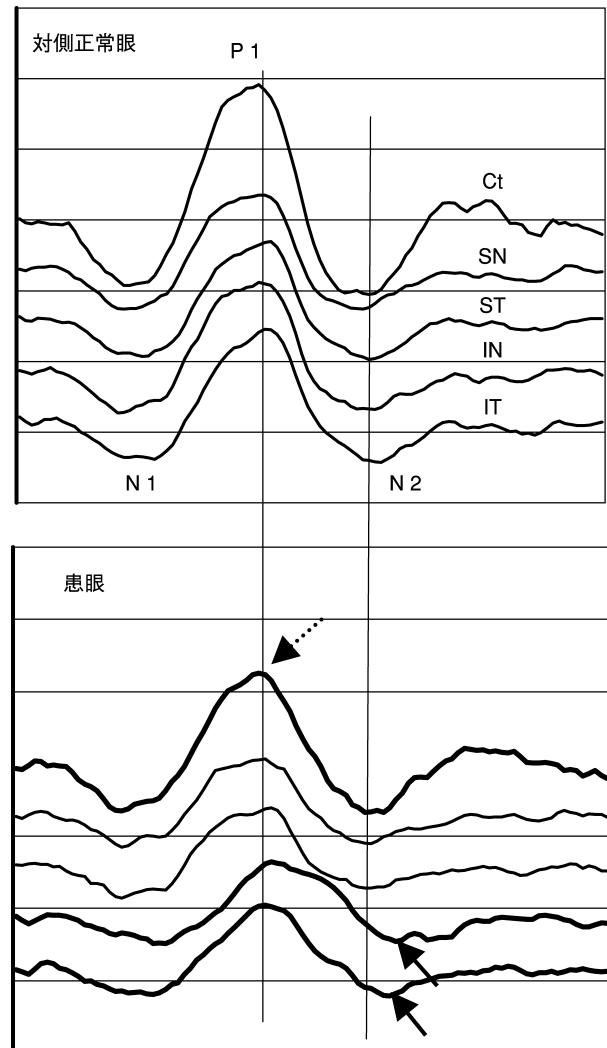


図2 症例2の患眼(下)と対側正常眼の(上)の5つの領域毎の加算平均波形。

上からCt, SN, ST, IN, ITの領域の波形を示す。患眼ではCtの応答密度低下(点線の矢印)および病変部(IT, IN)のN2潜時延長(実線の矢印)が明瞭。

2. RVO 眼における mERG の応答密度と潜時: 正常値との比較

図2にRVO眼の代表的mERG波形を示した。症例は上方網膜(下方視野=IN, IT)に病変部のあるRVO眼(症例2)で, 上の5波形が対側の正常眼から得られたmERG, 下の5波形が患眼のmERGである。正常眼ではCtの応答密度が他に比べやや大きい, 周辺4象限(SN, ST, IN, IT)の応答密度および潜時はほぼ同じである。一方, 患眼のmERGは全体的に低下している。病変部(IN, IT)の応答密度は非病変部(SN, ST)に比べ低下はないが潜時(P1, N2)の遅延が明瞭である。

図3はRVO各9眼の応答密度と潜時を5領域(Ct, SN, ST, IN, IT)毎に示したもので, 病変領域(Ctでは浮腫の有無)を丸で囲んで示してある。応答密度(上

