

# AMCoR

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

日本医学写真学会雑誌 (2004.11) 42巻2号:30~40.

共焦点レーザー走査型検眼鏡を用いた加齢黄斑変性症(網膜色素上皮下型)における形態観察と新生血管の活動性の検索

福井勝彦、花田一臣、五十嵐弘昌、磯部裕成、吉田晃敏

表題：

共焦点レーザー走査型検眼鏡を用いた加齢性黄斑変性症（網膜色素上皮型）における形態観察と新生血管の活動性の検索

英文表題

Morphological Observation by Search for Neovascularization Activities in Age-related Macular Degeneration (Subretinal Pigment Epithelium Type) with the Confocal Scanning Laser Ophthalmoscope

福井勝彦<sup>1)</sup>，花田一臣<sup>1)</sup>，五十嵐弘昌<sup>3)</sup>，磯部裕成<sup>4)</sup>，吉田晃敏<sup>1)</sup>

Katsuhiko Fukui<sup>1)</sup>，Kazuomi Hanada MD<sup>1)</sup>，Hiromasa Igarashi MD.PhD<sup>2)</sup>，Hironari Isobe<sup>3)</sup>，Akitoshi Yoshida MD.PhD<sup>1)</sup>

旭川医科大学眼科学講座<sup>1)</sup>，  
釧路赤十字病院 眼科<sup>2)</sup>，  
旭川医科大学附属病院 遠隔医療センター<sup>3)</sup>

1) Department of Ophthalmology Asahikawa Medical College  
2) Kushiro Red Cross Hospital  
3) Telemedicine Center, Asahikawa Medical College Hospital.

078-8510 旭川市緑が丘東2条1丁目1-1  
旭川医科大学 眼科学講座 福井勝彦  
TEL : 0166-68-2543  
FAX : 0166-68-2549  
E-mail : [kfukui@asahikawa-med.ac.jp](mailto:kfukui@asahikawa-med.ac.jp)

**Abstract :**

We examined a search by a confocal system using wavelength characteristics of scanning laser ophthalmoscope and a morphological search by a dark-field system for the age-related macular degeneration in which choroidal neovascularization exists beneath the retinal pigment epithelium (Type I). Because the confocal system allows light to transmit a small open aperture located at a conjugate point to the focal point of the lens, restricts indirect reflected light and builds images by the direct reflected light and the depth of the focus can be changed. The dark-field system allows light to transmit a ring aperture, directly restricts direct reflected light, and builds images by indirect reflected light. The indirect reflected light, when accompanied with refraction or diffraction on a irregular surface, generates phase lag without change in amplitude, and provides higher contrast than does on a plane surface, and any subretinal changes are able to be observed as findings accompanied by elevation. In the confocal system, two-dimensional search that corresponds to each wavelength is possible and it was observed that the subretinal structures were obstructed in the pyramidal shape from the choroidal layer to the retinal pigment epithelium layer. In the dark-field system, the activity of choroidal neovascularization of the subretinal pigment epithelium reflected on the elevation of the retinal pigment epithelium. The morphological observation by dark-field aperture enables three-dimensional observation of the tissue surface and is useful for determining the activity of neovascularization in age-related macular degeneration (Type I) and follow-up observation.

**Key Words :**

confocal aperture ; choroidal neovascularization(CNV) ; dark field aperture ;  
age-related macular degeneration(AMD) ; scanning laser ophthalmoscope(SLO) ;

## I. 緒言

加齢性黄斑変性症<sup>1)</sup>は、網膜色素上皮下に脈絡膜血管由来の新生血管が発育し網膜色素上皮下や網膜神経上皮下に出血や滲出を生じ、黄斑を中心にした多彩な所見を呈する。欧米先進国では、成人社会盲の原因の第1位を占め、近年本邦でも人口の高齢化に伴い増加傾向を示している。病初期では、変視症や中心暗点などの中心視力の低下をきたすものの片眼のみの発症では自覚しづらく、対側眼の罹患によってはじめて気付く例も多い。中心視機能の障害をきたす加齢性黄斑変性症の確定診断には、可視光領域に蛍光を発するフルオレセイン蛍光造影 (FAG)<sup>2)</sup>と赤外領域に蛍光を発するインドシアニングリーン蛍光造影 (ICG蛍光造影)<sup>3)</sup>が不可欠である。しかし、透明な網膜神経上皮の下に新生血管が存在する症例 (II型) に比較してメラニン色素を含んだ網膜色素上皮の下に新生血管が存在する症例 (I型) では、網膜色素上皮の障害が強いとICG蛍光造影でも新生血管の検出が困難である (図1)。近年開発された共焦点走査型レーザー検眼鏡 (Scanning Laser Ophthalmoscope, SLO)<sup>4⑥)</sup>は、単色性、直線性、可干渉性、位相性に優れ、かつ高輝度のレーザーの特性と共焦点方式を光学系に用いており従来からの眼底カメラでは捉えることが出来ない網膜下の断層検索や組織面の形態像の観察<sup>7-22)</sup>をすることができる。今回我々は、加齢性黄斑変性症の症例を対象としてSLOによる血液網膜層の検索および脈絡膜血管造影と組織深達性の異なる単一レーザーの波長特性を応用した断面像 (tomographic image) と散乱光による形態的観察を行い、その所見から網膜色素上皮下に新生血管が存在する症例 (I型) における脈絡膜新生血管の活動性を検索したので報告する。

## II. 対象および方法

### 1. 対象

65歳の男性。2年前から視力低下を自覚し当院を受診した。視力は、右眼0.7 (1.2×+1.5D)、左眼0.6 (1.2×+1.75D)、眼圧正常、左右の水晶体に軽度の混濁が認められた。

### 2. 撮影装置

ローデンストック社製 (Rodentstock, Gamany) の走査型レーザー検眼鏡 (SLO) を用いた。本装置の原理図を示す (図2a)。眼底から照明系と同じ光路で返ってくる反射光は、検出器の前の網膜面と共役な位置 (共焦点部位) に設置した絞りを通過し光電子増幅管により電気的な濃度信号に変

換され画像としてテレビモニターに出力、ビデオ画像として記録される。共焦点絞り (open aperture) の開口径は、1mm、2mm、4mm、10mmの4種類 (C1~C4) で暗視野絞り (ring aperture) 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度と40度でレーザー波長は、短波長のアルゴンレーザー (ブルー488nm、グリーン514nm)、長波長のヘリウムネオンレーザー (633nm)、赤外領域のダイオードレーザー (780nm) の4種類が使用できる (図2b)。

### 3. 撮影方法

SLOは、正視補正すなわち被検者の屈折度数 (dioptric power) を入力設定すると網膜上に焦点が合い、焦点面を眼軸方向に移動するフォーカスシフトユニットが使用できる。はじめに網膜面の平面的な観察に適した小共焦点絞り (開口径2mm : C2) を用い、画角40度で網膜表層から網膜色素上皮層および脈絡膜層へと各レーザーの波長特性による断層検索を行った。詳細な病変部は20度の撮影画角で行った。次に病変部の形態的観察にはダイオードレーザー (780nm) に直接的反射光を制限する暗視野絞りR2 (遮断径4mm) を用い、脈絡膜深層からの後方散乱を撮影した。比較対照として眼底カメラによるカラー眼底撮影とSLOによるフルオレセイン蛍光造影 (FAG) による血液網膜層の検索、さらにインドシアニンググリーン (ICG) による脈絡膜血管造影 (ICG蛍光造影) を行った。FAGは、フルオレサイト注射液1号 (フルオレセイン500mg/5ml, Alcon, Tex, USA) を前腕静脈から注射 (静注) しSLOの488nmアルゴンブルーレーザーで励起し蛍光像をビデオで記録した。ICG蛍光造影はインドシアニンググリーン注射剤 (オフサグリーン静注用25mg/2ml, 参天製薬) を静注しSLOの780nmダイオードレーザーで励起し赤外領域の蛍光像をビデオで記録した。なお、SLOによる写真画像は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。

## III. 結果

初診時の右眼底写真では、黄斑部中心窩を取り囲むように網膜色素上皮の色むらや萎縮が僅かに認められた (図3)。初診時のFAG早期では、黄斑部に網膜色素上皮の萎縮による顆粒状の過蛍光 (oozing) が観察できた (図4)。FAG後期では、黄斑部鼻側下方に微細な点状過蛍光の拡大 (矢印) が観察できた (図5)。FAG所見にて網膜神経上皮下に新生血管を同定できずII型ではないことが

