

網膜中心動脈分枝閉塞症における 網膜循環と機能の関係

石川 果林, 木村 至, 篠田 啓, 大出 尚郎, 北村 静章
井上 真, 石田 晋, 真島 行彦, 小口 芳久

慶應義塾大学医学部眼科学教室

要 約

目 的：網膜中心動脈分枝閉塞症(BRAO)における網膜循環と機能の関係を scanning laser Doppler flowmeter (SLDF) と multifocal electroretinogram (mERG) を用いて評価した。

方 法：BRAO の 3 例に対し再疎通がみられた時期に、患眼の閉塞した動脈に近い傍乳頭部および傍黄斑部と健眼の対応領域で、網膜循環の指標である SLDF の flow 値と網膜機能の指標である mERG の p 波の振幅(最初の陽性波と陰性波の間の振幅)を測定した。これらの健眼に対する患眼の比(a/f 比)を計算し、flow 値の a/f 比($F_{a/f}$)と p 波振幅の a/f 比($P_{a/f}$)を検討した。

結 果：傍乳頭部では $F_{a/f}$ 、 $P_{a/f}$ とも低値で、両者は

比較的一致し、傍黄斑部では全症例とも $P_{a/f}$ が $F_{a/f}$ より低値であった。

結 論：虚血再灌流後の回復期において、傍黄斑部では傍乳頭部と比較して機能的な回復が得られにくいことが推定された。(日眼会誌 106 : 215—220, 2002)

キーワード：網膜中心動脈分枝閉塞症(BRAO), スキャンニング・レーザー・ドップラ・フローメータ (SLDF), ハイデルベルグ・レチナ・フローメータ (HRF), 多局所網膜電図 (mERG), 網膜血流

The Correlation between Retinal Circulation and Function in Branch Retinal Artery Occlusion

Karin Ishikawa, Itaru Kimura, Kei Shinoda, Hisao Ohde, Shizuaki Kitamura
Makoto Inoue, Susumu Ishida, Yukihiro Mashima and Yoshihisa Oguchi

Department of Ophthalmology, Keio University School of Medicine

Abstract

Purpose : To investigate retinal circulation and function in eyes with branch retinal artery occlusion (BRAO) using a scanning laser Doppler flowmeter (SLDF) and multifocal electroretinogram (mERG).

Methods : In juxtapapillary and paramacular areas close to the occluded artery of the affected eye and the corresponding area of the fellow eye, the mean flow measured by SLDF, indicating microcirculation, and the p-wave amplitude in the response of mERG, indicating retinal function, were determined in three patients with BRAO at the period of reperfusion. The ratios of the affected eye to fellow eye (a/f ratio) were calculated, and the ratios of the

mean flow ($F_{a/f}$) were compared with those of the p-wave amplitude ($P_{a/f}$).

Results : In the juxtapapillary area, both $F_{a/f}$ and $P_{a/f}$ decreased consistently, but in the paramacular area, $P_{a/f}$ were lower than $F_{a/f}$ in all cases.

Conclusions : Functional recovery is likely to be later in the paramacular area than in the juxtapapillary area in the course of recovery of retinal circulation. (J Jpn Ophthalmol Soc 106 : 215—220, 2002)

Key words : Branch retinal artery occlusion, Scanning laser Doppler flowmeter, Heidelberg retina flowmeter, Multifocal electroretinogram, Retinal blood flow

別冊請求先：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 石川 果林
(平成 13 年 3 月 9 日受付, 平成 13 年 10 月 20 日改訂受理)

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

(Received March 9, 2001 and accepted in revised form October 20, 2001)

I 緒 言

スキャンニング・レーザー・ドップラ・フローメータ (scanning laser Doppler flowmeter : 以下, SLDF) は, 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として開発された検査法である^{1)~5)}. 近年, SLDF を用いた基礎および臨床研究により緑内障など視神経疾患の視神経乳頭部血流動態や, 緑内障の各種薬剤が視神経乳頭部血流に及ぼす影響が解明されている. しかし, 網膜疾患における網膜血流動態についての臨床研究は, 我々が調べた限りでは網膜中心静脈分枝閉塞症³⁾⁶⁾および網膜中心動脈閉塞症による視神経萎縮³⁾のみである.