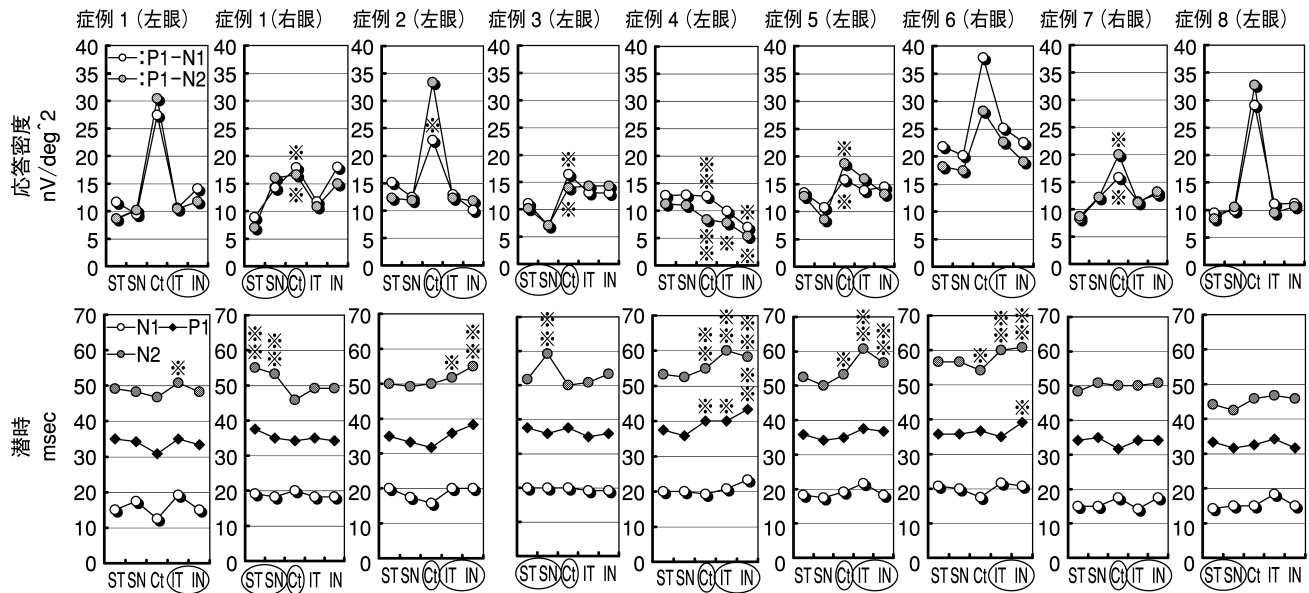


図 3 全症例における多局所網膜電図の応答密度(上段)と潜時(下段)。

周辺 4 分割象限の病変部と黄斑浮腫を○で囲んである。

※：1 標準偏差 (SD)～2 SD の異常値を示す。 ※※：2 SD 以上の異常を示す。

病変部の潜時は延長(特に P1, N2)し、中心領域の浮腫に対応して応答密度は低下した。

段)と潜時(下段)に関し正常群(29 例 29 眼)に比べ 1～2 標準偏差(SD)間の異常を※, 2 SD 以上の異常を※※で示した。表 2 はそれをまとめたものである。病変部のある周辺 4 象限における応答密度の異常は 1 眼のみであるのに比べ、N 2 潜時は 9 眼中 7 眼で異常であり、しかも 2 SD 以上の異常が 6 眼である。P 1 潜時に関しては 2 眼において異常を示した。非虚血型の症例 7 と 8 では潜時の異常がなかった。

一方、Ct では周辺 4 象限とは逆に潜時の異常が 3 眼と少なく、多くは応答密度の異常である。A 1(P 1-N 1) および A 2(P 1-N 2) ともに 6 眼で 1 SD～2 SD 以上の異常を示した。これらの異常を示した症例はすべて ME が存在し、浮腫のない 3 眼では異常を示さなかった。一方、Ct の mERG と視力との間には統計学的に有意な相関はなかった。また、HP の fovea の閾値と Ct 領域の mERG との間にも有意な相関はなかった。

3. RVO 眼の mERG : 経過による変化

mERG を複数回測定して経過をみた 4 眼(症例 1 の左右眼と症例 2, 3)について mERG の変化をみると(表 2 A, B), 症例 1 では経過とともに異常であった潜時および応答密度は回復した。症例 2 では Ct の応答密度のみ回復し、症例 3 とともに病変部の潜時は回復しなかった。図 4 は症例 1 の右眼と症例 2 の mERG の潜時と応答密度の経過を病変部の周辺象限および Ct 毎に示したものである。症例 1 では病変部 ST, SN の潜時が徐々に改善し、症例 2 では Ct の応答密度の改善があった。

