

# AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

日本医学写真学会雑誌（2000）38巻2号:P29～35.

共焦点レーザー走査検眼鏡(SLO)による眼底撮影の臨床的有用性第3報(黄斑部網膜上膜形成の観察)

福井勝彦、五十嵐弘昌、磯部裕成、吉田晃敏

原著論文

共焦点レーザー走査検眼鏡(SLO)による眼底撮影の臨床的有用性 第3報 29

共焦点レーザー走査検眼鏡(SLO)による眼底撮影の臨床的有用性 第3報  
(黄斑部網膜上膜形成の観察)

福井勝彦 1), 五十嵐弘昌 2), 磯部裕成 3), 吉田晃敏 1)

旭川医科大学眼科学講座 1), 釧路赤十字病院眼科 2), 旭川医科大学脳神経外科学講座 3)

Clinical Usefulness of Confocal Scanning Laser Ophthalmoscope for Taking Images of  
the Ocular Fundus. (III)

(Observation of epiretinal membrane of the macular area)

Katsuhiko Fukui 1), Hiromasa Igarashi MD, PhD 2), Hironari Isobe 3),

Akitoshi Yoshida MD, PhD 1)

1) Department of Ophthalmology, Asahikawa Medical College

(2-1-1 Midorigaokahigashi Asahikawa 078-8510, Japan)

2) Kushiro Red Cross Hospital

(21-14 Shineimachi Kushiro 085-0032, Japan )

3) Department of Neurosurgery, Asahikawa Medical College

(2-1-1 Midorigaokahigashi Asahikawa 078-8510, Japan)

(2000年1月17日受付・2000年4月10日受理)

Abstract :

A scanning laser ophthalmoscope (SLO) enables observation of the ocular fundus in  
the small pupil. We

observed ocular fundi with an epiretinal membrane of the macular area using an SLO with three wavelengths: argon laser at 488 nm, helium–neon laser at 633 nm, and diode laser at 780 nm. The surface structure of the retina appeared more contrast–rich and enhanced when seen by argon laser. By using a confocal system, two–dimensional–like observation of expansion of the membrane and three–dimensional–like observation of membrane thickness, blood vessels under the epiretinal membrane, vitreous traction and retinal contraction were possible depending on the type of laser beam used. Images obtained using a confocal system can provide useful information for consideration of early indication of vitreous surgery. The use of a dark–field system enables reproduction of the uneven retinal surface and can provided useful information for objective evaluation of preoperative macular complications, development following membrane peeling, and metamorphopsia.

Key words :

epiretinal membrane ; confocal system ; dark–field system ; fundus photography ; scanning laser ophthalmoscope

## 1. 緒言

黄斑部疾患 1) は中心暗点や視力低下さらには変視症などを伴い、最も重要な眼科疾患として位置づけられている。黄斑部は眼底の中で最も容易に観察しやすく客観的な評価手段として眼底カメラによる写真撮影 2) が普及しているが、眼底写真では単眼視による平面的に観察した画像を記録しているため三次元的情報が乏しい。黄斑部網膜上膜形成 1, 3) は眼底後極部に膜の形成がみられる疾患の総称で特発性と続発性のものがある。本疾患は後部硝子体と関わりをもつものが多く、硝子体手術の主要な適用疾患になっており、硝子体面の網膜表層から網膜深層までの情報が臨床上必要とされる。レーザー光は、位相性、可干渉性、指向性、単色性に優れ、かつ高輝度である特性から、画像のみならず情報、計測、治療、加工などの分野で応用されている。近年、開発された共焦点走査型レーザー検眼鏡 scanning laser ophthalmoscope (SLO) 4, 5) は、レーザーと共焦点の光学系

6) を利用し、羞明感の少ない低輝度のレーザー光を眼内に照射し、絞りを選択して直接的反射光および間接的反射光を記録 7-10) することができる。直接的反射光には共焦点絞り、間接的反射光には暗視野絞り 10-12) を用い、硝子体面の変化から網膜深層および脈絡膜層の変化を観察することができ、さらに、微弱なレーザーは安全性にすぐれ長時間の眼底観察が可能である。今回我々は、黄斑部の網膜表層に細胞増殖が原因となり三次元的な病変を形成する黄斑部網膜上膜形成の症例に対し

て SLO のレーザー光の波長特性を応用して硝子体手術適応の判定に有用な情報が得られたので報告する。

## 11. 対象および方法

### 1. 対象

対象として特発性の硝子体黄斑牽引症候群 3) (症例 1)、セロファン黄斑症 1) (症例 2)、黄斑部網膜上グリア増殖症 1) (症例 3)、また黄斑円孔形成後に後部硝子体皮質の剥離した続発性の黄斑部網膜上膜形成 (症例 4) を用いた。

