

AMCoR

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

日本医学写真学会雑誌 (2005.01) 43巻2号:23～33.

脈絡膜疾患に対するフルオレセイン蛍光眼底造影とインドシアニングリーン蛍光眼底造影の同時撮影の有用性

福井勝彦, 花田一臣, 五十嵐弘昌, 磯部裕成, 吉田晃敏

表題：

脈絡膜疾患に対するフルオレセイン蛍光眼底造影とインドシアニンググリーン蛍光眼底造影の同時撮影の有用性

英文表題

Usefulness of Fluorescein Angiography and Indocyanine Green Angiography for Choroidal Disease

福井勝彦¹⁾，花田一臣¹⁾，五十嵐弘昌²⁾，磯部裕成³⁾，吉田晃敏¹⁾

**Katsuhiko Fukui¹⁾，Kazuomi Hanada, MD¹⁾，Hiromasa Igarashi, MD. Ph.D²⁾，
Hironari Isobe³⁾，Akitoshi Yoshida, MD. Ph.D¹⁾**

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

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

I. 緒言

フルオレスセイン-Na (F-Na) を用いた蛍光眼底造影 (fluorescein angiography: FA) は、Novotony (1961)¹⁾ により報告されて以来急速に普及し、眼底疾患の診断や治療に不可欠の検査となった。また、1980年代後半から眼科に導入されたインドシアニングリーン (ICG) 蛍光眼底造影 (indocyanine green angiography: IA)²⁾ によって、脈絡膜疾患の病態の解明、診断、治療方針の決定、治療効果の判定が可能になった。しかし ICG の蛍光輝度³⁾ は F-Na と比較すると低く、組織透過性に優れた赤外領域の波長を発生させる特殊な装置や高感度の検出器が必要で、広く普及するまでに至っていないのが現状である。IA に対しては当初、撮像管とビデオシステムを応用したものが開発⁴⁾ されたが、CCD (Charge Coupled Device) やコンピュータの導入によるデジタル画像の装置へと発展してきた。さらに近年、眼底の観察のための光源としてレーザー光を利用し、血管内を流れている蛍光色素の吸収波長に一致するレーザー光を照射し、眼底からの反射光を焦点の合わせた位置と共役な位置に絞りと励起波長を遮断するフィルタを設置して蛍光像を画像に再構築する共焦点走査レーザー方式の装置⁵⁾ が開発された。造影所見を取得^{6, 7)} するだけでなく、デジタル化^{8, 9)} により様々な画像処理¹⁰⁻¹⁵⁾ が可能となり品質を高めた画像をリアルタイムで得ることが可能となった。さらに共焦点走査レーザー方式¹⁶⁻²⁵⁾ を用いることで単一造影画像のみならず FA と IA の同時撮影²⁶⁾ による同一時期の同一部位の造影所見を得ることが可能となった。今回我々は、脈絡膜疾患に対し FA および IA の同時撮影を施行し、蛍光造影画像に画像処理を行い所見をより鮮明に描出することによって臨床的に有用な情報が得られたので報告する。

II. 対象および方法

1. 対象

漿液性網膜色素上皮剥離 (serous retinal pigment epithelium detachment)²⁷⁾ 1例、ポリープ状脈絡膜血管症 (polypoidal choroidal vasculopathy: PCV)²⁸⁾ 1例、網膜毛細血管の増殖と毛細血管拡張を伴う網膜内血管腫状増殖 (retinal angiomatous proliferation: RAP)²⁹⁾ の3症例である。

2. 撮影方法

ハイデルベルグ社製 (Gaman) の Heidelberg Retina Angiograph (HRA) を用いた。HRA は共焦点走査レーザー方式の蛍光眼底撮影装置で共焦点開口径は $400\mu\text{m}$ である。同時撮影では、最初に 488nm アルゴンレーザーで F-Na を励起し $15\mu\text{s}$ 後に 795nm のダイオードレーザーで ICG を励起する。F-Na は 500nm 以下、ICG は 810nm 以下の波長を遮断する濾過フィルターで励起光と蛍光を分離して撮影画角 (10° 、 20° 、 30°) に応じた各々の $10\sim 30\mu\text{m}$ (ϕ) の焦点面を連続に X-Y 方向に走査し (長波長側に発生した) 蛍光を画像に再構築している。FA および IA の単一画像は $512\times 512\text{pixel}$ (128kbit) で1秒間に20画像、同時撮影では $256\times 256\text{pixel}$ (64kbit) で1秒間に12画像の撮影ができる。一つのデータベースに最大1000画像の取り込みが可能である。蛍光造影画像の画像処理は、HRA ソフトウェアバージョン 1.10 の Brightness/Contrast (明るさ/明暗比)、Shrapen (輪郭強調)、Computing Mean Images (平均画像の平均化処理) のプログラムを用いた。撮影は被検者の上腕に静脈ルートを生理食塩水の点滴にて確保し、フルオレサイト®注射液1号 $500\text{mg}/5\text{ml}$ (アルコン社) とインドシアニンググリーン注射用オフサグリーン®静注用 $25\text{mg}/\text{ml}$ (参天製薬) の混合液 6ml を約 $1\text{ml}/1\text{s}$ の速度で静注し撮影開始2秒前からライブ画像の自動記録 (call back buffer) を使用して行った。対照としてコーワ社製の眼底カメラ (PROIII) にてカラー撮影を行った。

III. 結 果

1) 漿液性網膜色素上皮剥離の症例

眼底写真では、黄斑部耳側に辺縁のやや不明瞭な約3視神経乳頭径の大きさの漿液性網膜色素上皮剥離が観察できた(図1)。造影早期(26秒)のHRAによる同時撮影では、左側のFA画像と右側のIA画像は、いずれも画質が劣り、造影所見が不明瞭で詳細な観察は困難である(図2)。デジタル画像処理をした画像では、明るさとコントラストを補正し輪郭強調することによりFAおよびIAで背景蛍光が明瞭になり、IAで数本の栄養血管が明瞭に観察できた(図3矢印)。造影約2分55秒後、FAでは網膜色素上皮剥離に一致した過蛍光が時間の経過とともに増強し辺縁が一部くびれた漿液性網膜色素上皮剥離の大きさが明瞭に観察できた。さらに、網膜色素上皮剥離部の上方に微細裂孔による点状過蛍光が認められた(図4左矢頭)。IAでは、黄斑部中心窩(図4. 十字)から約200 μ m離れた位置にポリープ状の新生血管を確認できた(図4右矢印)。造影後期(13分48秒)ではFAで、微細裂孔の過蛍光が拡大している所見が観察できた(図5左矢頭)。IAでは、ポリープ状の新生血管の先端からICGが脈絡膜層に貯留し脈絡膜由来の新生血管を伴うoccult滲出性加齢黄斑変性症と考えられた(図5右矢印)。脈絡膜新生血管に対しては、新生血管の同定と黄斑部中心窩からの位置によって治療方法を検討するが、HRAのFAにて微細裂孔とIAで脈絡膜新生血管の栄養血管と位置を正確に捉えることができ治療方針の決定に有用な所見を得ることができた。

