

AMCoR

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

眼科 (1984.08) 26巻8号:839～847.

Vitreous Fluorophotometryの誤差論

吉田晃敏



Vitreous Fluorophotometry の誤差論

綜 説

吉 田 晃 敏*

I. 緒 言

Vitreous Fluorophotometry (以下 VFP と略す) は, fluorescein-Na (以下 F と略す) 静注後, 眼内の F による蛍光を測定することにより, blood-ocular barrier (以下 BOB と略す) の機能を定量的に検索する, 現在のところ唯一の臨床的検査法として注目されている。本検査法は, 1963 年 Maurice¹⁾ が fluorophotometry の概念を提唱したのに始まる。Cunha-Vaz は, 1975 年²⁾ 糖尿病患者で, 網膜症発現前から血液網膜柵の破壊が起こることを示して注目された。以後, 本検査法はさまざまな疾患の病態生理などの解明のため用いられて来た。

一方, VFP は鋭敏な検査法であるがゆえに, 硝子体内蛍光を正確に測定するためのさまざまな誤差に関する研究^{3)~6)} が不可欠であるが, 現在なお十分とはいえないのが実状である。

本論文では, 筆者の Retina Foundation (Boston)⁷⁾

での研究 (1980 年 10 月~1983 年 5 月) を基に, 硝子体内蛍光を正確に測定するという VFP 本来の原点に戻り, VFP を行うにあたつての考え得る誤差について論じることとする。

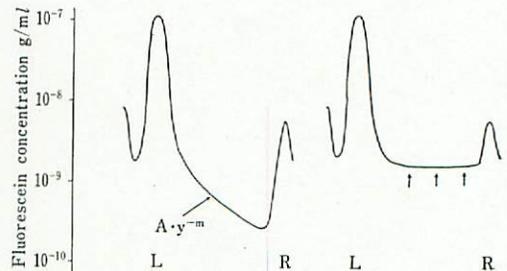
II. VFP 施行に関する考え得る誤差

VFP に関する考え得る誤差は 3 つに大分出来る (第 1 表)。まず, 1) 装置に起因するもの—これには ①装置の精度, ②測定手技によるもの, ③sampling volume (以下 SV と略す) の大きさ, ④網膜ピークの測定などによるものが考えられる。次に 2) 患者に起因するもの—つまり ①pigmentation の程度の差によるもの, ②水晶体自然蛍光の強度, ③硝子体剝離の有無, ④plasma fluorescein 濃度の差によるものが考えられる。3) として, 測定後得られた data の分析に際し, ①測定 curve 上の網膜の位置の決定, ②用いる補正法によつて生じる誤差が考えられる。以下, 個々の問題点について論じることとする。

III. Instrument に起因する誤差

1. Sensitivity

VFP は, 眼内の微量蛍光の detect を売りものにす



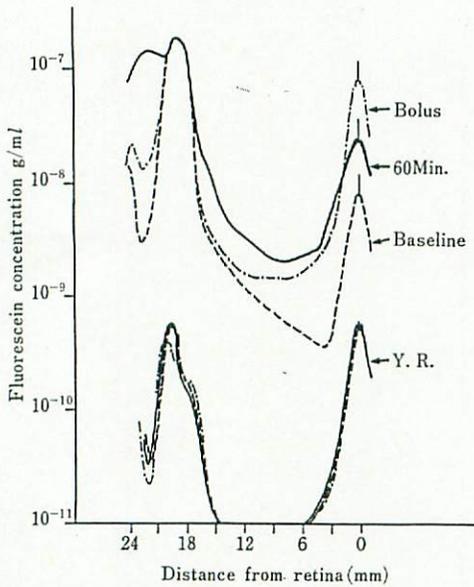
第 1 図 二種類の sensitivity を用いての同一患者の baseline curve の比較

L : 水晶体ピーク, R : 網膜ピーク, 詳細は本文参照。

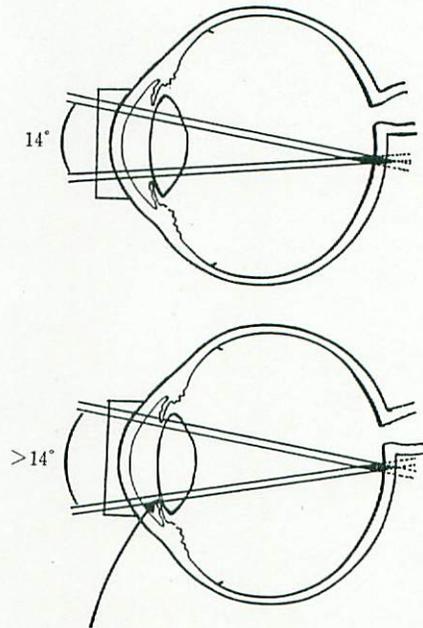
第 1 表 VFP の誤差の分類

I) Instrument に起因するもの
① sensitivity
② measurement
③ size of sampling volume
④ retinal peak
II) Subject に起因するもの
① degree of ocular pigmentation
② lens autofluorescence
③ vitreous detachment
④ plasma fluorescein concentration
III) Data analysis に起因するもの
① retinal peak
② correction

