

AMCoR

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

日本医学写真学会雑誌（2000）38巻3号:P62～69.

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)

福井勝彦、石子智士、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4報 (硝子体病変の動的観察)

福井勝彦 1), 石子智士 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 Scanning Laser Ophthalmoscope for
Taking Images of the Ocular Fundus. IV
(Dynamic Observations of Vitreous Body Lesions)

Katsuhiko Fukui1), Satoshi Isiko MD, PhD1), Hiromasa Igarashi MD, PhD2),
Hironari Isobe3) , Akitoshi Yoshida MD, PhD1)

1) Department of Ophthalmology Asahikawa Medical College
(2-1-1 Midorigaokahigasi 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 Midorigaokahigasi Asahikawa 078-8510, Japan)

(2000年4月13日受付・2000年7月10日受理)

Abstract :

Taking images of the vitreous body is difficult due to its high degree of transparency and low reflectivity. A scanning laser ophthalmoscope (SLO) has a large focal depth because the laser spot on the focal plane is small. An SLO with a confocal system enables direct observation of the vitreous cortex by limiting the amount of indirect reflected light from the choroid

and retina. In this study, cases of posterior vitreous detachment, macular tear and pit-macular syndrome after retinal detachment surgery were examined. In the examinations, the vitreous body gel was displaced by ocular movement, and an SLO using a confocal system with a large focal depth and large open aperture was focused on the lens side. By focusing from the surface layer of the retina with the use of posterior vitreous an argon laser, we were able to take pictures of the posterior vitreous membrane and Cloquet's canal following ascension movement in the vitreous cavity. The method used in this study is simple and would be useful in the clinical field for observation of lesions in the highly transparent vitreous body, which has a wide range of movability.

Key words :

confocal system, Cloquet's canal, posterior vitreous detachment, scanning laser ophthalmoscope,

vitreous body

1. 緒言

硝子体¹⁾は水晶体と網膜との間にある眼球容積の70～80%を占める硝子体腔を満たしている透明で粘調なゲル様組織で中間透光体として眼内の光を網膜まで通過させる。硝子体の引き起こす網膜変化は古くから指摘されてきたがその構成成分は99%を水が占め透明度が高く光反帰率が低いため、被写体としてその記録は困難であった。硝子体の検査法²⁾としては、細隙灯顕微鏡 slitlamp microscope と硝子体検査用レンズを用いて硝子体ゲルのチンダル現象を増幅させた光学的断面像の観察が確立された。しかしながら、網膜に隣接する部位の硝子体ゲルは膠原線維の密度は高いものの脈絡膜からの後方散乱(choroidal glow)によりチンダル現象を捕捉することが難しく、さらに、硝子体検査用レンズによる観察視野や瞳孔径から眼内に入射させる細隙灯顕微鏡スリット光の照明系と撮影系軸の傾斜角や光学的切片の有効面積に制限があり、撮影^{3, 4)}には熟練を要する。近年開発された走査型レーザー検眼鏡^{5, 6)}(scanning laser ophthalmoscope 以下 SLO)は、焦点面でのレーザースポットが小さく焦点深度が深いため眼内病変の検索に有用であることが報告されており、共焦点方式^{7, 14)}では間接的反射光⁸⁾を制限して画像を再構築することにより網脈絡膜からの散乱光を抑制して硝子体ゲルを直接観

察 7, 9, 10) することが可能である。

今回我々は眼球運動をさせ、硝子体ゲルの波動運動を起こさせることによって硝子体病変を検出する動的観察法を見いだしたので報告する。

11. 方法

1. 対象

対象として網膜剥離手術後の後部硝子体剥離(症例 1)、黄斑裂孔(症例 2)、黄斑円孔を伴ったピット黄斑症候群 11) (症例 3)、網膜静脈分枝閉塞症(症例 4) を用いた。

2. 撮影装置

撮影装置は、ローデnstock社製(Rodenstock, Ottobrunn, Germany) の走査型レーザー

—
検眼鏡(scanning laser ophthalmoscope) でアルゴンレーザー(488nm)、ヘリウムネオンレーザー(633nm)、ダイオードレーザー(780nm) を使用した。比較対照として広角撮影用のキヤノン社製眼底カメラ CF60-Z(Canon, Tokyo, Japan) でカラー眼底撮影 12) を行った。

3. 硝子体の観察方法

直接法として波長の短いアルゴンレーザー(488nm) を用いて硝子体皮質に焦点を合わせて白い反射画像として観察した。一方、間接法として波長の長いヘリウムネオンレーザー(633nm) やダイオードレーザー(780nm) を用いて網脈絡膜からの反射光により硝子体を黒い陰影(シルエット)として観察した。硝子体皮質の動的観察には、焦点深度が深い C3(開口径: 4mm) の絞りをを用いて被検者には、眼球を左右、上下に動かすように指示し、さらに、焦点を網膜表層 13, 14) から水晶体側に移動してスクリーニングを行った。詳細な観察には解像度の高い画角 20 度で行った。なお、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。使用感光材料は フジフィルム社製のネオパン SS で露光条件は F5.6, 1/30 秒でコダック社製 D-76 を用い 20 度 7 分で現像処理した。共焦点絞りの開口径と焦点深度および焦点シフトによる観察原理と対象として用いた症例の後部硝子体剥離および硝子体管の模式図を示す(図 1a, 1b)。

III. 結果

症例 1. 網膜剥離手術後の後部硝子体虚脱剥離

右眼周辺の赤道部に裂孔を認め、網膜上半分と黄斑を含み剥離していた裂孔原性網膜剥離の症例

で網膜復位後のカラー眼底写真を示す。左上方にレーザー光凝固の瘢痕が認められ、黄斑部は偽円孔の所見を呈していたが観察視野内には硝子体所見を観察することはできなかった(図 2a)。SLO のヘリウムネオンによる間接的観察で、上下方向に眼球運動させ水晶体側に焦点シフトすると後部硝子体剥離が示唆される視神経乳頭グリア環 7, 10) (Weiss ring) が観察視野の中に移動し網脈絡膜からの反射光により混濁の強い硝子体皮質が黒い陰影として観察できた(図 2b)。アルゴンブルーの小開口径(開口径 2mm) による硝子体の直接的観察では視神経乳頭グリア環の硝子体皮質最外層はコラーゲンの密度が高く内部構造を明瞭に捉えていた(図 2c)。一方、大開口径(開口径 4mm) による硝子体の直接的観察では、解像度は低くなるものの焦点深度が深くなり重力により眼

