

AMCoR

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

日本眼科紀要 (1994) 45巻8号:P862~867.

フオトスリットランプの改良による前眼部蛍光造影撮影 第2報

福井勝彦、五十嵐弘昌、磯部裕成、吉田晃敏

福井 勝彦¹⁾

五十嵐弘昌¹⁾

磯部 裕成²⁾

吉田 晃敏¹⁾

¹⁾ 旭川医科大学眼科学教室

²⁾ 旭川医科大学脳神経外科学教室

Anterior segment fluorescein angiography using improved photo slit-lamp (2)

Katsuhiko Fukui 1)

Hiromasa Igarasi 1)

Hironori Isobe 2)

Akitoshi Yoshida 1)

1) Department of Ophthalmology, Asahikawa Medical College.

2) Department of Neurosurgery, Asahikawa Medical College.

旭川市西神楽 4-5-3-11 旭川医科大学眼科学教室

Department of Ophthalmology, Asahikawa Medical College, 4-5 Nishikagura, Asahikawa, 078 Japan.

〈要 約〉

我々が改良し試作したフォトスリットランプ(東独Zeiss社製Model-211)の有用性を、既存の蛍光用フォトスリットランプ (Zeiss社製40SL、Kowa製SC-1200)との比較により検討した。その結果、フラッシュ露光量(Model-211;500,000Lxs、40-SL;96,000Lxs、SC-1200;26,000Lxs)、撮影系の光透過性(370Lxs、130Lxs、68Lxs)、フルオレスセインの最小有効濃度(0.9×10^{-7} g/ml、 0.4×10^{-6} g/ml、 0.8×10^{-6} g/ml)の比較では、Model-211が最も優れた結果を示した。また、フィルターの透過率の比較では、3機種とも80%以上と良好な成績を示した。一方、実際の撮影での比較では、撮影初期の微細な血管の描出ほどModel-211が優れていた。しかし、Model-211は、撮影倍率によって光透過性が変化するため、露出の設定を撮影倍率ごとに変える必要があった。以上より、本装置は、撮影にある程度の経験が要求されるものの、臨床への応用は十分可能なものと推測された。

キーワード：前眼蛍光撮影、フォトスリットランプ、光学濃度、フルオレスセインナトリウム有効濃度域、バンドパス型フィルター

< abstract >

To determine its clinical usefulness, we compared our modified photo slit-lamp (Model-211, Zeiss Jena) with two standard photo slit-lamps for fluorescein angiography (40-SL, Zeiss; SC-1200, Kowa). The following results were obtained from Model-211, 40-SL, and SC-1200, respectively: maximum flash exposure dose: 500,000, 96,000, and 26,000; light permeability from an object lens through the camera, 370, 130, and 68 Lxs; and minimum effective density of fluorescence, 0.9×10^{-7} , 0.4×10^{-6} , and 0.8×10^{-6} g/ml. The rates of permeability of the filters in the three systems were similar. Clinically, smaller ocular vessels were more clearly visible with Model-211 than the other systems as expected from the results. However, we had to change the exposure with each magnification because the light permeability changed with each magnification. Although more experience is needed, we concluded that our modified system may be clinically useful.

Key Words:

Fluorescein Angiography of Anterior Segment, Photo Slit-lamp, Optical Density, Fluorescein Sodium Effective Density Range, Band-pass Filter

I. 緒 言

近年、前眼部病変の病期や治療効果の判定のため、前眼部蛍光造影撮影の重要性が指摘されるようになった¹⁻⁵⁾。しかしながら、本検査は高額な設備を必要とするため、特殊な施設を除き、一般的には普及すまでは至っていない。一方、既報において我々は、低コストでの前眼部蛍光造影撮影を目的とし、既存のフォトリットランプに改良を加え試作した蛍光フォトリットランプを報告した⁶⁾。そこで本研究では、本装置と、現在販売されている既存の前眼部蛍光用フォトリットランプとを比較し、我々の試作した装置の有用性について検討した。

II. 方 法

今回、我々の改良したModel-211との比較研究のために、現在市販されている既存の前眼部蛍光用フォトリットランプとしてZeiss社製の40-SLとKowa社製のSC-1200を用いた。そして、以下の観点から検討を行った。

1. フラッシュ露光量の比較

各装置の対物レンズの焦点距離上に設置した照度計(Msatersix, Gossen)にフラッシュバルブを発光させ、蛍光写真撮影時に、フラッシュバルブが被写体に向けて放出する光量(フラッシュ露光量)を測定した。なお、フラッシュ光は、被写体(照度計)の正面から発光させ、測定は、各装置の選択可能な消費電力のすべてについて行った。

2. 撮影系の光透過性の比較

各蛍光フォトリットの焦点距離から写真撮影用フラッシュ(PE250S、松下電気)を発光させ、蛍光フォトリットに設置されているカメラのフィルム面上に設置した照度計(Msatersix, Gossen)で、対物レンズからフィルムまで到達する光の透過量を測定した。測定条件は、絞りを各装置の最大とし、カメラのシャッター幕をフラッシュに同調させて開閉させた。また、測定は、それぞれの測定装置の各撮影倍率ごとに行った。

3. フィルター特性の比較

各装置に装着されている蛍光用フィルター、すなわち励起用および濾過用フィルターの特性曲線を分光光度計(UV-160、島津)で測定した。

4. フルオレスセインナトリウム(F-Na)有効濃度域の比較

フルオレスセインナトリウムを0.1Mリン酸緩衝液(pH7.4)で 10^{-4} ~ 10^{-7} g/mlに希釈して毛

細管に封入し、これを黒色の台紙を背景にして、それぞれの装置で撮影した。その後、各希釈濃度別にフルオレスセインに対するフィルムの光学濃度（OD値）をデンシトメーター（Unigraph UHG-101、ユニークメディカル）を用いて測定し、フルオレスセインの識別可能領域（F-Na有効濃度域）、及び最小有効濃度⁷⁾を求めた。なお、撮影条件としては、撮影倍率を16倍、絞りを解放とし、フラッシュバルブを最大光量で発光させた。また、フィルムはコダックTri-Xpan(ISO400)用い、現像時にこれを4倍に増感した。

5. 最小撮影間隔の比較

フラッシュバルブの最初の発光から次の発光までに要する充電時間を測定した。

6. 実際の症例での比較

糖尿病性虹彩ルベオーシスを有する同一症例を対象として、それぞれの装置で撮影を行い、実際に撮影された前眼部蛍光造影写真を比較した。また、撮影は、結膜血管に蛍光が確認できたときから開始した。なお、撮影時期は、それぞれの機種により若干異なり、最も早いSC-1200による撮影から最後のModel-211による撮影までの期間は、2カ月間であった。

III. 結 果

1. フラッシュ露光量の比較

各装置のフラッシュバルブが被写体に放射できる最大光量は、40-SLが96,000Lxs、SC-1200が26,000Lxsであるのに対し、我々の改良したModel-211は、500,000Lxsと、40-SLの約5倍、SC-1200の約20倍であった。（表1）

2. 撮影系の光透過性の比較方法

各装置の対物レンズからカメラまでの光の最大透過量は、Model-211が370Lxs、40-SLが130Lxs、SC-1200が68Lxsと、Model-211が最も優れた光透過性を有していた。しかしながら、撮影倍率と光透過性との関係は、3機種とも、臨床上最も使用頻度の高い16倍の時に最大透過量を示すものの、SC-1200ではすべての撮影倍率で光透過性はほとんど変化せず、更に40-SLも実用域での倍率(6x~16x)では、その透過性にほとんど変化を認めなかった。（表2）

