

AMCoR

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

日本写真学会誌 (2003) 66(1):28-35.

眼科における写真の活用と有用性

福井 勝彦, 吉田 晃敏

眼科における写真の活用と有用性

Use and Usefulness of Photography in Ophthalmology

福井勝彦*・吉田晃敏*

Katsuhiko FUKUI* and Akitoshi YOSHIDA*

要旨 医学分野での写真の目的は、大きく分けて二つある。一つは、疾患の診断と治療を行うためのデータとして、もう一つは、客観的な病態の記録手段と教育および研究のためである。眼科領域では、とくに眼底撮影、単色光眼底撮影、蛍光眼底撮影と診療面で画像に依存することが多い。本稿では、眼科領域で写真が診断および治療にいかに関与しているか実例を示し解説する。

Abstract Photography is widely used in various medical fields for two main purposes, one is data for correct diagnosis and proper treatment of diseases, and the other is a tool for future education and research by recording the objective pathological state. Especially in ophthalmological field, fundus photography, monochromatic fundus photography, fluorescent fundus photography is frequently used and very important. Given our reliance on photographic images for ophthalmologic diagnosis and treatment, we illustrate how photography contributes to ophthalmology.

キーワード 眼底撮影, 単色光眼底撮影, フルオレスセイン蛍光造影撮影, インドシアニングリーン蛍光造影撮影, 走査型レーザー検眼鏡

Key words fundus photography, monochromatic fundus photography, fluorescein angiography, Indocyanine green angiography, scanning laser ophthalmoscope

1. はじめに

医学の分野では、写真は重要な役割を果たしている。なかでも眼科で撮影する写真は、特殊な撮影装置を使うことで診断や治療経過を客観的に評価する重要な手段として、今日の臨床に不可欠である。眼球は、発生学的に脳が外部に突出したものであり、一つの光学系をかたちづくり、感覚器である網膜の視細胞に光が到達するために角膜、前房、水晶体、硝子体の透光体が透明で、人体では他にない大きな特徴をもっている。眼底は、全身病態の反映である血管病変や出血、さらには神経所見をも直接観察できる唯一の器官である。

瞳孔から暗い眼底を写すという眼底撮影は、1862年にNoyesより試みられた。これは、1838年にDaguereが銀板写真法を完成し、写真術が発明された24年後のことである¹⁾。その後、眼底カメラの改良、ストロボの改善、フィルムの高感度化と眼底写真技術は著しく進歩した。1961年にNovotnyとAlvis²⁾により行われた、蛍光色素であるフルオレスセインを血管内に注入して眼底を撮影するという蛍光眼底造影は、毛細血管

閉塞領域や新生血管をきわめて明瞭に描写でき、これは、レーザー光凝固による治療法の確立に貢献することとなった。さらに、現在では立体撮影を応用した立体計測やコンピューターの画像処理による客観的評価といった新しい活用法が登場している。また、レーザーと共焦点光学系を応用し光走査技術を利用した検眼鏡装置 (Scanning Laser Ophthalmoscope) やデジタル画像による記録手段も普及している。本稿では、眼科領域で写真 (画像) が医療および医学教育にいかに関与しているか実例を示し解説していく。

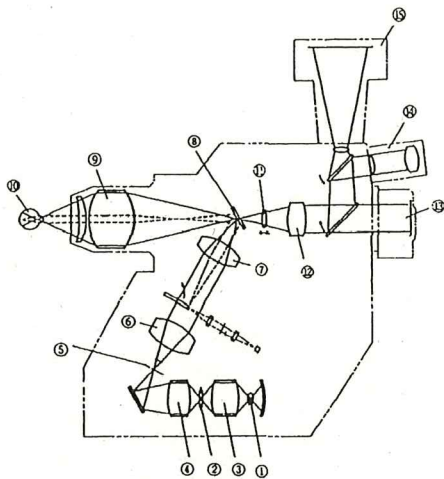
2. 眼底カメラの構造

対物レンズを照明光学系と撮影光学系で共有する同軸照明方式³⁾⁴⁾は、眼球から対物レンズまでの作動距離も長く、撮影画角の広角化が可能で、散瞳型や無散瞳型の卓上眼底カメラに採用されている。網膜血管や脈絡膜血管の循環動態を検索できる蛍光眼底造影⁵⁾や眼底各層の深さ情報を目的とした単色光眼底撮影が⁶⁻⁸⁾可能である (Fig. 1)。

平成14年10月28日受付 平成14年10月29日受理 Received 28th, October 2002, Accepted 29th, October 2002

*旭川医科大学眼科学講座 〒078-8510 旭川市緑が丘東2条1丁目1-1

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



①照明ランプ②撮影ランプ③④コンデンサーレンズ⑤リング状スリット⑥⑦リレーレンズ⑧穴あきミラー⑨対物レンズ⑩被検眼⑪フォーカスレンズ⑫撮影レンズ⑬カメラ⑭ファインダー⑮インスタカメラ⑯プリズム投影系

Fig. 1 Optical system of the fundus camera.

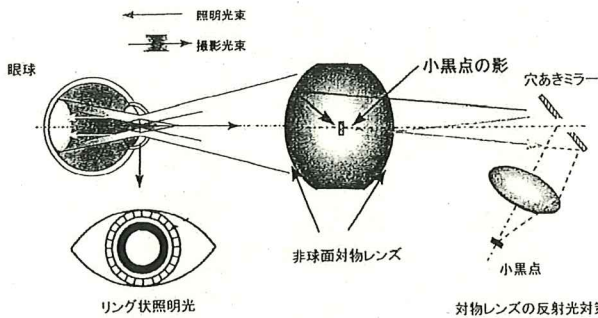


Fig. 2 The irradiation light of the ring type and reflection removal of the non-spherical surface lens.