図 1a. 共焦点絞りの開口径による焦点深度(矢印) と眼底下象限に沈んだ硝子体ゲルとともに、視神経乳点シフトによる観察法

- (左) : 小開口径は焦点深度が浅い。
- (中) : 大開口径は焦点深度が深い。
- (右) : 焦点を移動することで深さのある

硝子体腔内を観察できる。

図 1b.
硝子体剥離および
硝子体管の模式図

a. 後部硝子体虚脱
剥離

b. 後部硝子体部分

剥離

c. 硝子体管 (Cloquet canal)

図 2a. 症例 1 のカラー眼底写真

左上方に光凝固斑が認められるが、視野内に後部硝子体剥離を示唆する所見は観察できない。

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

上下に眼球運動すると乳頭グリア環 (矢印) が黒い陰影として視野内に観察できた。

細に観察すると左上方の裂孔辺縁が硝子体腔中に強く牽引されている所見が明瞭に確認できた(図3d)。さらに、アルゴンブルーで、上下左右の眼球運動と共に硝子体を波動させて焦点シフト(+7.5diopter)すると波動は制限されており、硝子体の部分剥離が示唆される所見と牽引している硝子体皮質から網膜面に接線方向に広がる透明度の高い薄い硝子体膜が明瞭に観察できた(図3e)。

図2c. 488nm アルゴンブルー(開口径2mm:画角40度)

乳頭グリア環の硝子体皮質最外部(矢印)はコラーゲンの密度が高く内部構造を明瞭に捉えていた。

頭グリア環の硝子体皮質に連なる透明度の高いセロハン様の硝子体膜が眼球運動と共に広範囲に波動し折り重なるように硝子体腔中央部で観察できた(図2d)。

症例2. 黄斑裂孔

黄斑裂孔の症例で黄斑裂孔辺縁は不整で周囲に硝子体の牽引を示唆する放射状の皺襞が認められたカラー眼底写真を示す(図3a)。SLOの焦点深度の深い開口径を用いたヘリウムネオンでは、硝子体の牽引は不明瞭であった(図3b)。アルゴンブルーで焦点シフト(+5.1diopter)すると、ヘリウムネオンで不明瞭であった黄斑裂孔辺縁の一部が硝子体に牽引されている所見が観察できた(図3c)。一方、高画角のヘリウムネオンによる間接的観察およびアルゴンブルーの直接的観察で詳

図 2d. 488nm アルゴンプルー（開口径 4mm：画角 40 度）
乳頭グリア環（矢頭）に連なる透明度の高いセロハン様
の硝子体膜（矢印）が眼球運動と共に波動し折り重なる
ように観察できた。

図 3a. 症例 2 のカラー眼底写真

黄斑裂孔内に黄色小沈着物と周囲に放射状の皺襞（矢
印）が認められた。

図 3b. 633nm ヘリウムネオン（開口径 4mm：画角 40 度）
黄斑裂孔および硝子体所見は不明瞭であった。

図 3c. 488nm アルゴンプルー（開口径 4mm：画角 40 度）
焦点シフトすると裂孔縁の一部が硝子体（矢印）に付着
している所見が観察できた。

症例 3. 黄斑円孔を伴ったピット黄斑症候群 9)

視神経乳頭の耳側にピット(視神経乳頭小窩)と黄斑部に限局した網膜剥離を認め黄斑円孔を伴うピット黄斑症候群では、神経線維の欠損が視神経乳頭小窩から弓状に黄斑円孔部まで連続しており、約3 視神経乳頭横径の網膜剥離部を取り囲むように輝度の高い反射が捉えられたカラー眼底写真を示す(図 4a)。SLO のアルゴンブルーで水晶体側に焦点シフト(+10.5diopter)すると胎生期に硝子体動脈が通っていた硝子体管(Cloquet canal)が視神経乳頭小窩に癒着し眼球運動により後部硝子体が可動性を示すとともに視神経乳頭小窩を牽引していた(図 4b, c, d)。

図 3d. 高画角で焦点シフトした所見(開口径 4mm : 画角 20 度)

(上) : 633nm ヘリウムネオン
硝子体は黄斑裂孔縁左上方から牽引している所見が観察できた。

(下) : 488nm アルゴンブルー
硝子体牽引部はヘリウムネオンより明瞭に観察できた。

図 4a. 症例 3 のカラー眼底写真

視神経乳頭小窩(矢印)から神経線維欠損部(長矢印)は弓状に黄斑円孔部まで連続し、約3 視神経乳頭横径の漿液性網膜剥離部(矢頭)が観察できた。

図 3e. 488nm アルゴンプルーで焦点シフトし眼球運動した所見（開口径 4mm :
画角 20 度）

裂孔牽引部（矢印）から接線方向に拡がる硝子体膜が明瞭に観察できた。

図 4b ~d. 488nm アルゴンプルー (開口径 4mm : 画角 40 度)
眼球運動により後部硝子体とともに硝子体管 Cloquet canal (矢頭) が可動性を示し視神経乳頭小窩(矢印) を牽引していた。

症例 4. 網膜静脈分枝閉塞症

網膜静脈分枝閉塞症でレーザー光凝固後、硝子体が収縮し黄斑部下方の硝子体皮質が牽引され円形に欠損した症例を示す。欠損部の後部硝子体は部分剥離しており硝子体索は視神経乳頭から連続していたカラー眼底写真を示す(図 5a)。SLO のアルゴンプルーでは、欠損した硝子体皮質の輪郭と隣接する硝子体索は直接反射画像として観察で

図 5a. 症例 4 のカラー眼底写真

黄斑部下方に円形の硝子体皮質の欠損部(矢頭) と視神経乳頭から連続した硝子体索(矢印) が観察できた。

図 5b. 488nm アルゴンプルー (開口径 2mm : 画角 40 度)
硝子体皮質の欠損部(矢頭) と隣接する硝子体索(黒矢印) は白い反射像、離れている硝子体索(白矢印) は後方からの反射光により黒い陰影として捉えられた。

図 5c. 780nm ダイオードレーザー (開口径 2mm : 画角 40 度)