一方, 多局所網膜電図 (multifocal electroretinogram : 以下, mERG) は黄斑部を中心とした網膜の多局所で ERG を記録でき, 種々の局所網膜疾患における診断, 病態の解明に広く応用されている. 今回, 我々は網膜中心動脈分枝閉塞症 (branch retinal artery occlusion : 以下, BRAO) において障害された領域を SLDF および mERG を用いて網膜循環と機能の関係を評価し, 若干の知見を得たので報告する.

II 対象と方法

症例は片眼性の BRAO で, 発症早期に SLDF と mERG を施行した 3 例 3 眼である (表 1, 図 1). 年齢は 38 ~ 83 (平均値 ± 標準偏差 61.0 ± 22.5) 歳で, 性別は男性 2 例, 女性 1 例であった. いずれの症例も BRAO 発症から 1 週間以内に, 網膜血流の測定と mERG の記録を行った. 症例 3 の mERG, multifocal visual evoked potential (mVEP) および SLDF の詳細に関しては以前に報告⁷⁾した.

1. SLDF

測定方法: Heidelberg Retina Flowmeter (Heidelberg Engineering 社) を用いて行った. 2 m 遠方の指標を固視させ, 普通瞳孔下で, 図 2 に示すように患眼の 1: 閉塞した動脈に近い傍乳頭部, 2: 閉塞した動脈に近い傍黄斑部, 3: 閉塞した動脈と対側の傍黄斑部, 4: 閉塞した動脈と対側の傍乳頭部, および健眼の各対応領域における網膜血流を測定した.

解析方法: 2.7 × 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 program を用いて SLDF のパラメータである flow 値を解析して mean flow 値 (arbitrary unit, AU) を算出した⁵⁾. 各部位につきそれぞれ 5 回以上測定し, それらの平均値をとり, 測定値とした. また, Mann-Whitney の U 検定を用い, 部位別に患眼と健眼の測定値を比較した.

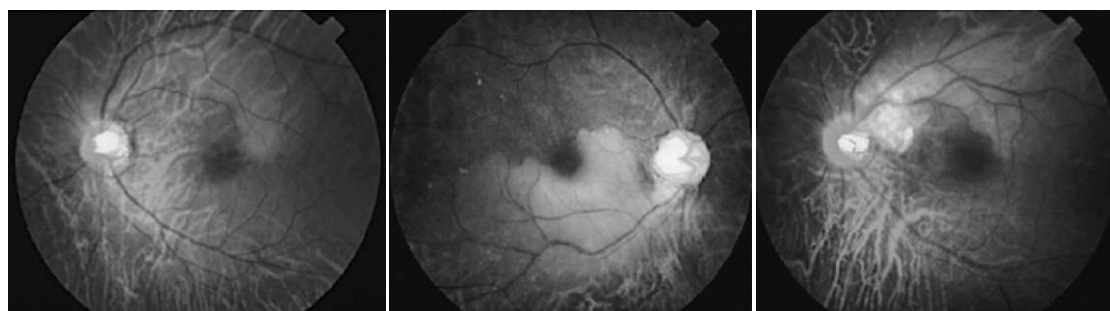
2. mERG

測定方法: VERIS[®] (トーマー社) を用いて行った. 両眼をミドリリン P[®] (参天製薬) 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 個の六角形のエレメントを用いた. 刺激条件は, M-sequence を 2¹⁴, 記録時間は約 4 分間に設定し, segment 数を 8 回とした.

解析方法: Veris ScienceTM 3.0 を用いて行った. Artifact removal は一度使用し, spatial imaging の interaction も一度使用した. 3 例とも二次核成分は非常に小さいため, 解析時間は 100 msec として 1 st ker-

表 1 3 例の臨床所見

症例	年齢	性別	患眼	初診時視力	測定時視力	病巣部位
症例 1	62	女	左	0.03 (1.0)	0.08 (1.0)	上耳側血管アーケード
症例 2	83	男	右	0.02 (0.06)	0.7 (0.8)	下耳側血管アーケード
症例 3	38	男	左	0.3 (1.0)	0.4 (1.0)	上耳側血管アーケード



症例 1

症例 2

症例 3

図 1 初診時の網膜動脈分枝閉塞症 (BRAO) 眼底写真.