4. RVO 眼と正常眼の mERG 応答密度・潜時 : 統計学的検討

図 5(A～F) は正常眼と下方象限(IT, IN)に病変のある 6 眼および Ct については 9 眼における mERG パラメータの平均と標準偏差を示したものである。IT, IN ともに RVO 群の潜時 N 2, P 1, N 1 は正常群に比べ、統計学的(Mann-Whitney U 検定)に有意な延長(各々、IT : p=0.005, 0.004, 0.02, IN : p=0.007, 0.007, 0.03)があった。図には示さなかったが RVO 9 眼のすべての病変象限を含めた場合にも(n=18), 潜時の延長は正常群に比べ有意であった(p<0.01)。一方、応答密度では RVO 群の平均値は正常群に比べ低かったが、両群の間に有意差はなかった。Ct では両群の潜時間に統計学的有意差はなく、応答密度(P 1-N 1, P 1-N 2)において有意差があった(p=0.012, 0.024, U 検定)。以上の結果は、RVO 9 眼について、すでに結果 2 で示した潜時と応答密度の異常が周辺と中心領域で異なることを裏づけるものである。

IV 考 按

網膜静脈閉塞症の臨床所見における分類として、網膜毛細血管床の閉塞が著明な虚血型(ischemic type, non-perfused type)と、静脈のうっ滞が主の非虚血型(non-ischemic type, perfused type)の 2 種類がある。今回は前者が 4 眼、後者が 5 眼の計 9 眼を解析の対象とした。RVO の ERG を用いた解析は従来から報告されている。例えば、網膜中心静脈の基幹部の閉塞では ERG の b 波は多くの症例で減少するとされる¹⁾。さらに網膜中心静

表 2 RVO 眼の多局所網膜電図(mERG)：正常眼との比較

中心領域(Ct)の mERG														
症例	W	患眼	黄斑浮腫	N 1	P 1	N 2	A 1	A 2						
症例 1	22	右眼	+				1	1						
	53													
	66						1							
症例 1	22	左眼	-											
	53													
	66													
症例 2	3	左眼	+				2	1						
	8						1							
	13													
	20													
症例 3	1	左眼	+				1	1						
	56						1	1						
症例 4	1	左眼	+		1	2	2	2						
症例 5	1	左眼	+			1	1	1						
症例 6	1	右眼	-			1								
症例 7	35	右眼	+				1	1						
症例 8	9	左眼	-											
周辺 4 象限(SN, ST, IN, IT)の病変部における mERG														
症例	W	患眼	病変部	N 1	P 1	N 2	A 1	A 2	病変部	N 1	P 1	N 2	A 1	A 2
症例 1	22	右眼	ST			2			SN			2		
	53													
	66													
症例 1	22	左眼	IT			1			IN					
	53													
	66													
症例 2	3	左眼	IT						IN			2		
	8					1						2		
	13											2		
	20					1						2		
症例 3	1	左眼	ST						SN			2		
	56					1						2		
症例 4	1	左眼	IT		1	2		1	IN	2	2	1	1	
症例 5	1	左眼	IT			2			IN			2		
症例 6	1	右眼	IT			2			IN	1	2			
症例 7	35	右眼	IT						IN					
症例 8	9	左眼	ST						SN					

A 1=応答密度 P1-N1, A 2=応答密度 P1-N2. Ct: 中心領域 W: 発症から mERG 測定までの週数. 1: 1~2 SD 間の異常, 2: 2 SD 以上の異常.