* Akitoshi Yoshida 旭川医科大学眼科学教室 (主任: 保坂明郎教授)



第2図 正常眼より得られた VFP curve
上段は蛍光 curve, 下段はyellow filter
を用いた非蛍光 curve (Y. R.)。



虹彩による光の遮断
第3図 照明系と観察系の角度

るだけに、まず装置の精度が問題となる。実際に日常の測定では、少なくとも 5×10^{-10} g/ml まで正確に測定できることが理想となる。第1図に、ある患者から得られたF静注前の baseline curve を示す。左図には筆者らの sensitivity⁷⁾ を用いて、右図には装置の amplifier を調節して 1×10^{-9} g/ml まで sensitivity を落としての測定を示す。左図では、y を水晶体中央から SV までの距離とすると、3~13 mm まで curve は $A \cdot y^{-m}$ と表現される減衰を示し、正常 11 眼では m は 1.25~1.60 であつた。一方 sensitivity の悪い右図では、硝子体値は flat となり、大きな誤差を生じていることがわかる。この例から装置の sensitivity は、誤差の重要な要因の1つとなり得、測定精度の高い装置が望まれることが確認される。

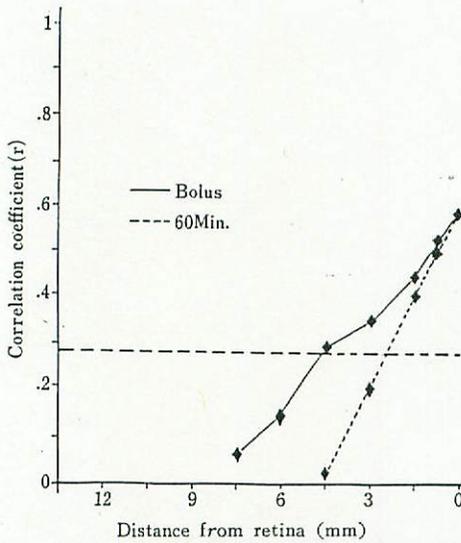
2. Measurement

装置は精度が高いばかりではなく、それを用いて正確に眼内を測定できるもの、つまり測定そのものによる誤差を最小限に抑えるものが望まれる。この観点から、まず眼内の測定部位を観察しながら測定できることが理想となる。以下測定時の注意点を述べる。

測定に際し、まず slit beam を眼底に合わせ、眼底上の scan を開始する部位を確認する。視神経乳頭の付近から scan を開始しては、それだけで人工的に測

定値が高くなる。次に眼底に投影された slit image が、きちんと垂直であることを確認する。これが歪んで観察される時は、SV がコンタクトレンズの傾きなどによつて歪みを生じていることの指標となり、測定誤差を生じるのでコンタクトレンズの傾斜を補正したり、固視灯を動かして検査眼の位置を調節しなければならない。観察しながら scan を開始すると、患者の眼が動くとき容易に気づき、この場合は測定をやり直す必要がある。また、硝子体中に fluorescein の pooling などの所見が存在すれば、それを観察でき、結果の解釈に役立つ。水晶体、角膜、コンタクトレンズからの光の反射が認められたときは、これも測定値を人工的に上昇させるので、固視灯を微動させることで反射を避けなければならない。

次に baseline, bolus, 60分 scan と測定を繰り返す場合、眼内の同一軸上を scan することが重要となる。各測定で scan 軸が異ならないよう、筆者らは yellow filter を用いた測定を併用している⁷⁾。この測定は、眼内の蛍光には全く影響を受けないことから、3種の scan、特に網膜ビークは第2図のように一致しなければならない。筆者らは bolus, 60分の yellow scan が baseline のそれと一致しない場合には測定をやり直すことで、異なつた軸上を scan しないよう努



第4図 網脈絡膜 pigmentation の程度と VFP 硝子体値との相関

横軸に網膜からの距離、縦軸に pigmentation と baseline 補正した硝子体値との相関係数を示す。横破線より上が統計的有意差あり。

めている。その他、この filter の活用により、眼底からの反射を定量化することで、後述するように pigmentation の VFP 値に与える影響をも検討することが出来る。また、硝子体中の floater, 混濁の密度などに関する情報をも得ることが出来るという利点を有している。

3. Size of sampling volume (SV)

SV の大きさは、slit size あるいは probe の大きさと、照明系と観察系の角度によって決定される測定部位量である。一般に SV が小さいほど限内の特定部位の測定が可能となり分解能が良くなるが、その反面装置の高い感度が要求される。筆者らは slit size を 150 micron と小さくし、逆に照明系と観察系の角度を 14° 小さく（これは SV を増大させる）した。以下にその理由を述べる。この角度を大きくすると、SV を小さくすることが出来るが、その反面、糖尿病眼、無水