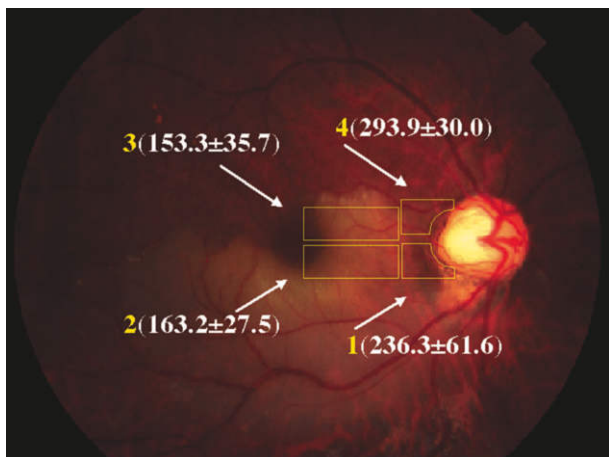


図 2 Scanning laser Doppler flowmeter (SLDF) の測定部位および測定値 (症例 2)。

1: 動脈閉塞領域傍乳頭部, 2: 動脈閉塞領域傍黄斑部, 3: 非動脈閉塞領域傍黄斑部, 4: 非動脈閉塞領域傍乳頭部の測定範囲を示す。それぞれの領域における SLDF による mean flow 値 (arbitrary unit, AU) を平均値 ± 標準偏差で示した。

nel-1 st slice を求めた。代表症例を図 3 に示すが, mERG は視野と一致するので, 網膜と対応させるためにここでは眼底写真は意図的に上下を反転してある。検眼鏡的な動脈閉塞部位と健眼の対応部位を選択し, それぞれの平均加算波形を求め, 最初の陰性波と陽性波を便宜上 N1, P1, それに続く第 2 陰性波を N2 と名付け, N1-P1 振幅を p 波振幅 (nV/deg^2) として測定値とした。

動脈閉塞領域における SLDF の flow 値と mERG の p 波振幅について, 健眼に対する患眼の比 (affected eye / fellow eye: 以下, a/f 比) を計算し, それらの結果を比較検討した。以下, flow 値の a/f 比を $F_{a/f}$, p 波振幅の a/f 比を $P_{a/f}$ とおくこととする。

また, 患眼において上下で動脈閉塞側と非閉塞側の網膜血流を比較し, 上下比 (動脈閉塞領域/非動脈閉塞領域) を計算した。

III 結 果

いずれの症例も初診時, 検眼鏡的に網膜血流は再開通しており (図 1), SLDF および mERG 測定時の矯正視力は, 症例 1 と 3 では 1.0 で, 症例 2 では 0.8 まで回復していた。また, Goldmann 視野検査では 3 例とも病巣部に一致した暗点があった。症例 2 は検眼鏡的に乳頭陥凹の拡大があったが, 乳頭所見と一致した視野所見はなく, 僚眼も同様の乳頭所見で正常の視野であったことから, 緑内障性の変化ではないと考えられ, 血流の評価は他の症例と同様に扱った。同時に施行した蛍光眼底造影 (FAG) 検査では, 腕-網膜循環時間は症例 1 では 15.4 秒, 症例 2 では 19.7 秒, 症例 3 では 16.8 秒であった。上下耳側血管アーケードの動脈への充盈開始時間は症例 1 と