脈閉塞症(CRVO)においては、ERGでb/a値の減少が著明なもの、b波頂点潜時の延長しているものは虚血性変化が強く血管新生を生じやすいといわれている^{6)~9)}。Kretschmannら¹⁰⁾はCRVO患者のmERGを測定し、黄斑部の浮腫が存在するときは黄斑部領域の著明な振幅低下と、測定領域全体に潜時の遅れがあったと述べている。

一方、中心静脈の分枝部の閉塞(BRVO)では軽度の変化を示す例もあるものの、有意な異常を示さないとする報告²⁾や、全視野刺激によるERGではBRVOのa、

b波は有意な異常を示さないとする報告¹⁾がある。我々のBRVOの結果もKretschmannらのCRVOの結果と同様に、黄斑浮腫を伴った場合には中心領域の応答密度は低下した。表2から明らかなように、RVOの病変部に相当する周辺4象限では、mERGの応答密度の変化は潜時に比べ軽度であり多くは正常範囲であったが、潜時は延長を示し、特に後期陰性波N2潜時が著明に延長した。Hasegawaら¹¹⁾は網膜内層の障害が病変の主体である網膜動脈分枝閉塞症(以下、BRAO)を対象としてmERGを測定した結果、mERGの後期成分(P1、

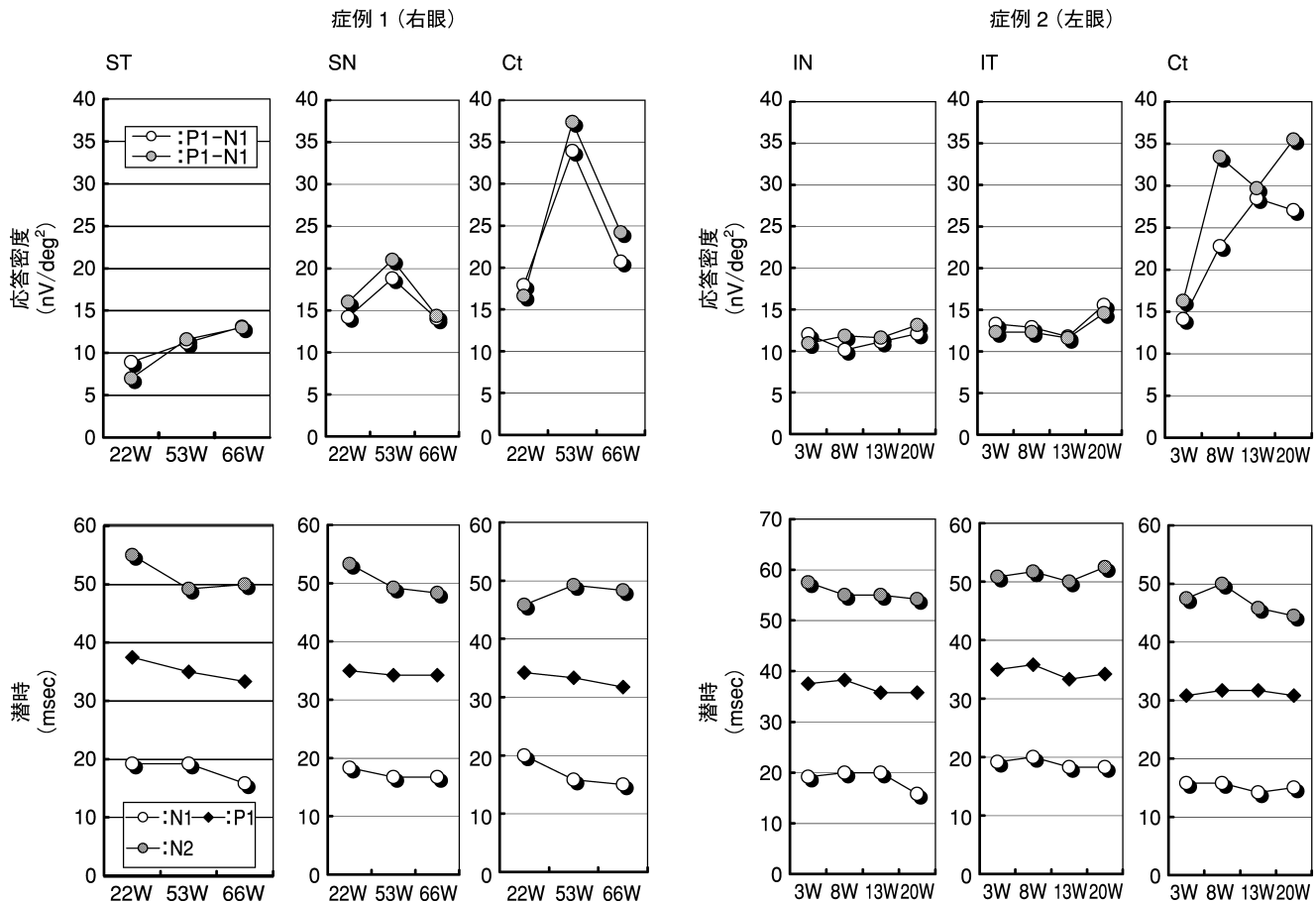


図 4 症例 1 右眼(非虚血型網膜静脈閉塞症)と症例 2 左眼(虚血型網膜静脈閉塞症)の中心領域と病変部(周辺 4 分割象限)における応答密度(上段)と潜時(下段)の変化の経過。

症例 1 の病変部(ST, SN)では応答密度の低下は著明ではなく、延長していた潜時は徐々に回復した。症例 2 の病変部(IT, IN)における潜時(特に N 2)は経過中、遅延したままであり、中心領域は浮腫の軽減に対応して応答密度の回復が著明であった。

N 2)の方がより変化が大きく後期成分が網膜内層(アマクリン細胞近傍)の障害を鋭敏に反映していることを報告した。大島ら¹²⁾も BRAO を対象にした mERG の解析結果において、N 1 より P 1, P 1 より N 2 と後期成分になるに従って振幅が低下する傾向があることから、後期成分が網膜内層の状態を反映する可能性を指摘している。