

視野の時間特性の臨床的評価 (5)

極早期緑内障における視機能異常の検出 (図6, 表4)

安間 哲史・山崎 淳・山本 憲明 (名古屋大学医学部眼科学教室)

Clinical Application of the Time-Dependent Perimetry (5)
Functional Abnormalities in Early Glaucoma

Tetsushi Yasuma, Jun Yamazaki and Noriaki Yamamoto

Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine

要 約

ゴールドマン視野計で異常が認められず(湖崎分類I期), しかも, チュービンガー視野計を用いた静的量的視野計測で, 中心から10度の緯線上に異常が認められない極早期緑内障30例30眼において, 中心から10度緯線上で2刺激分解能 (DFR) ならびにフリッカー融合閾 (CFF) を測定し, 緑内障性の視機能異常が認められるか否かについて検討した。

その結果, 30例中10例では, CFF は正常であったが, DFR の感度低下を耳側視野に見いだすことができ, 30例中6例では, DFR と CFF の両者に異常を検出することができた。DFR において認められたこの耳側視野での視機能異常は, 加齢による視機能低下とは現われる部位を異にしていたことから, 緑内障特有の変化であると考えられた。また, 緑内障性の視野欠損が現れにくいとされている中心から10度の耳側視野に視機能異常が認められたことから, 極早期緑内障でも視神経中央部の視神経繊維に何らかの障害が存在することが推察された。

以上の結果から, DFR は静的量的視野測定あるいはフリッカー視野測定よりもずっと高精度に緑内障性の視機能異常が検出可能であると考えられ, 他の様々な方法と組合せて用いれば, さらに早期に緑内障性の視機能異常が検出され得ると考えた。(日眼 91: 277—285, 1987)

キーワード: 緑内障, 視野, 2刺激分解能, フリッカー融合閾, 時間特性

Abstract

Double flash resolution (DFR) and critical flicker fusion frequency (CFF) were measured on central field and 12 parafoveal fields 10° away from the center in 30 early glaucoma patients, who displayed no abnormality in their visual field using a Goldmann perimeter, and no elevation in thresholds at parafoveal fields 10° away from the center using a Tübinger perimeter. Ten out of 30 patients displayed deteriorated DFR in the temporal visual field without any abnormality in CFF, and other six patients exhibited deteriorated DFR and CFF. The temporal visual field, where loss of sensitivity was exhibited in this study, is not fragile area with aging. Therefore, abnormalities found in the temporal visual field were thought as early glaucomatous changes, which suggested that some disturbances could exist at the central part in the optic nerve. In conclusion, DFR is thought to be a finer method to detect early glaucomatous functional changes than flicker or static perimetry. And DFR could be one of the most promising tests for glaucoma patients to be done clinically. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 277—285, 1987)

別刷請求先: 〒466 名古屋市昭和区鶴舞町65 名古屋大学医学部眼科学教室 安間 哲史

Reprint requests to: Tetsushi Yasuma, M.D. Dept. of Ophthalmol., Nagoya Univ. School of Med.

65 Tsuruma-cho, Showa-ku, Nagoya 466, Japan

(昭和61年9月29日受付) (Accepted September 29, 1986.)

Key words: Visual field, Glaucoma, Perimetry, Double Flash Resolution, Critical Flicker Fusion Frequency, Time-Dependent Factor

I 緒言

眼圧が高いにもかかわらず視野欠損の現れていない高眼圧症患者を経過観察すると、視野欠損の出現する頻度は年に1%以下であるとする報告もあり^{1)~3)}、この様な患者の治療に関しては多くの論議がある。緑内障性の視機能異常が現れ始めたと同時にそれが検出され、しかも、治療することによってそれ以上の視機能低下が阻止できるとしたら、視機能異常の現れていない多くの患者を治療する必要性は無い⁴⁾と考えることもできる。緑内障性視野欠損の存在する緑内障眼と、視野欠損の未だ現れていない高眼圧症眼とでは、その治療方針が異なっても不思議ではなく、この様な観点からみると、如何に早く緑内障性の視機能異常を検出するかは重要な問題である。