3. フィルター特性の比較

フィルターの透過波長域の比較では、40-SLのみに488~509nmにかけて透過波長の重複が認められた。更に、濾過フィルターは、立ち上がりがなだらかで、長波長側で透過光が制

限されないシャープカット型の着色フィルターの特性曲線を示した。これに対し、SC-1200およびModel-211では、重複波長は認められず、更に、透過光の波長が完全に制限されたバンドパス型（干渉フィルター）の特性曲線を示した。（図1）

一方、フルオレスセインの最大吸収波長(480nm)と最大蛍光波長(530nm)における透過率の比較では、SC-1200が励起用で90%、濾過用で85%と、他に比べ若干優れた透過率を示したものの、3機種とも80%以上と良好な成績を示した。

4. フルオレスセインナトリウム(F-Na)有効濃度域の比較

各装置のF-Na有効濃度域を比較すると、Model-211が 0.9×10^{-7} から 0.4×10^{-5} g/ml、40-SLが 0.4×10^{-6} から 0.2×10^{-4} g/ml、SC-1200が 0.8×10^{-6} から 1.0×10^{-4} g/mlと、40-SLが最も広い範囲を網羅していた。しかしながら、Model-211は、最小有効濃度が 0.9×10^{-7} g/mlと、40-SLと比較して約5倍、SC-1200との比較では、約9倍の検出感度を有しており、微小な蛍光ほどModel-211の検出率が増すものと考えられる。（図2）

5. 最小撮影間隔の比較

各装置の充電に要する時間は、SC-1200が1.0秒(150Ws)と最も短く、続いてModel-211が2.4秒(480Ws)と若干長く、そして、40-SLは6.0秒(960Ws)と他の機種と比較し、かなりの時間を必要とした。

6. 実際の症例での比較

造影開始直後の蛍光写真では（図3 a~c）、Model-211及び40-SLは、すでに異常血管を捉えているに対し、SC-1200では、まだ、ほとんどなにも撮影されていなかった。撮影開始6秒後の撮影では（図4 a~c）、3機種とも広範囲に進展した異常血管を確認することができた。しかし、40-SLでは、他の2機種と比較し蛍光漏出と異常血管とが若干判別しづらかった。撮影開始12秒後（図5 a~c）では、3者とも多量の蛍光剤の漏出のため、微細な血管の検出はかなり困難となったが、Model-211とSC-1200では、まだ蛍光漏出部及び異常血管の一部を確認できる。最後に、撮影開始24秒後（図6 a~c）の比較では、3機種とも異常血管はもとより蛍光漏出部の判別はほとんど不可能となった。また、全経過を通じて、40-SLには、角膜上にスリット光の強い反射が認められた。したがって、Model-211は、撮影全般を通してほぼ満足できる結果であったが、特に撮影初期の微細な血管の描出に優れていることがわかる。

IV. 考 按

前眼部蛍光造影用フォトスリットランプの性能を比較する際の要素としては、フォトスリットランプそのものの光学的特性やそれに使用されている蛍光造影用フィルターの特性など写真の画質に影響する要素と、自動露出や自動焦点などが装備されているかなどの使用者側からの要素とに大別される。特にこの後者については、操作が不慣れな者にとって重要な因子である。この点に関連する今回の結果としては、装置の光の透過性があげられる。すなわち、40-SLとSC-1200が、撮影倍率によって光の透過量がほとんど変化しなかったのに対し、Model-211のみがその都度変化したことである。これは、40-SLとSC-1200が、撮影倍率が変化しても単一の露出での撮影を可能とするのに対し、Model-211は、撮影倍率により絞りやフラッシュバルブの光量をその都度考慮しなくてはならないことを意味する。従って、40-SLやSC-1200が、使用者の立場に立ち、いかにその設計に工夫が施されているかがわかる。

しかしながら、今回の結果から明らかなようにModel-211は、単純な光学的特性、すなわち、フラッシュ露光量や光の最大透過量の比較においては、他の2機種より優れた結果を示した。これは実際の撮影において、より小さな絞りでの撮影を可能とし、より深い焦点深度を期待できる。一方、前眼部撮影の特徴としては、角膜から虹彩までに数ミリの深度があることである。従って、前房内病変の三次元的要素を考慮すると、深い焦点深度をもつことは、実際の撮影において非常に有利な条件といえる。更にまた、この優れたフラッシュ露光量や光透過性が、Model-211の示した優れた最小有効濃度に反映し、今回の実際の撮影において、微小な蛍光を早期に検出できた最も大きな要因と考えられる。

次に、使用されているフィルターについてみると、40-SLの濾過フィルターのみが、シャープカット型の着色フィルターで、その他はバンドパス型の干渉フィルターであった。したがって、40-SLでは、励起フィルターと濾過フィルターの境界部及び長波長側で偽蛍光が発生しやすいことが予想される⁷⁻⁸⁾。そして今回の実際の撮影では、40-SLでは、全経過を通じて角膜上にスリット光の反射が認められ、さらに、撮影開始直後を除き、この40-SLによって撮影された蛍光写真での微細な血管の判別が、3機種のなかで最も困難であった。一方、F-Na有効濃度域の比較では、この40-SLが最も広い識別可能領域を網羅し、更にフラッシュ露光量および光の最大透過量についても、Model-211に次いで良好な成績であった。従って、撮影の極初期などの微細な蛍光のみが存在する場合を除き、蛍光撮影において、このフィルター特性が最も重要な因子であることが推測される。また、これは、我々が若

干のコストの増加にはなるが、バンドパス型フィルターを選択したことの妥当性を示唆する結果と考えている。

最後に最小撮影間隔について検討する。最小撮影間隔の短縮化は、詳細な一連の前眼部蛍光写真撮影を可能とし、また、撮影の取りこぼしを減少させる。従って、前眼部蛍光撮影用フォトリットランプの性能を比較する上で重要な要素の一つである。しかしながら、極端な連続写真は、フラッシュバルブの消耗を加速してバルブの交換時期を早め、結果としてコストの増加へとつながる。更にまた、このバルブの交換は、Model-211のように現在生産されていない機種にとっては致命的な欠陥となりかねない。従って、SC-1200のように1秒間隔での撮影は理想的ではあるが、既報⁶⁾でも述べたように、Model-211の2.4秒間隔は、臨床上十分有用な撮影間隔と考えられ、これ以上の連続写真の高速化は、現在の所、必要のないものと考えている。

以上をまとめると、我々の改良したModel-211は、撮影にはある程度の経験が必要と考えられる。しかしながら、装置の基本的な性能の比較からも明らかなように、実際の撮影では、撮影開始初期の微細な血管の描出ほど本装置が優れており、更に、撮影全般を通して、本装置は現在市販されている装置に匹敵する結果を示した。従って、本研究により、我々が改良し試作したModel-211が、臨床上十分有用であることが明らかとなった。また、今回の改良はフィルター挿入口を増設しただけであり、これは他のフォトリットランプの改良による前眼部蛍光の可能性をも示唆するものと考えられる。