2) ポリープ状脈絡膜血管症(PCV)の症例

眼底写真では、網膜下出血と網膜色素上皮の下に出血と滲出を生じていた(図6)。造影早期(25秒)のHRAによる同時撮影では、FAで、脈絡膜由来の新生血管からの滲出により障害された網膜色素上皮が蛍光色素の組織染色による過蛍光を呈し(図7左短矢印)、その周囲は網膜下出血による遮蔽で低蛍光を呈し

ていた。IAでは、網膜動脈とほぼ同じ太さのポリープ状の新生血管が確認できたが黄斑部には達していなかった(図7右矢印)。造影後期(9分02秒)では、FAで病巣部に一致して過蛍光の増強がみられた(図8左)。IAでは、ポリープ状の新生血管の周囲にICGによる組織染色が認められた(図8右矢印)。7ヶ月後の眼底写真では、病巣部が上下の血管アーケード領域まで拡大し、ポリープ状の新生血管からの滲出による網膜下出血と硬性白斑が認められた(図9)。HRAの造影早期(1分39秒)では、FAで障害された網膜色素上皮は過蛍光を呈し、網膜下出血部はブロックによる低蛍光として認められた(図10左)。IAでは、視神経乳頭近傍の上方から黄斑部中心窩にかけてポリープ状の新生血管が拡張し、箒状に広がる太い脈絡膜新生血管網の形態が明瞭に確認できた(図10右)。造影後期(8分47秒)のFAで網膜色素上皮の過蛍光は増強し、黄斑部では蛍光色素が花弁状に貯留した嚢胞様黄斑浮腫の所見が認められた(図11左矢印)。IAでは、ポリープ状新生血管はICGによる組織染色と血管の先端にはICGが貯留し軽い漏出が観察できた(図11右)。HRAのFAで、視神経乳頭近傍に発生したポリープ状の脈絡膜新生血管による網膜色素上皮の障害の程度を観察でき、IAでポリープ状の脈絡膜新生血管の活動性と全体像が捉えることができた。

3) 網膜内血管腫状増殖(RAP)の症例

眼底写真では、新生血管から滲出によって網膜下出血と硬性白斑を伴う大型の楕円形病巣が認められた(図12)。造影早期(26秒)のHRAによる同時撮影では、画像の明るさとコントラストを補正し輪郭強調することによりFAおよびIAが明瞭になり、FAで網膜の動脈と静脈の吻合が確認できた(図13左短矢印)。IAでは、病巣部にブロックされている低蛍光の中に、淡い過蛍光が観察でき網膜下に進入した新生血管の存在が示唆された(図13右矢印)。造影後期(10分02秒)では、FAで新生血管から蛍光色素が中心窩の外

網状層に貯留し、嚢胞様黄斑浮腫が認められた(図 14 左短矢印)。IA では F-Na に比較して ICG の輝度が低く詳細な画像所見を得ることが困難であった(図 14 右)。図 15 に造影後期(10 分 02 秒)に 1 秒間に 12 画像撮影したものから、9 枚の画像(10:02.16~10:02.80)を用いて加算平均化処理^{1 2, 1 3)}を行い明るさとコントラストを調整し輪郭強調した画像を示す。FA では、原画像に比較して背景蛍光が明るくなり嚢胞様黄斑浮腫も明瞭に観察できた(図 15 左)。IA では、原画像で殆ど確認することが困難であった、網膜血管の吻合部位と線維増殖化した網膜に遮蔽されていた網膜下に存在する網膜血管由来の新生血管網に ICG 色素の貯留が認められ、病期分類の II 期であることが判定できた(図 15 右矢印)。

IV. 考 察

同じ蛍光眼底造影であっても FA と IA は励起光と蛍光の波長が違っている。検眼鏡や FA^{3 0)}では上方の網膜色素上皮のため観察することが困難な脈絡膜の病変について IA は多くの情報を提供してくれる。今日では、脈絡膜疾患の眼底所見を解釈するうえで FA と IA を対比させて検討することは必須である。しかし、ICG の物理化学的特性^{3 1)}のため IA は FA に比較して画像が不鮮明である。コンピュータ画像処理は、従来から様々な方法が各分野で使用されており IA においても所見の解釈を容易にする目的で普及している。

高齢者でみられる大型の網膜色素上皮剥離では、網膜色素上皮剥離の下に脈絡膜新生血管が発育し滲出性病変に発展することが多く、これは滲出性加齢黄斑変性の前駆病変として考えられている。網膜色素上皮剥離下の脈絡膜新生血管は、FA では造影早期からの網膜色素上皮剥離内への蛍光色素の貯留による強い均一な過蛍光を呈するため、新生血管の蛍光像が遮蔽され新生血管が明瞭に検出できない。一方、ICG は、高分子のため網膜色素上皮剥離内への色素の拡散が遅く、網膜色素上

皮剥離は低蛍光を呈し、対照的に新生血管は過蛍光となるため脈絡膜新生血管の検出に優れている。加齢黄斑変性に代表される脈絡膜疾患では、脈絡膜由来の新生血管の局在、拡がり、活動性の把握が必要である。脈絡膜新生血管が中心窩から離れている場合、治療には光凝固が第一選択である。傍中心窩の脈絡膜新生血管に対しても、中心窩の視細胞への障害を軽減する栄養血管の選択的光凝固は視機能保全の意味で有用な方法といわれている。栄養血管の検出には高倍率で撮影部位を確保し造影早期の脈絡膜動脈相を鮮明に撮影しなければならない。IA の励起および蛍光の波長は赤外領域のため肉眼では観察できず、発せられた蛍光はモニタ上ではじめて映像化される。脈絡膜動脈相の栄養血管を捉えるためにはモニタで確認してから撮影を開始する数秒前からの画像が必要である。HRA は、call back buffer によって撮影開始の最大 2 秒前からのライブ画像(単独撮影は 40 画像、同時撮影は 24 画像)を蓄えられることが利点の一つである。この call back buffer は今回、早期像の栄養血管の同定に有用であった。さらに、デジタル画像のため画像処理により画像の明るさとコントラストを調整することも利点で、輪郭強調などの画像処理によって、不鮮明だった画質の劣る栄養血管をコンピュータによる画像処理によって明瞭に観察することができる。ポリープ状脈絡膜血管症では、滲出変化や出血によりポリープ状血管の大きさや拡がり、さらに活動性の判定が困難な場合、画像処理をすることで血管周辺の病変部とのコントラストが明瞭になり、所見の解釈や治療の判断方針が可能となった。