ゴールドマン視野計を用いた場合には、視野欠損が見出された時点ですでに多くの視神経繊維が障害されており、症例によっては40%もの視神経繊維が消失しても視野欠損の現われない場合のあることが報告されていることから⁵⁾、ゴールドマン視野計は緑内障性の視機能異常を極早期に検出しようとする場合には不適格である⁶⁾。Friedmann Visual Field Analyser⁷⁾やStatic Campimeter⁸⁾、あるいは各種の自動視野計⁹⁾などによる静的量的視野測定は、測定点の選択さえ適切であれば^{10)~12)}、より早期に視野異常が検出できるであろうという点には異論のない所であるが、静的視野測定だけで緑内障性の視機能異常が十分早期に検出できるであろうかという疑問は依然として残る。

静的視野測定あるいは動的視野測定はいずれも、網膜内に存在する非常に複雑な相互干渉機構ならびに神経伝達路をブラックボックスとして扱い、ある網膜部位における総合的な視感度を測定するものである。これに対して、視覚系のもつ様々な情報処理機構のうちの特定のものだけを取り出して検討しようとする心理物理的あるいは電気生理的な手法も以前から盛んに行われている。そのひとつが時間特性検査である。

われわれはこのような視覚系のもつ時間特性のうち、臨床的に測定可能である幾つかの方法を検討した結果、2刺激分解能測定が最も有力な情報を与えてくれるであろうとの結論に達した。その根拠は、2刺激分解能測定では、他の方法では見出すことのできない

非常に微細な視機能区分が可能であり¹³⁾、しかも、加齢による視機能変化を検出することもできるからである¹⁴⁾。さらに、視野の各部位において強度一閾値関係を求めると、フリッカー融合閾では存在しない非線形性が見出されることも、2刺激分解能のもつ大きな特徴であり、他の機能には見られない点である¹⁵⁾。ここでは、この2刺激分解能を測定することによって、緑内障に特有な視機能異常を検出することができるか否か、さらには、他の視野検査法と比較してより鋭敏に検出することができるか否かについて検討する。

II 装置ならびに検査方法

2刺激分解能(DFR)ならびにフリッカー融合閾(CFF)測定には、フェルステル視野計に直径3mm(視角約34分)の赤色発光ダイオード(LED:主波長700nm,平均輝度210nit)を取り付けた装置を用いた(Fig. 1)¹³⁾。2刺激分解能測定の場合には10msecのパルスで2回連続して発生させ、その2つのパルスが分離でき

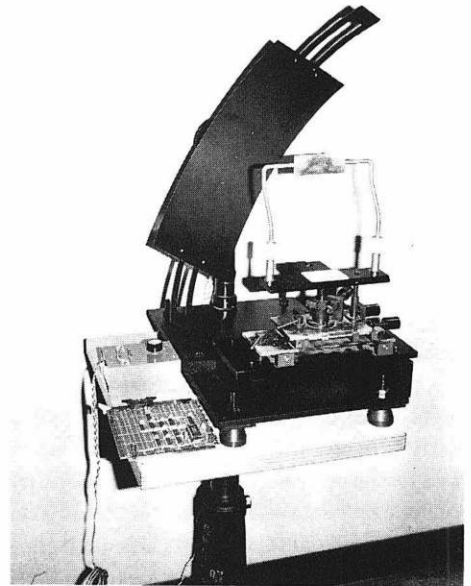


Fig. 1 Present time-dependent perimeter: three red LEDs are set on arms of Foerster's perimeter, and any field locations can be stimulated by moving LEDs along arms which can be rotated. Exposure durations and intervals of LEDs are controlled by microcomputer.

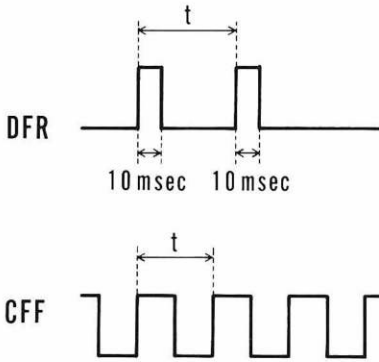


Fig. 2 Stimulus configuration used in each test : double flash resolution test (DFR), and critical flicker fusion test (CFF). Interval "t" displayed in each figure is variable.