本研究に御助力を頂いた、アイエスアイ技術部中山敏幸氏に深謝致します。

〈文 献〉

- 1) Demeler U, Diekstall F et al : Iris angiography of the anterior segment. J Ophthalmic Photography 9 : 116-122, 1986.
- 2) Mapstone R : Fluorescein iridography. Br J Ophthalmol 55: 400-406, 1971.
- 3) Leatikainen L, Blach RK, et al : Behaviour of the iris vasculature in central retinal vein occlusion. A fluorescein angiographic study of the vascular response of the retina and the iris. Br J Ophthalmol 61:1187-1191, 1980.
- 4) 近藤武久, 林 倫子 他:人工眼内レンズの成績(第6報).前眼部蛍光造影所見と Cystoid macular edemaの関係.日眼 84:573-579,1980.
- 5) 三木正毅,的場寛佳 他:Pseudexfoliation syndromの前眼部蛍光所見.眼紀 32 : 1124-1129,1980.
- 6) 福井勝彦,五十嵐弘昌 他:フォトスリットランプの改良による前眼部蛍光撮影.眼紀 45 :47-53,1994.
- 7) 笹井 明,保積英次 他:感光材料のセシウム.写真工業.フィルム・印画紙ハンドブック 37(15):149-176,写真工業出版社,東京,1979.
- 8) 松井瑞夫,高 慶二 他:蛍光眼底撮影法に関する臨床的研究 第3報 脈絡膜血管系の蛍光像について.日眼 71:238-248,1967.
- 9) 別所建夫:蛍光眼底撮影における干渉フィルターの使用経験について.眼紀 24:518-526, 1973.
- 10) 金上貞夫:蛍光眼底撮影における多層膜干渉フィルターの使用効果について.臨眼 28:1163-1166,1974.
- 11) Delori FC, Ben-Sira I et al : Fluorescein angiography with an optimized filter combination. Am J Ophthalmol.82:559-566, 1976.

〈図の説明〉

図 1 : 各装置に付属するフィルター特性の比較

40-SLのみに488~509nmにかけて透過波長の重複が認められた。更に、濾過フィルターは、長波長側で透過光が制限されないシャープカット型のフィルター特性を示した。また、フルオレスセインの最大吸収波長(480nm)と最大蛍光波長(530nm)における透過率の比較では、3機種とも80%以上の良好な成績を示した。

図 2 : フルオレスセインナトリウム (F-Na)有効濃度域の比較

各装置の(F-Na)有効濃度域は、Model-211が 0.9×10^{-7} から 0.4×10^{-5} g/ml、40-SLが 0.4×10^{-6} から 0.2×10^{-4} g/ml、SC-1200が 0.8×10^{-6} から 1.0×10^{-4} g/mlと、40-SLが最も広い範囲を網羅していた。しかし、最小有効濃度(OD値:0.1)については、Model-211(0.9×10^{-7} g/ml)が、40-SL(0.4×10^{-6} g/ml)の約5倍、SC-1200(0.8×10^{-6} g/ml)の約9倍の検出感度を示した。

図 3 (a-c) : 造影開始直後の前眼部蛍光撮影

- a) Model-211 微細な血管からの蛍光が明瞭に観察される。
- b) 40-SL 微細な血管からの蛍光が観察される。
- c) SC-1200 この時点では、ほとんどなにも撮影されていない。

図 4 (a-c) : 撮影開始6秒後の前眼部蛍光撮影

- a) Model-211 虹彩全体に広がる異常血管と蛍光漏出を明瞭に観察できる。
- b) 40-SL 異常蛍光は十分観察されるが、他の2機種と比較し異常血管と蛍光漏出とを判別しづらい。
- c) SC-1200 虹彩全体に広がる異常血管と蛍光漏出を観察できる。

図 5 (a-c) : 撮影開始12秒後の前眼部蛍光撮影

- a) Model-211 蛍光剤の漏出によりかなり不明瞭とはなってきたが、まだ、一部の異常血管を確認できる。

- b) 40-SL 撮影開始 6 秒後と同様に、異常血管と蛍光漏出とを判別しづらい。
- c) SC-1200 蛍光剤の漏出によりかなり不明瞭とはなってきたが、まだ、一部の異常血管を確認できる。

図 6 (a-c) : 撮影開始 24 秒後の前眼部蛍光撮影

a) Model-211, b) 40-SL, c) SC-1200

3 機種とも多量の蛍光物質の漏出により異常血管の検出は不可能となった。

表 1 : フラッシュ露光量

Model-211	40-SL	SC-1200
94,000 (60Ws)	12,000 (120Ws)	
188,000 (120Ws)	24,000 (240Ws)	
266,000 (240Ws)	48,000 (480Ws)	
*500,000 (480Ws)	*96,000 (960Ws)	*26,000 (150Ws)

*は、実際の撮影で使用される光量を示す。 (Lxs)

表 2 : 各撮影倍率における撮影系の光透過性の変化

Model-211	40-SL	SC-1200
200 (5x)	110 (6x)	54 (6x)
270 (9x)	110 (10x)	62 (10x)
370 (16x)	130 (16x)	68 (16X)
280 (27x)	64 (25x)	62 (25x)
160 (50x)	38 (40x)	50 (40x)

(Lxs)