晶体眼など極大散瞳を得難い症例では、眼底に焦点を合わせた際に、第3図の下図のように光が虹彩の一部 block される現象が起こるからである。また、その他の例でも scan 中の患者の僅かながらの眼球の動きによつても同様な現象が起こり得るし、特に眼軸の長い近視眼では著明である。この現象により、照明光量、測定光量の減弱につながり、いくら装置の精度が高くても測定値を著しく低下させ、誤差を生じることとなる。模型眼を用いた実験から、結局 14° が最も使用しやすい角度との結論に達した。

4. Retinal peak

測定 curve をよく観察すると、いわゆる網脈絡膜ピーク（以下網膜ピークと略称する）が患者によつて、特に leak の多い症例では硝子体側へ shift していることに気づく。すなわち、厳密には測定 curve 上の“網膜ピーク”は、解剖学的網膜の位置とは一致しない場合があるのである。この観点からも、再び測定部位を観察しながら測定することが重要となり、筆者らの装置では、SV の中央が網膜上に到達したとき、測定 curve 上にマークがつく仕組みになっている。詳細は、「Data analysis に起因する誤差」の項に譲る。

IV. Subject に起因する誤差

1. Degree of ocular pigmentation

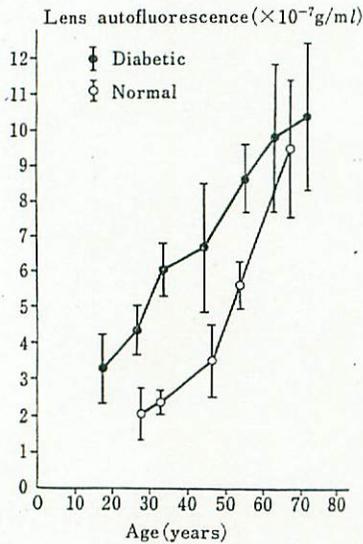
一般に網膜ピークの硝子体値に与える影響、いわゆる pre-retinal effects は、主に次の3つによる。1) 静注 F 量に比例する網脈絡膜血管中の F 濃度、2) SV の大きさ、そして 3) 網脈絡膜の pigmentation の程度である。

65 眼の正常人およびごく軽度な網膜症を有する糖尿病患者を用いて、pigmentation の VFP 値に与える影響を検討した⁸⁾。網膜の pigmentation の指標としては、前述した yellow filter を用いた値を採用した。

第4図に横軸に網膜からの距離、縦軸に pigmentation と baseline 補正した硝子体値との相関係数を示す。baseline 補正をした bolus scan では、pigmentation の影響は網膜より 5 mm の地点まで有意に認め

第2表 正常人と糖尿病患者における水晶体自然蛍光の比較。Normal：正常眼。No：網膜症なし、Mild：初期単純型、Moderate：後期単純型、Severe：初期増殖型¹³⁾ 糖尿病性網膜症。P 値は Normal との比較。(吉田ら、臨眼、1984、印刷中⁹⁾より一部転載)

	Normal (n=16)	No (n=13)	Mild (n=17)	Moderate (n=6)	Severe (n=11)
Lens autofluorescence (×10 ⁻⁷ g/ml)	2.0±0.6	4.0±1.2 (P<.001)	4.4±1.4 (P<.0001)	6.6±1.5 (P<.001)	5.2±2.1 (P<.001)



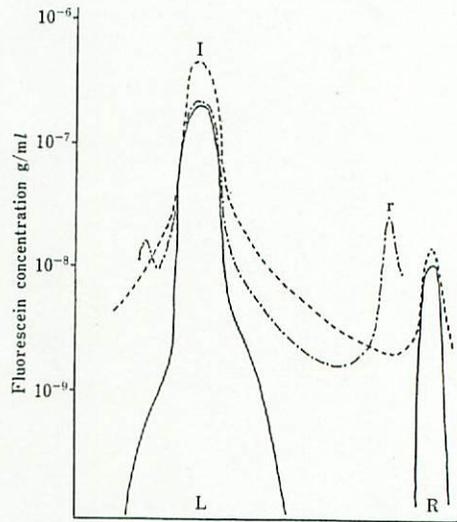
第5図 水晶体自然蛍光と加齢 (吉田ら, 臨眼, 1984, 印刷中⁹⁾より転載)

られた。一方, baseline 補正した 60 分値では, この影響は網膜より 2 mm の地点までと後退した。この現象は, F 静注後 60 分では硝子体内に F の leak が起こり, pigmentation の影響が mask されたためと考えられる。以上より, 網膜より 3 mm の硝子体値を採用する場合には, 60 分値では pigmentation の影響は無視出来るが, bolus scan では pigmentation の程度によって硝子体値に誤差を生じることがわかる。