硝子体索(矢印) は波長特性により黒い陰影として明瞭にその形態を観察できた。

き視神経乳頭部付近の硝子体索は、硝子体欠損部より離れており、後方からの反射光により黒い陰

影として捉えられた(図 5b)。ダイオードレーザー
では、波長特性により視神経乳頭から連続する硝

子体索は黒い陰影としてアルゴンブルーよりその全体像を明瞭に観察でき眼球運動では、硝子体索は波動するものの動きは制限されていた(図 5c)。

IV. 考 察

硝子体は膠原線維¹⁵⁾で、その間をヒアルロン酸が充満し三次元格子状構築を形成するゲル様構造¹⁾をとり、網膜、水晶体、毛様体に接する部位は膠原線維の密度が高く、硝子体中央部の密度は低く膜に近い性質から硝子体膜と呼ばれている。剥離した硝子体皮質の最外層(2 μ m ~ 3 μ m)はコラーゲンの密度が高く後部硝子体剥離²⁻⁴⁾では、視神経乳頭前方に環状の混濁(Weiss ring)として、しばしば眼底カメラでも観察が可能である。しかし、硝子体は、中間透光体として透明性を維持しているため写真撮影の被写体として光反射率^{3, 4)}が低い。硝子体が引き起こす眼内変化を理解するには客観的な情報が必要であり角膜接触型の硝子体検査用コンタクトレンズ(three mirror contact lens)と細隙灯顕微鏡を用い細長いスリット光で硝子体の透明組織を光で切断するように照明し、斜めから生体顕微鏡で硝子体病変を写真撮影する方法^{2, 4)}が開発された。さらに、細隙灯顕微鏡に固定した前置レンズ(EIByadi-梶浦レンズ)を用いることにより角膜に接触せず硝子体の動的観察が制限されない撮影法²⁾が開発されて網膜硝子体疾患の発症や予後、そして治療方針の選択が明らかになった。しかしながら、この細隙灯顕微鏡によるチンダル現象の増幅を利用した撮影法には輝度の高いスリット光と高感度フィルムの増感処理が必要であり、網膜に隣接する後部硝子体では脈絡膜からの反射光を少なくする照明—観察系角をとり熟練を要することと細隙灯顕

微鏡も一つの生体顕微鏡で焦点深度が浅いという欠点がある。

一方、SLO の、共焦点方式では合焦点以外の脈絡膜や網膜などの後方からの散乱光を抑制して画像を取り込むため硝子体ゲルのコントラストが高くなる。さらに、レーザースポットの径が小さく一つ一つのレーザースポットで画像を再構築しているため眼底カメラや細隙灯顕微鏡に比較して

焦点深度が深く網膜に焦点を合わせたままで、前方に浮遊する硝子体混濁も黒い陰影として観察(7, 10) できるが、硝子体腔は約 16mm と長く硝子体変化の初期症状として飛蚊症を訴える場合は、硝子体の変化が黄斑部網膜に近い病変が多いが、硝子体が剥離して網膜から離れているほど、すなわち、水晶体側に接近した後部硝子体単純剥離などの検索には焦点シフトが必要となる。

後部硝子体が虚脱剥離し重力により下方に沈んだ硝子体ゲルや乳頭前グリア組織の症例では、眼球運動で虚脱した硝子体を上下方向に波動させ前方へ大きく移動し乳頭グリア環とそれに連続した透明度の高いセロハン様の硝子体膜を明瞭に観察することができた。また、黄斑円孔を伴ったピット黄斑症候群の症例では、眼底カメラや焦点深度の深い SLO でも、網膜面に焦点を合わせた状態では、水晶体側に近い硝子体病変を捉えることができなかつた。しかし、解像力が低下するが焦点深度の深い開口径の大きい共焦点絞りで、左右に眼球運動させて直接的観察法として波長の短いアルゴンレーザーを使用し網膜表層から前方の水晶体側に大きく焦点シフトすることにより硝子体腔内に運動面を形成している後部硝子体膜に連なる異常な硝子体管 Cloquet canal が捉えられた。したがって、焦点深度が深い観察装置においても硝子体腔が深いことを考慮し眼球を上下左右に動かして、硝子体ゲルを波動させ、前方への焦点シフト

を行うことが今回、我々が検討した症例においても有用であった。

以上のことから SLO による硝子体の動的観察を行うことにより、ピット黄斑症候群に伴う網膜剥離については異常な硝子体管の牽引が関連している説 11) や網膜裂孔では接線方向に広がる硝子体皮質のベクトル方向の牽引が円孔形成に関与している説 16) が示唆される所見が明瞭に観察できた。本装置の共焦点方式による間接的観察と焦点シフトによる直接的観察を併用した検索手段は、硝子体の全体像の観察手段として臨床的に有用であり硝子体の多彩な変化を理解する上でも硝子体が引き起こす多くの症例に対して応用が期待できると考えられた。

V. まとめ

SLOでは、被検者の羞明感が少なく眼底カメラや細隙灯顕微鏡に比較して焦点深度が深く、さらに開口径の大きさを焦点深度の変換が可能のため病変部の焦点合わせが容易である。共焦点方式により脈絡膜や網膜からの散乱光を抑制して硝子体ゲルのコントラストを高くして観察することが可能である。したがって、間接的な観察法では硝子体索の形態、直接的な観察法では硝子体の微細な構造も捉えることができ、広範囲な硝子体の動的観察には前後方向の焦点シフトと眼球運動による硝子体の位置移動は透明度の高い硝子体病変の全体像の観察として有用な検査手段であると考えられた。

参考文献

- 1) 現代の眼科学 第6版, 所敬, 金井淳 編集, 金原出版, 東京. 1996.
- 2) 高橋正孝 : 細隙灯顕微鏡による硝子体検査法, 眼科 23, 501-509, 1981.
- 3) 高橋正孝 : 硝子体写真撮影の実際, 眼科 25, 37-46, 1982.
- 4) 大久保彰、大久保好子、金上貞夫、清水昊幸 : 自動フォトスリットランプと超高感度カラーフィルムを用いた硝子体写真撮影法, 臨眼 39, 357-361, 1985.
- 5) Webb, R. H., Hughes, G. W., Pomerantzeff, O : Flyingspot TV ophthalmoscope. Applied Optics 19 : 2991-2997, 1980.
- 6) Webb RH, Hughes GW, Delori FC : Confocal scanning laser ophthalmoscope. Applied Optics 26:1492-1499, 1987.

7) 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.

8) 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.

9) 梯彰弘, 石子智士, 今野優, 門正則, 秋葉純, 吉田晃敏 : 硝子体のビデオグラフィ, 日本眼科学会雑誌, No99, 819-823, 1995.

10) 山本和則 : 特集 SLO と眼科臨床, SLO と硝子体変化, 眼科 39, 161-168, 1997.