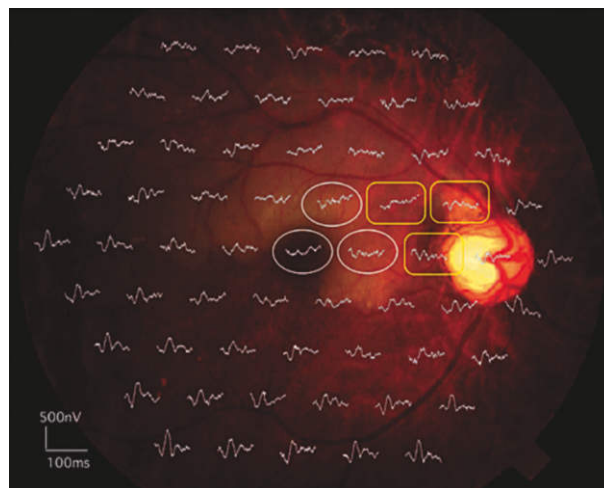


図 3 眼底写真に重ね合わせた multifocal electroretinogram (mERG) の応答密度 (症例 2)。

長方形の枠は傍乳頭部の選択部位, 楕円の枠は傍黄斑部の選択部位を示す。眼底写真は意図的に上下を反転してある。特に網膜浮腫領域を中心に mERG 各波形の振幅が低下している。

3 では差がなかったが, 症例 2 では上耳側動脈は 19.7 秒であったのに対し, 下耳側動脈では 27.7 秒と著明に遅延していた。

以下に代表例として症例 2 の結果を述べる。本症例は突然の右眼の上方視野欠損を自覚し同日当科受診となった。初診時視力は左眼 0.02 ($0.06 \times +0.75 \text{ D} \text{ cyl} -3.25 \text{ D Ax } 90^\circ$) で, 眼圧は 11 mmHg であった。右眼眼底には下耳側血管アーケードに沿った網膜浮腫があった。SLDF の mean flow 値は, 患眼である右眼の傍乳頭部上部においては 293.9 ± 30.0 (平均値 ± 標準偏差) AU, 同下部においては 236.3 ± 61.6 AU, 傍黄斑部上部においては 153.3 ± 35.7 AU, 同下部においては 163.2 ± 27.5 AU であった (図 2)。同様に健眼である左眼の傍乳頭部上部においては 303.7 ± 24.2 AU, 同下部においては 315.8 ± 34.4 AU, 傍黄斑部上部においては 276.4 ± 55.5 AU, 同下部においては 251.7 ± 60.4 AU であった。全症例の各部位の測定値および p 値を表 2 に示す。症例 2 では, 動脈閉塞側である傍乳頭部下部和傍黄斑部下部和において統計学的有意差はなかったものの p 値は低い傾向にあり, 非動脈閉塞側ではあるが虚血による影響が及んでいる傍黄斑部上部において統計学的有意差があった。flow 値の a/f 比は, 傍乳頭部においては $F_{a/f} = 236.3/315.8 = 0.75$, 傍黄斑部においては $F_{a/f} = 163.2/251.7 = 0.65$ で, 患眼における上下比は傍乳頭部においては $F_{1/4} = 236.3/293.9 = 0.80$, 傍黄斑部においては $F_{2/3} = 163.2/153.3 = 1.06$ という値が得られた。また, mERG の p 波振幅の測定値は, 患眼である右眼の傍乳頭部下部和においては $7.4 \text{ nV}/\text{deg}^2$, 傍黄斑部下部和においては $8.6 \text{ nV}/\text{deg}^2$, 健眼である左眼の傍乳頭部下部和におい

表 2 3例の flow 値

症例	測定部位	右眼(AU)	左眼(AU)	p 値
症例 1	傍乳頭部上部	410.8±83.7	317.9±30.8	0.083
	傍黄斑部上部	243.3±5.6	228.1±22.7	0.149
	傍黄斑部下部	274.8±35.8	243.5±33.9	0.221
	傍乳頭部下部	386.9±60.6	439.6±45.1	0.248
症例 2	傍乳頭部上部	293.9±30.0	303.7±24.2	0.564
	傍黄斑部上部	153.3±35.7	276.4±55.5	0.014*
	傍黄斑部下部	163.2±27.5	251.7±60.4	0.050
	傍乳頭部下部	236.3±61.6	315.8±34.4	0.083
症例 3	傍乳頭部上部	259.5±24.2	135.4±48.8	0.021*
	傍黄斑部上部	202.9±15.2	221.5±11.7	0.083
	傍黄斑部下部	273.5±77.2	230.4±37.7	0.564
	傍乳頭部下部	213.8±27.1	206.9±24.5	0.564

数値は平均値±標準偏差(arbitrary unit, AU). 太字は患眼の動脈閉塞領域の測定値を示す. *: p<0.05(Mann-Whitney の U 検定)

では 11.2 nV/deg², 傍黄斑部下部においては 23.7 nV/deg²であった. 以上から p 波振幅の a/f 比は, 傍乳頭部においては $P_{a/f}=7.4/11.2=0.66$, 傍黄斑部においては $P_{a/f}=8.6/23.7=0.36$ という値が得られた. 症例 1 と 3 についても同様に計算し, 表 3, 4 に全症例の結果を示す.