FA と IA の単独撮影の画像を対比させて検討しようとする場合、F-Na と ICG の静注量、静注速度を同じにすることはできず、心拍出量など循環系の影響により、造影時間をまったく同じに揃えることは困難である。FA と IA の同時蛍光眼底撮影を用いれば、同一時期における網膜循環や脈絡膜循環の比較や病巣

の位置の同定を正確に行うことができるため多くの情報が期待できる。同時撮影では投与する2種類の蛍光物質の輝度と血中濃度変化が異なる。通常の静注にて血中 F-Na は約88%が蛋白と結合し^{3 2)}、非結合型 F-Na (protein-unbound fluorescein : PUF) の血中濃度は静注後約1~2分で最大となり蛍光輝度は ICG の25~50倍である。血中濃度変化は、急速に低下せず緩やかな希釈排出曲線 (dilution excretion curve)^{3 3)}を示し静注15分後でも PUF/TF (TF : total fluorescein) 比の時間的推移^{3 2)}は殆どない。一方、ICG 濃度は急激に上昇した後は指数関数的に下降し血中半減期は約3分~4分である^{1 0, 3 1)}。ICG は血漿蛋白と高率に結合 (98%) し最大光学濃度 (optical density: OD 値) は約1.0程度と低く、静注された ICG は急速に血中から消失する。HRA では、F-Na を488nm のアルゴンブルーレーザーで走査し、15 μ 秒後に ICG を795nm のダイオードレーザーで走査する2回のラインによって生じる各々の蛍光の反射を検出器で捉えて蛍光画像に構築している。同時撮影では、ハレーション防止のため輝度の高い F-Na の方に検出器の感度を合わせ、ICG は励起する赤外レーザーの強度を血中濃度変化に応じた調整が必要とされる。しかし、IA の造影後期では ICG は血中から消失し、赤外レーザーの強度を最大にしても IA 所見が低輝度でしか得られない。RAP における、IA の造影早期では、ICG の血中濃度も高く、明るさとコントラストの補正のみで網膜下の新生血管を観察することができたが造影後期では、IA では新生血管網が不明瞭であった。

HRA では、この欠点を補うためにいくつかの低画質の画像を加算平均化処理することによって画像を鮮明に再現できる。静止画像の加算平均化処理は天文写真の分野で用いられている、暗い天体を撮影する際のコンポジット法^{3 4)}と同じ原理で、原画に忠実にノイズのみを軽減できる画像処理法である。S/N 比 (信号/雑音比) は $1/\sqrt{n}$ (n : 平均化する

画像数) の係数で増加する。例えば、血管構築が脆弱な網膜新生血管は FA で蛍光漏出を示すが、IA では、ICG の蛍光輝度が低く、非結合型の ICG (約2%) が少なく硝子体腔内に拡散するため、網膜新生血管網は描出されるが蛍光漏出は観察できない。一方、脈絡膜新生血管では、ICG に対する親和性が高く、脈絡膜新生血管壁を組織染色し、さらに漏出した非結合型 ICG および結合型 ICG が血管周囲の脈絡膜層に貯留し一定量に達してはじめて蛍光漏出として観察される。F-Na が数ミリ秒で血漿蛋白と結合するのに対し、ICG は分単位の時間を有する^{3 5, 3 6)}。このため、ICG における蛍光漏出は、時間が経過してから観察されるが加算平均化処理による利点は、後期像の微細な脈絡膜新生血管や脈絡膜異常組織染の所見を明瞭に確認できることである。今回、原画像では所見の解釈が困難であった RAP の造影後期で網膜下腔に進展していた網膜由来の新生血管網が加算平均化することで明瞭に観察できた。原画像と加算平均化処理した画像を比較し活動性を評価することはできないが、ICG 色素の貯留の把握は病期の診断に有用である。加算平均化処理を行う場合には、フレーム間での像の動きが障害となるため、固視の動揺を制限することと1秒間における連続画像取得数を最大 (同時撮影: 12 画像/秒) にする必要があった。加算平均化処理は IA の後期像のみならず白内障などの中間透光体混濁による S/N 比の低い症例に有用である。しかし、フレーム毎に像が変化する造影極早期の解析には適さない。

FA では、網膜色素上皮の機能的検索に優れている。漿液性網膜色素上皮剥離の例では微細裂孔の所見が得られた。微細裂孔は造影後期に過蛍光点の拡大を示したが、この造影所見は脈絡膜新生血管の活動性の亢進によって旺盛な色素の漏れが発生し周囲に網膜剥離が生じていることを示唆する。血漿蛋白と結合した ICG では分子量が大きく網膜色素上皮剥離内の色素上皮液に拡散するのが遅い。少量では輝度が十分得られないため、IA では

微細裂孔から漏出してもその検出は困難である。微細裂孔の部位や脈絡膜新生血管の活動性を知るにはIA単独撮影よりもFAとの同時撮影の方が有用である。

PCVは、その本態は網膜色素上皮下の脈絡膜新生血管であり、血管新生黄斑症でみられる脈絡膜新生血管とは異なる病態であるといわれている。視神経乳頭近傍の例では、新生血管の血管径も太く、黄斑部中心窩に病巣が及ぶと高度の視力障害を生じる。FAでは、ポリープ状脈絡膜血管からの漏出液が黄斑部中心窩周囲に貯留し嚢胞様黄斑浮腫を呈していた。嚢胞様黄斑浮腫が長期に持続すると高度な視力障害を起こす。薬物療法やレーザー光凝固などの治療方針の決定や治療の効果を判定するためにIA単独では得られない情報がFAを同時撮影することによって得られる。また、赤外波長による組織透過性に優れたIAでは、ポリープ状の脈絡膜新生血管が明瞭に確認でき、脈絡膜静脈相では、血管壁にICG色素の組織染色がみられた。造影後期像では、ポリープ状の脈絡膜新生血管の先端部が過蛍光を呈しており、蛋白と結合した分子量の大きいICG色素の漏出がみられ、活動性の高い脈絡膜新生血管であることが判った。

RAPが進行した状態では、FAで過蛍光を示しoccult型脈絡膜新生血管と誤った解釈をすることになりRAPの診断、評価及び分類に関してはFAだけでは限界がある。一方、IAは正確な診断をする上で有用である。病期分類のI期では、網膜内新生血管は強い過蛍光斑(hot spot)としてみられる。II期では、網膜・網膜血管吻合の発生や網膜内新生血管が拡張し増殖して網膜下腔に進展する。IAでは、網膜・網膜血管吻合の明瞭化と網膜内新生血管に貯留しているICGは網膜下や網膜色素上皮にはあまり漏出せずRAPに特有な新生血管網による組織染色を示していた。RAPに対する同時撮影では、FAによる網膜色素上皮の障害の程度とIAによる網膜下腔への新生血管の拡がり、活動性を一度に検索できる利点が病態の解明に有効であった。