3. リング照明と非球面レンズの反射光対策

眼底からの反射光（眼底の平均反射率： $R=0.05$ ）は眼底を照明する光量に比べて極端に少なく、角膜や水晶体からの反射光や眼底カメラの光学レンズからのフレアーやゴーストに妨げられ、眼底写真の画質が低下する。眼底カメラの光学系では、リング状の照明光束で対物レンズから眼底全体を平均に照明し、眼底から反射した撮影光束をリング状照明光の内側を通過させて角膜や水晶体の透光体上で重複させないことで、反射光や散乱光が撮影光学系に入らないように工夫されている。さらに、対物レンズは、多層膜コーティングされた非球面レンズを用い、対物レンズの反射光と共役な位置に小黑点を設置し、反射光を吸収して対物レンズからのアーティファクトを吸収するように工夫されている（Fig. 2）。

4. カラー眼底撮影

眼球内壁にある網膜は、硝子体側に近い9層の透明組織の神経上皮と、脈絡膜側に近い1層のメラニン色素を含んだ網膜色素上皮で構成⁹⁾される。可視光域の連続スペクトル（400

～700nm）で照明すると、それぞれの層で反射，吸収，透過，散乱の各現象が生じ，色再現性の優れたカラーリバーサルフィルム撮影や CCD（charged coupling devices）でコンピュータに取り込みモニタに表示しデジタル画像記録を得ることができる。

5. 単色光眼底撮影

波長により組織深達性が異なることを利用し，限定した透

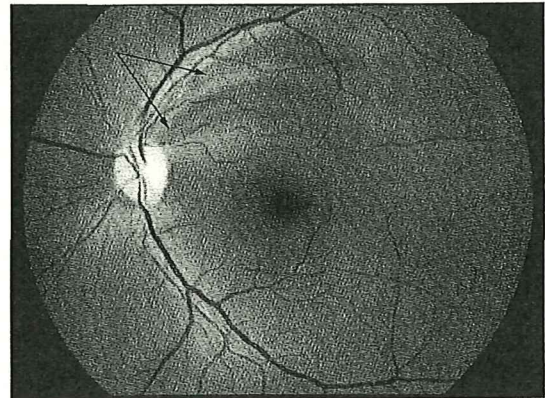


Fig. 3 Glaucoma. Retinal nerve fiber layer defect.

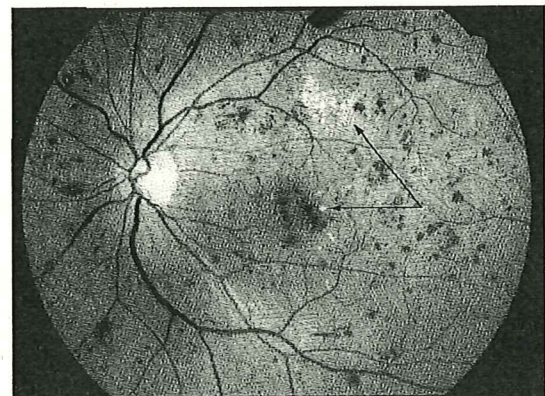


Fig. 4 Non-proliferative diabetic retinopathy. Hard exudate (↑), Punctate hemorrhage and blot hemorrhage.

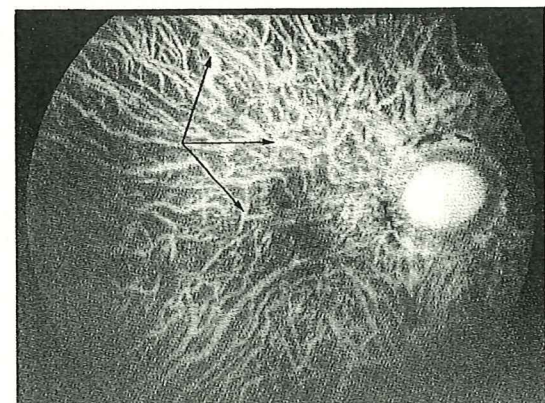


Fig. 5 Fundus photography with Red Rays. Choroidal a blood vessel (↑).

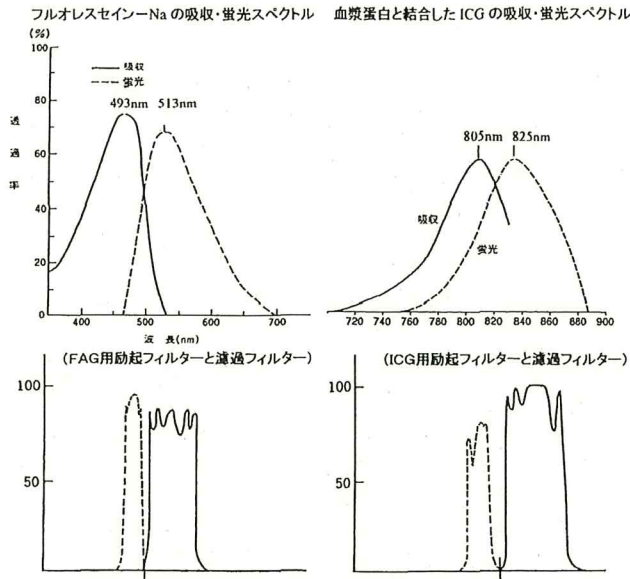


Fig. 6 Fluorescein substance of absorption spectrum and emission spectrum. Exciter filter and barrier filter.