傍乳頭部では, 健眼に比べて患眼の flow 値, p 波振幅とも全症例において低下しており, $F_{a/f}$ と $P_{a/f}$ は比較的一致した. 一方, 傍黄斑部では, 患眼の flow 値は症例 2 においてのみ低下し, 症例 1 と 3 では明らかな低下はなかった. 症例 2 は, 図 1 に示すように検眼鏡的な網膜浮腫の範囲が最も広い症例であり, SLDF の測定領域に検眼鏡的な網膜浮腫の領域が多く含まれていた. また, 患眼の p 波振幅は全症例で低下しており, 各部位において $P_{a/f}$ はすべて $F_{a/f}$ よりも低かった.

また, 患眼における血流の上下比は, 傍乳頭部ではいずれの症例も低下しており, その程度は $F_{a/f}$ と同程度であったが, 傍黄斑部では $F_{a/f}$ が著しく低下していた症例 2 も含めて全例において 1 に近い値であり, 明らかな低下はなかった.

IV 考 按

SLDF は共焦点レーザー走査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¹¹⁻⁵⁾. 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組織血流量を評価するもので²⁾, 優れた再現性をもつことから^{8,9)}, 主に緑内障を中心に視神経疾患の評価に臨床応用されている. 網膜疾患に臨床応用された報告は少なく, 我々が調べた限りでは網膜中心静脈分枝閉塞症³⁾⁶⁾および網膜中心動脈閉塞症による視神経萎縮³⁾のみである. 急性期 BRAO の循環動態に関しては, レーザ

表 3 Flow 値の a/f 比($F_{a/f}$)および p 波振幅の a/f 比($P_{a/f}$)

症例	傍乳頭部		傍黄斑部	
	$F_{a/f}$	$P_{a/f}$	$F_{a/f}$	$P_{a/f}$
症例 1	0.77	0.72	0.94	0.57
症例 2	0.75	0.66	0.65	0.36
症例 3	0.52	0.52	1.09	0.71

a/f 比: 健眼に対する患眼の比(affected eye/fellow eye) $F_{a/f}$: flow 値の a/f 比 $P_{a/f}$: p 波振幅の a/f 比

表 4 患眼における非動脈閉塞領域に対する動脈閉塞領域の flow 値の比(上下比)

症例	傍乳頭部	傍黄斑部
症例 1	0.72	0.94
症例 2	0.80	1.06
症例 3	0.65	0.96

ードップラ法により, 罹患部位の動脈では健全な動脈と比較し 40~50% の血流量の低下が報告¹⁰⁾され, レーザースペックル血流画像化法により, 急性期の罹患部位では健眼および患眼の回復期と比較して網膜動脈血流量の指標となる square blur rate(SBR)値が低下していたとの報告¹¹⁾¹²⁾があり, 今回我々が施行した SLDF でもパラメータである flow 値が低下しており, 微小循環の障害があった.