### 2. 撮影装置

ローデンストック社製 (Rodenstock, Ottobrunn, Germany) の走査型レーザー検眼鏡 scanning laser ophthalmoscope (SLO) を用いた。本装置の原理図 6, 10) を示す (図 1)。検出方法は、眼底から照明系と同じ光路で返ってくる反射光を検出器の前に設置した絞りを選択し、光電子増幅管により電気的な濃度信号に変換し、テレビ画像として観察、ビデオ記録することにより行う。共焦点絞りの開口径は、1mm、2mm、4mm、10mm の 4 種類 (C1 ~C4) で、暗視野絞りの遮断径は 1mm と 4mm の 2 種類 (R1, R2) の選択が可能である。撮影画角は 20 度もしくは 40 度で光源は 488nm のアルゴンブルー、514nm のアルゴングリーン、633nm のヘリウムネオン、

### 図 1. 装置の原理図

レーザーを高速で X-Y 方向に走査する。共焦点 (開口) 絞りは直接的反射光を、暗視野絞りは間接的反射光を検出して画像として記録する。

780nm ダイオードの 4 種類が使用できる。

### 3. 観察方法

網膜表層の観察に適した焦点深度の浅い小開口径 2mm (C2) を用いて画角 40 度でレーザー波長

を変化させて観察した。共焦点絞りはアルゴンブルー、ヘリウムネオンおよびダイオードを選択し、黄斑部網膜上膜形成の各波長による線維膜の厚肥および波長特性による深さレベルの観察をし

た。一方、黄斑合併症による網膜表層の形態的検索は暗視野絞りをを用いて長波長のダイオード(780nm)で遮断径4mm(R2)で観察した。詳細な病変部の観察は20度の撮影画角で行った。

なお、提示したSLOの写真はS-VHSビデオで記録したものを再生し、モニター画面を撮影したものである。

使用感光材料：ネオパンSS、

露光：F5.6 1/30秒、現像：D-76 20度7分

### III. 結果

#### 1. 硝子体黄斑牽引症候群(症例1)

後部硝子体未剥離で黄斑部に牽引を伴った膜様物が認められる黄斑部網膜上グリア増殖症のカラー眼底写真を示す(図2a)。SLOで共焦点絞り(G2:開口径2mm)を選択し、レーザー波長のみを変化させた。アルゴンブルーでは、短波

長のため硝子体境界面の詳細な観察(10)に適しており、直接法で網膜表層で反射し、接着した増殖線維膜の形態を明瞭に観察できた(図2b)。ヘリウムネオンでは、増殖した網膜前線維膜の周囲に網膜内鏡膜の襞が認められ、黄斑部は偽黄斑円孔(pseudo-macular hole)の所見を呈していた(図2c)。ダイオードでは、波長が長い網膜深層の観察に適しており、前方に位置する増殖膜は網脈絡膜からの反射光による間接法により黒い陰影として観察された。また、網膜表層の線維膜が透見され細小血管が明瞭となり黄斑部に同心円状の皺襞が観察できた(図2d)。

#### 2. セロファン黄斑症(症例2)

後極部網膜の限られた範囲に異常反射(water

silk reflex)1) を伴う病初期のセロファン黄斑症の  
カラー眼底写真を示す( 図 3a)。アルゴンプルー  
では、黄斑部周囲を取り囲んで、カラー眼底写真

図 2a. 硝子体黄斑牽引症候群のカラー眼底写真 (症例 1)  
黄斑部に牽引を伴ったグリア組織が観察できた。

図 2c. 633nm ヘリウムネオン (画角 20 度 : 開口径 2mm)  
網膜内鏡膜の襞 ( 矢印) と偽黄斑円孔所見 ( 白矢頭) が観察  
できた。

図 2b. 488nm アルゴンプルー ( 画角 20 度 : 開口径  
2mm)

網膜表層の線維膜の形態を明瞭に観察できた。

図 2d. 780nm ダイオード (画角 20 度 : 開口径 2mm)  
網膜深層に同心円状の皺襞 ( 矢印) が観察できた。

図 3a. セロファン黄斑症のカラー眼底写真 (症例 2)

黄斑周囲の water silk reflex は不明瞭。

図 3b. 488nm アルゴンプルー (画角 40 度 : 開口径 2mm)

黄斑周囲に接着した薄い線維膜 (矢印) が明瞭に観察できた。

図 3c. 633nm ヘリウムネオン (画角 40 度 : 開口径 2mm)