同時撮影を目的とした蛍光眼底造影の撮影装置には、網膜に対する安全性と撮影効率の両立が必要とされ、撮影には最少の照射量で最大限の蛍光を得ることが重要である。さらに、2種類の蛍光色素の輝度の違いと血中濃度変化も考慮した上で、検出器の解像度が高いことと高速化が要求される。HRAの同時撮影の画像は、デジタル化による様々な画像処理により品質を高めた網膜血管造影画像と脈絡膜血管造影画像が一度にリアルタイムで得られるため、迅速な診断のみならず病態の解明や治療方針の決定にきわめて有用であった。

V. (まとめ)

脈絡膜疾患に対して、ハイデルベルグ社製Heidelberg Retina Angiograph(HRA)を用いてフルオレスセイン蛍光眼底造影(FA)とインドシアニングリーン蛍光眼底造影(IA)の同時撮影を行い、その有用性を検討した。HRAでは、共焦点走査レーザー方式のため、焦点深度が浅く、散乱光が除去され、高い画像コントラストが得られる。さらにデジタル画像で記録できるため明るさや明暗比さらに輪郭強調などの画像処理やIAの造影後期相における輝度の低い画像を加算平均化処理することによって画像を鮮明化し、より多くの情報が得られ所見の解釈が容易であった。脈絡膜新生血管に対しては、網膜の後方の情報を必要とし、治療手段の選択には、FAおよびIAから得られる十分な考察が必要であり、網膜と脈絡膜の組織における蛍光色素に対するバリアー機能と代謝の違いによる時間的情報や組織層の位置関係による空間的情報を比較をする上できわめて有用である。加えて同時撮影は、検査時間の短縮による患者の負担の軽減が期待できる。HRAの利点を活用することによって脈絡膜疾患に対する深い理解と将来への展望が考えられる。

本論文の要旨は、日本医学写真学会第46回定例学会(17.6.25)で発表した。

参考文献

- 1) Novotony HR , Alvis DL , A method of photographing fluorescence in circulating blood in human retina, *Circulation* 24, 82, 1961.
- 2) Flower RW , Hochheimer BF: A clinical technique and apparatus for simultaneous angiography of the separate retinal and choroidal circulation. *Invest Ophthalmol*, 12, 248-261, 1973.
- 3) Flower RW ,Injection techniqe for indocyanine green and sodium fluorescein dye angiography of the eye, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 12, 881-895,1973.
- 4) 林 一彦: 赤外眼底撮影法、眼科, 27, 1541-1550, 1985.
- 5) Webb RH, Hughes GW, Delori FC: Confocal scanning leaser ophthalmoscope *Applied Optics* 26:1492-1499,1987.
- 6) Scheider A , Schroedal C :High resolution indocyanine green angiography with scanning laser ophthalmoscope, *Am J Ophthalmol* ,108, 458-459,1989.
- 7) 白木邦彦, 森脇美康, 加茂雅明, 三木徳彦, 上野珠代:ハイデルベルグレチナンジオグラムを用いたインドシアニングリーン蛍光眼底造影における共焦点画像の利点, *臨眼* 51, 565-568, 1997.
- 8) 白木邦彦:インドシアニンググリーン赤外蛍光眼底造影の解析, *臨眼* 48, 1077-1088, 1994.
- 9) 尾花 明:デジタル蛍光造影法, *眼科* 37, 1487-1495, 1995.
- 10) 湯沢美都子編:インドシアニンググリーン蛍光眼底アトラス—フルオレセイン蛍光眼底との比較—, 南山堂, 東京, 1999.
- 11) 小椋裕一郎, 本田孔士編:デジタル眼底診断, *眼科診療プラクティス* 33, 分光堂, 東京, 1998.
- 12) 松本長太, 尾辻 理, 奥山幸子, 丸山耕一, 岩垣厚志, 大月卓也, 大鳥利文: scanning leaser ophthalmoscope の加算平均化処理画像を用いた網膜神経線維層欠損の観察, *臨眼* 49, 643-646, 1995.
- 13) 丸山耕一, 松本長太, 大月卓也, 中尾雄三, 大鳥利文:SLOによるICG蛍光眼底造影の静止画像における加算平均化処理の有用性、*眼紀* 46, 735-739, 1995.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 梯 彰弘, 石子智士:SLOと黄斑疾患, *眼科* Vol.39, No.2, 141-149, 1997.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 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)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.
- 22) 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), 日本医学真学会雑誌, Vol.39, No.4, 105-113, 2001.
 - 23) 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), 日本医学真学会雑誌, Vol.40, No.3, 65-73, 2002.
 - 24) 福井勝彦, 花田一臣, 五十嵐弘昌, 石子智士, 磯部裕成, 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, 日本医学真学会雑誌, Vol.41, No.3, 89-97, 2003.
 - 25) 福井勝彦, 花田一臣, 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)を用いた加齢黄斑変性症における形態検索と新生血管の活動性の検索, 日本医学真学会雑誌, Vol.42, No.2, 30-40, 2004.
 - 26) 石子智士, 吉田晃敏, 北谷智彦, 長岡泰司, 高宮 央: ハイデルベルグレチナアンギオグラフによる2種類蛍光造影同時撮影, 眼科臨床医報 92, 1602-1604, 1998.
 - 27) Yuzawa M, Kawamura A, Yamaguchi C, et al : Indocyanine green videoangiographic finding in detachment of the retinal pigment epithelium. *Ophthalmol* 102, 622-629, 1995.
 - 28) Yannuzzi LA, Sorenson J, Spaide RF, et al : Idiopathic polypoidal choroidal-vasculopathy, *Retina*, 10, 1-8, 1990.
 - 29) Yannuzzi LA, Negrão S, Iida T et al : Retinal angiomatous proliferation in age-related macular degeneration. *Retina* 21, 416-434, 2001.
 - 30) 松井瑞夫, 「蛍光眼底アトラス」, 第2版, 南山堂, 東京, 1990.
 - 31) ICG 蛍光造影の実際－基礎と臨床、三木徳彦, 林 一彦, 白木邦彦編, 金原出版, 東京, 1995.
 - 32) 吉田晃敏, 小島 満, Vitreous fluorophotometry 値の血漿内タンパク非結合フルオレスセイン濃度動態を用いた補正法, *臨床眼科*, 38(12), 1287-1291, 1984.
 - 33) 新家 真, 松元 俊, 静注後フルオレスセインの血漿内動態の解析及び血液房水透過性の算出, *日眼*, 87, 403-409, 1983.
 - 34) 宮崎満明: パソコン天体画像処理入門, 61-66, 誠文堂新光社, 東京, 1994.
 - 35) Yoneya S, Noyori K : Improved visualization of the choroidal circulation with indocyanine green angiography, *Arch Ophthalmol* 111, 1165-1166, 1993.
 - 36) Yoneya S, Iijima M et al : Improved indocyanine green angiography and early dye-filling pattern of the choroids. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 35, 1420, 1994.