11) 桂弘 : ピット黄斑症候群と朝顔症候群, 眼科診療プラクティス 13. 黄斑部疾患の診療指針, 156-159, 分光堂, 東京, 1994.

12) 福井勝彦 : カラー撮影の基礎, 「月刊眼科診療プラクティス Vol. 46 眼科写真撮影法」, 金上貞夫, 丸尾敏夫, 本田孔士, 臼井正彦, 田野保雄編, 6-11, 分光堂, 東京, 1999.

13) 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)による眼底撮影の有用性(3) 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

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 (5) : 763-770, 1992.

15) 吉田晃敏, 秋葉純 : 硝子体の構造と生理, 眼科学体系 5A 網膜・硝子体. 101-105, 中山書店, 東京, 1995

16) Gass, J.D.M. : Reappraisal of biomicroscopic classification of stages of development of a macular hole, A. J. O., 119 : 752-759, 1995.

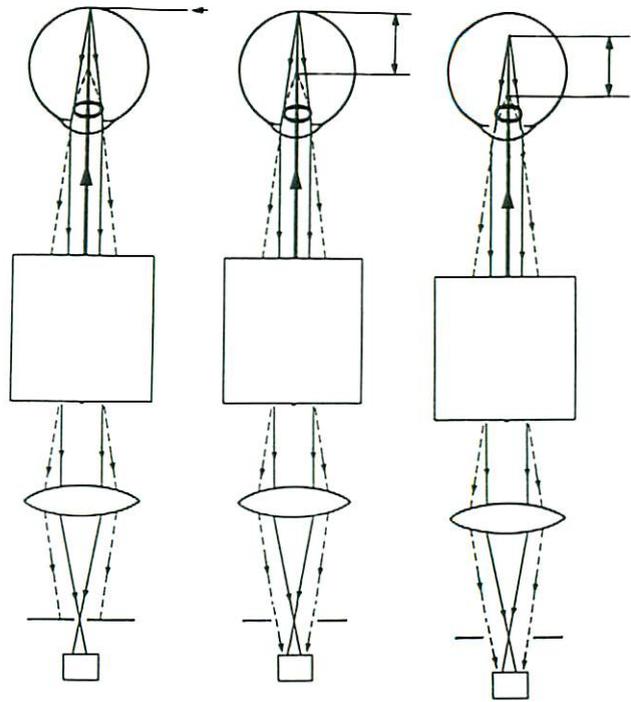


图 1 a

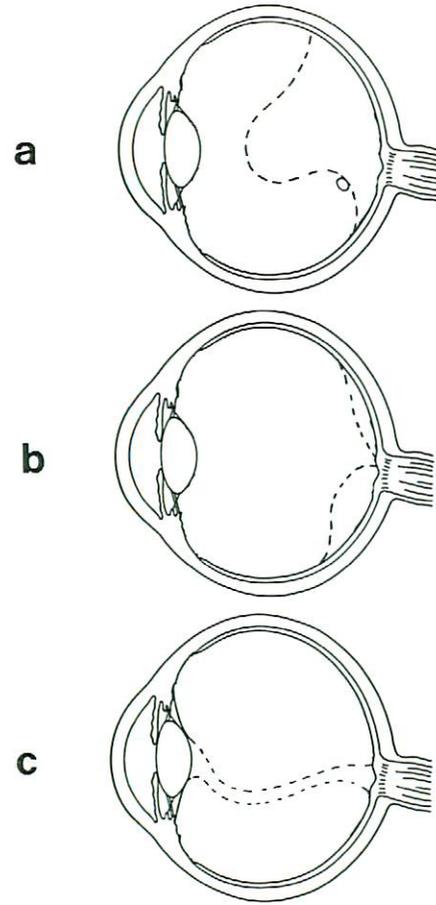


图 1 b



图 2 a

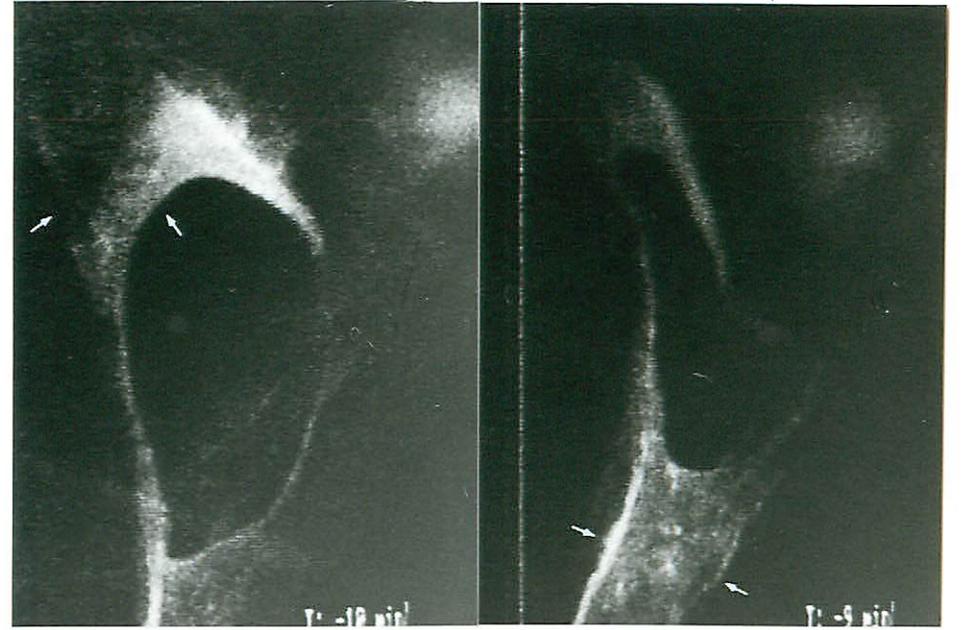