黄斑部は極く薄い線維膜であることが観察できた。

より明瞭にその広がりを捉えていた (図 3b)。ヘ

リウムネオンでは、黄斑部下方に線維膜の厚い部

分がわずかに認められたものの、黄斑周囲の water silk reflex は透見され、線維膜が薄いことが

確認できた (図 3c)。ダイオードでは、ヘリウム

ネオンで観察できた線維膜も透見された。

### 3. 黄斑部網膜上グリア増殖症 (症例 3)

黄斑部の広い範囲に黄斑上膜が形成され、膜におおわれた上下の主幹動脈が蛇行し、膜の透過性が低下した黄斑部網膜上グリア増殖症のカラー眼底写真を示す (図 4a)。レーザー光を変化させて増殖膜の厚肥の検索を行った。アルゴンプルーでは、網膜表層に接着した線維膜の形態をカラー眼

図 4a. 黄斑部網膜上グリア増殖症のカラー眼底写真 (症例 3)

網膜血管は蛇行し、半透明な線維膜が観察できた。

図 4b. 488nm アルゴンプルー (画角 40 度 : 開口径 2mm)

網膜表層に接着した粗造な線維膜が明瞭に観察できた。

図 4c. 633nm ヘリウムネオン (画角 40 度 : 開口径 2mm)

鼻側側の線維膜が透見でき、耳側側 (矢印) が厚肥しているのが観察できた。

図 4d. 780nm ダイオード (画角 40 度 : 開口径 2mm)

耳側側の線維膜を透見して蛇行した網膜血管が観察できた。

底写真より明瞭に観察できた(図 4b)。ヘリウムネオンでは、網膜前線維膜を透見し、黄斑部より鼻側側の網膜血管が観察でき、耳側側の線維膜が厚いことが確認できた(図 4c)。ダイオードでは、さらに耳側側の線維膜の一部が透見され、病巣内にまきこまれた蛇行した網膜細小血管が確認できた(図 4d)。

#### 4. 続発性黄斑部網膜上膜形成 (症例 4)

黄斑円孔形成後に後部硝子体が剥離し、黄斑部に硝子体皮質が残存し、硝子体皮質が増殖とともに黄斑部は隆起し、毛細血管網が蛇行した黄斑部網膜上膜形成のカラー眼底写真を示す(図 5a)。ヘリウムネオンでは、粗造な線維膜で黄斑部所見は不明瞭であったが黄斑円孔様の所見が観察でき、SLO の microperimetry (微小視野検査) 13) で黄斑中心窩に絶対暗点が検出された。ダイオードでは、波長特性により線維膜を透見し、円孔所見が明瞭となり線維膜にまきこまれた細小血管の蛇行が観察できた(図 5b, 図 5c)。一方、暗視野絞りをを用いた間接光 12) による所見では、黄斑合併症 14) として花卉状の隆起性の形態を伴った嚢胞とその周囲の皺と黄斑中心窩右側の線維膜収縮の強い部位に上下方向に走行している線状の皺襞

図 5a. 続発性黄斑部網膜上膜形成 (黄斑円孔)

黄斑部網膜上に残存硝子体皮質の増殖が認められる  
(症例4)。

図5c. 780nm ダイオード (画角 20 度 : 開口径 2mm)  
黄斑周囲毛細血管網の蛇行 (矢印) が明瞭となった。

図5b. 780nm ダイオード (画角 40 度 : 開口径 2mm)  
厚肥した線維膜を透見し黄斑円孔が明瞭に観察できた。

図5d. 780nm ダイオード (画角 20 度 : 遮断径 4mm)  
暗視野絞りでは黄斑部の花卉状の隆起 (矢頭) と線状の  
皺襞 (矢印) が観察できた。

が立体的に観察できた(図 5d)。

#### IV. 考察

レーザー走査では、低レベルの照明光で画像を作る利点があり、眼内に入射する光量は従来の眼底カメラの約 1/100 以下と少ない。SLO は、小さなレーザースポットで、眼底の一点を照射して走査しており、対象物の位置が前後にずれても投影されるスポットの大きさや光の反射光もほとんど変わらないので焦点深度が深く、網膜に焦点を合わせたままで前方の硝子体混濁も観察できる。さらに、眼底の一点から反射された画像は、眼光学系による散乱光に影響されにくく、従来の眼底カメラでの撮影の欠点である良好な散瞳状態までの待機時間、中間透光体の混濁した被検者の撮影能率、角膜反射の除去が必要であることが解消された。今回検討した黄斑部網膜上膜形成では、発生原理からは、後部硝子体剥離に関連した網膜上膜形成には、剥離発生時に残存した硝子体皮質が起源となったものと、内境界膜の裂け目から感覚網膜の線維性星状細胞や Muller 細胞由来のグリア細胞の増殖が主体となり網膜表層に細胞増殖が原因となるものがあり、病初期には膜は透明で網膜血管の蛇行が認められても急激な視力低下とはならず、膜の透明性が低下したり膜の収縮や牽引により二次的に視細胞が障害されて視力低下や変視症を生じる。さらに、膜の増殖が進むと皺を形成し、黄斑偏位や嚢胞様黄斑浮腫が発生し高度の視力障害を起こす。治療方法は硝子体手術を行う以外になく、本症に対する膜剥離(membrane peeling)は、現在では硝子体手術の主要な適用疾患となっているが、術前視力が不良なほど良好な術後視力が得られにくく近年、早期の手術が行わ