示唆された。脈絡膜血管の循環動態を検索する ICG 蛍光造影早期では、中心窩鼻側の病巣部が過蛍光を示し中心窩耳側および下方領域の一部に低蛍光が観察できた (図 6)。ICG 蛍光造影後期では、中心窩鼻側と中心窩からやや離れた黄斑下方の部位は輝度の高い過蛍光、中心窩の耳側も淡い過蛍光を示し網膜色素上皮下の脈絡膜新生血管を示唆する所見が得られ、I 型であると判定できた (図 7)。

SLO の共焦点絞りによる断層検索を示す。網膜表層の観察に優れている 480nm のアルゴンブルーレーザーでは、黄斑色素のキサントフィルに波長が吸収されるため中心窩の所見はやや不明瞭であるが網膜表層の明らかな異常所見はなかった (図 8)。網膜色素上皮層レベルの観察に優れた長波長の 633nm のヘリウムネオンレーザーでは、中心窩の点状病巣 (矢印) を高輝度の斑状病巣が取り囲み、さらに黄斑部下方に円形の病巣 (矢頭) が捉えられた (図 9)。脈絡膜層の観察に優れている赤外領域の 780nm のダイオードレーザーでは、黄斑部上方には低輝度病巣が、黄斑部下方にはヘリウムネオンレーザーで観察した所見より広範囲 (矢頭) の輝度の高い病巣部を捉えることができた。組織深達性の異なる波長をもちいることにより、脈絡膜層から網膜色素上皮層にかけて障害されている断面像が観察できた (図 10)。

解像度の優れた高倍率 (画角 20 度) の 780nm ダイオードレーザーによる観察では、黄斑部中心窩鼻側領域 (矢印) が強く障害されていた (図 11)。一方、焦点面からの直接的反射光を制限し散乱光 (間接的反射光) で画像を再構築する暗視野絞りをを用いた所見では、中心窩鼻側領域が隆起し病巣部からやや離れた黄斑部下方に円形の隆起病巣が観察できた。さらに中心窩耳側領域も僅かに隆起 (白矢印) し ICG 蛍光造影後期 (図 7) で淡い過蛍光が認められた部位に、一致しており網膜色素上皮下の脈絡膜新生血管からの滲出性変化が示唆された (図 12)。

6 か月後、視力は 0.7 (1.2×+1.25D)、眼底写真では初診時と病変部の大きさに変化はなく神経網膜下出血も認められなかった (図 13)。FAG 早期でも、過蛍光領域の拡大はなかったが黄斑部下方 (白矢印) に脈絡膜背景蛍光の遮断 (ブロック効果) による低蛍光が認められた (図 14)。FAG 後期では、黄斑下方の低蛍光を示した病巣内に脈絡膜新生血管から漏出したフルオレスセイン色素が認められた。この黄斑部下方に発生した出血性網膜色素上皮剥離所見から初診時より活動性が亢進

していることが判定できた (図 15)。ICG 蛍光造影早期では、中心窩鼻側の部位は初診時と同様、高輝度と中心窩耳側および下方領域に低蛍光の所見を示し黄斑下方の病巣部は、出血性網膜色素上皮剥離による蛍光遮断 (ブロック効果) による低蛍光が認められた (図 16)。ICG 蛍光造影後期では、中心窩鼻側領域は網膜色素上皮下に脈絡膜新生血管からの旺盛な ICG 色素の貯留による過蛍光を示した。黄斑下方の出血性網膜色素上皮剥離病巣内に脈絡膜新生血管からの ICG 色素の漏出を示す僅かな過蛍光 (白矢印) が観察でき、ICG 所見でも FAG 所見と同様に黄斑部下方に活動性の亢進が示唆された (図 17)。高倍率 (画角 20 度) の共焦点方式によるダイオードレーザー (780nm) の所見では、黄斑部中心窩耳側および鼻側領域の病巣の拡大は認められないが高輝度病巣が拡がりコントラストが高くなっていた。一方、中心窩から離れた黄斑下方の病巣も初診時 (図 11) より明らかに拡大していました。したがって、共焦点方式でも、解像度を高して詳細に観察すると、病巣部の活動性の亢進が示唆された (図 18)。一方、凹凸を伴う立体的な形態観察が可能な暗視野絞りをを用いた所見では、初診時に隆起が僅かだった黄斑部中心窩耳側領域 (白矢印) が隆起し、中心窩鼻側領域の病巣全体が大きく隆起 (矢印) し初診時には、中心窩病巣から孤立していた黄斑下方の病巣部とも連続していた (図 19)。暗視野絞りによる所見から、組織面の立体的な変化から脈絡膜新生血管の活動性の判定が可能であった。

8 ヶ月後のカラー眼底写真を示す。中心窩鼻側から下方血管アーケドにかけて脈絡膜新生血管からの出血が神経網膜下に広範囲に認められた (図 20)。6 ヶ月目の SLO 所見から推測された病変の出現が確認できる。

#### IV. 考 察

高齢者の中途失明の上位を占める加齢性黄斑変性症では、両眼性症例の占める割合は高齢になるほど高くなる<sup>1)</sup>。加齢性黄斑変性症は、脈絡膜新生血管の存在部位の把握が治療の適応のため重要であるが、病理組織学的検索によると新生血管の発育部位は網膜色素上皮 (I 型、約 15% を占める) より網膜神経上皮 (II 型、約 30%) が多く、病状が進行するにつれて併存型 (I + II 型、約 50%) の症例が多いと報告<sup>2,23)</sup>されている。網膜神経上皮下に存在する II 型の新生血管は、FAG では造影早期に網目状の過蛍光、小さい場合は結節状の血管網が検出され時間とともに蛍光漏出を示

すためFAGで判定が容易で網膜色素上皮の障害が少なく黄斑下手術に適する<sup>24)</sup>。一方、メラニン色素を含有した網膜色素上皮の下に存在するI型は、FAGのみでは新生血管の同定が困難である。ICG蛍光造影は、赤外領域の励起光を用いており網膜色素上皮を透過するためFAGでは観察できないI型の新生血管を検出できるため加齢性黄斑変性症の必須の検索手段となった。

ローデンスストック社製のSLOではICGの励起波長に780nmのダイオードレーザーを用い、蛍光の濾過フィルターの透過波長域は820nmから900nmと広域である。780nmの波長は、ICG水溶液の最大吸収波長に一致し脈絡膜動脈へ流入した直後の初期像は極めて鮮明でI型の栄養血管を伴う新生血管の検出に役立つが、網膜色素上皮の障害が強いと解像力が悪く検出率も低くなってしまふ。ICGは有窓構造の脈絡膜毛細血管を透過するフリーの色素がもともと少なく(リポ蛋白との結合をしないICGは約2%とされる)、また蛍光輝度がフルオレスセインに比較して約1/50と低い特徴がある。血中に投与されたICGはリポ蛋白と高率に結合(結合型ICG)し巨大な分子となる。この間数分間を要し最大吸収波長は、長波長側(805nm)に波長シフトする。この結合型ICGは励起されると835nm付近に蛍光を発生させるが、SLOではダイオードレーザーの励起波長が780nmで結合型ICGの最大吸収波長(805nm)と乖離しているため造影後期では結合型ICGの励起が充分になされず画質が低下し脈絡膜新生血管の位置の同定が困難になることが指摘されている<sup>3, 25)</sup>。

ICGの生体内での動態<sup>3)</sup>をSLOにて、詳細に捉えるには、造影早期には780nm、数分後に蛋白と結合したICGを効率よく励起する805nmのダイオードレーザーをもちい、さらに蛍光の濾過フィルターもある波長を境にしてそれ以上あるいはそれ以下を全部透過してしまうシャープカット型のフィルターではなく半値幅(half width)の狭い選択性すなわち波長純度(spectral purity)の高いバンドパス型のフィルターで造影早期の非結合型ICGおよび造影後期の結合型ICGの最大蛍光波長(820nm、835nm)を透過させる必要がある。新生血管が網膜色素上皮下(I型)に存在する例では、網膜色素上皮下あるいはブルフ膜内の密着し限られたスペース内に発育するため発育速度は遅く、滲出や結合織の増殖も少なく感覚網膜への障害も少ないため視力低下は緩慢と言われている<sup>24)</sup>。しかし、網膜色素上皮下(I型)であっ