2. Lens autofluorescence

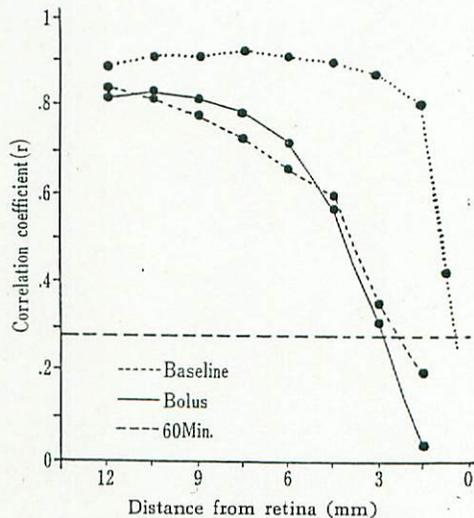
水晶体は, 眼内で最も強い自然蛍光を有するが, 特に糖尿病患者では著明である^{9)~10)}。16 才~40 才の白人正常人 16 人と 47 人の糖尿病患者を比較すると⁹⁾, 網膜症のない糖尿病患者でも, 正常人に比べ有意に高い水晶体自然蛍光を示す(第2表)。また, 正常人と糖尿病患者は第5図に示すように, 加齢によって水晶体自然蛍光が増加する。

次に, この水晶体自然蛍光が硝子体値にどのように影響するか (post-lenticular effects) を論じる。理論的には, F 静注前には硝子体には自然蛍光は存在しない筈であるが, 実際の測定では存在する。そこでまず, この“見かけ上の硝子体自然蛍光値”の成因を究明する目的で模型眼を用いての実験を紹介する。模型眼の水晶体 chamber に 2×10^{-7} g/ml, 網脈絡膜 chamber に 1×10^{-8} g/ml の F 液を入れ scan すると, 第6図に示す実線の curve が出来上がる。硝子体

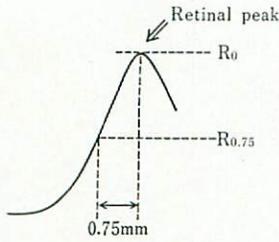


第6図 見かけ上の硝子体自然蛍光—模型眼と人眼の比較—

模型眼の水晶体 chamber (L) と網脈絡膜 chamber (R)。実線は L と R にそれぞれ 2×10^{-7} g/ml, 1×10^{-8} g/ml の F 液を入れての scan。破線は両 chamber にミルクを付加しての scan。一点破線は 48 才正常人から得られた baseline curve。I : 水晶体ピーク, r : 網膜ピーク。

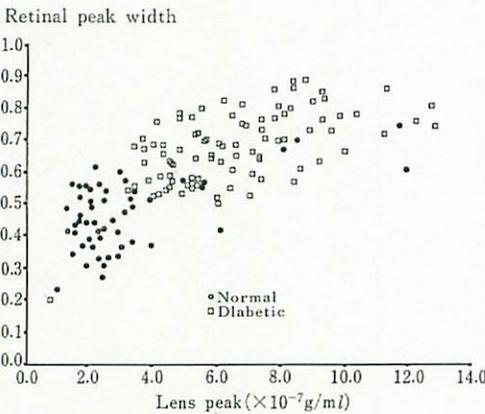


第7図 水晶体自然蛍光と VFP 硝子体値との相関 横軸に網膜からの距離, 縦軸に水晶体自然蛍光と硝子体値との相関係数を示す。横破線より上が統計的有意差あり。



$$\text{Retinal Peak Width} = \frac{R_{0.75}}{R_0} \times 100 (\%)$$

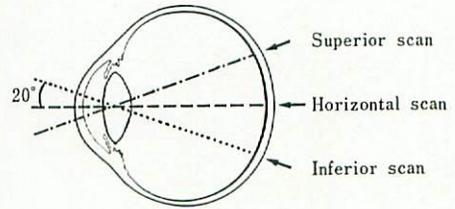
第8図 網膜ピーク幅の定義



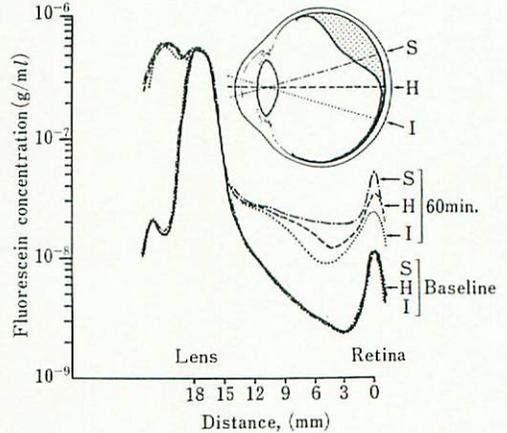
第9図 網膜ピーク幅と水晶体自然蛍光値との関係

値は理論通り0となる。次に水晶体と網脈絡膜 chamber に scattering を起こさせる目的で milk を半滴ずつ付加すると、破線の curve が出来上がる。すなわち、水晶体、網脈絡膜 chamber の値はともに僅かに上昇し、硝子体 chamber には“硝子体値”が出現する。この curve は、一点破線で示した48才正常人から得られた baseline curve と類似している。この事実から、前述した(第1図)硝子体 baseline 値は、実は水晶体の scattering によるものであることが判明した。