れるようになった。しかし病初期の黄斑部網膜上膜形成は検眼鏡的に網膜表面の反射の違いが確認できる程度で、網膜面から剥離されるまでその存在がはなはだ判然としなく、術中合併症として医原性の網膜裂孔の発生を低下させる上でも本法のレーザー走査による検索手段は線維膜の広がりをも明瞭に捉えられる。本症の黄斑合併症としては嚢胞様黄斑浮腫や黄斑偏位の頻度が高く、手術適応

の時期が重要であり、従来では眼底カメラによる眼底写真撮影や立体的な検索が可能である細隙灯顕微鏡検査、さらに網膜色素上皮および網膜血管の柵機能の検査手段としての蛍光眼底造影検査等を組み合わせて判定していた。しかしながら、眼底カメラによる写真撮影では、網膜面からの直接的反射光と網膜面以外からの間接的反射光（散乱光）を同時に捉えているため解像度やコントラストは限界があり、病初期に発生する water silk reflex を捉えにくい。また細隙灯顕微鏡検査では、前置レンズや角膜接触型のコンタクトレンズを用いなければならず、焦点深度が浅く観察や撮影には熟練を要する。さらに、蛍光眼底造影検査では、線維膜自体に特に所見はなく、黄斑合併症として嚢胞様黄斑浮腫や線維膜の病巣内にある蛇行した毛細血管の色素の漏れや漿液性神経上皮剥離の判定が可能であるが、深さレベルの三次元的検索は困難である。しかし、今回検討した SLO による検索では、レーザーの波長特性と共焦点方式により散乱光が除去され像のコントラストが高くなり、詳細な layer by layer の検索が可能であり二次元的な観察として膜の広がりを明瞭に観察でき、眼底カメラによる眼底写真では明らかでなかった範囲まで捉えることができた。さらに三次元的な情報として部分的な線維膜厚肥、線維膜下の血管密度、癒着度の検索、内境界膜の襞のみならず網膜下層の皺襞も捉えられる。また、暗視

野方式による検索では、線維膜の収縮や牽引による続発的な網膜表層の凹凸を立体的に把握することが可能であった。また、本法は嚢胞様黄斑変性、黄斑偏位、黄斑円孔などの有無や黄斑合併症の病初期の検索手段として手術適用を判定するうえでも有用であると考えられる。

## V. まとめ

SLO は、低輝度、小瞳孔での眼底の観察が可能であり、共焦点方式ではレーザー光の選択によって黄斑部網膜上膜形成症では膜の拵がりなどの二次元的な検索や部分的膜厚、線維膜下の血管密度、牽引や収縮などの三次元的検索が可能であり、硝子体切除術の早期の手術適応を考える上で

も有用な情報が得られる。一方、暗視野方式では、網膜表層の凹凸が立体的に再現され、術前の黄斑合併症や膜剥離後の経過や変視症の客観的評価に有用な情報が得られる。

#### 参考文献

- 1) 松井瑞夫, 植村恭夫, 秋谷忍, 湯沢美都子: 黄斑疾患, 臨床眼底アトラス, 第2版, 185-198, 南山堂, 東京, 1989
- 2) 福井勝彦: カラー撮影の基礎, 月刊眼科診療プラクティス 46 眼科写真撮影法, 6-11, 分光堂, 東京, 1999
- 3) 松村美代: 硝子体黄斑界面症候群, 眼科診療プラクティス 13 黄斑部疾患の診療指針, 124-127, 分光堂, 東京, 1994
- 4) Webb, R. H., Hughes, G. W., Pomerantzeff, O : Flyingspot TV ophthalmoscope. Applied Optics 19:2991-2997, 1980
- 5) Webb RH, Hughes GW, Delori FC : Confocal scanning laser ophthalmoscope. Applied Optics 26 : 1492-1499, 1987
- 6) 廣芝直子: 走査型レーザー検眼鏡の原理, 月刊眼科診療プラクティス 33 デジタル眼底診断, 16, 分光堂, 東京, 1998
- 7) 須藤憲子, 田中隆行, 坂本道子, 大谷倫裕, 岸章治: 走査型レーザー検眼鏡による眼底の観察, 臨床眼科 46(5) : 763-770, 1992