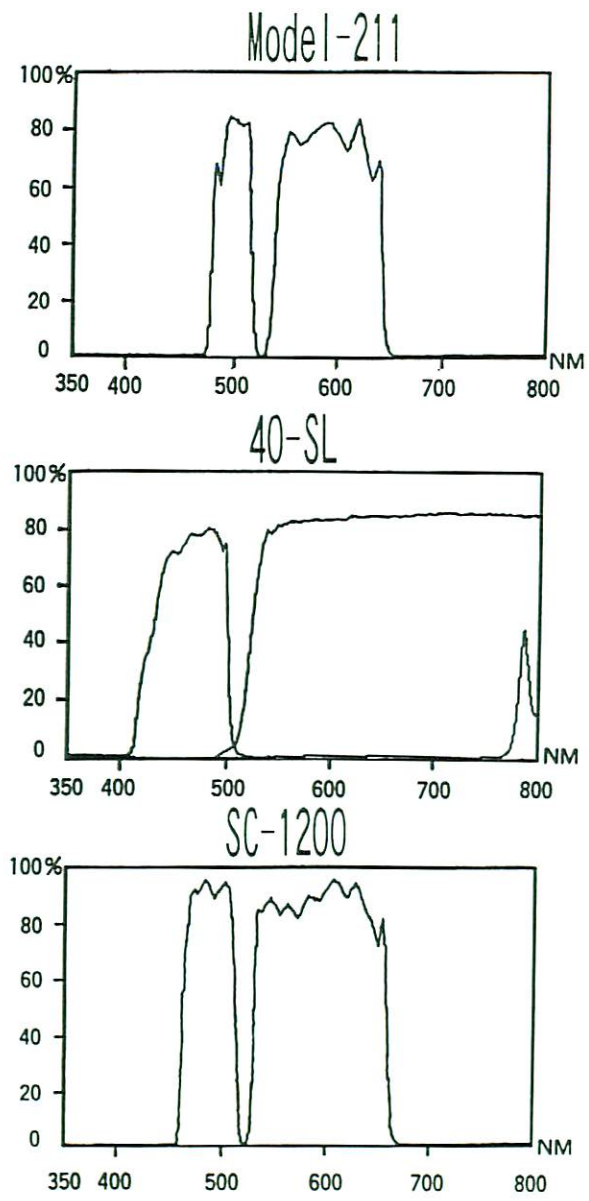


图 1

3-Figure 4

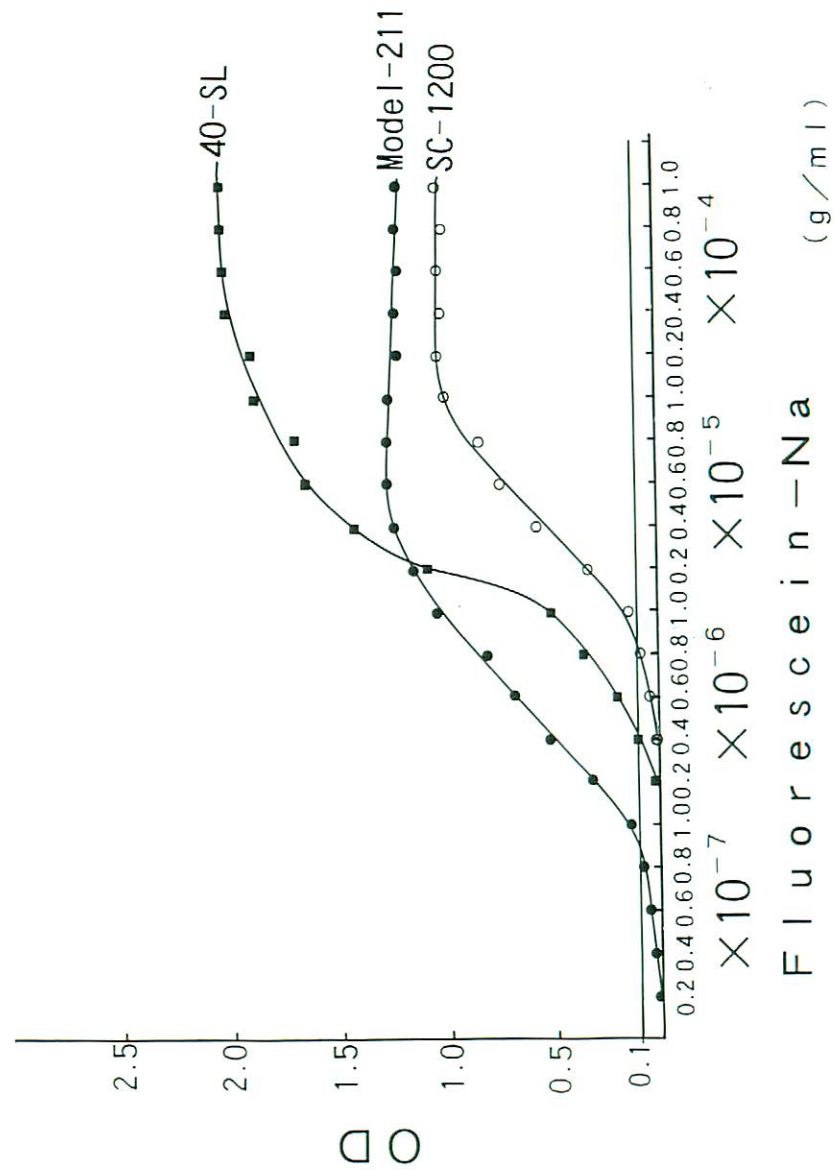


图 2

3-Figure 5

Table 1. Flash intensity (lux) and the type of illumination system

Model-211		40-SL (Watt seconds)		SC-1200	
flash bulb	actual condition	flash bulb	actual condition	flash bulb	actual condition
94,000	1,800 (60)	12,000	600 (120)		
188,000	4,800 (120)	24,000	1,200 (240)		
266,000	10,400 (240)	48,000	2,400 (480)		
500,000	22,000 (480)*	96,000	5,060 (960)*	26,000	4,090 (150)*
diffuse illumination		diffuse illumination		direct focal illumination	
*Quantity of light used in the angiography of an actual case. Actual condition, with exciter and light-scattering plate.					

Table 2. Changes in light transmission through the photographic system at each photographic magnification (lux).

Model-211	40-SL (Magnification)	SC-1200
200 (5)	100 (6)	54 (6)
270 (9)	110 (10)	58 (10)
350 (16)	120 (16)	66 (16)
280 (27)	54 (25)	62 (25)
150 (50)	35 (40)	50 (40)