图 2 c

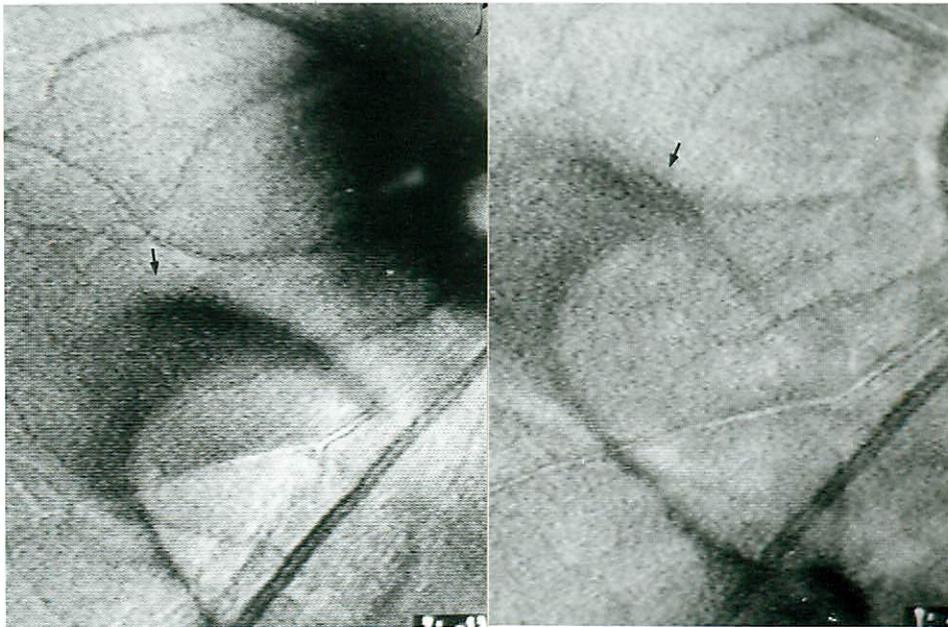


图 2 b

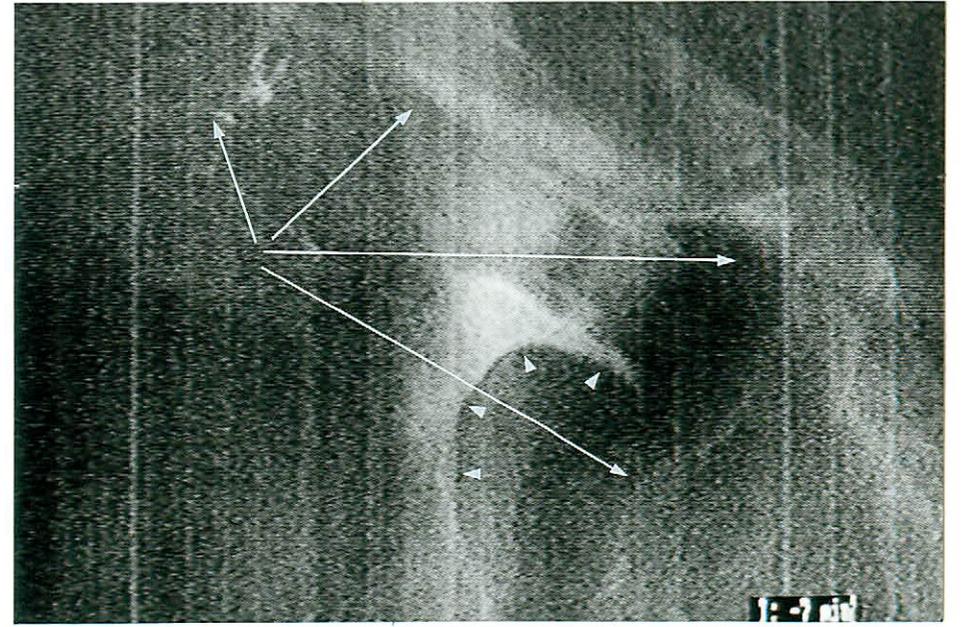


图 2 d

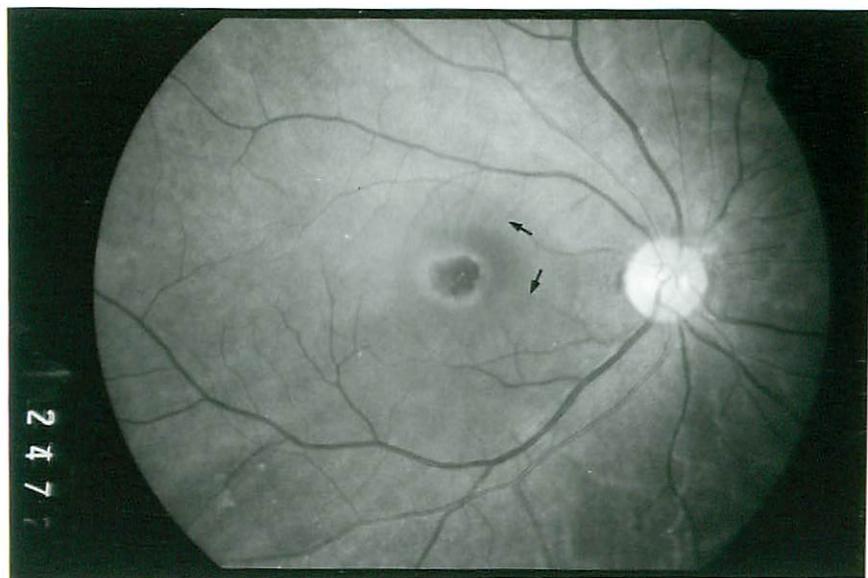


图 3 a

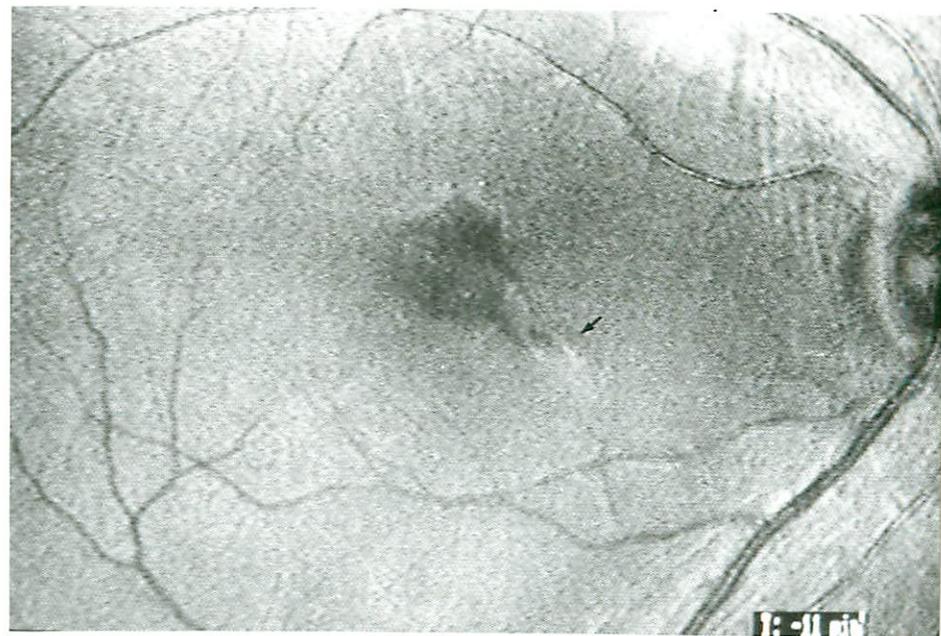


图 3 c

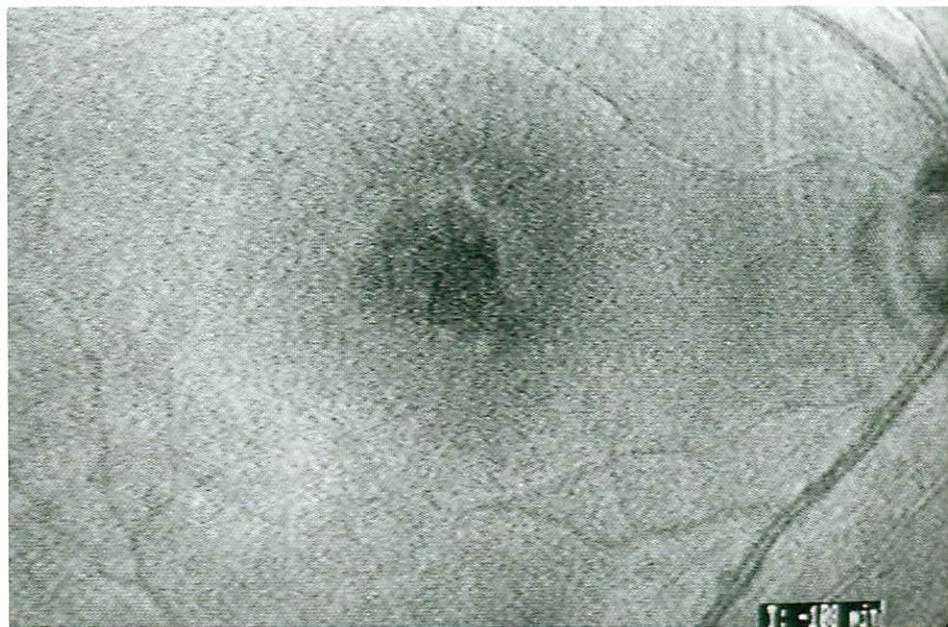


图 3 b

图 3 d

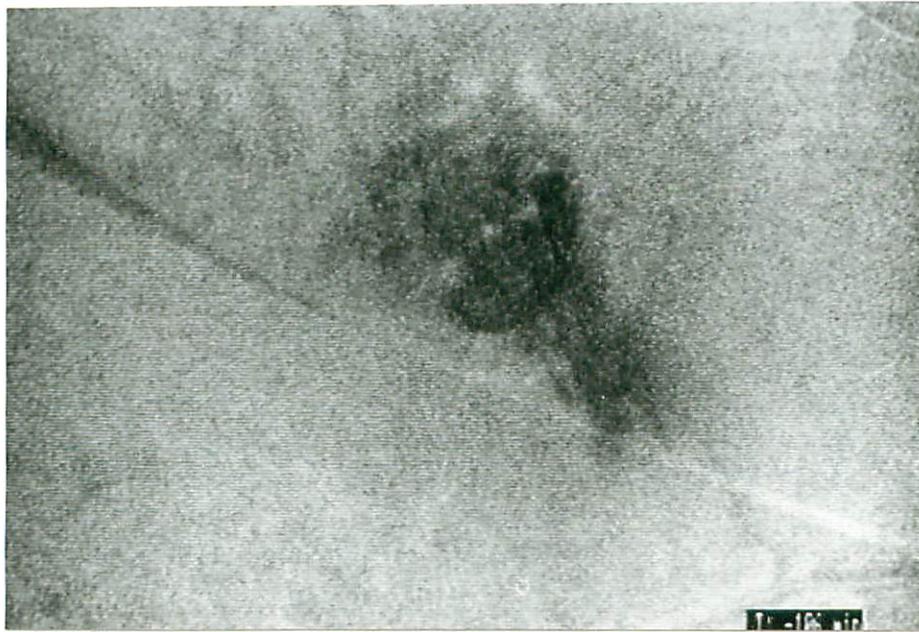


図3d(上)

633nmヘリウムネオン
硝子体は黄斑裂孔縁左上方から牽引している所見が観察できた。



図3d(下)