そこで今度は、人眼で水晶体自然蛍光が硝子体値にどのような影響を及ぼすかを調べた。第7図に、横軸に網膜からの距離、縦軸に水晶体自然蛍光と硝子体値との相関を示した。水晶体自然蛍光の強い影響は、baseline 値では網膜から 0.5 mm の点まで、60分値では 3mm の点まで認められる。すなわち、水晶体自然蛍光の高い患者では、これによつて硝子体値も高くなるわけである。この水晶体自然蛍光の影響は、筆者らが以前から主張している baseline 補正で除去出来



第10図 三種のVFP scan



第11図 Shallow PVD (グループ2)¹²⁾のVFP scan の代表例

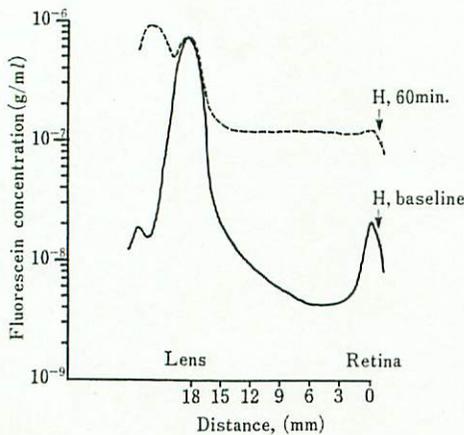
S: superior scan, H: horizontal scan, I: inferior scan (Yoshida, A., Arch. Ophthalmol., 1984¹²⁾より転載)

るが、あまり大きくなるとSVの量と長さに変化を与え、装置の axial resolution の減少につながる。

この resolution に対する影響を究明するため、第8図に示すように、baseline curve で網膜ピーク値に対するピークから 0.75 mm の硝子体値の割合を網膜ピーク幅と定義する。SV が拡大すれば、網膜ピークの幅が広くなり、このピーク幅の値も増大するので、SV の拡大を間接的に知ることが出来る。第9図には、正常眼と糖尿病眼を用いて網膜ピーク幅と水晶体自然蛍光値との関係を示した。予期されたとおり、水晶体自然蛍光が増大するにつれて網膜ピーク幅の値も増大した。これは、すなわち水晶体自然蛍光の増大とともにSV が拡大していることを如実に示している。したがって、糖尿病患者、高齢者のVFPのdataの解釈には十分な注意が必要となる。

3. Vitreous detachment

Prager ら¹¹⁾は、網膜色素変性症にVFPを施行し、



第 12 図 PVD with highly collapsed vitreous gel (グループ 4)¹²⁾ の VFP scan
H: horizontal scan (Yoshida, A., Arch. Ophthalmol., 1984¹²⁾ より転載)。

高い中間部硝子体測定値 (Camel Hump) は硝子体の液化、とりわけ posterior vitreous detachment (以下 PVD と略す) によると推定した。そこで筆者ら¹²⁾は、PVD が VFP 値に与える影響を精査するため、51 才~74 才の正常白人 17 人 20 眼に VFP を行い、同時に El Bayadi-Kajiura lens で硝子体検査を行つた。硝子体を posterior hyaloid membrane の位置から次の 4 グループに分類した。すなわち、1) no PVD, 2) shallow PVD, 3) PVD with moderately collapsed vitreous gel, 4) PVD with highly collapsed vitreous gel の 4 グループである。特に 11 眼には、眼底を観察しながら第 10 図に示す 3 種の VFP scan を施行した。第 11 図に、グループ 2, shallow PVD の代表例を示す。SV が subhyaloid space を通過する scan (S) では、VFP 値は有意に高くなり、下方の scan (I) ではほぼ正常値であつた。グループ 4 の 1 例では、蛍光眼底写真で網膜に確固とした障害を認めないにもかかわらず、第 12 図に示すように、均一化した高い硝子体値を示した。

水平 scan (H) のみを取り上げ、網膜から 3 mm の硝子体値をグループ間で比較すると (第 3 表), 前述の例同様、SV が明らかに subhyaloid space を通過したグループ 3, 4 では有意に高い VFP 値を示すことがわかる。

この事実が示すように、PVD は VFP

第 3 表 baseline 補正した F 静注後 60 分の硝子体値。P 値は No PVD グループとの比較。(Yoshida, et al. Arch. Ophthal., 1984¹²⁾ より一部転載)

Group	No. of eyes	3 mm from retina ($\times 10^{-9}$ g/ml)
1) No PVD	6	8.9 \pm 2.6
2) Shallow PVD	7	8.8 \pm 2.0 (NS)
3) PVD with moderately collapsed vitreous	6	18.3 \pm 8.0 (P < .05)
4) PVD with highly collapsed vitreous	1	113.0

値に大きな影響を与える。これは、BOB の機能を検索する VFP の本来の目的をも揺るがすもので、VFP を行う患者には硝子体検査を routine に行い、硝子体の状態を詳細に観察しなければならないと考える。