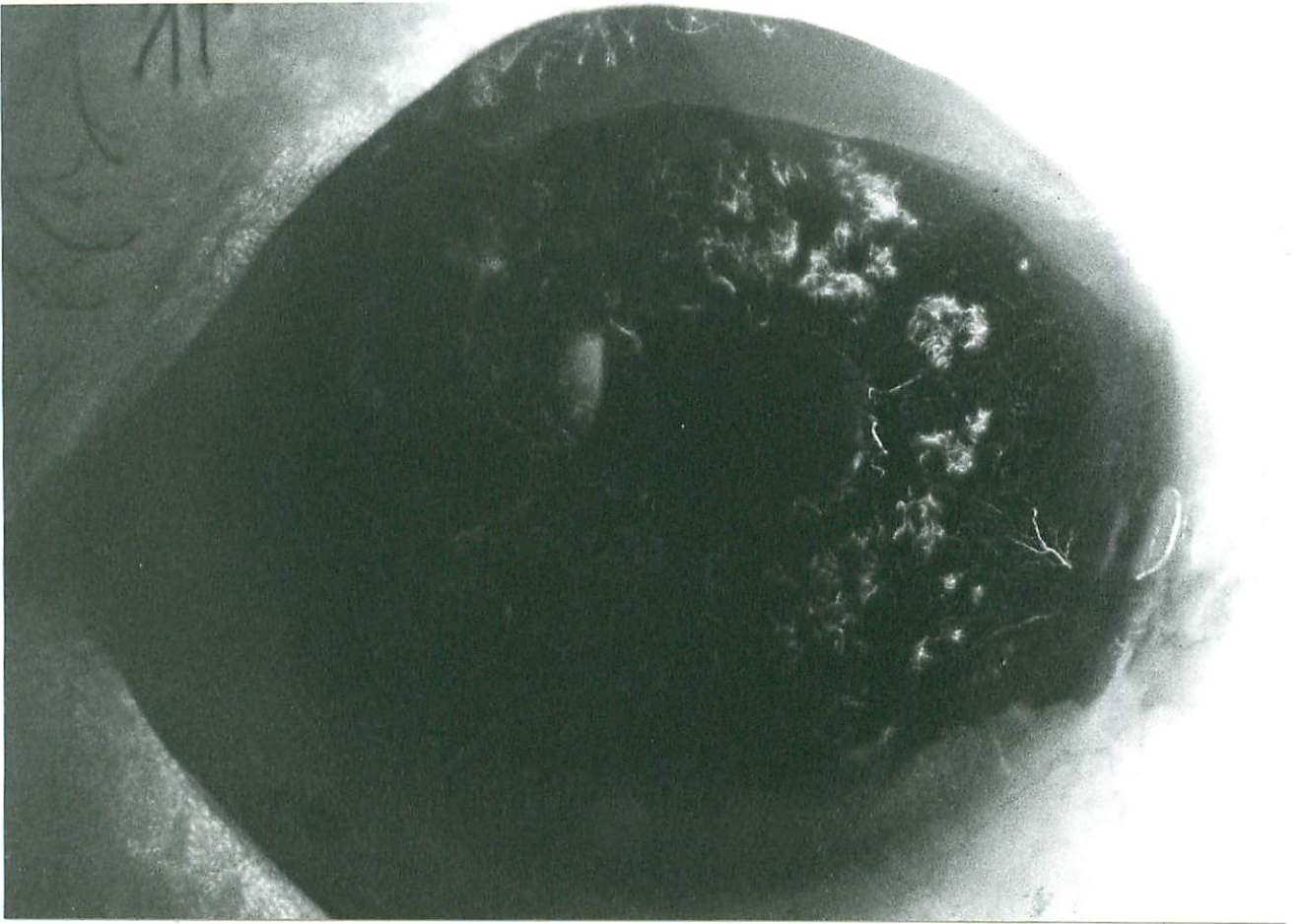


图 3a) Model-211

3-Figure 6(Top)A

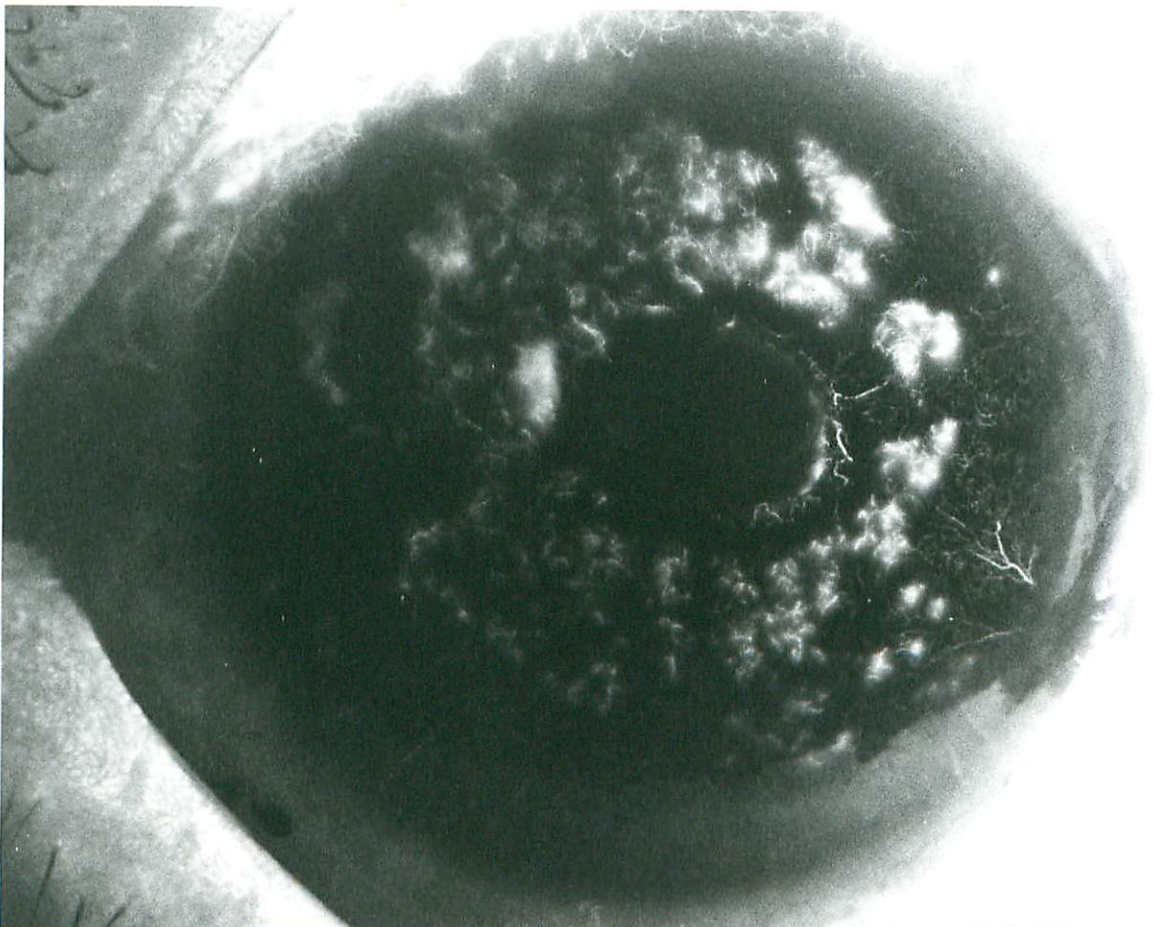


图 4a) Model-211

3-Figure 7(Top)A

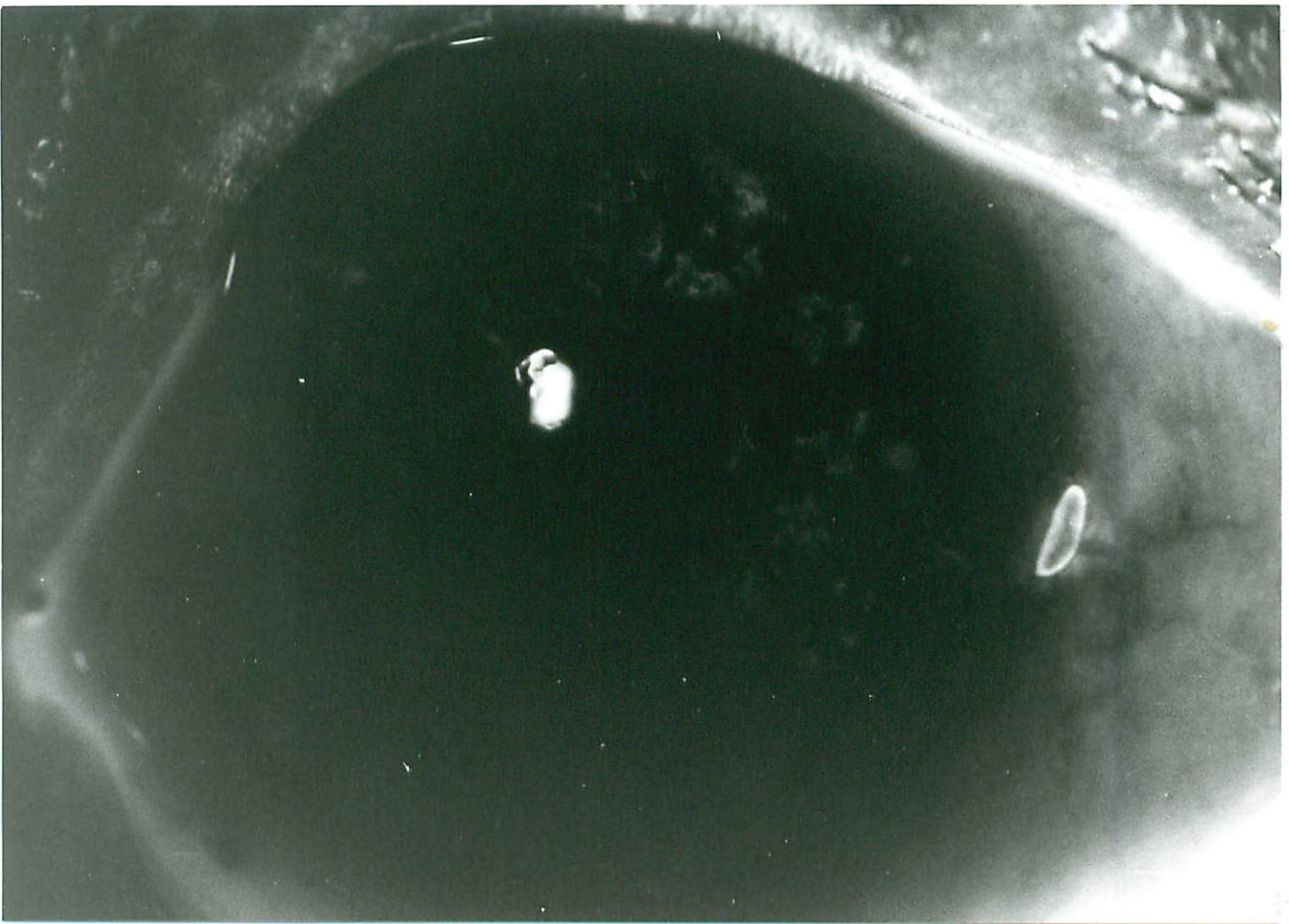