<図の説明>

図 1. 網膜色素上皮剥離の眼底写真

辺縁の不明瞭な大型の漿液性網膜色素上皮剥離が観察できた。

図 2. 27 秒後の HRA による同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

画質が劣り詳細な観察は困難であった。

図 3. 図 2 を明るさ/明暗比及び輪郭強調処理した画像 (左 : FA、右 : IA)

IA に栄養血管 (矢印) が明瞭に観察できた。

図 4. 2 分 55 秒後 HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA で微細裂孔からの過蛍光 (矢頭) と IA で脈絡膜新生血管網 (矢印) が観察できた。黄斑部中心窩 (十字)

図 5. 明るさ/明暗比及び輪郭強調処理した 13 分 48 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA で、微細裂孔の過蛍光が拡大していた (矢頭)。IA では、ICG が脈絡膜層に貯留 (矢印) していた。

図 6. ポリープ状脈絡膜血管の眼底写真

視神経乳頭近傍に網膜下出血を伴った隆起性病巣が観察できた。

図 7. 25 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA では障害された網膜色素上皮は過蛍光 (短矢印) を呈していた。IA では脈絡膜由来

の新生血管 (矢印) が観察できた。

図 8. 9 分 02 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA の過蛍光は増強していた。IA ではポリープ状の新生血管 (矢印) の周囲に組織染色が認められた。

図 9. ポリープ状脈絡膜血管 (7 ヶ月後)

病巣部が拡大し網膜下出血と硬性白斑が観察できた。

図 10. 明るさ/明暗比及び輪郭強調処理した 1 分 39 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA で病巣部の網膜色素上皮は過蛍光を呈し網膜下出血は低蛍光が観察できた。IA では、黄斑部に伸びた脈絡膜新生血管が明瞭に確認できた。

図 11. 明るさ/明暗比及び輪郭強調処理した 8 分 47 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA で黄斑部に嚢胞様黄斑浮腫 (短矢印) が認められた。IA では、ポリープ状の新生血管は組織染色と先端部に貯留した ICG 色素によって過蛍光を示していた。

図 12. 網膜内血管腫様増殖の眼底写真

網膜下出血と硬性白斑を伴う大型の楕円形病巣が観察できた。

図 13. 明るさ/明暗比及び輪郭強調処理した 26 秒後の HRA の同時撮影 (左 : FA、右 : IA)

FA で網膜の動脈と静脈の吻合 (短矢印) が確認できた。IA では、病巣部にブロックさ

れている低蛍光の中に淡い過蛍光（矢印）が観察できた。

図 14. 10 分 02 秒後の HRA の同時撮影（左：FA、右：IA）

FA では、嚢胞様黄斑浮腫（矢印）が認められた。IA では ICG の輝度が低く詳細な所見を得ることが困難であった。

図 15. 10 分 02 秒後に連続撮影（12 画像／1 秒）した画像から 9 枚の画像（10:02.16～10:02.80）を平均加算化処理し明るさ／明暗比及び輪郭強調した画像（左：FA、右：IA）