ても併存型(I+II型)へ移行し接着力の弱い網膜下への進展が起こると病状の進行が早くなり網膜下出血し、滲出や結合織増殖などが起こり重篤な視力障害に陥る。したがって網膜色素上皮下(I型)の症例も新生血管の局在、大きさ、活動性の把握が病状や予後の判定に重要となる。

正常な脈絡膜毛細血管板に比較して血管構築の脆弱な脈絡膜新生血管では徐々に漏出したフリーおよび蛋白と結合したICG色素が脈絡膜実質内に貯留し、造影後期で過蛍光を示し新生血管の存在を確認することができた。しかし網膜色素上皮の萎縮が強い症例では、波長特性の優れたICG蛍光造影でも栄養血管の検出や新生血管の活動性の評価が困難であった。加齢により網膜色素上皮細胞の変性が始まり、それに伴って脈絡膜毛細血管板が萎縮する萎縮性加齢性黄斑症では滲出性加齢黄斑変性には移行しにくく徐々に萎縮病巣が広がるがその速度は遅く、左眼(体側眼)の視力は0.7(1.2)と良好である。新生血管の存在が確認できた右眼の視力は、最終的に0.04(矯正不能)に低下した。FAGおよびICG蛍光造影も動画による判定では比較的大きな輝度の変化は見逃すことは少ないが微細な病変部の僅かな輝度の変化はTVモニターでは把握が困難である。しかし、SLOの解像度の高い共焦点方式による断面像や暗視野方式による三次元的な観察で補足することによって、動画でも病変の活動性変化を把握しやすことが判った。この理由はSLOによる形態的観察では、眼内に入射されたレーザースポットによって合焦点面(網膜面)からの直接的な反射の他に間接的な反射光(散乱光)が生じる。共焦点方式は、小さなピンホール(open aperture)を通して検出しているため以下の3つの特徴がある。すなわち(1)散乱光を制限し解像度を上げて観察したい断面のコントラストを強調できる。(2)3種類のレーザー光の波長特性による組織深達性の違いを利用し焦点面を眼軸方向へ移動させた直接的反射光を捉えられる。(3)焦点を合わせた部位以外の直接的反射光を制限することができる。これらの特徴を組み合わせることで各組織層ごとの障害の程度を把握することができた。一方、暗視野方式では、焦点を合わせた部位からの直接的反射光を遮断し、その前後からの直接的反射光および散乱光で画像を再構築する。すなわち組織面の僅かな凹凸面で屈折や回折を生じた反射光は、振幅は変わらぬままに位相のズレのみを生じる。検出器である光電子増幅管で光の情報を電気的な濃度信号に変換した画像は、位相のズレに

より凹凸がある面では平坦面よりコントラストが高くなり隆起を伴った所見として観察される。これは、暗視野絞り (ring aperture) を装着しているローデンスストック社製のSLOだけの もう一つの大きな特長である。

6ヶ月後のSLOによるICG蛍光造影後期では、黄斑下方に出血性網膜色素上皮剥離が低蛍光 (block) として認められたが中心窩鼻側の過蛍光領域の拡大は認められない。しかし、暗視野方式では、網膜色素上皮の隆起が初診時より明らかに拡大していることが判定できた。さらに、2ヶ月経過した後には脈絡膜新生血管からの出血が神経網膜下に認められ新生血管の活動性が亢進し併存型 (I + II型) へ移行していたことが確認できた。

SLOの暗視野方式による観察でみられる単層の網膜色素上皮の隆起は、脈絡膜内への旺盛な血管外漏出によると推測され、これは脈絡膜新生血管の活動性を反映していると考えられる。SLOの共焦点方式と暗視野方式の観察には造影剤は必要ないのでアレルギー素因のある患者やヨード過敏症などICG蛍光造影が禁忌な症例での脈絡膜新生血管の活動性の検索手段となり得る。網膜色素上皮下の新生血管の検索には、インドシアニンググリーンによる脈絡膜血管造影とともにSLOの単一レーザーの波長特性を応用した共焦点方式による断層検索や暗視野絞りをを用いることによって組織面の形態を立体的に観察することが可能となりI型の加齢性黄斑変性症における新生血管の活動性の判定に有用であると考えられる。網膜色素上皮 (I型) の新生血管の同定は、ICG蛍光造影の普及により検出率が高くなったが活動性の把握は蛍光漏出の程度、過蛍光領域の拡大などの二次元的な変化によって判断されている。しかし網膜色素上皮下型 (I型) 新生血管は、網膜色素上皮さらにブルフ膜内の形態的に密接し限られたスペース内では、立体的に三次元方向へ拡大することが考えられる。よって三次元的な検索に限界があるICG蛍光造影による検査法だけでは、活動性の判定は困難である。

屈折、散乱、回折などの光の持つ様々な現象を応用した観察法<sup>26)</sup>の一つとしての暗視野観察法<sup>27)</sup>は、染色前の組織切片や無色透明な培養細胞のように屈折率や厚さが周囲とわずかに異なり、光の位相にのみ変化をあたえる組織に間接的反射光を照射する光学的手段をもちいてコントラストをつけ、三次元的な隆起を伴う僅かな形態変化として観察することができる。暗視野観察法では、生標本でも観察でき通常の明視野観察法における光

学顕微鏡の分解能 (約 240nm)<sup>26)</sup> より優れた性能 (数 nm)<sup>27)</sup> を有する。網膜は、組織学的に10層に分けられ硝子体に近い側の9層は透明組織の神経上皮と脈絡膜に近い側のメラニン色素を含んだ1層の網膜色素上皮から構成されている。眼底は、外部から非侵襲的に観察できる唯一の組織でこのSLOの共焦点方式と暗視野方式<sup>14-20,21)</sup>の優れた機能を使うことによって見落としがちな加齢性黄斑変性症の活動性の情報が得られる。高齢化社会に移行しつつあり加齢性黄斑変性症は、今後増加の一途をたどることが予測され高齢者のクオリティオブライフのためにも的確な診断が必要とされる。SLOの断面像 (tomographic image) と立体的な形態観察の補足によって経過観察かレーザー光凝固など治療時期を決定する手段となるものと考えられた。脈絡膜新生血管に対しては種々の治療法<sup>1)</sup>が報告され、その効果についても論じられるようになってきた。しかしその治療の適応の有無、手段の選択には黄斑部病変の正確な把握とその所見から得られる予後についての十分な考察が必須である。SLOの断面像と立体的な形態観察の補足は、現症が経過観察か治療適応であるか、また治療時期や手法を決定する手段としても欠かせないものであると考えられた。

## V. まとめ

今回我々は、加齢性黄斑変性症に対してSLOのレーザーの波長特性を応用して深さレベルでの形態的検索を検討した。SLOの共焦点方式では波長特性の異なるレーザー光によって網膜色素上皮層さらに脈絡膜層の形態的な検索が可能であった。SLOの断層検索では、その病態は脈絡膜から網膜色素上皮層にかけて障害されていた。網膜色素上皮下の新生血管の検索には、インドシアニンググリーンによる脈絡膜血管造影とともに波長特性を応用した断層検索や暗視野絞りによる形態観察を用いることによって組織面の形態を立体的に観察することが可能となりI型の加齢性黄斑変性症における新生血管の活動性の判定や経過観察に有用であると考えられた。