- 8) 梯彰弘, 石子智士, 今野優, 門正則, 秋葉純,  
吉田晃敏: 走査レーザー検眼鏡を使用した  
硝子体ビデオグラフィ, 日本眼科学会雑誌,  
Vol. 99, No. 7, 819-823, 1995
- 9) 山本和則: SLO と硝子体変化, 特集: SLO  
と眼科臨床, 眼科 39, 161-168, 1997
- 10) 福井勝彦, 加藤祐司, 五十嵐弘昌, 磯部裕  
成, 吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡  
(SLO) による眼底撮影の有用性 (1) 形態的検  
索, 日本医学写真学会雑誌, Vol. 37, No. 3,  
119-127, 1999
- 11) 石子智士, 秋葉純, 柳谷典彦, 北谷智彦, 吉  
田晃敏: 走査レーザー検眼鏡を用いた間接光  
による黄斑円孔の観察, 眼科臨床医報第 90  
巻第 6 号, 777-779, 1996
- 12) 福井勝彦, 加藤祐司, 五十嵐弘昌, 磯部裕成,  
吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO)  
による眼底撮影の有用性 (2) 間接光による形  
態的検索, 日本医学写真学会雑誌, Vol. 38,  
No. 1, 1-9, 2000
- 13) 石子智士, 吉田晃敏, 小笠原博宣: SLO を  
用いた Microperimetry, 日本眼科紀要 47, 355-362, 1996
- 14) 佐藤幸裕: 黄斑部上膜形成, 眼科診療プ  
ラクティス 13 黄斑部疾患の診療指針,  
128-131, 分光堂, 東京, 1994