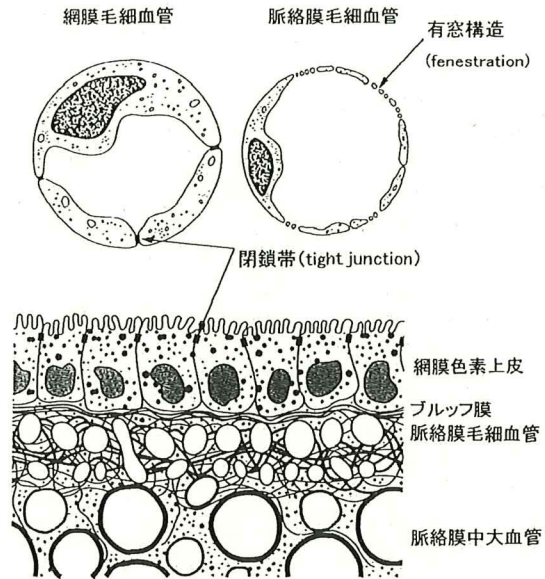


Fig. 7 The structural basis of the blood-ocular barriers.

過波長域のバンドパス型フィルターを用いて撮影する。フィルターには、ゼラチンに有機色素を塗布したゼラチンフィルターや真空中で硝子板にフッ化マグネシウムを十数層に蒸着した干渉フィルター⁸⁾がある。490nmに最大吸収をもつ青色フィルターは、網膜表層の網膜神経線維層で反射するため、視野障害を伴う初期緑内障の神経線維欠損の判定に有用である (Fig. 3)。530nmに最大吸収をもつ緑色フィルターは、補色の赤色を吸収するため網膜と血管とのコントラストを高め、微細な毛細血管の描写に優れている (Fig. 4)。600nmに最大吸収をもつ赤色フィルターは、網膜色素上皮に含まれているメラニン色素や黄斑色素のキサントフィルに吸収され難く、網膜後方の脈絡膜層の撮影^{10) 11)}に有効である (Fig. 5)。

6. フルオレス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

蛍光眼底造影¹²⁾は、色素の発する蛍光現象を利用して造影を行う検査法である。フルオレスセイン蛍光眼底造影 (以下FAGとする) に用いる蛍光色素のフルオレスセイン-Na (F-Na) は、分子量376で、493nmに最大吸収波長を有し、励起光により513nmの蛍光を発する (Fig. 6)。血中で85%がアルブミンと結合して蛍光は弱くなるが、遊離 (非結合型) のF-Naは蛍光輝度が強く、蛍光波長が可視光域なので網膜血管の造影観察に適している。インドシアニングリーン (以下ICGとする) 蛍光眼底造影に用いる蛍光色素のICG^{13) 14)}は、分子量775で780nmに最大吸収波長を有し、リポ蛋白と結合すると吸収波長が805nmに長波長シフト¹⁵⁾する。血中で98%以上がリポ蛋白と結合し、励起光により825nm附近に蛍光を発する (Fig. 6)。ICGは、蛍光輝度がF-Naの1/25と低いが、血清蛋白と結合すると蛍光輝度がやや強くなる特性と高分子化し血管から透過し難くなるので、脈絡膜血管を描出できる特

徴がある。また、蛍光波長が赤外領域のため、メラニン色素を含んだ網膜色素上皮や光の透過を障害する組織下の脈絡膜血管の観察が可能である。

7. FAGにおける血液眼関門の検索

眼や脳などの神経組織を維持するためには、さまざまな物質や電解質を選択する関門機能が不可欠である。眼においては、血液眼関門¹⁶⁾が存在する。FAGでは、網膜毛細血管 (内血液網膜関門) と網膜色素上皮 (外血液網膜関門) に存在する閉鎖帯 (tight junction) の機能検索が可能である。神経網膜へ選択的な能動輸送を介する網膜毛細血管は、血管内皮細胞間に閉鎖帯をもち、窓構造を有していないため、正常では血液成分や低分子量の蛍光色素を透過しない (Fig. 7)。

一方、脈絡膜毛細血管は、網膜色素上皮と視細胞の栄養が主な機能で内皮細胞間には閉鎖帯がなく窓構造 (fenestration) を有する。血液成分や蛍光色素は漏出し、上位のブルッフ膜まで到達する。それより内側への漏出は、網膜最外層の網膜色素上皮細胞間の閉鎖帯によりブロックされる。これは、脈絡膜血管系の関門機能の欠如を代償するかたちとなっている (Fig. 7)。

8. 蛍光造影所見の読影

FAGから得られる情報は、①流入欠損、流入遅延、蛍光遮断の低蛍光所見、②蛍光貯留、蛍光漏出、組織染 (色)、蛍光透見の過蛍光所見、③新生血管、血管瘤、側副血管、毛細血管拡張症、脈絡膜血管腫の異常血管所見である。これらをカラー眼底写真と対比させて病態を検討する (Fig. 8)。

8.1 充盈遅延 (filling delay) および充盈欠損 (filling defect) 循環障害がある部位で、その血管の閉塞が不完全の場合、

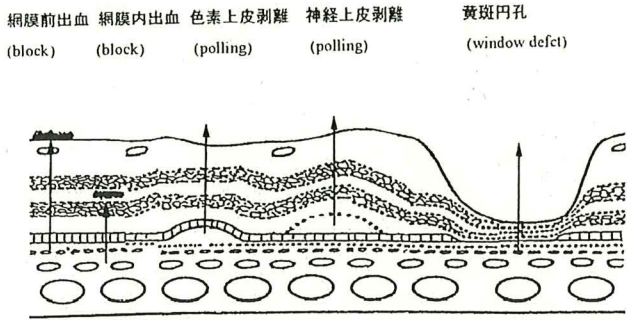


Fig. 8 Hhypofluorescence and Hyperfluorescence.

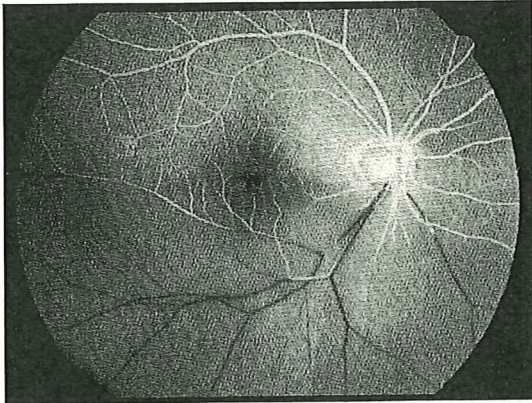


Fig. 9 Filling delay. Branch retinal artery occlusion.