本論文の要旨は、日本医学写真学会第45回定例学会で発表した。

## 参考文献

- 1) 丸尾敏夫, 本田孔士, 臼井正彦, 田野保雄 編, 「月刊眼科診療プラクティス 48. 加齢黄斑変性の診療」, 文光堂, 東京, 1999.
- 2) 松井瑞夫, 「蛍光眼底アトラス」, 第2版, 南山堂, 東京, 1990.
- 3) 湯沢美都子編, 「インドシアニングリーン蛍光眼底アトラス」, 第1版1刷, 南山堂, 東京, 1999.
- 4) Webb RH, Hughes GW, Pomerantzeff O: Flyingspot TV ophthalmoscope Applied Optics 19:2991-2997, 1980.
- 5) Webb RH, Hughes GW: Scanning laser Ophthalmoscopy. IEEE Transaction on Biomedical Engineering 28,488-492, 1981.
- 6) Webb RH, Hughes GW, Delori FC: Confocal scanning laser ophthalmoscope Applied Optics 26:1492-1499, 1987.
- 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, 763-770, 1992.
- 8) 千原悦夫, 高橋扶佐乃: スキャンニングレーザーオフサロモスコープによる網膜神経線維層欠損の観察, 臨床眼科, Vol.46, No.2, 129-132, 1992.
- 9) 梯 彰弘, 石子智士: SLO と黄斑疾患, 眼科 Vol.39, No.2, 141-149, 1997.
- 10) 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 Vol.90, No.6, 777-779, 1997.
- 11) 石子智士, 秋葉 純, 北谷智彦, 長岡泰司, 吉田晃敏, 走査レーザー検眼鏡を用いた白内障患者における硝子体の観察, 眼科臨床医報, Vol.91, No.9, 1384-1386, 1997.
- 12) 山本和則: 特集 SLO と眼科臨床, SLO と硝子体変化, 眼科 No.39, No.2, 161-168, 1997.
- 13) 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.4, 119-126, 1999.
- 14) 福井勝彦, 加藤祐司, 五十嵐弘昌, 吉田晃敏, 磯部裕成: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) による眼底撮影の有用性 第2報, 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, 1999.
- 15) 水澤 剛: SLO を使って硝子体を撮る, 「月刊眼科診療プラクティス 46. 眼科写真撮影法」, 58, 文光堂, 東京, 1999.
- 16) 福井勝彦, 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) による眼底撮影の臨床的有用性 第3報 (黄斑部網膜上膜形成の観察), 日本医学写真学会雑誌, Vol.38, No.2, 29-35, 2000.
- 17) 福井勝彦, 石子智士, 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) による眼底撮影の臨床的有用性 第4報 (硝子体病変の動的観察), 日本医学写真学会雑誌, Vol.38, No.3, 62-69, 2000.
- 18) 福井勝彦, 磯部裕成, 石子智士, 五十嵐弘昌, 吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) による眼底撮影の臨床的有用性 第5報 (増殖糖尿病網膜症におけるレーザー波長の有効開口径), 日本医学写真学会雑誌, Vol.39, No.2, 26-32, 2001.
- 19) 福井勝彦, 永野幸一, 磯部裕成, 石子智士, 五十嵐弘昌, 吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) による眼底撮影の臨床的有用性 第6報 (連続移動による立体的観察法), 日本医学写真学会雑誌, Vol.39, No.4, 105-113, 2001.
- 20) 福井勝彦, 五十嵐弘昌, 石子智士, 北谷智彦, 磯部裕成, 吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) による眼底撮影の臨床的有用性 第7報 (脈絡膜疾患の断層検索と形態的観察), 日本医学写真学会雑誌, Vol.40, No.3, 65-73, 2002.
- 21) 福井勝彦, 磯部裕成, 石子智士, 五十嵐弘昌, 吉田晃敏: 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) を用いた脈絡膜毛細血管の循環障害における網膜色素上皮の形態変化, 日本医学写真学会雑誌, Vol.41, No.3, 89-97, 2003.
- 22) Macular photocoagulation study group: Five-year follow-up of fellow eye of patients with age-related macular degeneration and unilateral extrafoveal choroidal neovascularization. Arch Ophthalmol, 111:1189-1199, 1993.
- 23) Green, WR et al: Age-related macular degeneration. Histopathologic studies. Ophthalmology 100: 1519-1535, 1993.
- 24) 高橋寛二: 蛍光眼底造影による脈絡膜新生血管の鑑別診断 (I型成分とII型成分の鑑別), 月刊眼科診療プラクティス 48. 加齢黄斑変

- 性症の診断, 18-23, 文光堂, 東京, 1999.
- 25) 福井勝彦, 吉田晃敏: 眼科領域におけるデジタル眼底撮影装置—共焦点走査型レーザー装置の原理と応用—, 日本眼科写真協会誌, Vol.19, 13-19, 2003.
- 26) 長野主税: 特集 光学顕微鏡の基礎と応用  
1. 顕微鏡の光学系の基礎 I, 日本医学写真学会誌 Vol.34, No. 2, 80-86, 1996.
- 27) 長野主税: 特集 光学顕微鏡の基礎と応用  
1. 顕微鏡の光学系の基礎 II, 日本医学写真学会誌 Vol.34, No. 3, 131-138, 1996.

## <図の説明>

### 図1. 脈絡膜新生血管の存在部位の模式図

- 上段：網膜色素上皮下型（I型）
- 中段：網膜神経上皮下型（II型）
- 下段：併存型（I+II型）

### 図2 a. 走査型レーザー検眼鏡（SLO）の原理

レーザーを高速でX-Y方向に走査する。共焦点絞り（open aperture）は直接的反射光を暗視野絞り（ring aperture）は間接的反射光（散乱光）を光検出器に取り込みTVモニターに表示する。

### 図2 b. 3種類のレーザー光の組織透過性

488nmのアルゴンブルーレーザーは、網膜表層からの反射、633nmのヘリウムネオンレーザーは、網膜色素上皮層からの反射、780nmのダイードレーザーは、脈絡膜層からの反射を観察できる。

### 図3. 初診時の眼底写真（加齢性黄斑変性症）

黄斑部に網膜色素上皮の色むらや萎縮が観察できた。

### 図4. 初診時のフルオレスセイン蛍光眼底写真（造影早期：33秒）

網膜色素上皮および脈絡膜毛細血管板の萎縮による顆粒状蛍光が認められた。

### 図5. 初診時のフルオレスセイン蛍光眼底写真（造影後期：10分15秒）

鼻側下方に蛍光漏出を示めず過蛍光所見（矢印）が観察できた。

### 図6. 初診時のインドシアニングリーン蛍光眼底写真（造影早期：47秒）

黄斑部中心窩（\*）鼻側の病巣部は過蛍光を示し耳側および下方領域の一部に低蛍光（矢印）が観察できた。

### 図7. 初診時のインドシアニンググリーン蛍光眼底写真（造影後期：20分11秒）

中心窩鼻側と黄斑下方の部位は輝度の高い過蛍光（矢印）、中心窩耳側は淡い過蛍光（\*矢印）を示し網膜色素上皮下に脈絡膜新生血管が確認できた。

### 図8. 初診時の488nmアルゴンブルー共焦点画像（C2：画角40度）

網膜表層に明らかな所見は認められなかった。

### 図9. 初診時の633nmヘリウムネオン共焦点画像（C2：画角40度）

高輝度の点状病巣（矢印）を低輝度の病巣が取り囲み黄斑部下方に円形病巣（矢頭）が観察できた。

### 図10. 初診時の780nmダイード共焦点画像（C2：画角40度）

広範囲の低輝度病巣（矢印）と高輝度病巣（矢頭）が観察できた。

### 図11. 初診時の780nmダイード共焦点画像（C2：画角20度）

黄斑部中心窩（\*）の鼻側領域（矢印）が強く障害されていた。

### 図12. 初診時の780nmダイード暗視野絞りによる画像（R2：画角20度）

中心窩鼻側領域と黄斑部下方に隆起性病巣が観察できた（矢印）。中心窩耳側も僅かに隆起が認められた（白矢印）。

### 図13. 6か月後の眼底写真

初診時に比較して病変部の大きさに変化なく、神経網膜下の出血は認められなかった。

### 図14. 6か月後のフルオレスセイン蛍光眼底写真（造影早期：24秒）

鼻側下方に脈絡膜背景蛍光の遮断による低蛍光が認められた（白矢印：出血性網膜色素上皮剥離）。

### 図15. 6か月後のフルオレスセイン蛍光眼底写真

(造影後期：10分15秒)

出血性網膜色素上皮剥離に蛍光漏出（矢印）が認められた。

**図 16. 6 か月後のインドシアニングリーン蛍光眼底写真（造影早期：28秒）**

鼻側下方の病巣部は、蛍光の遮断による低蛍光が認められた（矢印：出血性網膜色素上皮剥離）。

**図 17. 6 か月後のインドシアニンググリーン蛍光眼底写真（造影後期：20分12秒）**

中心窩鼻側領域は脈絡膜新生血管からの ICG 色素の貯留により過蛍光（矢印）を示し、黄斑下方の病巣部の周囲は低蛍光で中心が僅かに過蛍光が観察できた（白矢印）。

**図 18. 6 か月後の 780nm ダイオードの共焦点画像（C2：画角 20 度）**

黄斑下方の病巣部は初診時より拡大していた（矢印）。

**図 19. 6 か月後の 780nm ダイオード暗視野絞りによる画像（R2：画角 20 度）**

病巣部全体がより隆起し黄斑下方の病巣部とも連続していた（矢印）。中心窩耳側も僅かに隆起が拡大していた（白矢印）。

**図 20. 8 ヶ月後のカラー眼底写真**

脈絡膜新生血管からの出血が網膜神経上皮下に認められた。

表題 :