FA では、背景蛍光が明るくなり嚢胞様黄斑浮腫が明瞭に観察できた。IA では、網膜の動静脈の吻合と網膜下の網膜血管由来の新生血管網（矢印）が明瞭に観察できた。



图 1

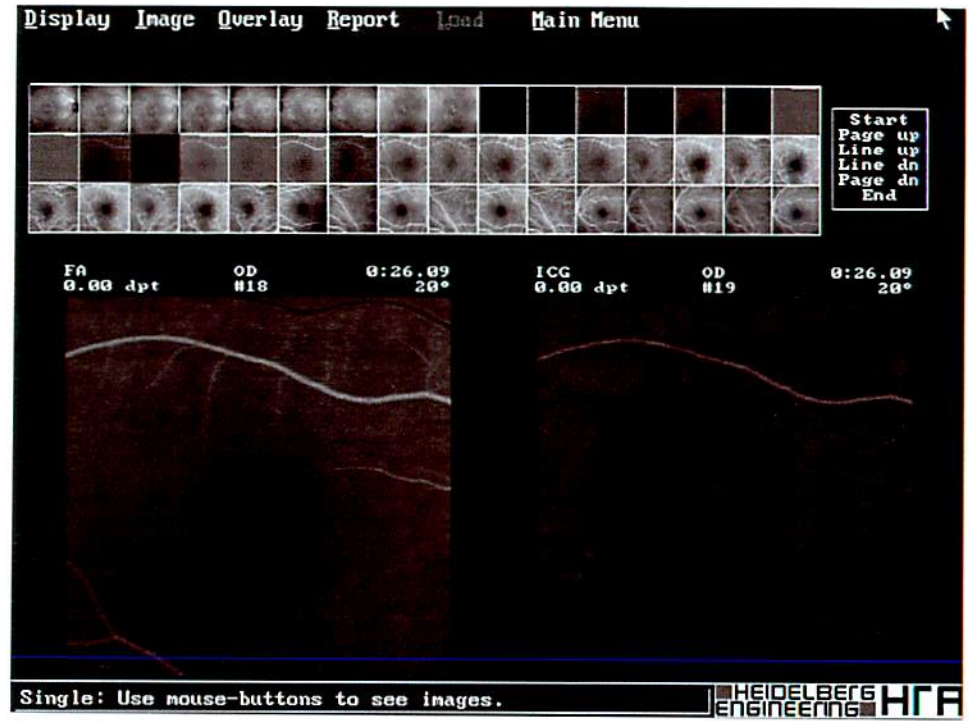


图 2

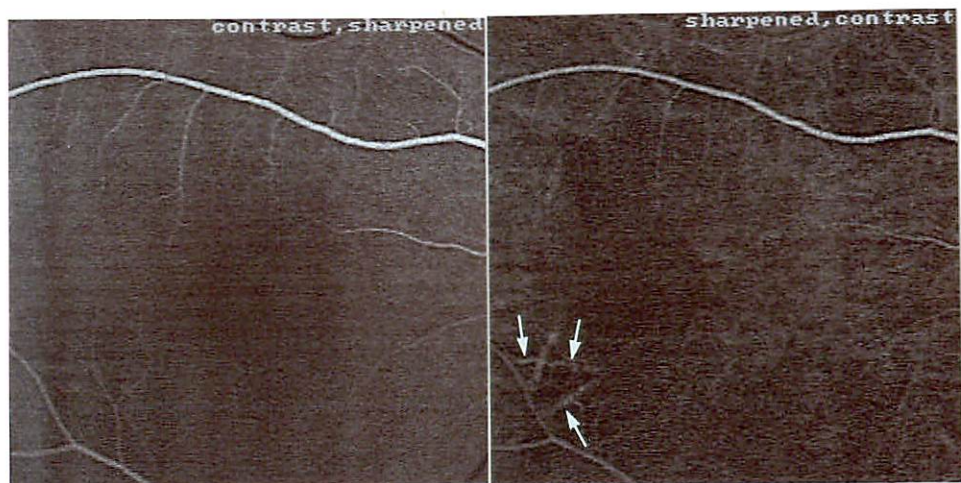


图 3

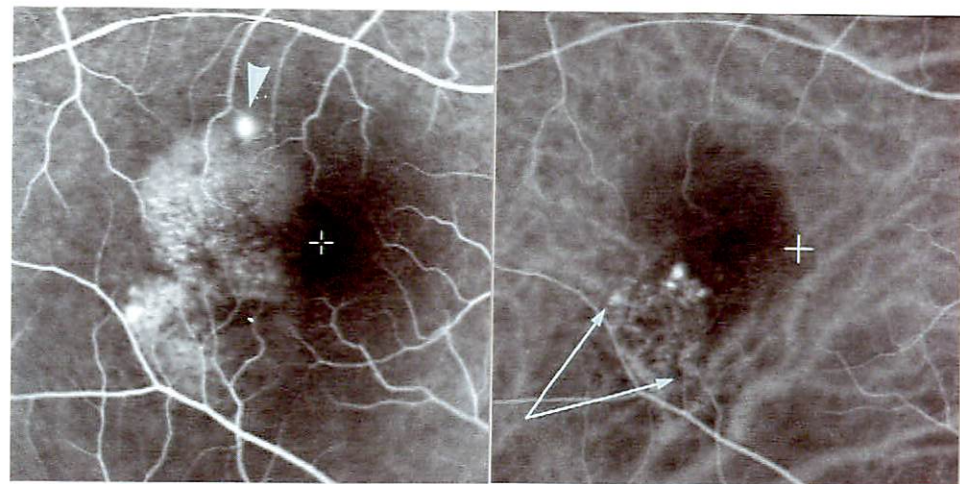


图 4

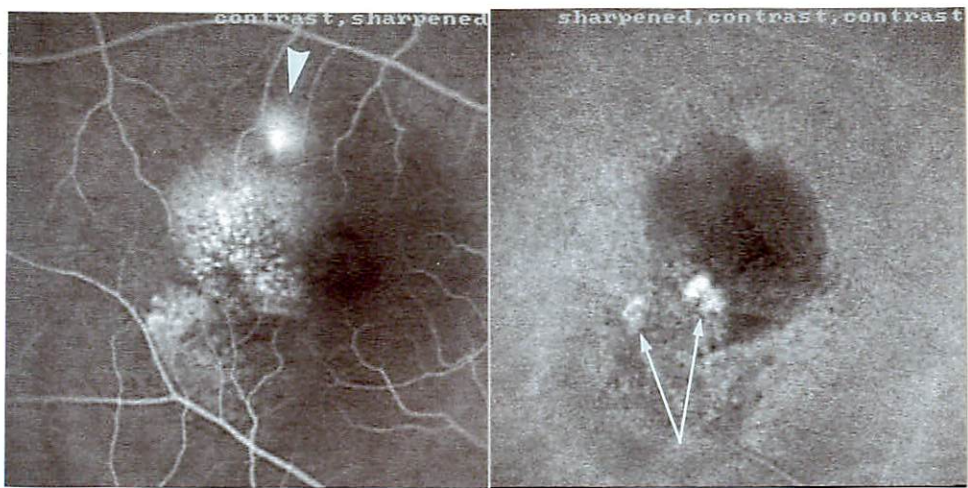


图 5