488nmアルゴンブルー
硝子体牽引部はヘリウムネオンより明瞭に観察できた。

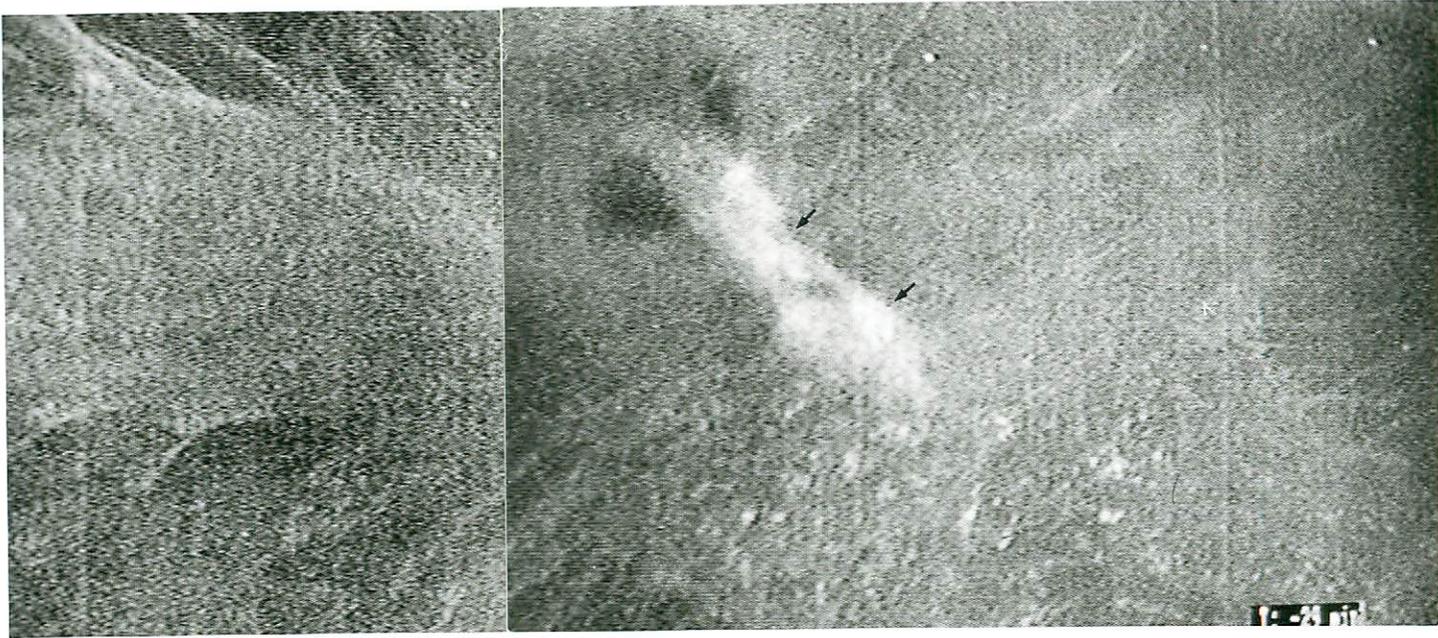


图 3 e

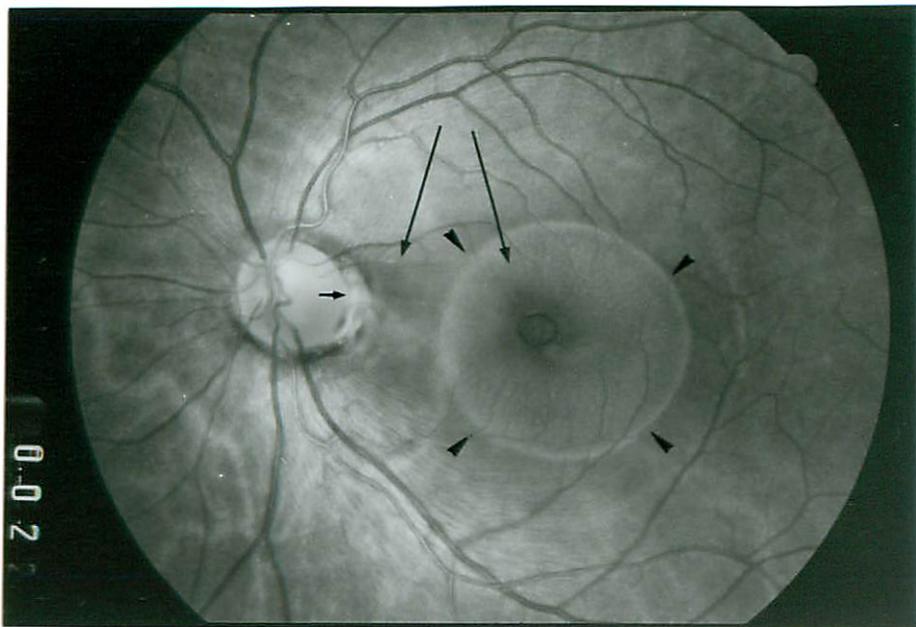


图 4 a



图 4 c

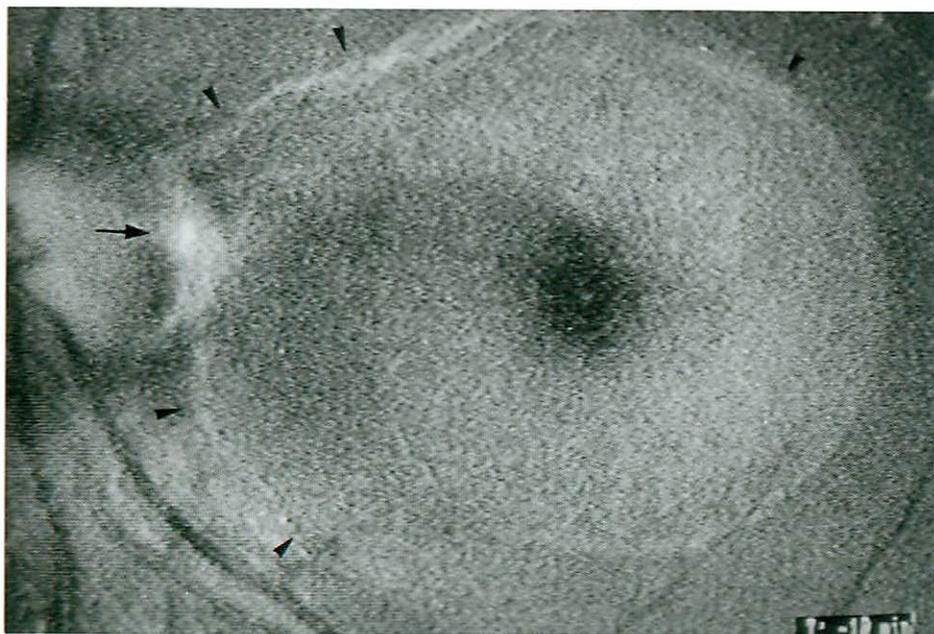


图 4 b