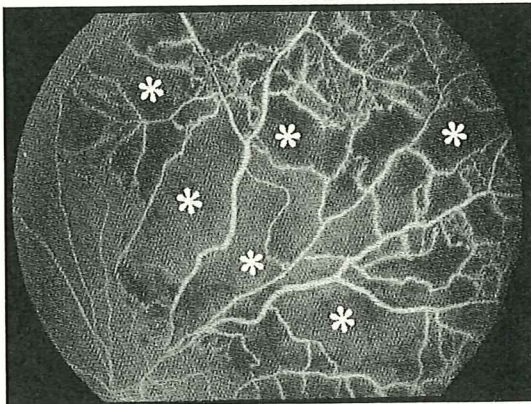


Fig. 10 Filling defect. Branch retinal vein occlusion (*: capillary closed area).

蛍光色素の流入が遅延し、造影早期に低蛍光を示す。血管が完全に閉塞すると流入欠損を示し、造影全期低蛍光を示す。網膜の動脈が閉塞すると閉塞領域の網膜は壊死し、重篤な視機能障害が起こる。障害された動脈では、蛍光色素の出現時間が遅延する (Fig. 9)。一方、静脈が閉塞すると灌流障害が多発する。静脈の拡張と蛇行が認められ、閉塞領域の毛細血管は透過性が亢進し、蛍光色素の血管外漏出を生じる。合併症として、新生血管の増殖や硝子体出血、新生血管緑内障が生じる。これらの予防のため血管閉塞領域にレーザー光凝固を行う (Fig. 10)。

8.2 蛍光遮断 (blocked fluorescence)

蛍光遮断物質 (出血、色素沈着、滲出物など) が網膜表面

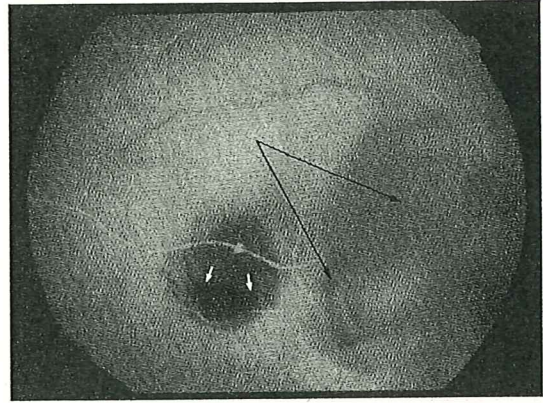


Fig. 11 Fluorescence blocked. Retinal arteriolar macroaneurysm. (↑: Preretinal hemorrhage, 長↑: Vitreous hemorrhage)

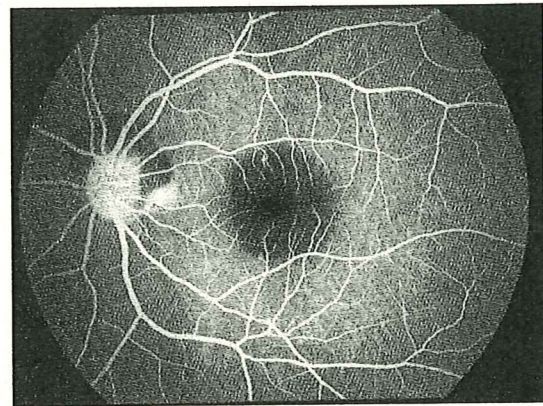


Fig. 12 Fluorescence blocked. Subretinal hemorrhage.

にあると脈絡膜蛍光と網膜血管蛍光の両方が遮断される (Fig. 11, ↑)。網膜の外層からブルッフ膜に蛍光遮断物質があると脈絡膜蛍光は遮断されるが、網膜血管蛍光は遮断されない (Fig. 12)。よって遮断物質の深さは、網膜および脈絡膜血管の蛍光が観察できるかどうかで判定することができる。Fig. 11の網膜細動脈瘤では、出血の程度、部位、深度により網膜前、網膜内、網膜下、硝子体の各レベルでの蛍光遮断を生じるので、多彩なFAG所見を呈する。網膜前や網膜下に出血を生じる疾患との鑑別診断には、ICG 蛍光造影による検索が有効である。

8.3 蛍光貯留 (pooling)

蛍光貯留は、嚢胞様黄斑浮腫 (cystoid macular edema)¹²⁾と網膜色素上皮剥離が代表である。網膜静脈閉塞症、糖尿病性黄斑症などの網膜血管病変やぶどう膜炎、白内障術後などの炎症の存在する場合には、黄斑部周囲の網膜毛細血管からの透過性の亢進により漿液が細胞外液として黄斑部中心小窩周囲のHenle線維層 (外網状層) に貯留 (Fig. 13) するため、微小類嚢胞腔 (microcystoid space) が中心小窩を囲んで放射状に配列し菊花状を呈する (Fig. 14)。この嚢胞様黄斑浮腫の所見は、成因、病態が多様で複雑な背景を有する。遅延すると視力予後に関連するため、ステロイド剤、抗プロスタグランディン剤、炭酸脱水酵素阻害剤などの薬物投与による治療

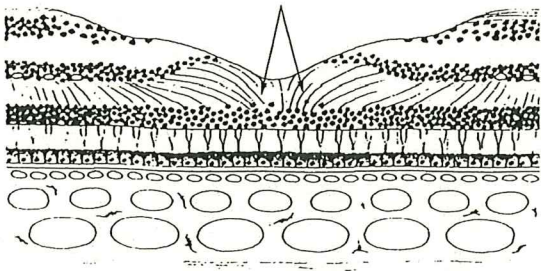


Fig. 13 Macula area. (↑: Henle's fiber layer).