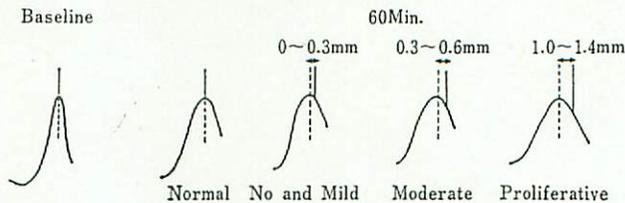
4. Plasma fluorescein concentration

BOB の機能を正確に検索するためには、眼内の F 濃度を正確に測定することのみならず、血中の F 濃度、とりわけ BOB の破壊の少ない症例に関しては、血中の free の F 濃度を正確に測定し、この両者から真の BOB の破壊の程度を算出するのが理想である。血中 F 濃度の測定に関してはさまざまな研究がなされて来た。特に VFP の装置の精度が向上し、正確に眼内の F を測定出来るようになると、血中 F に関して次の 3 点が重要となる。まず、日常臨床で実際に患者に施行する理想採血回数とその時期、次に採血した血液からいかに正確に F 濃度を測定するか、そしてその測定結果でいかに眼内の F 濃度を補正するかである。これらの問題は現在なお研究途上であつて、別に私案を發表するつもりである。

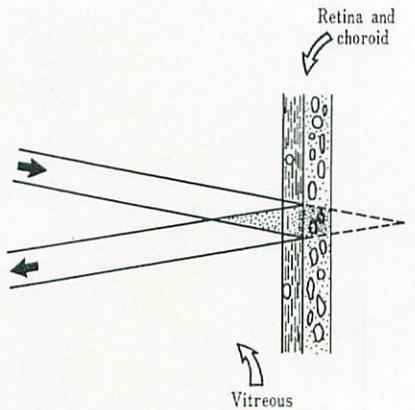
V. Data Analysis に起因する誤差

1. 測定 curve 上の網膜の位置の決定

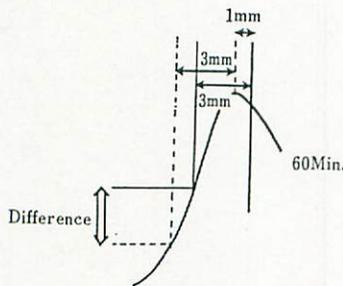
60 分値において硝子体中への F の漏出が多い症例



第 13 図 測定 curve 上の解剖学的網膜位置
実線は真の網膜の位置、破線は curve のピーク、数値は両者の差を示す。



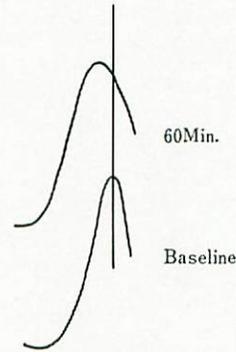
第 14 図 F 静注後 60 分での網脈絡膜上の測定 sampling volume のかなりの部分は硝子体中にあることに注目。



第 15 図 測定 curve のピークと真の網膜位置との差 (1 mm) による VFP 値の差 curve 上の縦の実線は解剖学的網膜位置を示す。

では、測定 curve のピークが硝子体方向へ shift することは日常経験する。このような場合、網膜の解剖学的位置を決定することは data を分析する上で重要である。

正常人と、さまざまな網膜症を有する糖尿病眼で測定 curve 上の解剖学的網膜位置を調べた。第 13 図に示すように、baseline curve では網膜の位置は全例で curve のピークに一致した。静注後 60 分の curve 上での網膜の位置は、まず正常眼では curve のピークにはほぼ一致した。網膜症のない糖尿病眼やごく軽度の background retinopathy の症例 (No and Mild) では、網膜の位置は curve のピークのやや後方、中等度の background retinopathy (Moderate) では明らかに後方となり、初期の増殖性網膜症の症例 (Proliferative)



第 16 図 網膜位置の一致

では 1 mm 以上後方であった。すなわち、leak の比較的多い症例では測定 curve のピークは網膜の位置ではなく、明らかに硝子体側に shift していることがわかる。

これは、次のように説明される。第 14 図は静注後 60 分での網脈絡膜上を測定した時のシェーマである。SV の長さが網脈絡膜より長いから、この時点の測定値は、網膜に近い最も F 濃度の高い硝子体値の影響を強く受ける。そしてこの濃度が高くなれば、測定 curve のピークは網膜上から硝子体側に移動することとなる。静注後 60 分では、網脈絡膜血管中の F 濃度は低くなっているからである。わずか 1 mm 前後の shift ではあるが、curve のピーク付近は勾配が急で、しかも log scale であるため、1 mm のピークのずれが硝子体値に大きく影響する (第 15 図)。したがって、分析の際には網膜の位置を baseline, 60 分値で正確に一致させることが測定誤差を低下させるという観点からきわめて重要となる (第 16 図)。