图 3b)40-SL

3-Figure 6(Middle)B

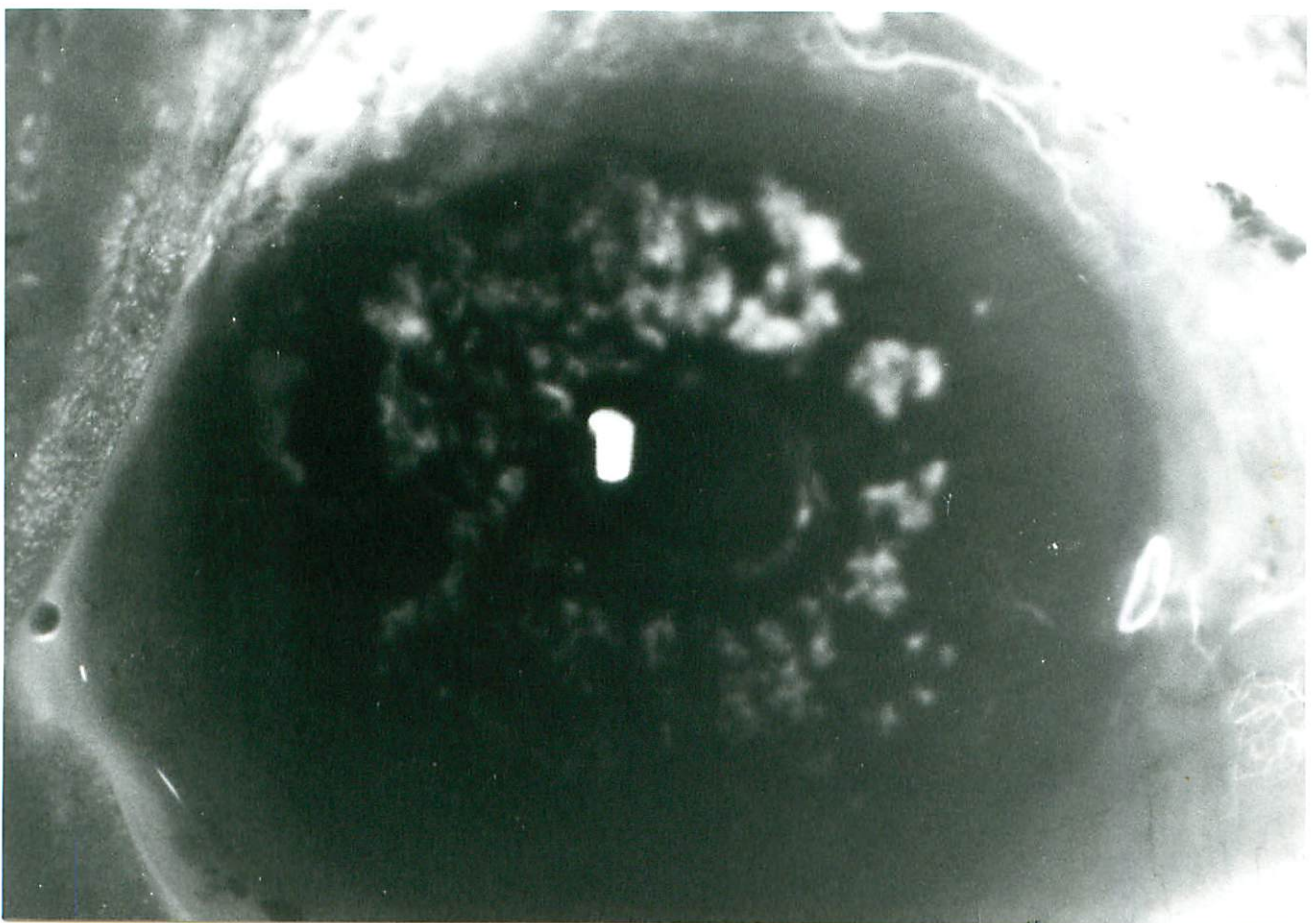


图 4b)40-SL

3-Figure 7(Middle)B

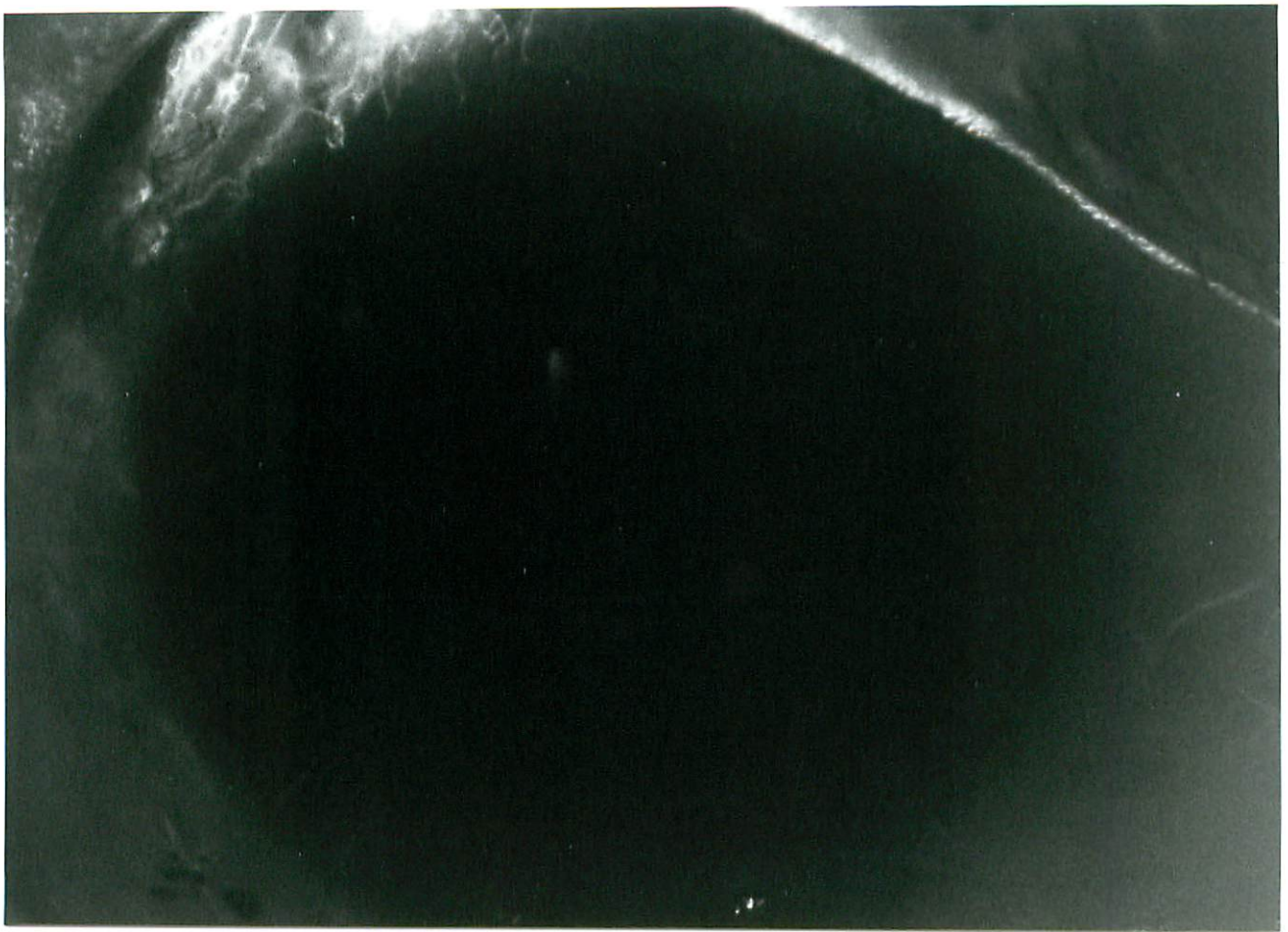


图 3c)SC-1200

3-Figure 6(Bottom)C