共焦点レーザー走査型検眼鏡を用いた加齢性黄斑変性症（網膜色素上皮下型）における波長特性による形態観察と新生血管の活動性の検索

Morphological Observation by Wavelength Characteristics and Search for Neovascularization Activities in Age-related Macular Degeneration (Subretinal Pigment Epithelium Type) with the Confocal Scanning Laser Ophthalmoscope

**Abstract :**

We examined a search by a confocal system using wavelength characteristics of scanning laser ophthalmoscope and a morphological search by a dark-field system for the age-related macular degeneration in which choroidal neovascularization exists beneath the retinal pigment epithelium (Type I). Because the confocal system allows light to transmit a small open aperture located at a conjugate point to the focal point of the lens, restricts indirect reflected light and builds images by the direct reflected light and the depth of the focus can be changed. The dark-field system allows light to transmit a ring aperture, directly restricts direct reflected light, and builds images by indirect reflected light. The indirect reflected light, when accompanied with refraction or diffraction on a irregular surface, generates phase lag without change in amplitude, and provides higher contrast than does on a plane surface, and any subretinal changes are able to be observed as findings accompanied by elevation. In the confocal system, two-dimensional search that corresponds to each wavelength is possible and it was observed that the subretinal structures were obstructed in the pyramidal shape from the choroidal layer to the retinal pigment epithelium layer. In the dark-field system, the activity of choroidal neovascularization of the subretinal pigment epithelium reflected on the elevation of the retinal pigment epithelium. The morphological observation by dark-field aperture enables three-dimensional observation of the tissue

surface and is useful for determining the activity of neovascularization in age-related macular degeneration (Type I) and follow-up observation.

**Key Words :**

confocal aperture ;  
choroidal neovascularization(CNV) ;  
dark field aperture ;  
age-related macular degeneration(AMD) ;  
canning laser ophthalmoscope(SLO) ;