Hara ら²⁾は BRVO での律動様小波の減少を報告しており、BRVO でも BRAO と同様に網膜内層障害を来すことを示している。我々の結果も、Hasegawa¹¹⁾、大島ら¹²⁾の BRAO の報告と同様に mERG の後期成分(特に N 2 潜時)がより大きな変化を示した。したがって、RVO における mERG の変化は、網膜内層の障害がより強いことを推定している。原田ら¹³⁾は虚血型の CRVO では非虚血型 CRVO に比較し、b/a 波が有意に低いことを示したが、虚血型 CRVO の方がより網膜内層の障害が大きいことが考察される。中崎ら¹⁴⁾の報告によれば、慢性期 CRVO 群の photopic ERG の a 波振幅、b 波振幅・潜時は異常を示し、慢性期 BRVO でも律動様小波の振幅総和と a 波振幅は有意に低下する。

Hood ら¹⁵⁾の薬理学的実験による mERG の成分解析によれば、mERG は photopic ERG の on 反応と off 反応の合成波であり、mERG は主要には網膜の中層から内層の反応と考えられる。したがって、mERG は RVO の病変部における網膜中～内層成分の障害を評価するのに有用であると考えられる。今回の我々の結果では、非虚血型でも発症後間もない時期に mERG を測定した 2 例(症例 5, 6)では異常を示すが、ある程度時間が経過した症例(症例 1, 7, 8)では異常を示さない。すなわち、発症からある程度時期が経過するに従い、虚血型と非虚血型 RVO の網膜機能異常の差が明らかになると考えられる。したがって、RVO の病態を把握するには mERG の経過を追って測定し解析することが重要と考えられる。三宅³⁾は嚢胞様黄斑浮腫(CME)の局所 ERG を測定し、症例の視力が著しく低下しても ERG の a, b 波はそれほど低下しないが、律動様小波は視力良好でもかなり減弱する例があると述べている。我々の結果でも Ct の mERG と視力の間には有意な相関がなく、さらに HP の fovea の閾値との間にも有意な相関はな