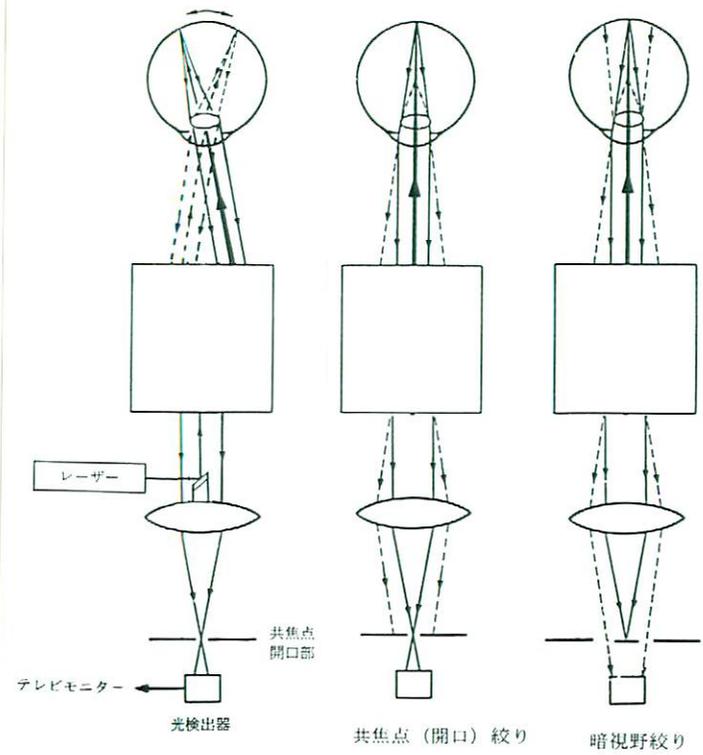


図 1

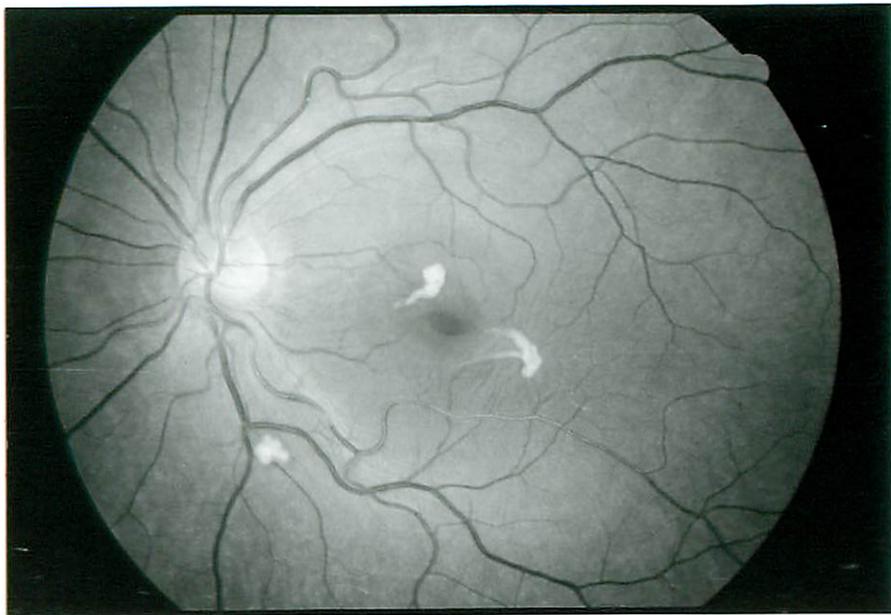


图 2a



图 2c



图 2b

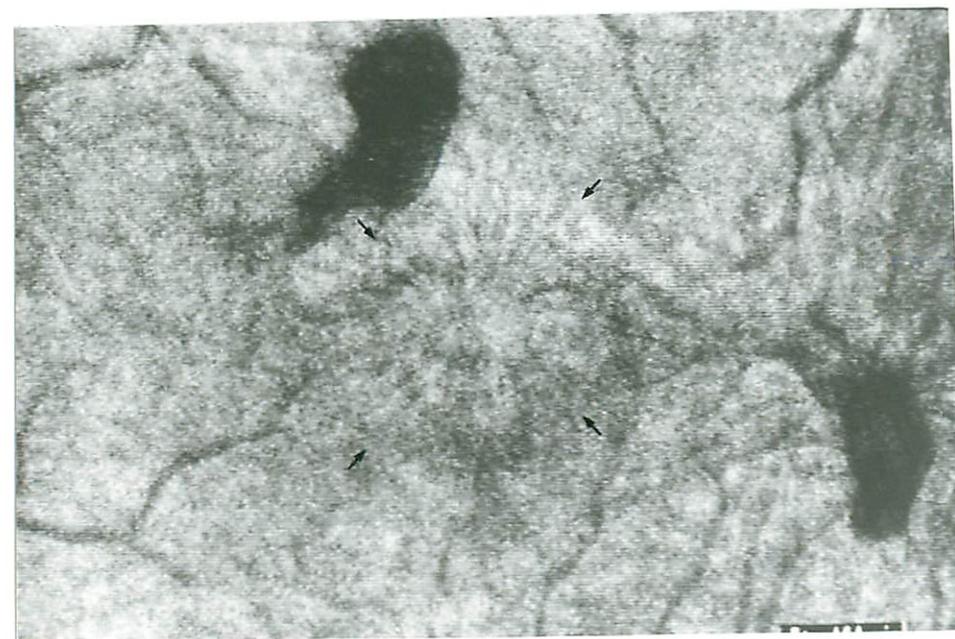


图 2d