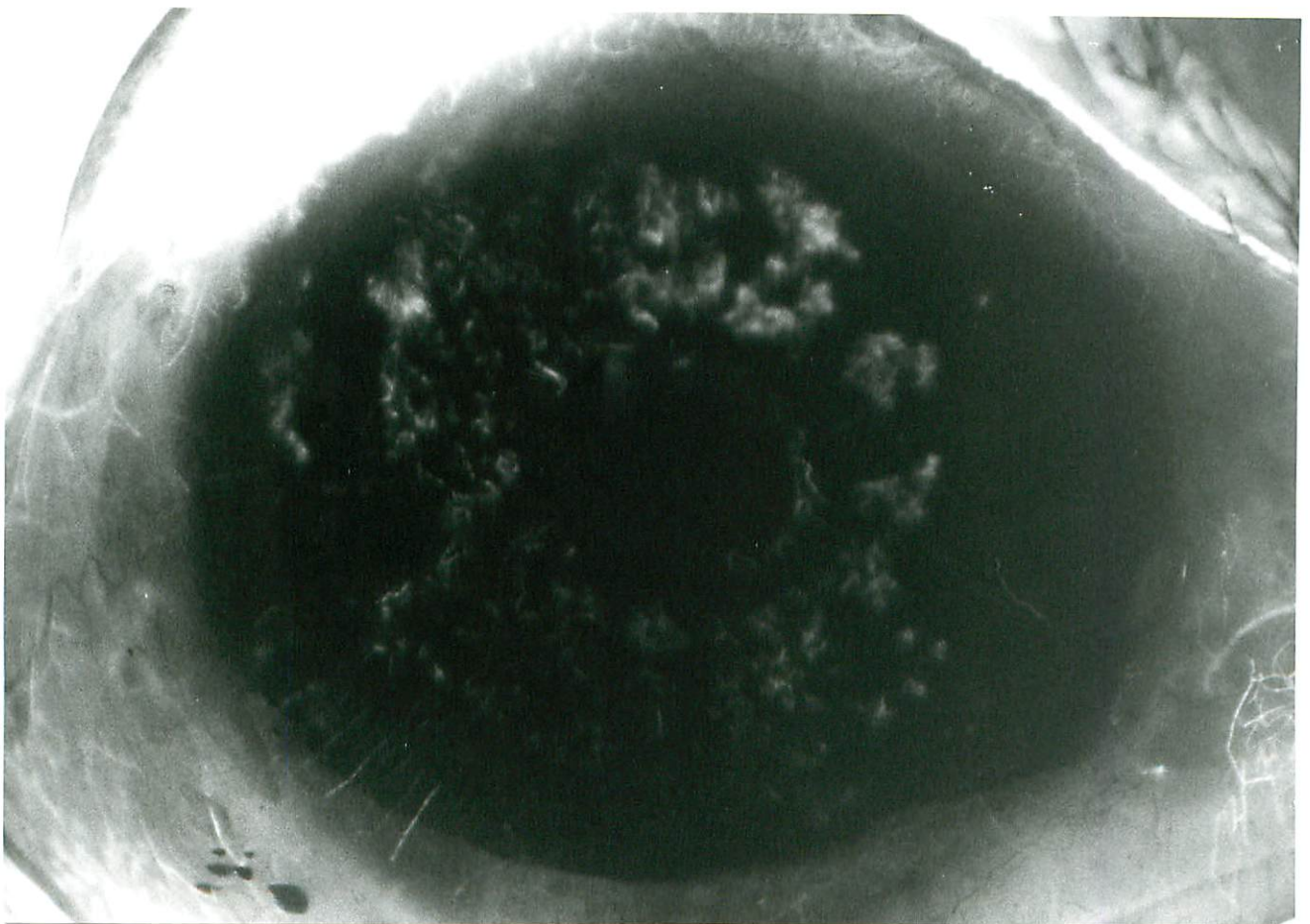


图 4c)SC-1200

3-Figure 7(Bottom)C

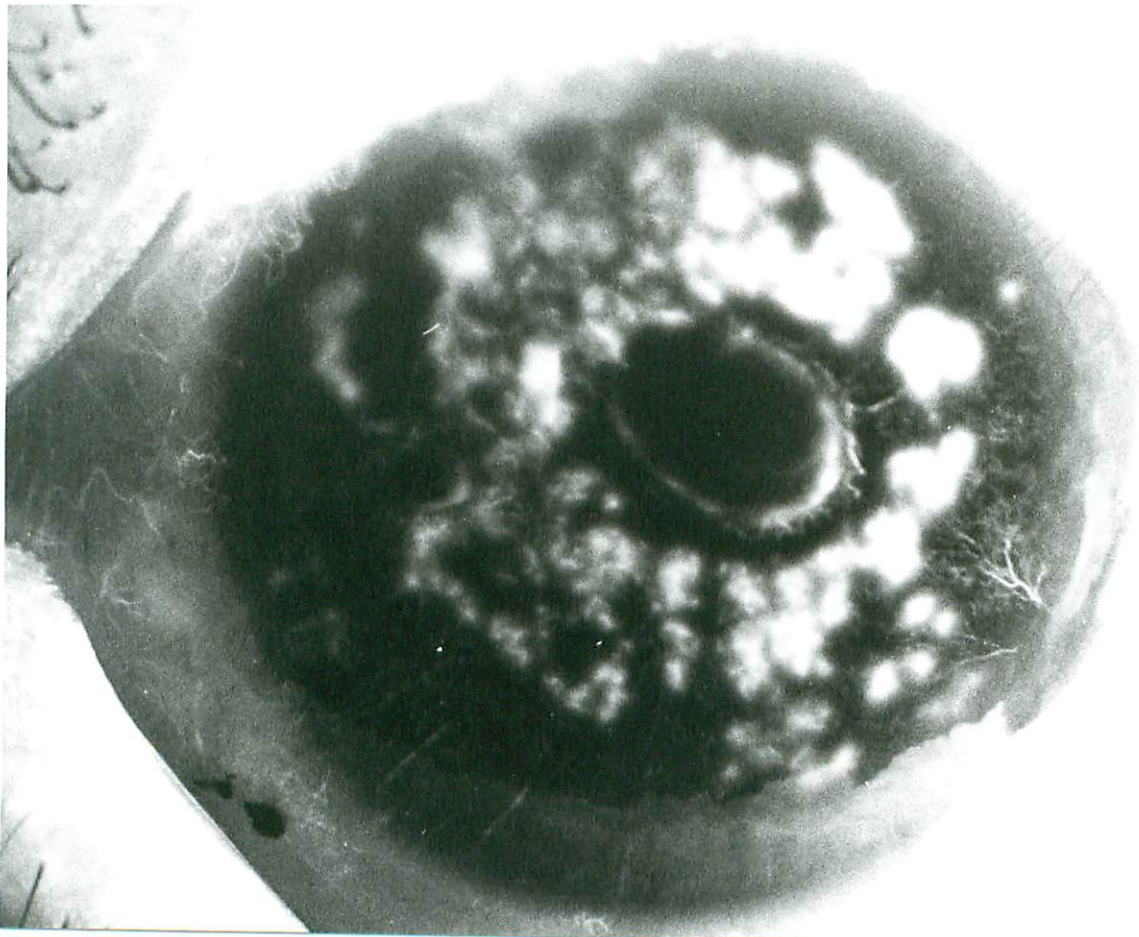


图 5a) Model-211

3-Figure 8(Top)A



图 6a) Model-211

3-Figure 9(Top)A

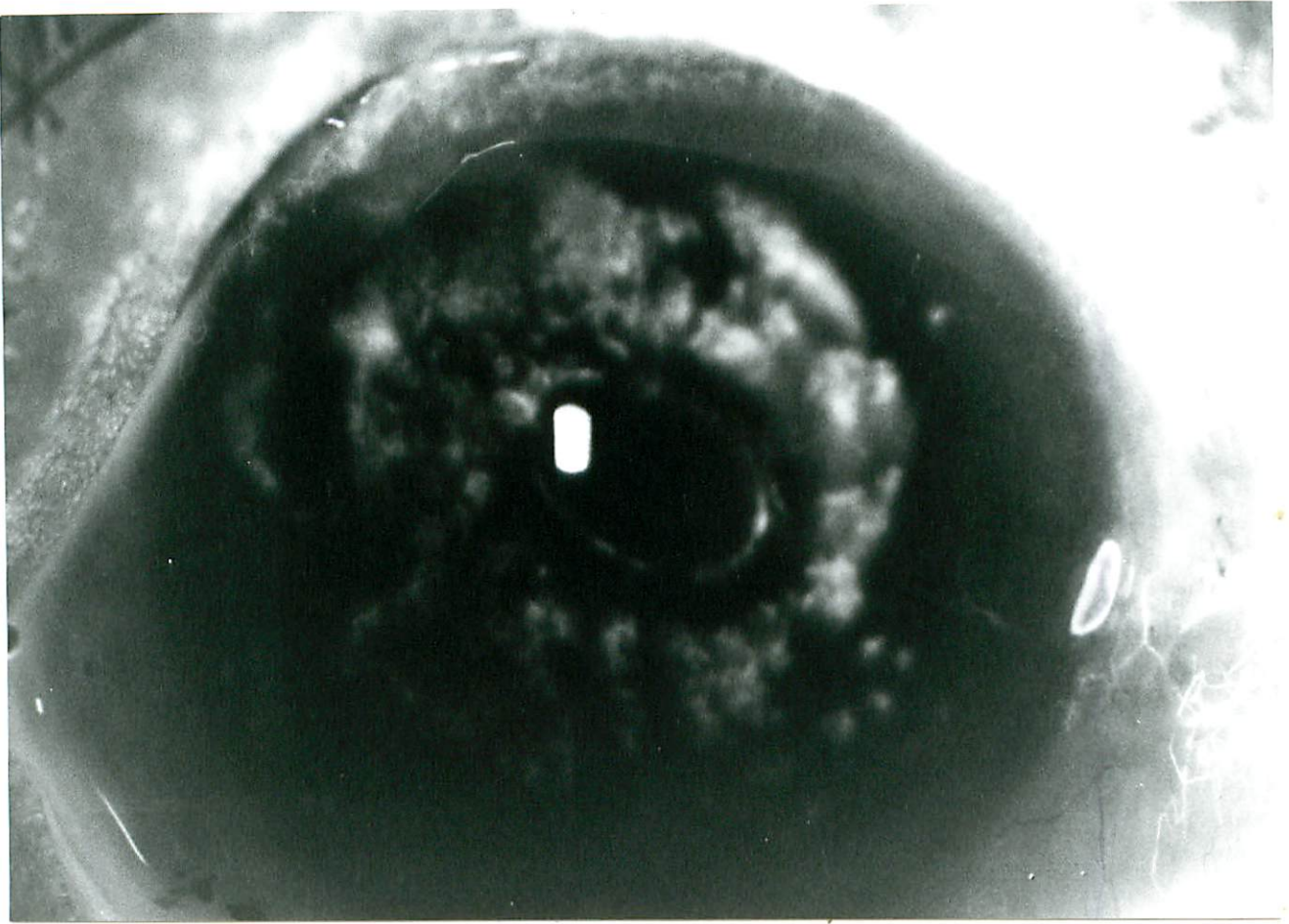