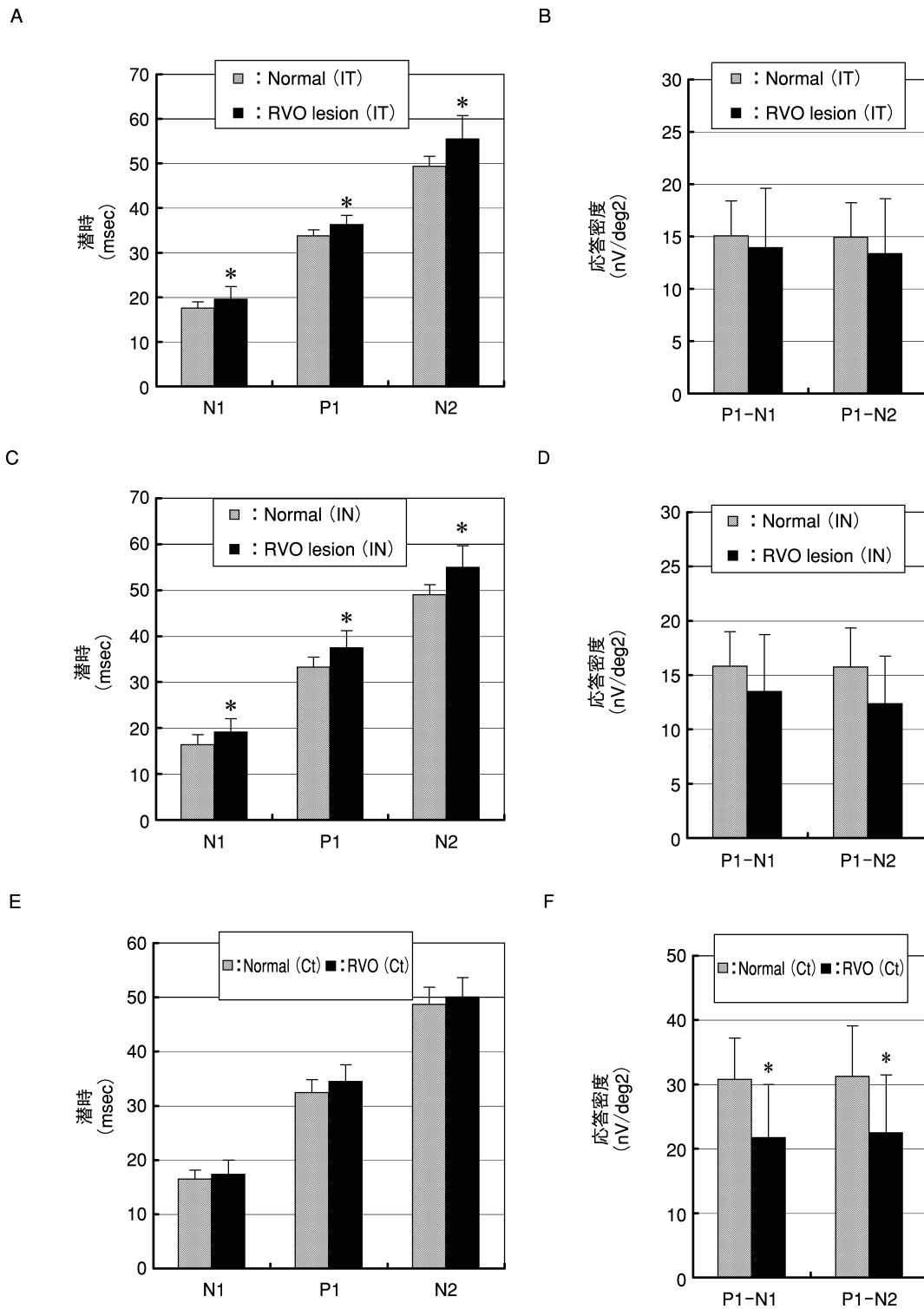


図 5 正常眼と網膜静脈閉塞症 6 眼の病変部(IT, IN)および 9 眼の Ct における多局所網膜電図パラメータの平均と標準偏差。

* : 正常眼との有意差がみられたもの。

IT, IN とともに RVO 群の潜時 N2, P1, N1 は正常群に比べ有意な延長(各々, IT : p=0.005, 0.004, 0.02, IN : p=0.007, 0.007, 0.03)があった。一方, 応答密度では RVO 群と正常眼の間に有意差はなかった。Ct では両群の潜時に統計学的有意差はなく, 応答密度(P1-N1, P1-N2)において有意差があった(p=0.012, 0.024, U 検定)。