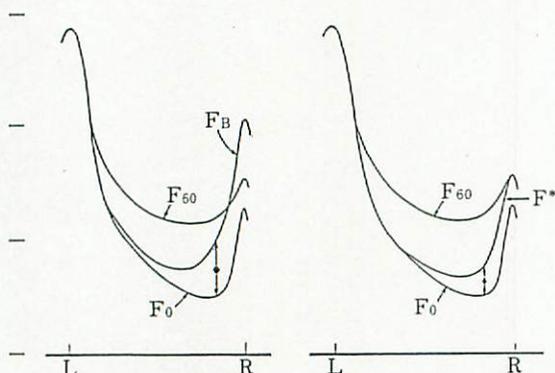
2. Data correction

最後に、得られた測定結果の補正方法に関する問題点について論じる。

一般に静注後 60 分の網膜より X の距離にある硝子体値 $F_{60,x}$ は、 L_x という真の leakage と、 F_x^* という pre-retinal artifact を含むものと考えられる。すなわち、 $F_{60,x} = L_x + F_x^*$ である。この F_x^* を除くため、Zeimer らは、補正值 F_0 を次のように考えた。

$$F_0 = (F_{60} - F_0) - (F_B - F_0) \times S$$

ここで F_{60} , F_B , F_0 はそれぞれ 60 分値, bolus 値, baseline 値で、S は scaling factor である。これを具体的に示すと第 17 図のようになる。第 17 図左の curve は実際の測定 curve で、 F_B (bolus scan) は



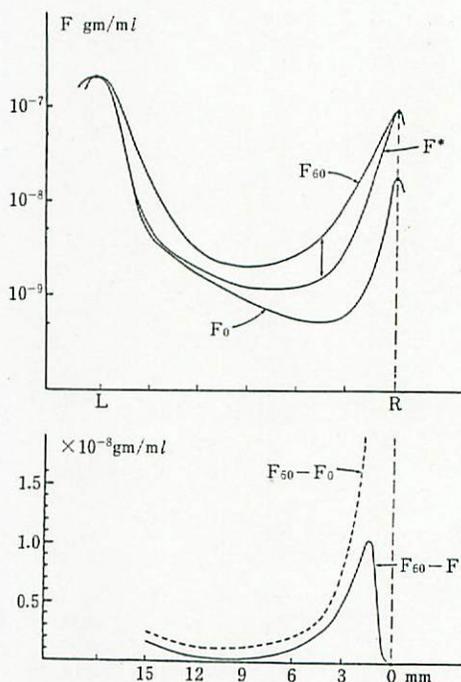
第 17 図 Pre-retinal Artifact の一補正法
L: 水晶体, R: 網膜。F_C, F_B, F₆₀ はそれぞれ baseline, bolus, 静注後 60 分の scan F* は F_B を F₆₀ に scale したもの。詳細は本文参照。

網脈絡膜血管中のみ F が局在し、硝子体中への leak は未だ出現していないと仮定するので、pre-retinal artifact を端的に含んでいる。F_B を F₆₀ に scale したものが第 17 図の右図で、 $F^* = F_0 + (F_B - F_0) \cdot S$ と表現出来る、この S は $S = [F_{60} - F_0 / F_B - F_0]_{\text{Retina}}$ と表現出来る。すなわち、

$$F_c = F_{60} - F^* = (F_{60} - F_0) - (F_B - F_0) \cdot S$$

となり、前述の式が導かれる。第 18 図はこの補正法の実例で、下図に baseline 補正 (F₆₀ - F₀) と F₆₀ - F* を拡大して示した。baseline 補正に比べ F₆₀ - F* 補正は値が低く、しかも補正後の網膜に近接した硝子体値が非常に低く、また網膜上の蛍光が 0 となっている点に注目していただきたい。これは明らかに現実に矛盾する。前述したように静注後 60 分の網膜上の測定 (第 14 図) では、SV の長さは網脈絡膜より明らかに長いので、網膜に近い最も F 濃度の高い硝子体値の影響を強く受けている。そのため、網膜上の測定値は 0 とは成り得ないのである。すなわち、この scaling factor S を用いた補正は、静注後 60 分の網膜ピーク測定が網脈絡膜血管中の F によつてのみ構成される場合に適応となるから、現実との矛盾があり、over correction となる。特に、leak の多い例では著明である。

現実には、この factor S は、前述した値よりはるかに小さくなくてはならない。しかし、真の factor S が決定出来ない以上、筆者は現在では再び baseline 補正を用いることとしている。しかも、われわれ日本人のように、dark pigment の subject では、網膜ピー



第 18 図 Pre-retinal Artifact の補正の具体例
L: 水晶体, R: 網膜。詳細は本文参照。

クが白人のそれより低く、網膜より 3 mm 以上離れた測定値を使用する場合、pre-retinal artifact は白人のそれに比べ小さくなる。また、F 静注量を体重 (kg) あたり 7 mg を用いると、14 mg を用いるのに比べ静注 60 分後の網脈絡膜血管中の F 量も少なくなり、したがって網膜ピークも低く、この点からも pre-retinal artifact はかなり減少すると考える。