図 3a

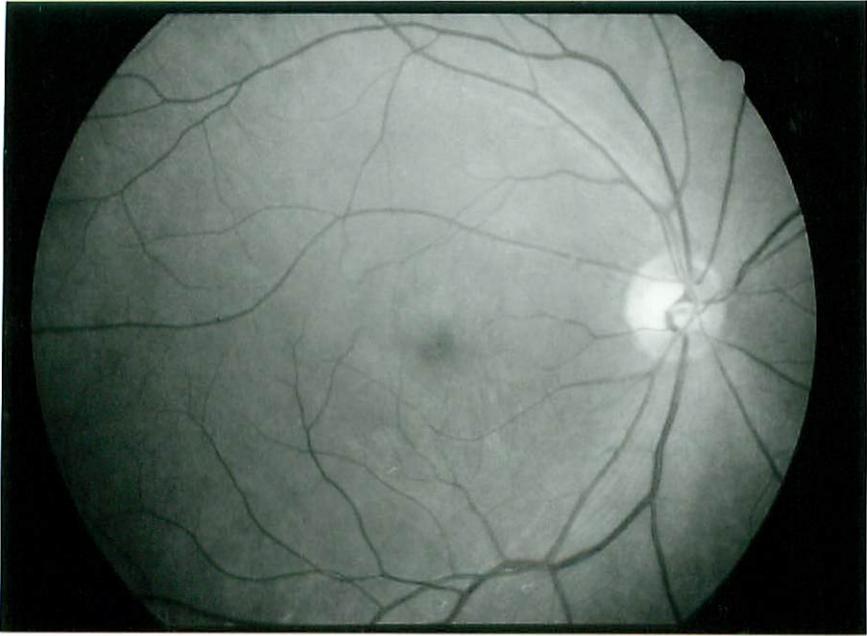


図 3b

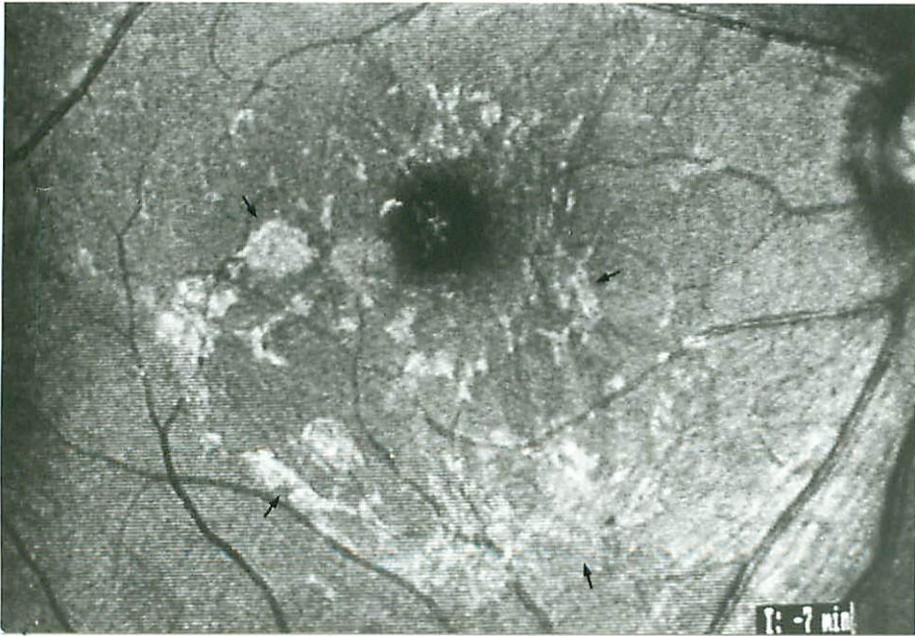


図 3c

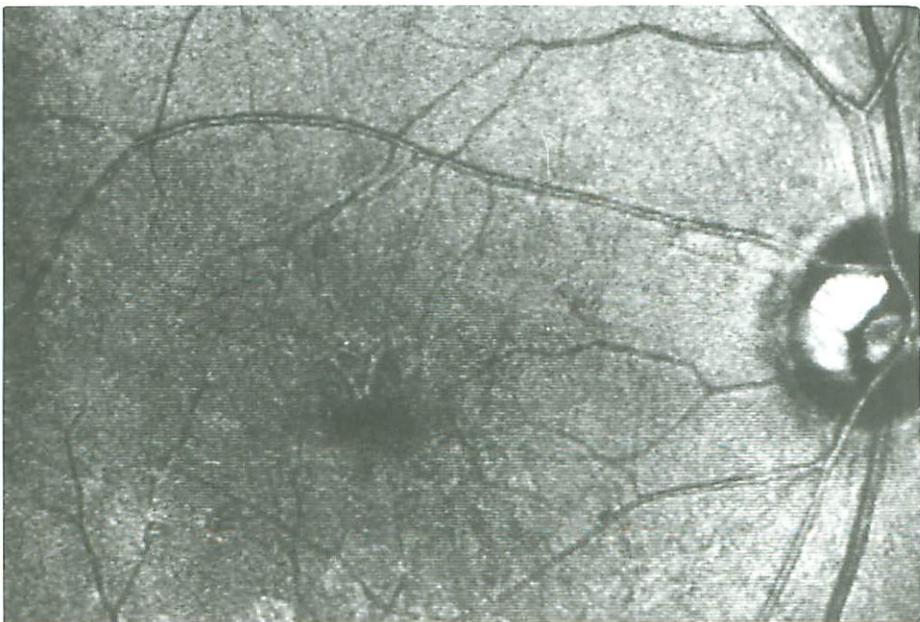




图 4a



图 4c