图 5b)40-SL

3-Figure 8(Middle)B



图 6b)40-SL

3-Figure 9(Middle)B

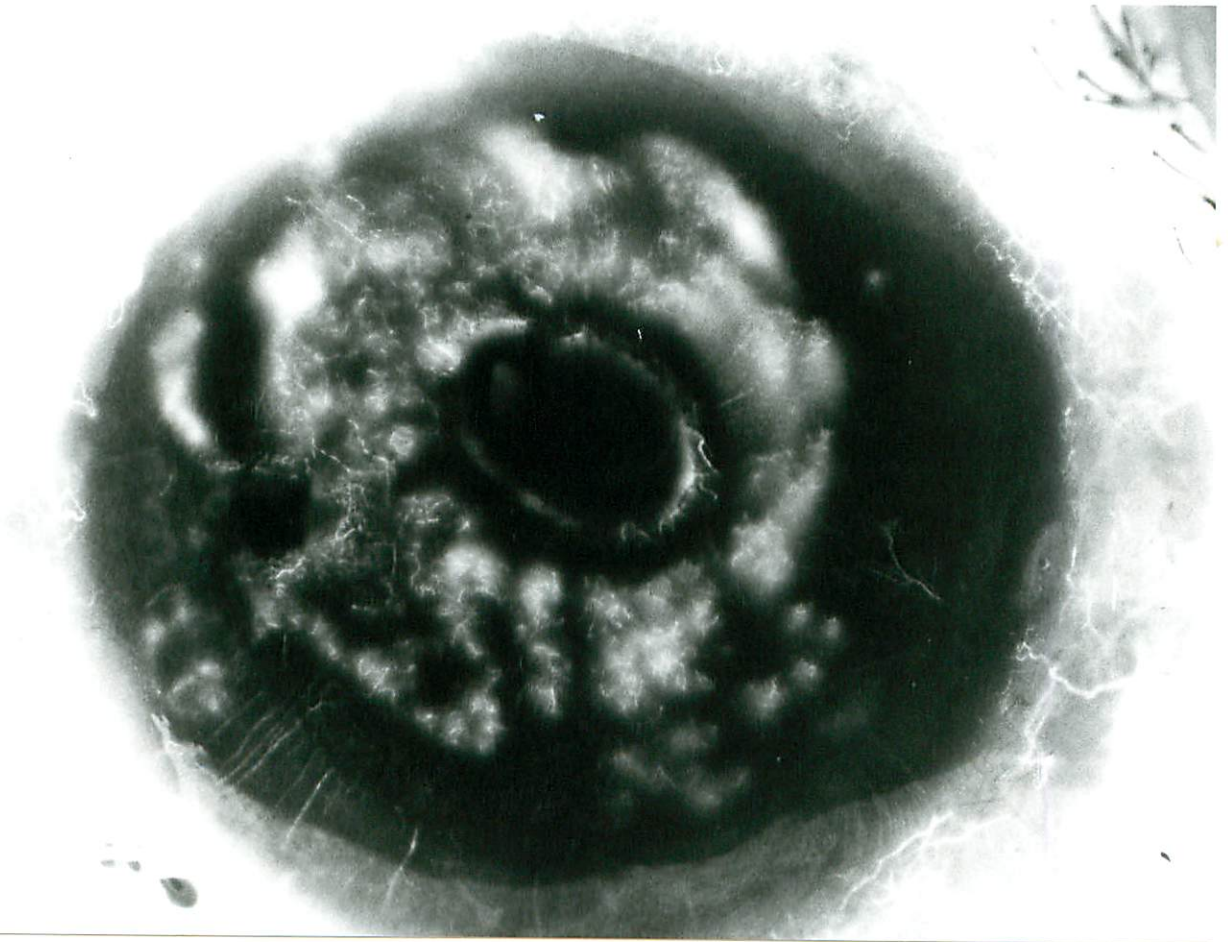


图 5c)SC-1200

3-Figure 8(Bottom)C



图 6c)SC-1200

3-Figure 9(Bottom)C