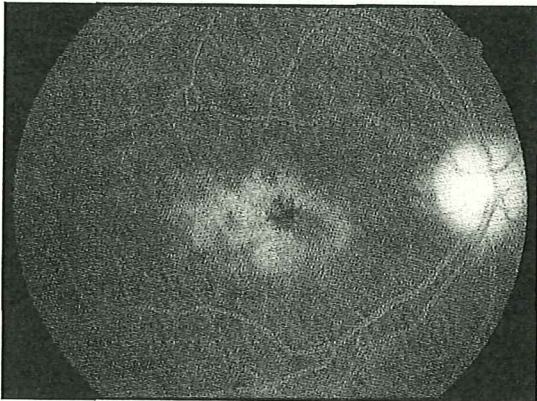


Fig. 14 Cystoid macular edema.

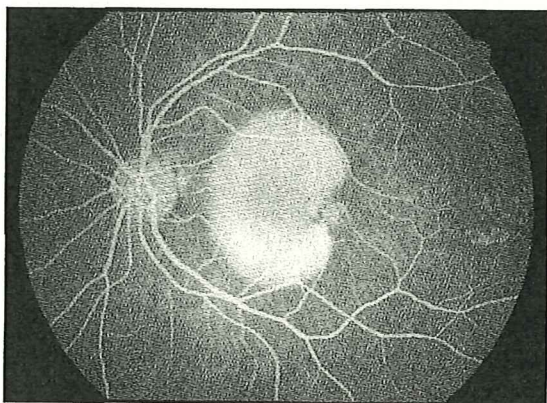


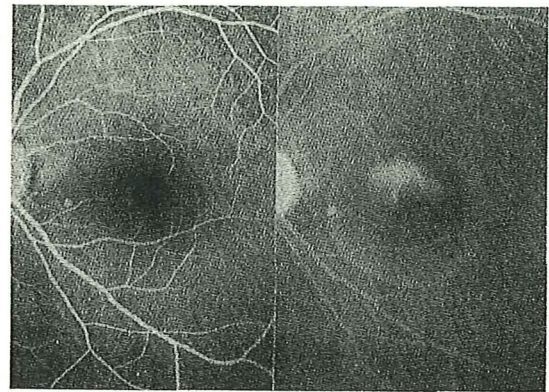
Fig. 15 Retinal pigment epithelium detachment.

や、格子状網膜光凝固、高酸素療法などの治療法が試みられている。

網膜色素上皮剥離は、網膜色素上皮層がブルッフ膜を脈絡膜側に残して限局的に剥離した病態であり、周囲の正常網膜色素上皮との境界が鮮明でドーム状に剥離する (Fig. 15)。造影初期から後期にかけて過蛍光の大きさは一定である。高齢者での大型の色素上皮剥離は、成人失明原因の上位を占めている加齢性黄斑変性症の前駆所見として注目されている。しかし、FAG では剥離の内に存在する脈絡膜新生血管の検出が困難で、脈絡膜新生血管の検出には、ICG 蛍光造影の方が優れている。

8.4 網膜色素上皮 (外血液網膜関門) の障害

正常の単層立方上皮の網膜色素上皮間は閉鎖帯で結合さ



(a)

(b)

Fig. 16a: Pooling. Central serous chorioretinopathy (early stages).

16b: Pooling. Central serous chorioretinopathy of Smokestack type (late stages).

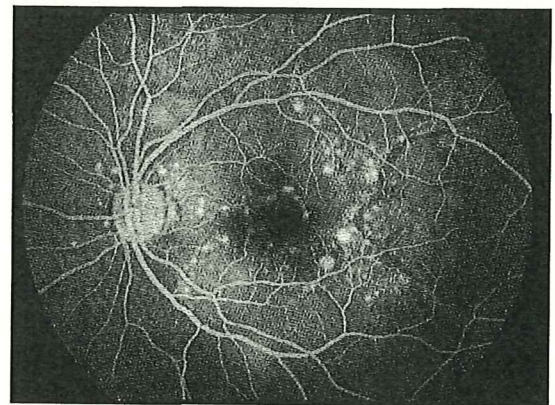


Fig. 17 Pooling. Vogt-Koyanagi-Harada syndrome (early stages). (Multifocal punctate hyperfluorescence and reinal detachment).

れているので、脈絡膜毛細血管より漏出した血液成分はブロックされ、網膜内へは漏出しない。脈絡膜血管の透過性が亢進し、さらに網膜色素上皮層が障害されると漿液性分が神経網膜下に貯留し、網膜側から脈絡膜側への能動輸送も低下して旺盛な漏出をおこす。この代表が中心性漿液性網脈絡膜症 (Fig. 16a, b) や Vogt-小柳-原田病に見られる漿液性網膜剥離 (Fig. 17, Fig. 18) で、FAG の早期像 (Fig. 16a, Fig. 17) で蛍光漏出点を同定し、後期像 (Fig. 16b, Fig. 18) では、蛍光の強度と拡がりて病態の活動性を判定することができる。

8.5 毛細血管瘤 (microaneurysm) と蛍光漏出 (leakage)

糖尿病では、網膜毛細血管 (内血液網膜関門) の透過性の亢進により網膜浮腫が生じる。黄斑部の浮腫は、視機能に直接影響を及ぼし、視力障害の原因として最も頻度が高い。この糖尿病黄斑症のうち、単純性黄斑浮腫やびまん性黄斑浮腫の場合は、早期のレーザー光凝固で視力低下を防止¹⁷⁾ することができる。一方、進行性の増殖性糖尿病網膜症では、全身的な血液凝固能の亢進から血管内皮障害や異常血管所見である毛細血管瘤の出現による網膜局所のうっ血等が生じ、毛細血管が閉塞する。低酸素状態になった網膜血管からは新生血管が発生し、この破綻により硝子体出血をきたす。増殖性