图 4b



图 4d

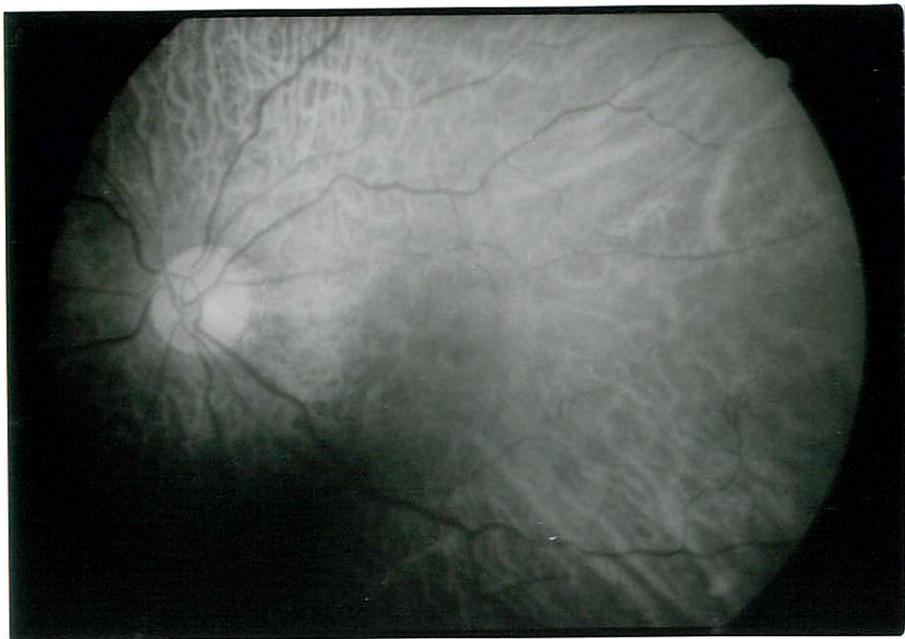


图 5a

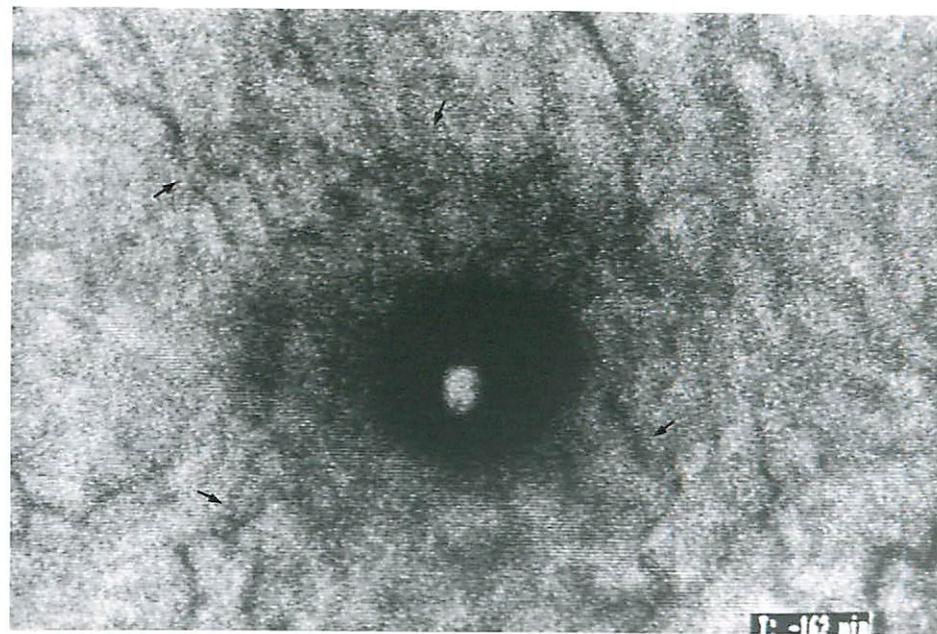


图 5c

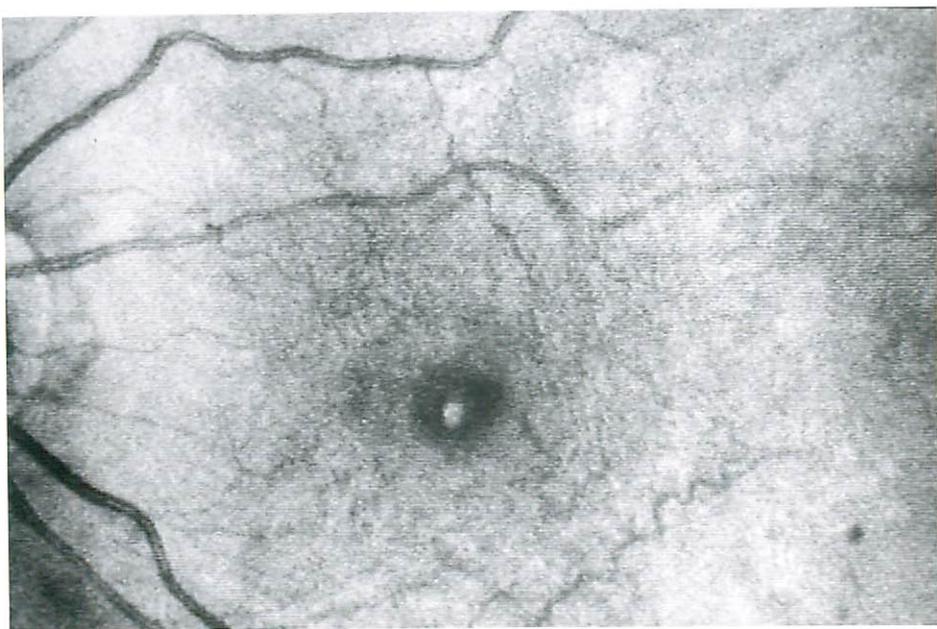


图 5b



图 5d