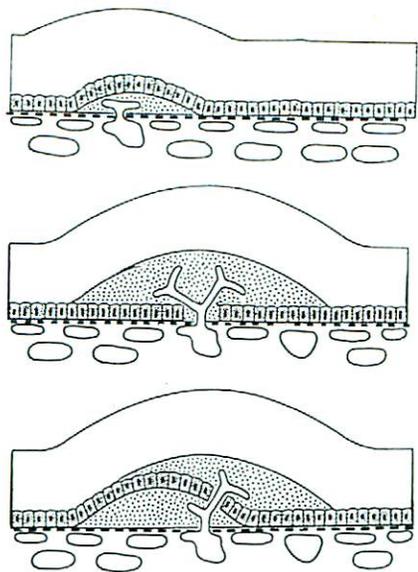


图 1



图 2

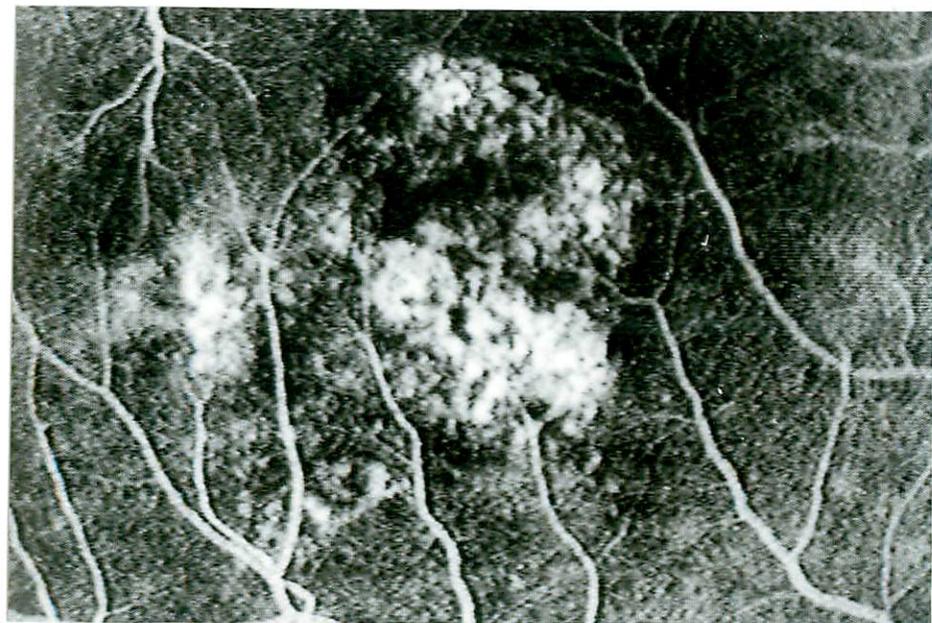


图 3

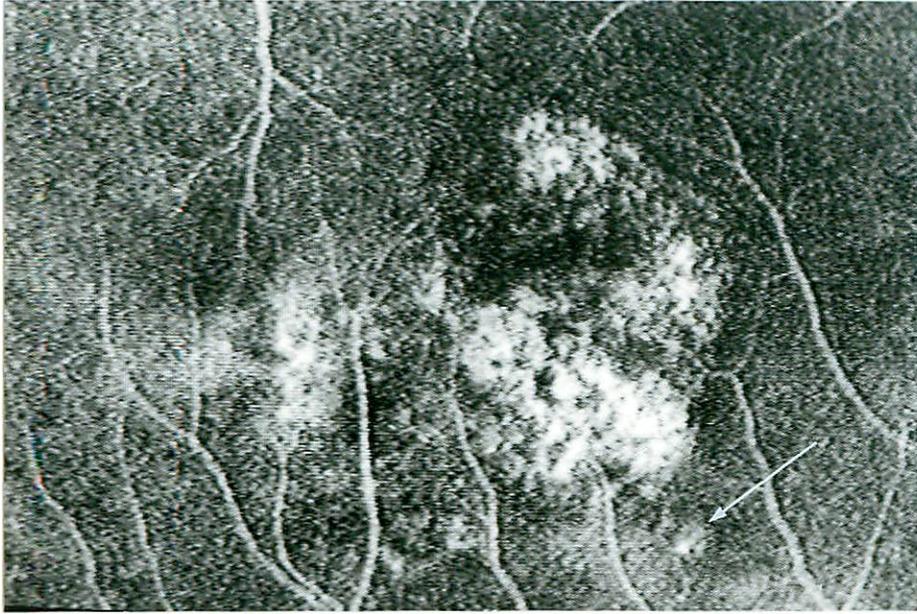


图 4

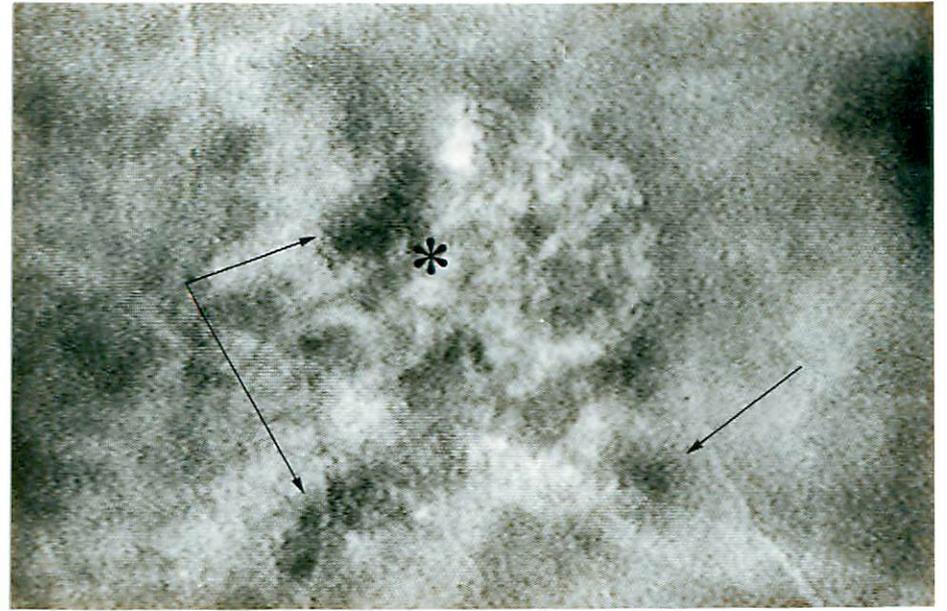


图 5

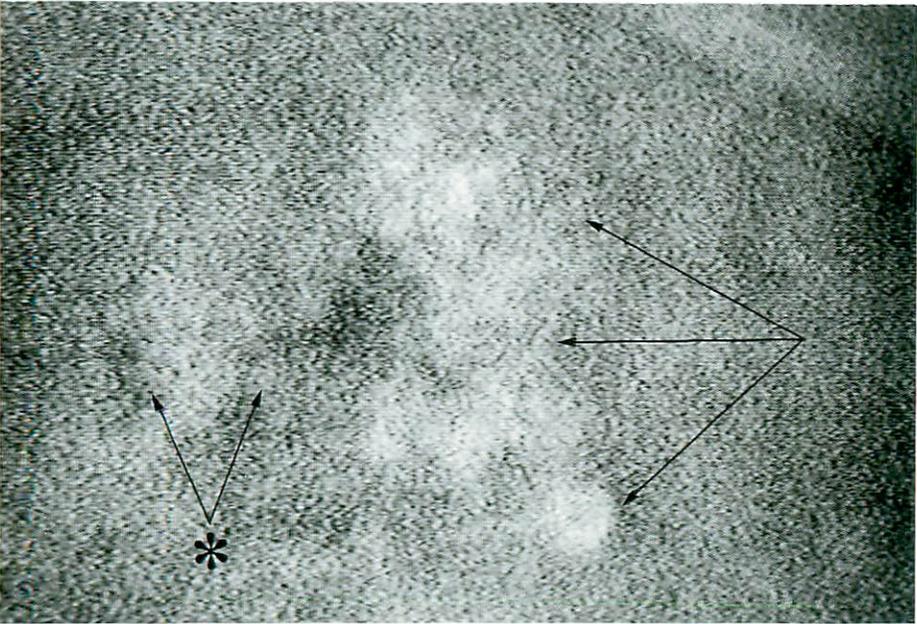


图 6

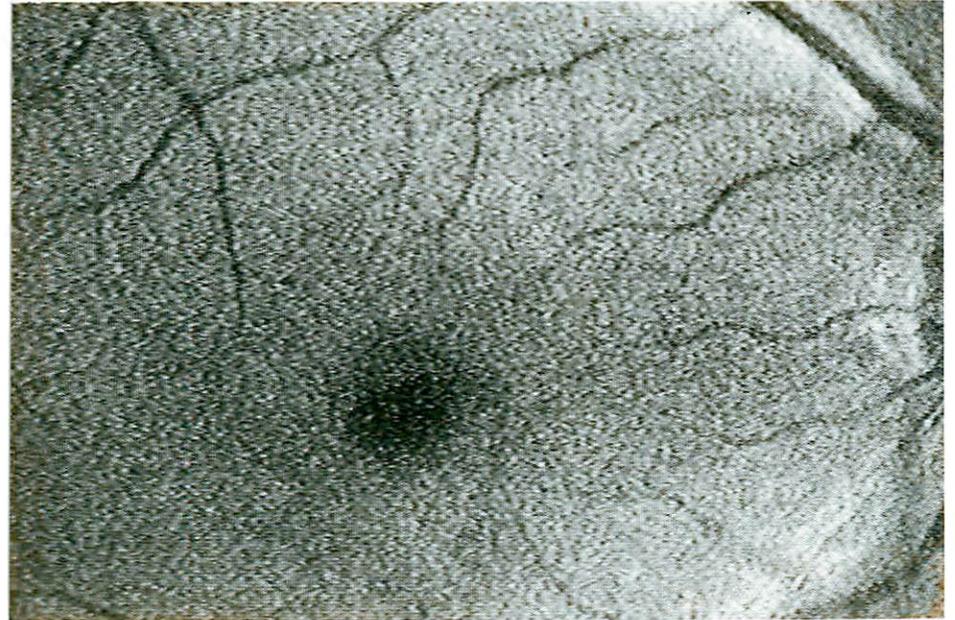