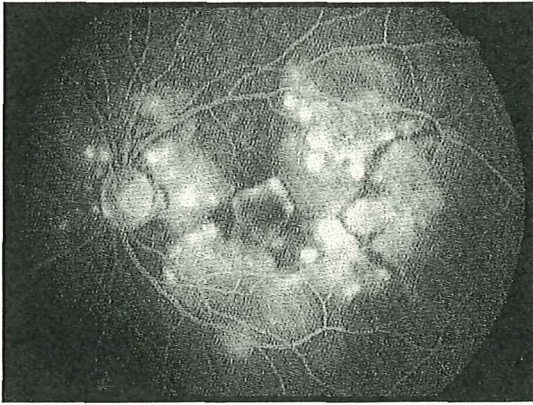
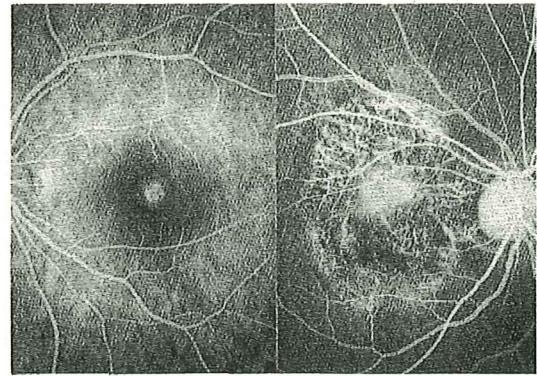


Fig. 18 Vogt-Koyanagi-Harada syndrome (late stages).



(a) (b)

Fig. 21 Window defect. 21a: Macular hole, 21b: Central areolar choroidal dystrophy.

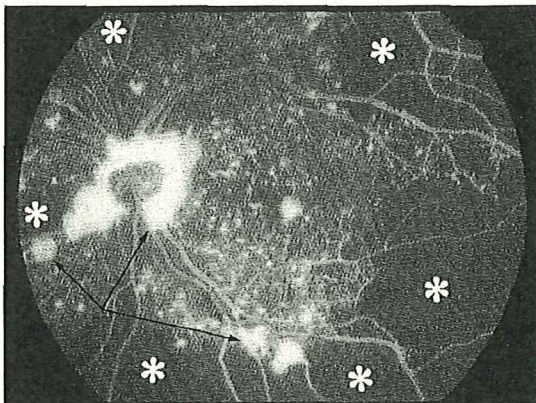
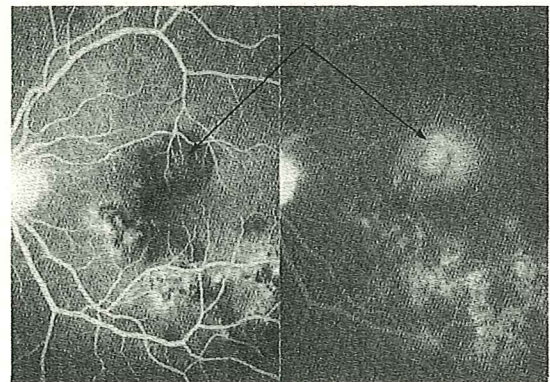


Fig. 19 Microaneurysm and fluorescence leakage. Proliferative diabetic retinopathy (↑: Neovascularization, *: Capillary closed area).



(a) (b)

Fig. 22 Filling delay (choroidal a blood vessel). 22a: Geographic choroiditis of early stages (↑: Hypofluorescence), 22b: Geographic choroiditis of late stages (↑: Hyperfluorescence).

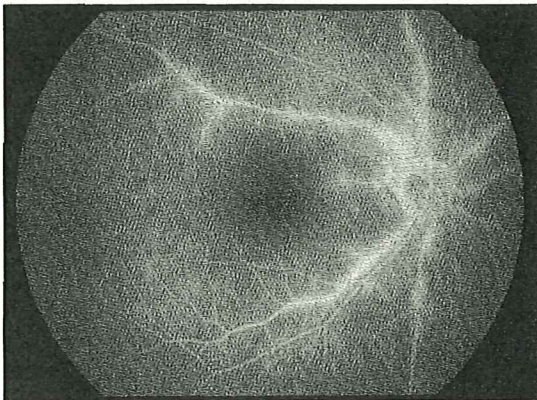


Fig. 20 Tissue staining. Retinal periphlebitis.

変化を伴うと牽引性網膜剥離をおこす。糖尿病網膜症は中途失明原因の代表であるが、FAGを用いることで単純性糖尿病網膜症、前増殖性糖尿病網膜症、増殖性糖尿病網膜症などの病変の分類と治療方針を決定することができる (Fig. 19)。

8.6 組織染色 (tissue staining)

網膜の組織内にフルオレスセインが拡散し、結合もしくは付着した色素による過蛍光を組織染色 (tissue staining) と呼ぶ。網膜静脈周囲炎では、血管の透過性の亢進により静脈壁へ色素が取り込まれ staining を示している (Fig. 20)。

8.7 蛍光透見 (window defect)

網膜色素上皮はメラニン色素を含むため、背景蛍光をある程度遮断する。後部硝子体の接線方向への牽引により発生した黄斑円孔 (Fig. 21a) や、網膜色素上皮細胞の変性萎縮 (Fig. 21b) やメラニンの色素顆粒が減少すると、遮断効果が少なくなり、この異常部位から脈絡膜蛍光が強く透見される。