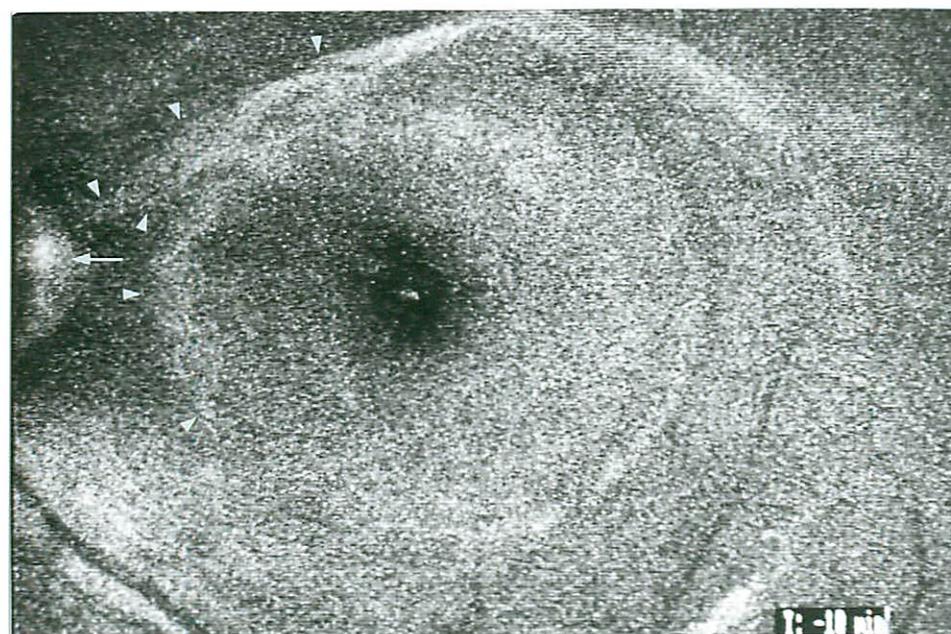


图 4 d

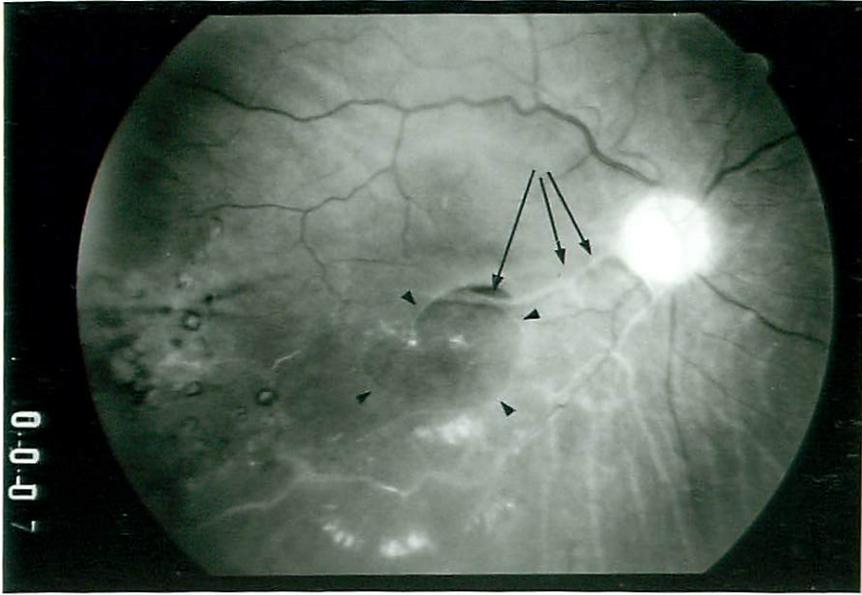


图 5 a

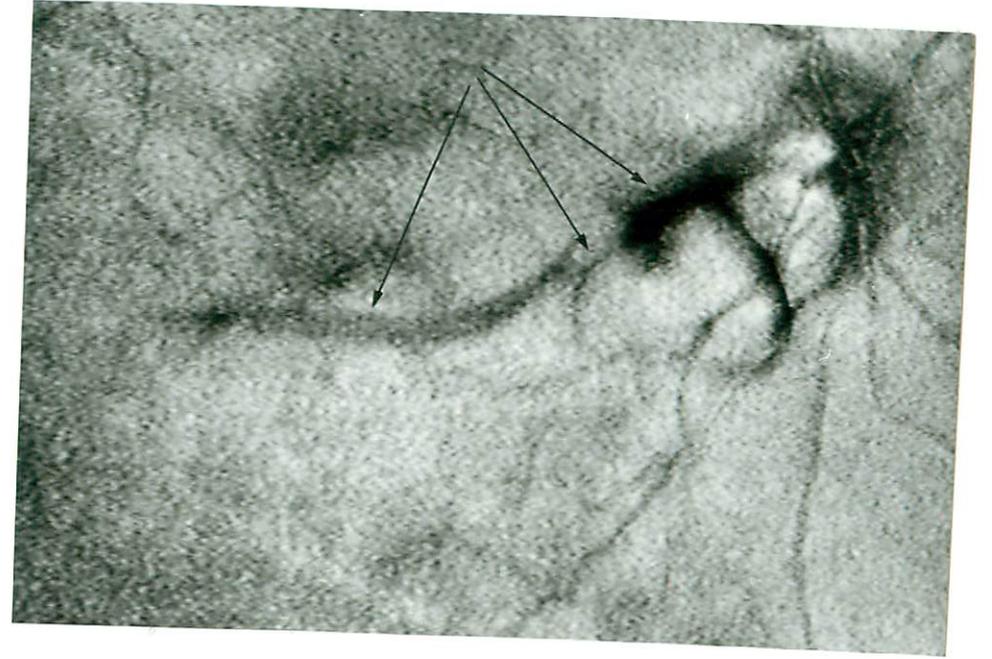


图 5 c

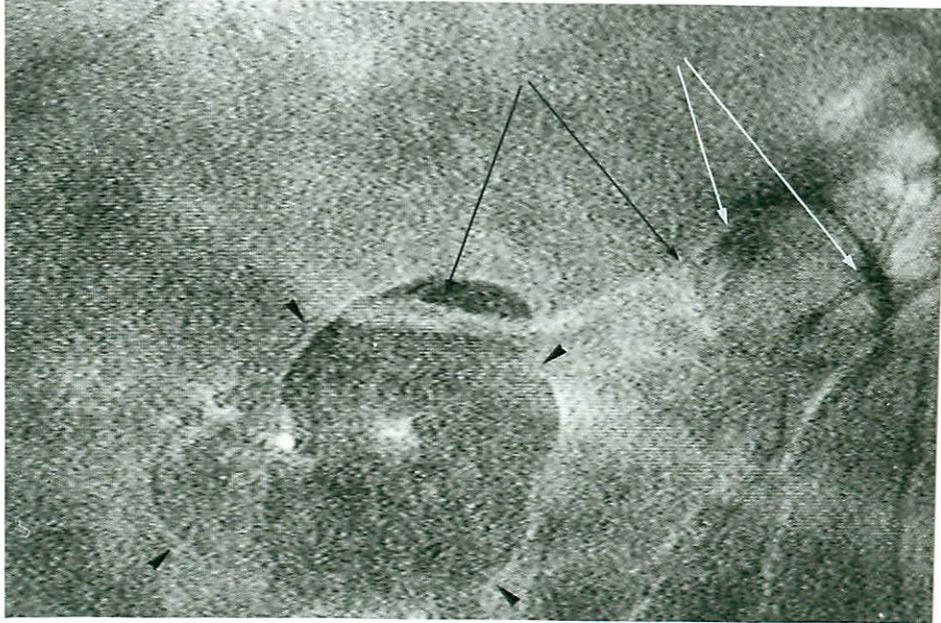


图 5 b