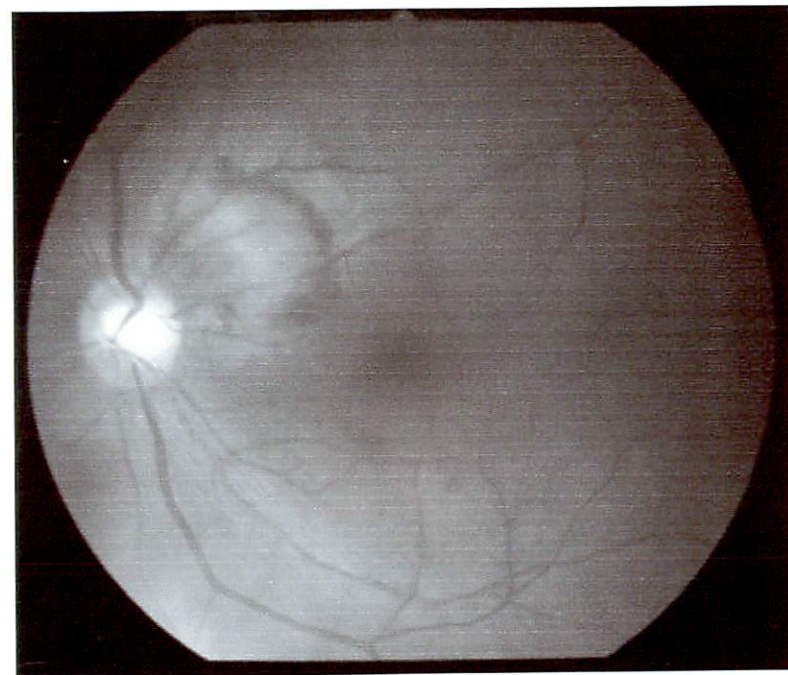


图 6

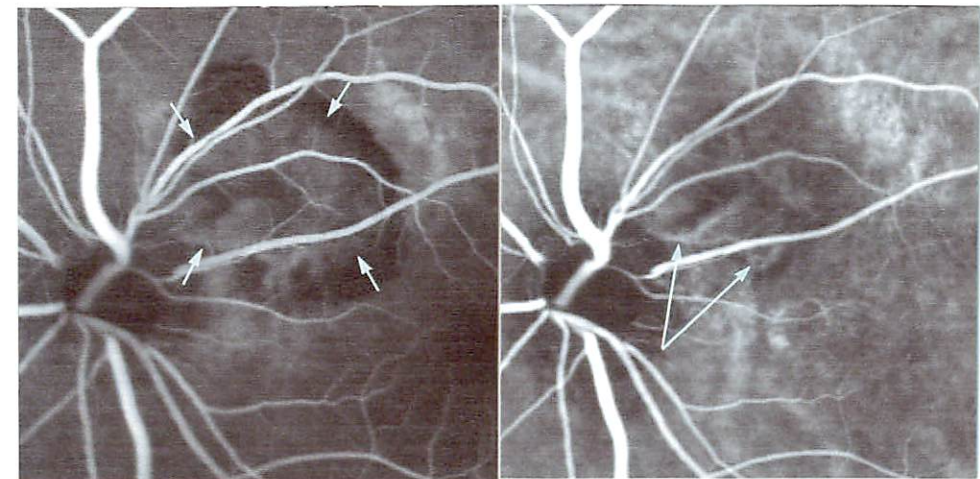


图 7

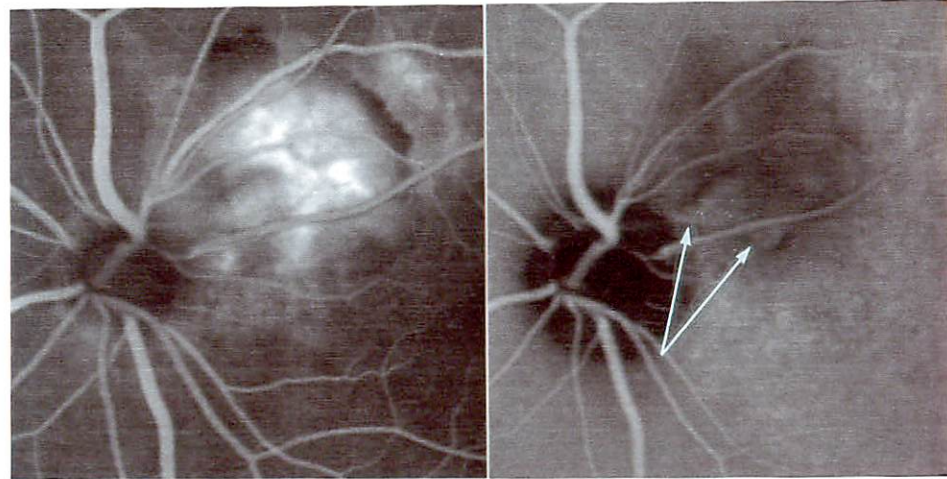


图 8

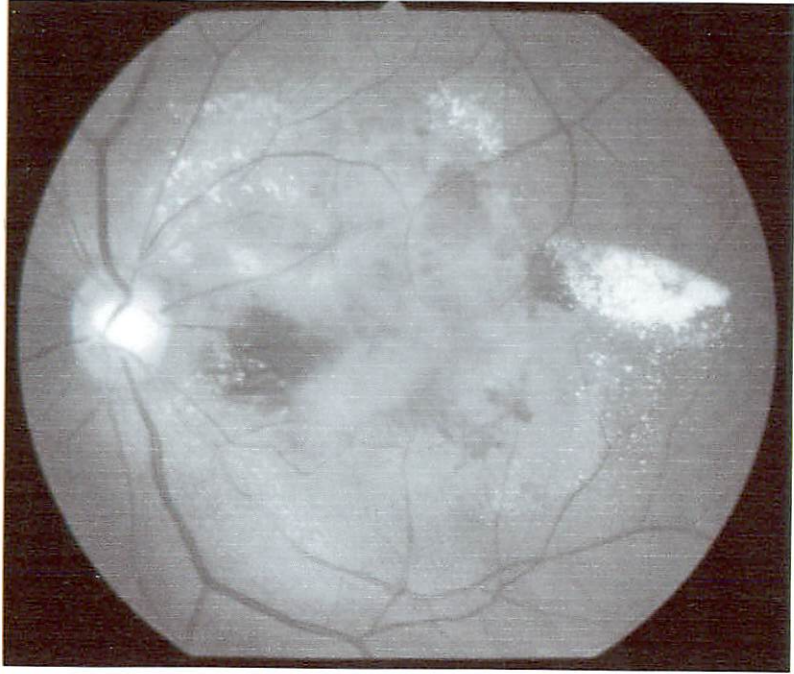


图 9

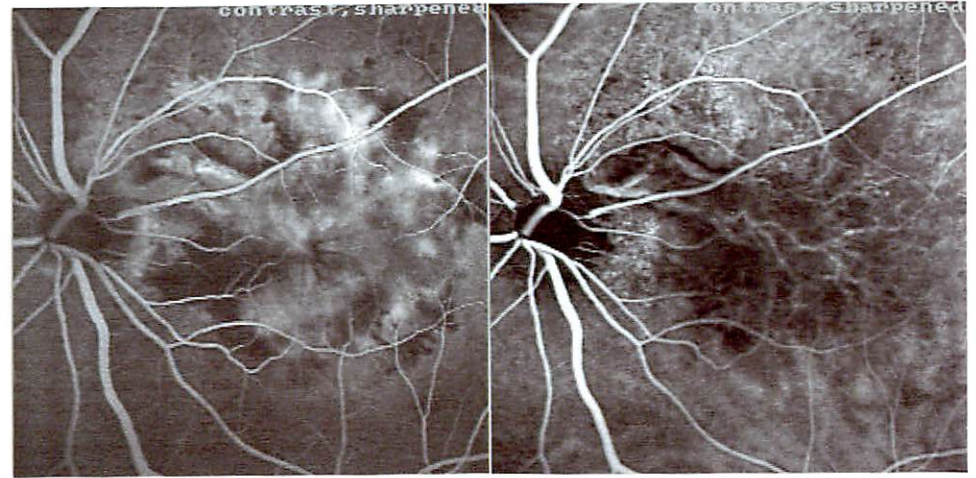


图 10

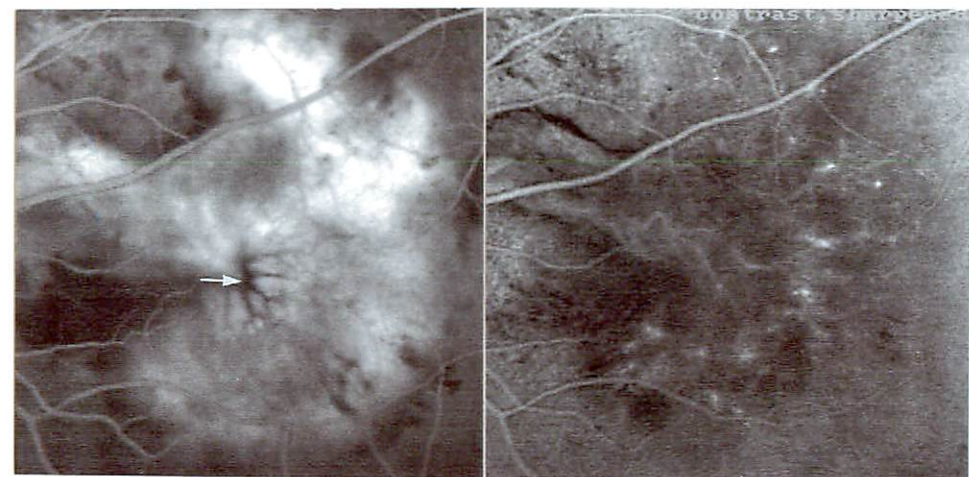


图 11