图 7

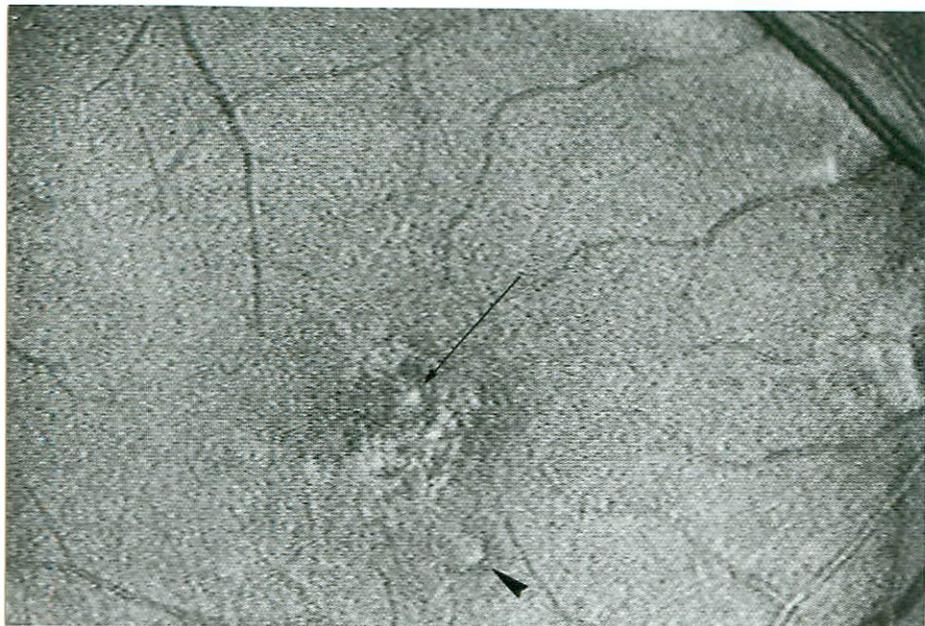


图 8

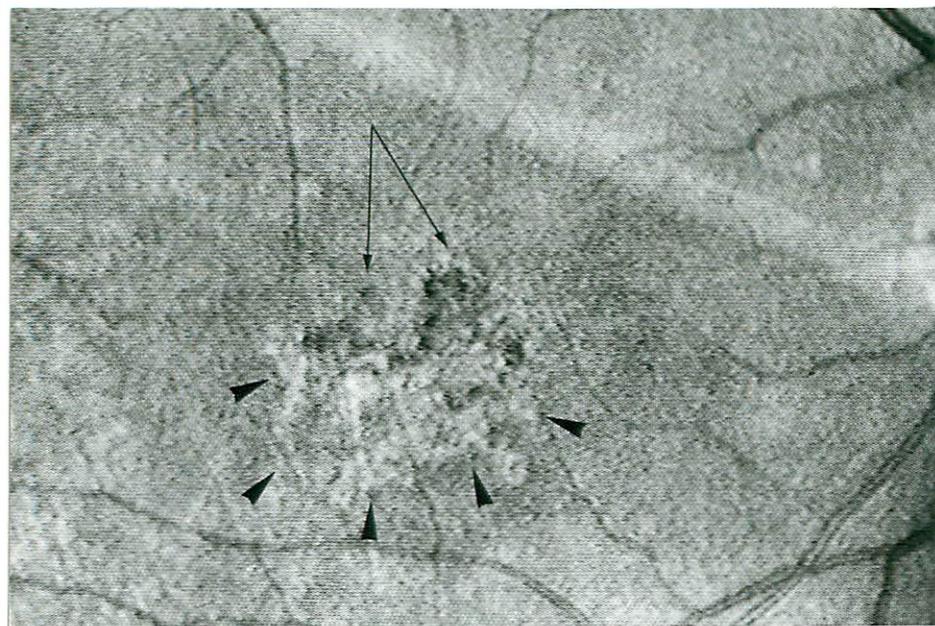


图 9

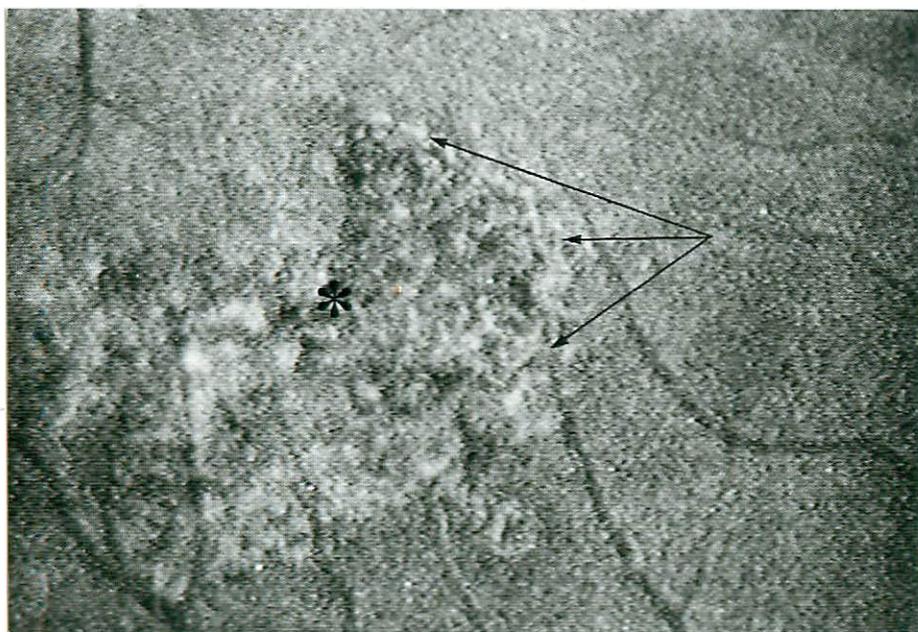


图 10

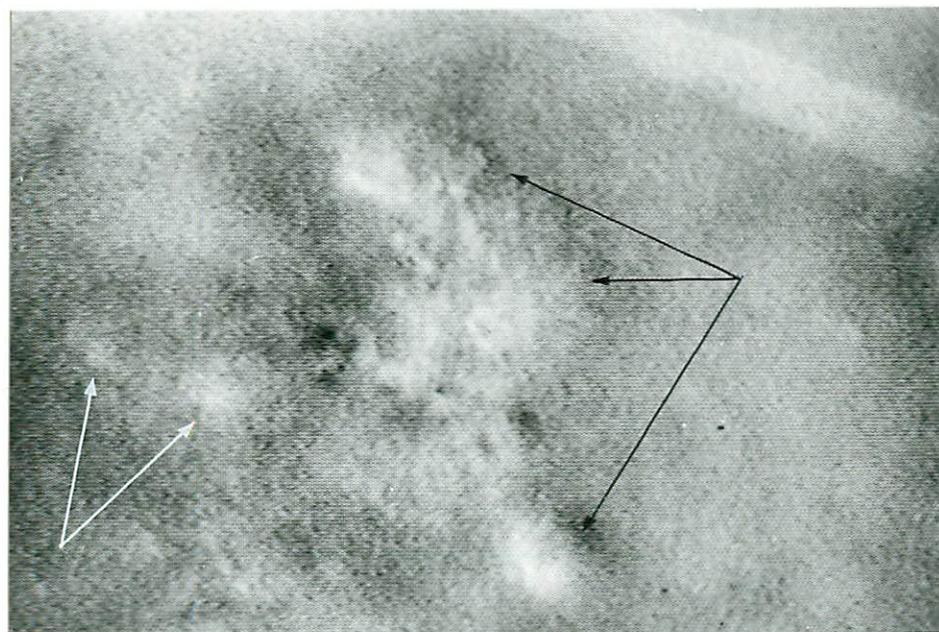


图 11



图 12

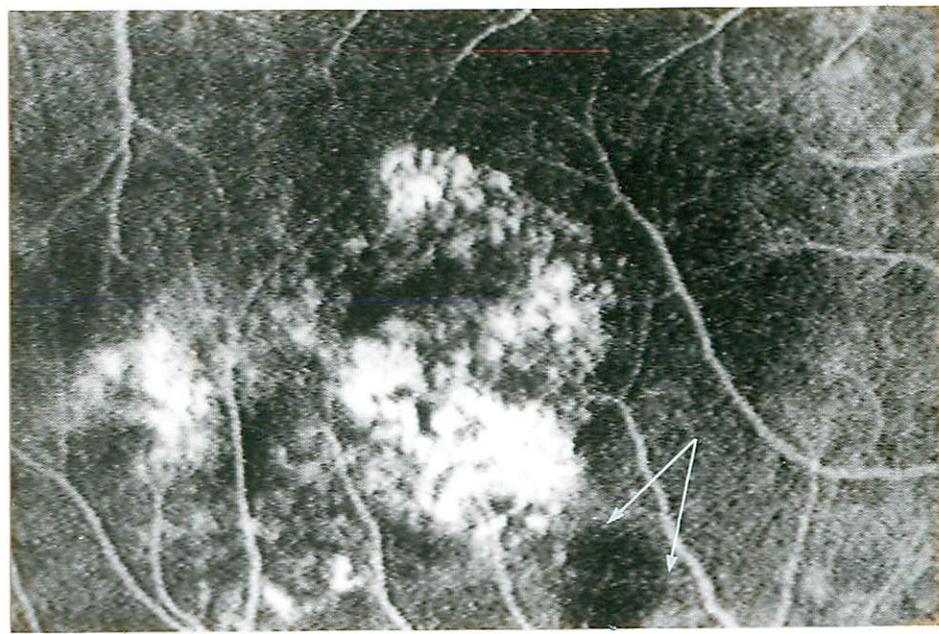


图 13