8.8 脈絡膜血管の循環障害

脈絡膜毛細血管板は、小葉構造を形成して脈絡膜血管が閉塞すると、その支配領域が灌流の障害をおこし、網膜色素上皮への養分の供給が絶たれる。脈絡膜の閉塞性血管炎による地図状脈絡膜炎¹⁸⁾の活動性病巣は、FAGの初期像 (Fig. 22a) で低蛍光を示し、後期像 (Fig. 22b) で過蛍光を示す蛍光の逆転現象 (↑) を呈する。これは、脈絡膜循環に異常がなく網膜色素上皮の障害によるバリアーの破綻で早期に過蛍光を示し、後期には、組織染色により過蛍光を示す網膜色素上皮細胞原発の疾患との鑑別に有用な情報となる。

8.9 脈絡膜新生血管 (choroidal neovascularization)

中心性滲出性網脈絡膜症 (Fig. 23a)、加齢性円板状黄斑変性 (Fig. 23b)、網膜色素線条、高度近視による黄斑出血等の新生血管黄斑症は、脈絡膜循環の旺盛な黄斑部に脈絡膜由来

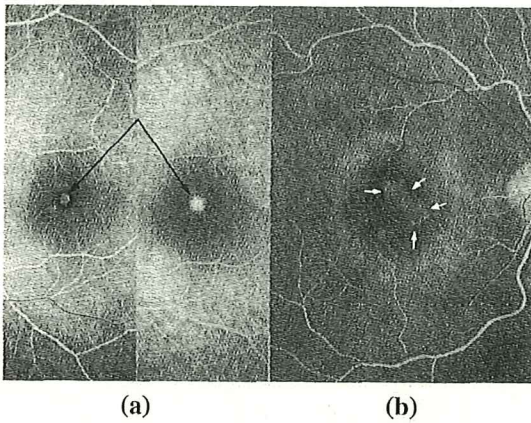


Fig. 23 Choroidal neovascularization (↑: Neovascularization under the retina). 23a: Central exudative chorioretinopathy, 23b: Age-related macular degeneration.



Fig. 24 Indocyanine green angiography with the scanning laser ophthalmoscope (↑: Choroidal neovascularization under the Retinal pigment epithelium).

の新生血管により、網膜下出血や黄斑部中心窩に瘢痕を形成する。網膜色素上皮の上に存在する新生血管 (↑) は、可視光波長域の FAG で検出できる。

9. Scanning Laser Ophthalmoscope による ICG 蛍光造影と形態的検索

Scanning Laser Ophthalmoscope (以下 SLO とする) は、ICG を 780nm のダイオードレーザーで励起することによって、網膜色素上皮下に存在する脈絡膜新生血管の描出が可能で、とくに脈絡膜血管造影の初期像の観察に優れている。正常血管と異なり血管構築が脆弱な脈絡膜新生血管では、リポ蛋白と結合し高分子化した ICG は徐々に漏出して血管周囲に貯留し、一定量に達すると脈絡膜内蛍光漏出として観察できる (Fig. 24, ↑)。さらに、SLO では蛍光色素を使用せず、短波長の 488nm のアルゴンレーザーを用いた共焦点方式による形態的観察が可能で、間接的反射光 (散乱光) を制限することでカラー眼底写真では観察し難い網膜前線維症の線維膜を、高コントラストの画像として捉えられる (Fig. 25)。また、赤外領域の 780nm のダイオードレーザーは、脈絡膜の深層から後

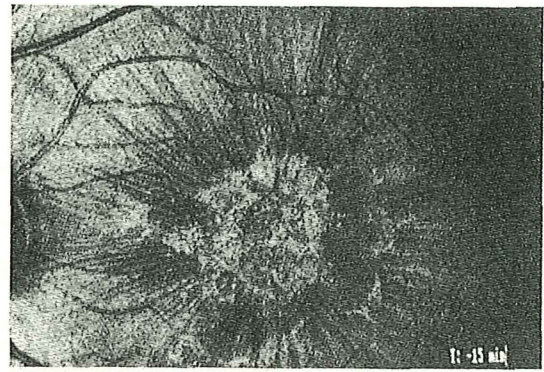


Fig. 25 Observation of the ocular fundus with the scanning laser ophthalmoscope (Confocal system). Preretinal membrane (488nm-argon laser).



Fig. 26 Observation of the ocular fundus with the scanning laser ophthalmoscope (Dark-field system). Macular hole (780nm-diode laser).

方散乱してくる。ダイオードを用いた暗視野方式による形態的観察では、焦点を合わせた部位からの直接的反射光を制限することで、その前後からくる直接的および間接的反射光 (散乱光) による描出が可能となる。間接的反射光は、僅かな凹凸面で屈折や回折を伴い、平坦部と隆起部に位相のずれが生じるため、検出器の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では、その部分に明暗のコントラストがつき立体的な画像を得ることができる¹⁹⁾ (Fig. 26)。

10. 立体撮影を応用した画像解析

立体撮影を応用した画像解析法として、Topcon IMAGE net (トプコン, 東京) を用いた視神経乳頭の計測がある。これは、視神経乳頭の陥凹を立体眼底撮影装置により撮影し、一対の画像を緑, 赤, 青色成分に分けて 256 階調にデジタル化し、コンピューター解析²⁰⁾ して乳頭陥凹の断面や形状の立体計測を行う。陥凹面積, 陥凹容積, 乳頭辺縁部容積 (rim 容積), 陥凹径/乳頭径比 (C/D 比) などのパラメーターが解析でき、二次元の写真で見るとははるかに正確に緑内障の診断が可能である。また、保存したデータと比較することで経過観察にも有用である (Fig. 27)。

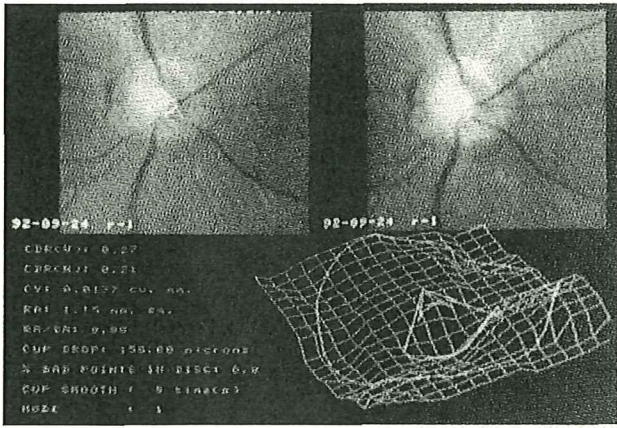


Fig. 27 Picture analyses by solid photography. Optic disc excavation.