VI. おわりに

以上、VFP を施行するにあつての、考え得る誤差を装置・対象・データ分析に関するもの 3 つに分類して論じ、それらに対する対策を述べた。最後にもう一度、問題点を総括することにする。

装置に関しては、最近では商品化されたものも普及しつつあり、精度も向上しつつある。しかし、精度の良さは装置の必要条件であるが十分条件ではない。今後はより正確に眼内の蛍光を測定する工夫が望まれよう。

対象に関する誤差の中で、前述したように pigmentation の程度は、VFP 値に影響を与えうる。しかしながら、われわれ日本人のような比較的 dark pigment

を有する subject のみを扱う場合、実際にはさほど影響がないものと予想される。ただ、眼底に極度の変性疾患を有する患者や、光凝固後の患者を対象とする場合などでは、今後の検討が必要とならう。

高い水晶体自然蛍光は、前述のように VFP 値に影響を及ぼす。この影響は2つの方向に作用する。すなわち、励起光と測定光の absorption と scattering である。absorption は硝子体値を低下させる方向に、scattering はこれを上昇させる方向に働く。この両者は複雑に作用し、筆者らの装置を用いた研究では硝子体値を上昇させる方向へと作用した。したがって、水晶体蛍光の値によつて、硝子体値を一律に補正することは現在のところ困難で、今後の研究が待たれる。

筆者らの研究¹²⁾により Prager¹¹⁾の推論通り、PVD は VFP 値に大きな影響を及ぼすことが判明した。特に、subhyaloid space に高い F 濃度を検出したことは、網膜に近い硝子体皮質が何らかの diffusion barrier の役割を果たしていることを推測させ興味深い。硝子体検査を併用した詳細な研究は他編に譲ることとする。

データ分析にあつては、Zeimer らの主張する pre-retinal artifact の補正をも含めた論法が理想ではあるが、over correction は否めない。現在のところ、筆者は baseline 補正が最も適当と考える。

VFP は、血液眼柵の破壊の程度を知る上で、鋭敏かつ極めて有用な検査法である。しかしながら、以上論じてきたように、一度手元に出た数値は、たとえ誤差を含んでいてもそれを語つてはくれない。考え得る誤差を最小限にする努力こそが、VFP の価値をさらに高めるものと信ずる。

謝辞：

この綜説の要旨は、第3回硝子体蛍光測定法研究会(昭和59年、名古屋)における特別講演で講演した。本講演の機会をお与え下さった市川宏教授ならびに本研究会の代表世話人清水弘一教授、数々の貴重な御意見を下さった三宅謙作博士をはじめ会員の皆様から感謝する。また、私の Boston 滞在中、私の研究に御協力下さった、Retina Foundation 所長 Charles L. Schepens, M. D., そして J. Wallace McMeel, M. D., Francois C. Delori, Ph. D., Sren-Erik Bursell, Ph. D., Gail D. Collas, M. S. に感謝する。

最後に、保坂明郎教授の御校閲に感謝する。

文 献

- 1) Maurice, D. M.: A new objective fluorophotometer, *Exp. Eye Res.*, 2: 33~38, 1963.
- 2) Cunha-Vaz, J. G. et al.: Early breakdown of the blood retinal barrier in diabetes. *Br. J. Ophthalmol.*, 56: 649~656, 1975.
- 3) Klein, R. et al.: Fluorophotometry. I. Technique. *Arch. Ophthalmol.*, 98: 2231~2232, 1980.
- 4) Prager, T. C. et al.: Vitreous fluorophotometry: identification of sources of variability. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 21: 854~864, 1981.
- 5) Zeimer, R. C. et al.: Studies on the technique of vitreous fluorophotometry. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 22: 668~674, 1982.
- 6) Delori, F. C. et al.: Vitreous fluorophotometry in diabetics: Study of artifactual contributions. In proceedings of the 1st symposium of the international society of ocular fluorophotometry, 1982, Paris (in press).
- 7) Bursell, S.-E. et al.: Instrument characterization for vitreous fluorophotometry. *Curr. Eye Res.*, 1: 711~716, 1982.
- 8) Bursell, S.-E. et al.: Vitreous fluorophotometric evaluation of diabetics. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1984. (in press)
- 9) 吉田晃敏, 他: 糖尿病と血液網膜柵—Vitreous Fluorophotometry による分析—, 臨眼, 1984, (印刷中).
- 10) Helve, J. and Nieminen, H.: Autofluorescence of the human diabetic lens in vivo. *Am. J. Ophthalmol.*, 81: 491~494, 1976.
- 11) Prager, T. C., et al.: The influence of vitreous changes on vitreous fluorophotometry. *Arch. Ophthalmol.*, 100: 594~596, 1982.
- 12) Yoshida, A., et al.: Effect of vitreous detachment on vitreous fluorophotometry. *Arch. Ophthalmol.*, 102: 857~860, 1984.
- 13) Yoshida, A., et al.: Retinal blood flow alterations during progression of diabetic retinopathy. *Arch. Ophthalmol.*, 101: 225~227, 1983.