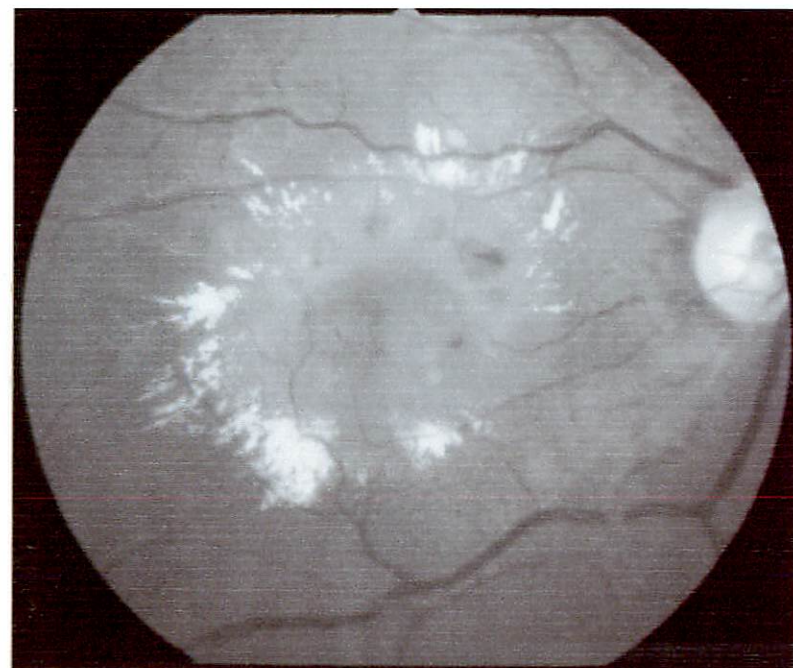


图 12

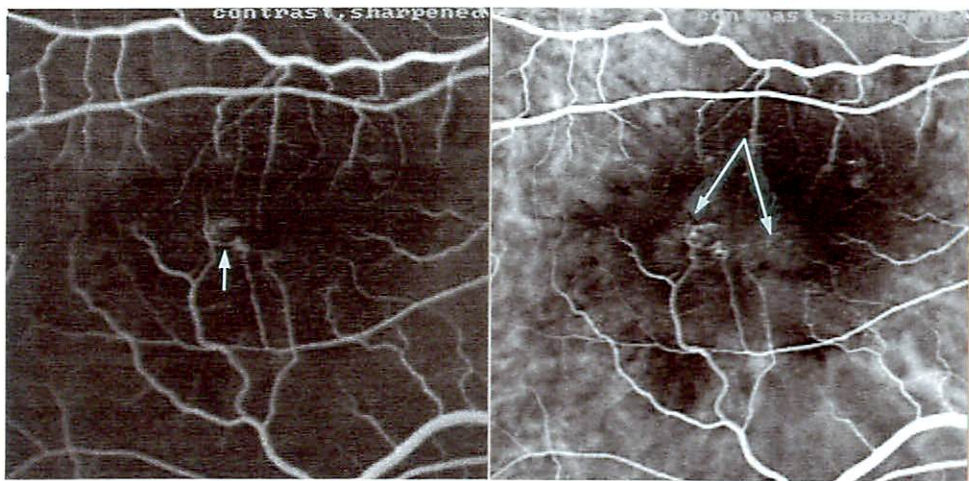


图 13

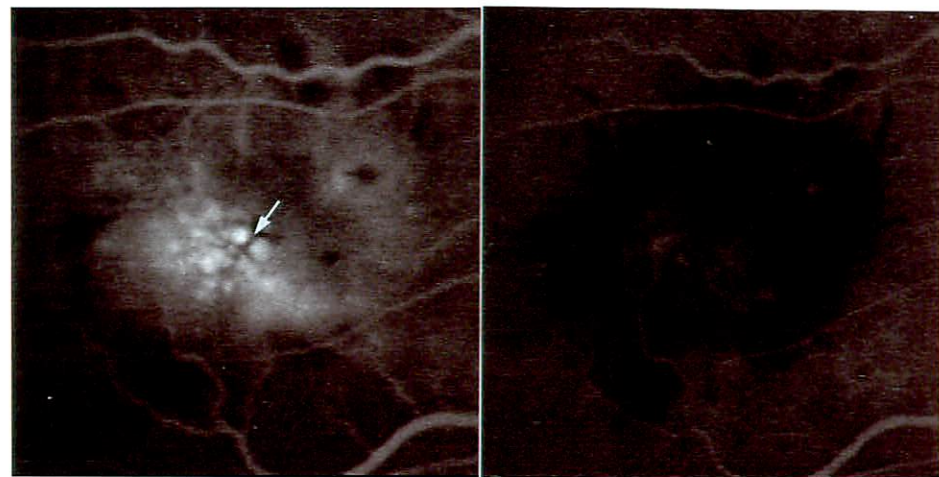


图 14

Mean(9), contrast, sharpened

Mean(9), contrast, sharpened

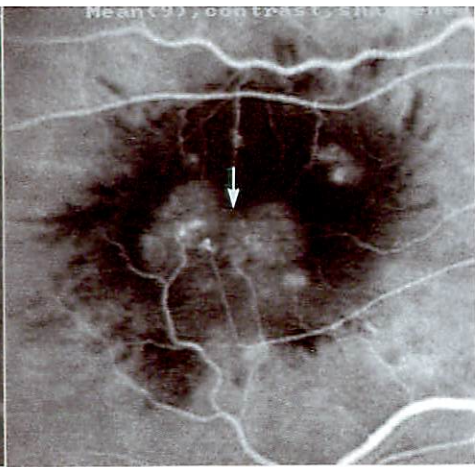
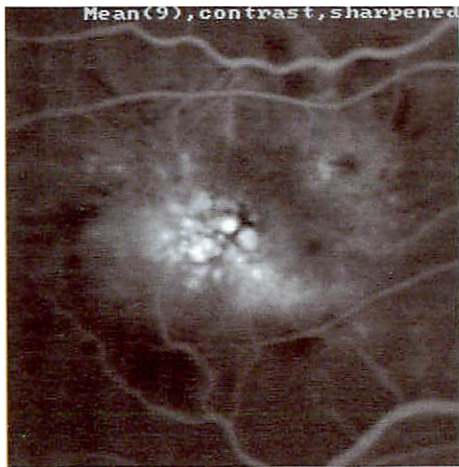


图 15