11. おわりに

医学分野での写真の活用法のうち、眼科領域では、眼底撮影、単色光眼底撮影、蛍光眼底撮影が主である。眼底疾患を検眼鏡で観察したものと相違なく記録するには、カラー眼底撮影がふさわしい。網膜表層の神経線維層や深度と関わる情報を得るには、モノクロでフィルターの波長特性を用いるのが良い。フルオレスセイン蛍光眼底造影は、可視光で撮影に十分な蛍光強度が得られ、その分子量と血液網膜関門の関係をういた臨床所見が確立され、診断、治療方針の決定、治療経過の判定には欠かせない検査手段である。インドシアニングリーン蛍光眼底造影は、赤外光を用いた観察によりフルオレスセイン蛍光眼底造影では、できない網膜色素上皮下の様子を観察することが可能で脈絡膜新生血管の検索に威力を発揮している。

眼科で撮影する写真の目的は、大きく分けて二つある。一つは、疾患の診断と治療を行うためのデータとして、もう一つは、教育および学術研究のための客観的記録の保存である。近年、結果の迅速性やデータからの画像解析、ファイリング等が容易なデジタル画像による撮影装置が普及してきている。アナログ画像とデジタル画像では、それぞれの長所や欠点があり利用、選択が医学の現場でも必要とされている。さらに、光りの持つ、屈折、散乱、回折、干渉、偏光、蛍光などの様々な現象を位相性、可干渉性、指向性に優れ、かつ高輝度で単一波長の特性を有するレーザーを用いて高感度で検出する撮影装置も登場し、解像度の高い動画観察も可能となった。眼科は、診療面で画像に依存することが多く、最近のコンピューター技術の進歩により、様々な画像処理上でのオプションが開発されている。デジタル画像は、アナログ画像では得られない多くの情報が得られるが、画像はシミュレーションによってオリジナル画像とは異なってくる。したがって、デジタル画像処理も本質を理解したうえで利用すべ

きであり、有用な情報が得られるよう医学のために更なる研究開発が期待される。

参 考 文 献

- 1) 三国政吉, 八百枝浩, “眼底撮影の実際” 金原出版, 東京, 1972.
- 2) H. R. Novotny, D. L. Alvis, A method of photographing fluorescence in circulating blood in the human retina, *Circulation*, 24, 82-86 (1961).
- 3) 松村 勲, 眼底写真検査, 厚生省臨床検査技師協会会報, 15, 9-22 (1994).
- 4) 福井勝彦, “月刊眼科診療プラクティス 46. 眼科写真撮影法”, 文光堂, 東京, 1994, p. 6-11.
- 5) 湖崎 克, 松井瑞夫, 丸尾敏夫 編, “眼科検査ハンドブック”, 医学書院, 東京, 1985.
- 6) F. C. Delori, *et al*, Monochromatic ophthalmoscopy and fundus photography. The normal fundus. *Arch Ophthalmol*, 95, 861-868 (1977).
- 7) 新美勝彦, 特集 単色光眼底撮影法 (単色光眼底撮影の問題点), *眼科*, 24, 45-54 (1982).
- 8) 福井勝彦, “月刊眼科診療プラクティス 46. 眼科写真撮影法”, 文光堂, 東京, 1994, p. 36-37.
- 9) 清水弘一, 野寄喜美春, 糸井素一編, “標準眼科学”, 第2版, 医学書院, 東京, 1985.
- 10) 福井勝彦, 加藤祐司, 五十嵐弘昌, 脈絡膜疾患のスクリーニングとしての赤色光眼底撮影, *日本医学写真学会雑誌*, 37, No.1, 2-11 (1999).
- 11) K. Fukui, Y. Kato, H. Igarasi, A. Yoshida, The Usefulness of Fundus Photography with Red Light for Diagnosis of Central Serous Chorioretinopathy, *The Journal of Ophthalmic Photography*, 24, No.1, 36-39 (2002).
- 12) 松井瑞夫, “蛍光眼底アトラス”, 南山堂, 東京, 1979.
- 13) 三木徳彦, 林 一彦, 白木邦彦編, “ICG蛍光造影の実際—基礎と臨床—”, 金原出版, 東京, 1995.
- 14) 湯沢美都子, 川村昭之, 春山美穂, “インドシアニンググリーン蛍光眼底アトラス”, 湯沢美都子編, 南山堂, 東京, 1999.
- 15) S. Yoneya, K. Noyori, Improved visualization of the choroidal circulation with indocyanine green angiography. *Arch Ophthalmol*, 111, 1165-1166 (1993).
- 16) 谷口秀信, “眼科診療プラクティス 6. 眼底造影写真の読み方”, 丸尾敏夫, 木田孔士, 白井正彦, 田野保雄編集, 文光堂, 東京, 1993.
- 17) Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group: Photocoagulation for diabetic macular edema. *Arch Ophthalmol*, 103, 1796-1806 (1985).
- 18) 岩下憲二郎, “黄斑疾患テキスト&アトラス”, 宇山昌延, 西村哲哉, 高橋寛二編, 医学書院, 東京, 2000.
- 19) 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, *日本医学写真学会誌*, 40, No.3, 65-73 (2002).
- 20) 難波克彦, 白柏基宏, “月刊眼科診療プラクティス 33. デジタル眼底診断”, 小椋裕一郎, 本田孔士編, 文光堂, 東京, 1998.