かった。一方, ME の存在と mERG の応答密度の低下は強く対応していた。

今回の結果から, 中心領域と傍中心領域の mERG で

は異常の様態が異なることが明らかとなった。黄斑部の浮腫がある場合, 中心領域の mERG の応答密度は低下し, 潜時の変化が主体である周辺病変部とは異なること

から、周辺病変部と中心領域の RVO による障害様式は異なることが推定される。したがって、mERG を用いて網膜機能を評価する際には中心領域と周辺領域をそれぞれ分けて評価することが重要である。この中心領域における mERG の特徴的変化が、OCT などによる形態学的な変化および静的視野の感度とどのように関係にあるのか興味を持たれる。さらに、例数を追加し検討する予定である。

文 献

- 1) **Henkes H** : Electroretinography in circulatory disturbances of the retina : I. Electroretinogram in cases of occlusion of the central retinal vein or one of its branches. *Arch Ophthalmol* 49 : 190—201, 1953.
- 2) **Hara A, Miura M** : Decreased inner retinal activity in branch retinal vein occlusion. *Doc Ophthalmol* 88 : 39—47, 1994.
- 3) **三宅養三** : 宿題報告. 黄斑部疾患の基礎と臨床. 黄斑部多局所 ERG の研究. *日眼会誌* 92 : 1419—1449, 1988.
- 4) **Standberg MA, Arei M** : A hand-held two-channel stimulator-ophthalmoscope. *Arch Ophthalmol* 95 : 1881—1882, 1977.
- 5) **Sutter EE, Tran D** : The field topography of ERG components in man. The photopic luminance response. *Vision Res* 32 : 433—446, 1992.
- 6) **Matsui Y, Katsumi O, Mehta MC, Hirose T** : Correlation of electroretinographic and fluorescein angiographic findings in unilateral central retinal vein obstruction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 232 : 449—457, 1994.
- 7) **Kaye SB, Harding SP** : Early electroretinography in unilateral central retinal vein occlusion as a predictor of rubeosis iridis. *Arch Ophthalmol* 106 : 353—356, 1988.
- 8) **坂上 欧, 勝海 修, 広瀬竜夫** : 網膜中心静脈閉塞症発症後の網膜機能の回復. *臨眼* 44 : 261—263, 1990.
- 9) **松井淑江, 勝海 修** : 網膜中心静脈閉塞症発症の視力予後と ERG b/a 比. *あたらしい眼科* 8 : 69—70, 1991.
- 10) **Kretschmann U, Seeliger M, Ruether K, Usui T, Zrenner E** : Spatial cone activity distribution in disease of the posterior pole determined by multifocal electroretinography. *Vision Res* 38 : 3817—3828, 1998.
- 11) **Hasegawa S, Ohshima A, Hayakawa Y, Takagi M, Abe H** : Multifocal electroretinograms in patients with branch retinal artery occlusion. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 42 : 298—304, 2001.
- 12) **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.
- 13) **原田敬志, 長谷川康則** : Venous stasis retinopathy と Hemorrhagic retinopathy. *臨眼* 73 : 43—49, 1979.
- 14) **中崎秀二, 丸岩 太, 直井信久, 澤田 惇** : 慢性期網膜静脈閉塞症の ERG 所見について. *眼紀* 44 : 604—609, 1993.
- 15) **Hood DC, Frisbman LJ, Saszik S, Viswanatban S** : Retinal origins of the primate multifocal ERG : Implications for the human response. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43 : 1673—1685, 2002.