mERG は, 1992 年に Sutter ら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¹³⁾. 特に黄斑部を中心とした約 25 度の範囲での網膜障害の部位, 範囲, 程度の定量的な測定が可能であり¹⁴⁾, 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他覚的に検査できる方法である. その生理学的起源については, 主に網膜外層・錐体の反応を反映していると考えられているが¹⁴⁾¹⁵⁾, 一部は網膜内層の状態を反映すると報告¹⁶⁾されている. mERG はこれまでに多種多様な網膜疾患に対して応用され, 局所的な網膜の機能障害の検出に有用であるといわれている^{16)~24)}. 網膜中心動脈閉塞症(CRAO)では障害部位は主に網膜内層であるため, 一般に通常的全視野刺激の ERG(bright flash ERG)においては, 視細胞起源である a 波はほとんど変化しないのに対し, 網膜内層起源といわれている b 波の振幅は低下し, a 波よりも b 波の振幅が低下するいわゆる negative ERG になる¹⁷⁾¹⁸⁾. 他方, mERG ではいわゆる negative ERG の波形は示さず N1, P1 ともに低下する¹⁸⁾. BRAO に関しては, 大島ら¹⁶⁾は 3 例の BRAO の検討において, 正常領域に比較して病巣部では, 二次核成分は検出できないほど低下していたが, 一次核成分も振幅の低下と潜時の延長があり, N1 よりも

P1, P1 よりも N2 と後期成分になるに従って振幅が低下する傾向にあったと報告した。また、当教室の山田ら⁷⁾は二次核成分の平均加算波形は患眼の病巣部では全く検出できず、一次核成分も全体的に振幅が低下し、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 の振幅の著明な低下がみられたと報告した。今回、我々の新たな 2 例も二次核成分については検出できないほど低下していたため、血流との関係を調べるに際し一次核成分を検討した。その結果、本疾患では一次核成分を検討することによって、定性的な網膜の機能評価が可能であることが推定された。

SLDF による網膜血流の測定結果では、傍乳頭部においては健眼に比べて患眼の flow 値が全症例で低下していたが、傍黄斑部では患眼の flow 値は検眼鏡的な網膜浮腫の範囲が最も広い症例 2 においてのみ低下し ($p=0.050$)、症例 1 と 3 では明らかな低下はなかった (順に $p=0.149$, $p=0.083$)。SLDF は機械の性質上、測定範囲が限られてしまうため、傍乳頭部と傍黄斑部のうち検眼鏡的な網膜浮腫の範囲が最も広い症例 2 では、SLDF の測定領域がほぼ全域にわたって検眼鏡的な網膜浮腫の領域と一致しており、flow 値が低下していたが、症例 1 と 3 の傍黄斑部では測定領域に健常部がかなり含まれるため、明らかな低下がなかったものと考えられた。このことから、SLDF で測定した flow 値は検眼鏡的な網膜浮腫の領域の血流低下を純粋に反映していると考えられた。このことは p 値からも推定される。すなわち、原則として動脈閉塞側は統計学的有意差があるか、もしくは有意差がないものの p 値が低い傾向があり、非動脈閉塞側は有意差がなかった。しかし、動脈閉塞側でも SLDF の測定範囲と閉塞領域が一致していない部位では有意差がなく (症例 1, 3 傍黄斑部上部)、逆に、非動脈閉塞側でも SLDF の測定範囲に浮腫など動脈閉塞の影響が及んでいる部位では有意差があり (症例 2 傍黄斑部上部)、動脈閉塞領域と測定範囲に多く影響を受けていた。

次に a/f 比および上下比の検討を行った。患眼と健眼あるいは動脈閉塞部と非動脈閉塞部の比をとることで相対的な血流動態を得ることができると考えられる。傍乳頭部では、健眼に比べて患眼の flow 値、 p 波振幅とも全症例において低下しており、 $F_{a/f}$ と $P_{a/f}$ は比較的一致したが、傍黄斑部では、 $P_{a/f}$ は 3 例とも $F_{a/f}$ よりも低くなっていた。この理由として、主に SLDF の測定領域が mERG の測定領域と必ずしも一致していないことがあげられる。しかし、FAG で明らかな病巣部動脈への血流が改善していた症例 1, 3 においても傍黄斑部の $P_{a/f}$ が著しく低下していたことから、BRAO 発症後の回復過程において、傍乳頭部と比較して傍黄斑部の網膜機能の回復が網膜循環の改善よりも遅い、あるいは機能的に不可逆的な変化を来していることが推定された。