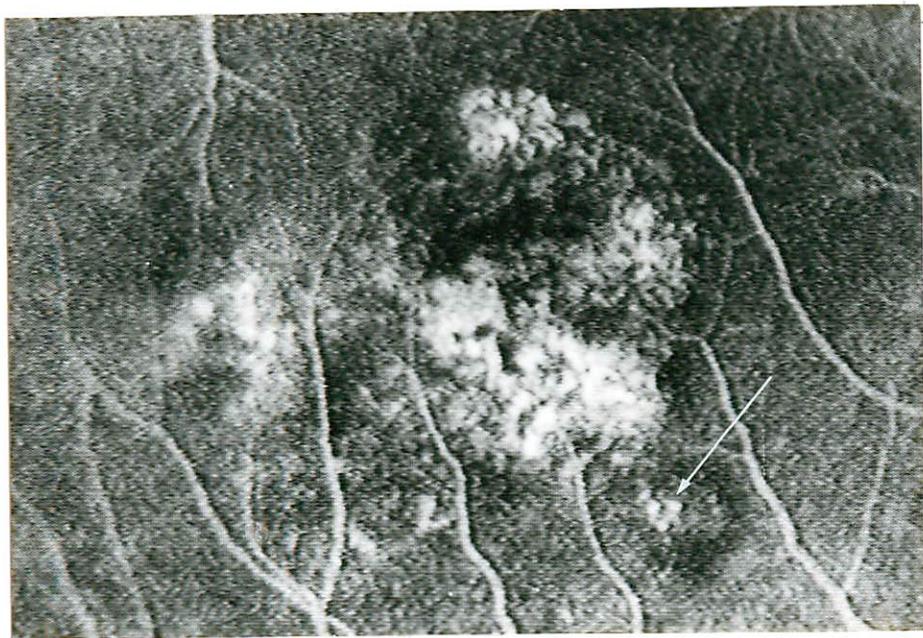


图 14

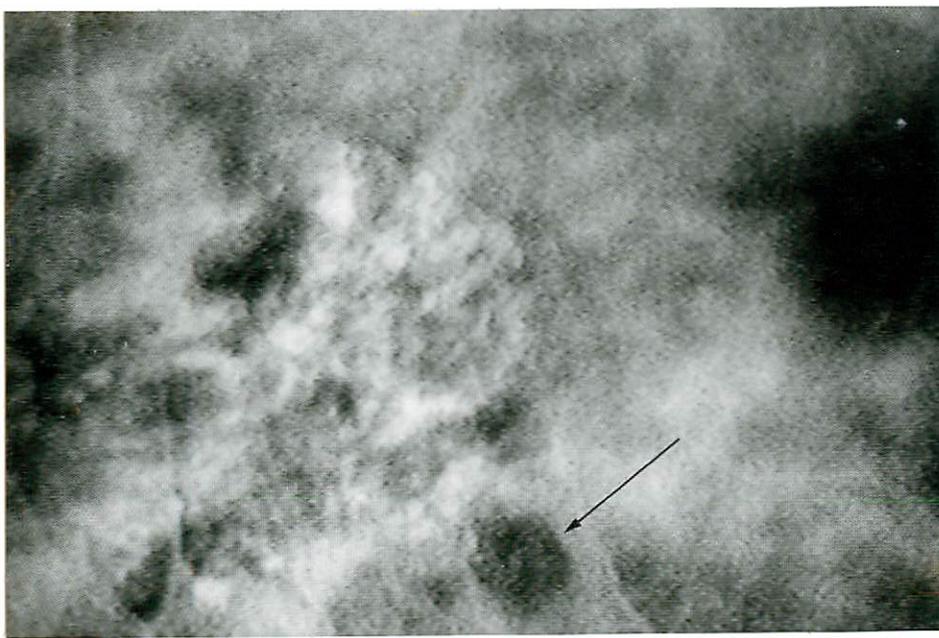


图 15

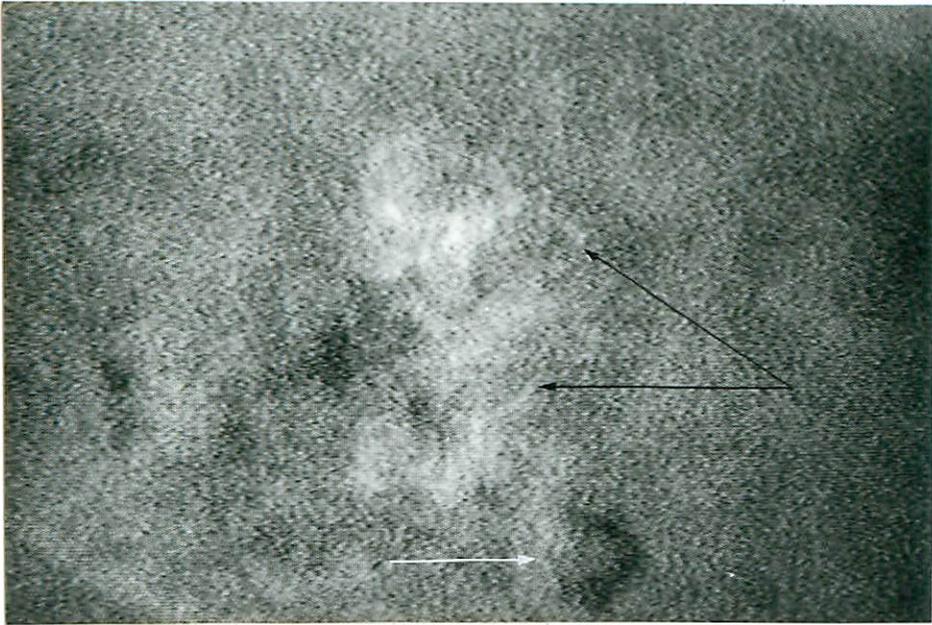


图 16

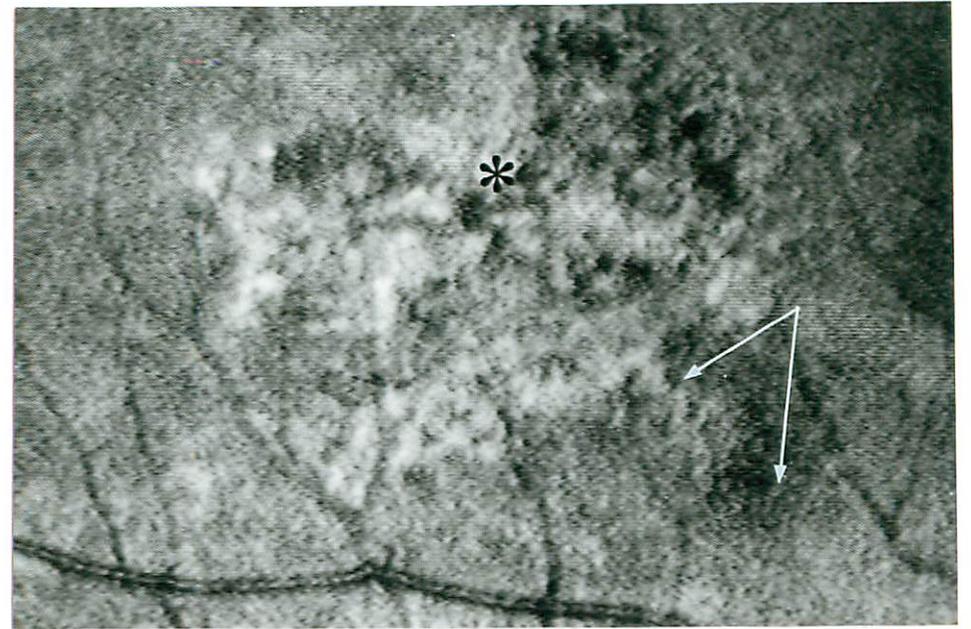


图 17

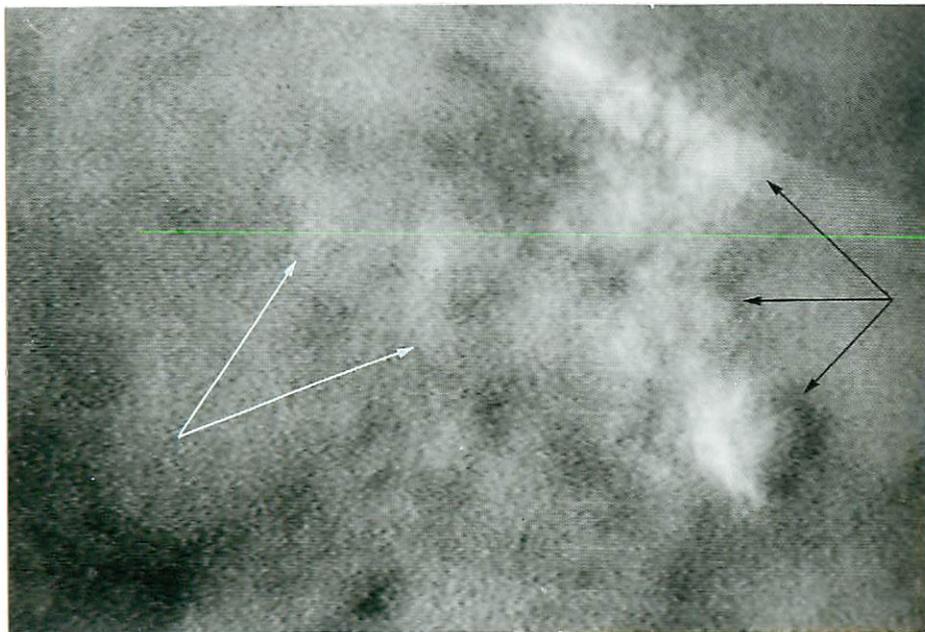


图 18

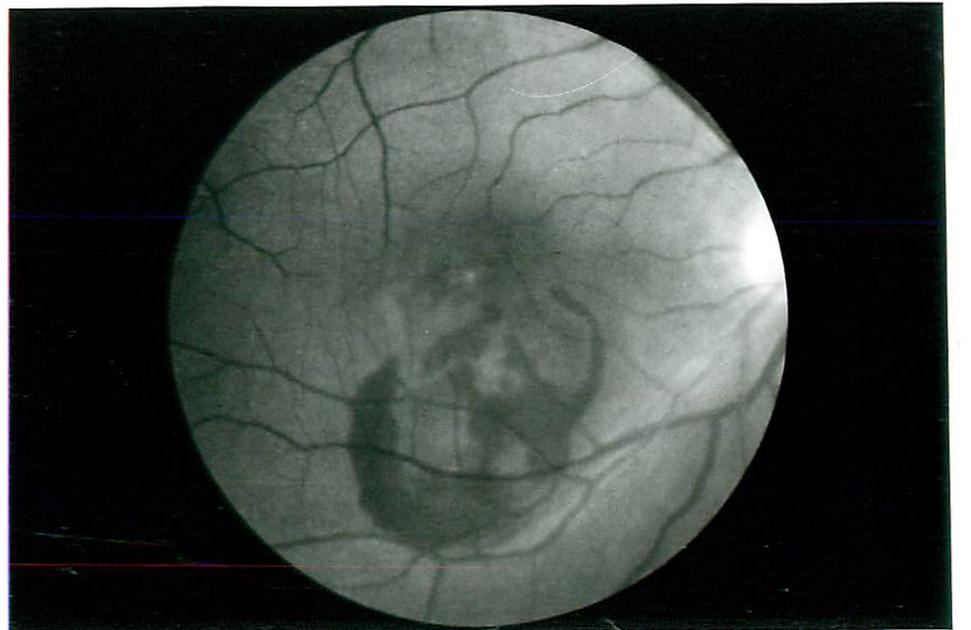


图 19