症例 2 において、病巣部の傍黄斑部における血流が健眼との比較では著しく低下していた ($F_{a/f}=0.65$) にもかかわらず、同一眼での非動脈閉塞部との比較では低下がなかった ($F_{2/3}=1.06$) 理由として、本症例では浮腫の範囲が広く、水平線を超えて上部まで循環障害が及んでいたことが考えられた。さらに、症例 2 では FAG で明らかな病巣部動脈への充盈遅延があり、臨床的に最も重篤な本症例で傍黄斑部の $F_{a/f}$ と $P_{a/f}$ が他の 2 例と比較して著しく低下していたことは、これらの検査が BRAO の重症度をよく反映している傍証であると思われた。

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検眼鏡的に診断が難しい場合がある。このような BRAO 発症後の回復過程において、網膜機能の回復と網膜循環の改善とを比較しながら評価するのに、SLDF による網膜血流の測定と mERG の記録はともに有用である可能性が推定された。今回は一時点のみの評価であり、今後本方法を用いて経過を観察することは本疾患の病態のさらなる理解に必要ではないかと考えられ、また、症例の蓄積、解析方法の改良や、他の疾患への応用により、有用となる可能性があると思われた。

本論文の要旨は、第 48 回日本臨床視覚電気生理学学会で発表した。

文 献

- 1) Michelson G, Schmauss B: Two dimensional mapping of the perfusion of the retina and optic nerve head. *Br J Ophthalmol* 79:1126-1132, 1995.
- 2) 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の検討. *臨眼* 53: 649-652, 1999.
- 3) 藤尾直樹, 吉田晃敏, 小笠原博宣, 籠川浩幸: Heidelberg Retina Flowmetry (HRF) の有用性. *眼紀* 47: 655-658, 1996.
- 4) Michelson G, Langhans MJ, Groh MJM: Perfusion of the juxtapapillary retina and the neuroretinal rim area in primary open angle glaucoma. *J Glaucoma* 5: 91-98, 1996.
- 5) 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: 1294-1300, 1998.
- 6) Cesar PA, Dirk-Uwe B, Daniel GB, Lingyun C, Arthur JM, Marietta PK, et al: Retinal blood flow measurements in branch retinal vein occlusion using scanning laser Doppler flowmetry. *Am J Ophthalmol* 126: 683-690, 1998.
- 7) 山田恭子, 大出尚郎, 篠田 啓, 木村 至, 真島行彦: 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別評価. *日眼会誌* 105: 257-264, 2001.

- 8) **Michelson G, Schmauss B, Langhans MJ, Harazny J, Groh MJM** : Principle, validity, and reliability of scanning laser Doppler flowmetry. *J Glaucoma* 5 : 99—105, 1996.
- 9) **Chauhan BC, Smith FM** : Confocal scanning laser Doppler flowmetry : Experiments in a model flow system. *J Glaucoma* 6 : 237—245, 1997.
- 10) 藤尾直樹, 吉田晃敏, 小笠原博宣 : 新しい網膜循環測定用レーザー血流計の臨床応用. *北海道医誌* 71 : 757—769, 1996.
- 11) 川口 聡, 田川 博, 佐々木紀子, 田下亜佐子, 鈴木純一, 中川 喬, 他 : 網膜動脈閉塞症での網膜動脈と脈絡膜末梢循環の血流の変化と視力予後. *眼紀* 51 : 131—137, 2000.
- 12) 前田貴美人, 鈴木純一, 田川 博, 勝田 聡, 中川 喬 : 網膜動脈閉塞症の治療成績. *眼紀* 51 : 148—152, 2000.
- 13) **Sutter EE, Tran D** : The field topography of ERG components in man- I. The photopic luminance response. *Vision Res* 32 : 433—446, 1992.
- 14) 長友顕子, 丸岩 太, 直井信久, 澤田 惇 : 多入力局所網膜電図による正常眼の解析. *日眼会誌* 100 : 363—368, 1996.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) **Yotsukura J, Adachi-Usami E** : Correlation of electroretinographic changes with visual prognosis in central retinal artery occlusion. *Ophthalmologica* 207 : 13—18, 1993.
- 18) **Kondo M, Miyake Y, Horiguchi M, Suzuki S, Tanikawa A** : Clinical evaluation of multifocal electroretinogram. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 36 : 2146—2150, 1995.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 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.