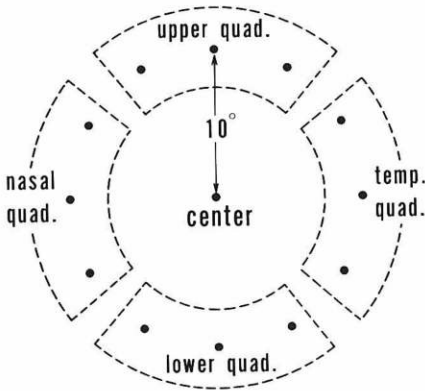


Fig. 3 Field locations selected for this experiment : central field and 12 field locations 10° away from center.

る最小の時間間隔 (t) を求め、フリッカー融合閾測定の場合には LED を 1 : 1 の明暗比で矩形波状に点滅させ、その融合閾値を 1 周期の時間 (t) として求めた (Fig. 2)。この 2 つの検査は、視標部が約 80 lux となる暗室内で、約 10 分程度の練習を兼ねた順応の後に行なった。

また、本研究の対象となる症例を選択するために、ゴールドマン視野計ならびにチュービンガー視野計を用いて量的視野測定を行った。チュービンガー視野計では、視角 27 分の白色円形視標を 10 asb の白色背景光の上に 200 msec 露光し、その閾値を求めた。固視点には視角 2 分の赤色 4 小点視標を用いた。

測定部位はいずれの検査においても、中心部ならびに中心から 10 度の緯線上にある 30 度間隔の 12 部位、計

13 部位とし (Fig. 3)、検査はすべて近見視力を矯正した後に行った。人工瞳孔は使用しなかった。

III 対 象

ゴールドマン視野計による動的量的視野測定で対象眼に異常が認められず、さらに、チュービンガー視野計を用いた静的量的視野測定でも、中心から 10 度の緯線上を 30 度間隔で求めた閾値に異常が認められない、という 2 条件を充たす極早期緑内障 30 例 30 眼を時間特性検査の対象とした。他眼に緑内障性視野欠損が存在するかどうかは問題にできなかった。すなわち、過去において、対象眼の眼圧が 22 mmHg 以上であった期間を 2 カ月以上経過し、しかも、現在、視野異常が認められない症例が今回の研究の対象となっている。従って、いわゆる高眼圧と極早期緑内障とは区別せず、全例を極早期緑内障の範疇に含めた。

対象となった極早期緑内障 30 例 30 眼は、隅角鏡所見により原発性開放隅角緑内障 27 例 27 眼と、原発性閉塞隅角緑内障 3 例 3 眼に分けられた (Table 1)。経過観察期間は最短 6 カ月、最長 16 年、平均 4.8 年であり、年齢は 16 歳から 73 歳まで (平均 41.1 歳) である。対象眼の矯正視力は 0.4 ~ 1.5 (平均 1.07)、屈折度は -13.0D ~ +2.5D (平均 -2.74D)、C/D 比は 0.1 ~ 0.7 (平均 0.37)、過去における最高眼圧は 22 ~ 45 mmHg (平均 28.9 mmHg) である (Table 2)。対象眼は、現在無治療である 4 眼を除いて、全例眼圧降下剤の投薬を受けており、現在無治療である 4 眼も、過去においては眼圧降下剤の投与をうけていた症例である。対象となった 30 眼のうち 7 眼には緑内障手術が施行されている (Table 3)。

30 眼のうちの 14 眼にはピロカルピンが投与されており、かなり縮瞳していた症例もあったが、今回の検査

Table 1. Types of glaucoma patients who participated in this study. All patients had normal static sensitivities on 10° away from the center using a Tübinger perimeter. These 30 glaucoma patients were divided into 3 groups : group "A"; having normal DFR and CFF values, group "B"; having deteriorated DFR and normal CFF values, and group "C"; having deteriorated DFR and CFF values.

	A 群	B 群	C 群	total
primary open angle glaucoma	13	8	6	27
primary angle closure glaucoma	1	2	0	3
total	14	10	6	30

Table 2. Means and one standard deviations on several factors in group “A”, “B”, and “C” were calculated. Student t-tests revealed that no significant difference was found between two groups except for the previous highest intra-ocular pressure between group “A” and “B”.

	A群 (14eyes)	B群 (10eyes)	C群 (6eyes)	total (30eyes)
age	46.9±13.7	36.6±20.0	35.0±11.6	41.1±16.2
v.a. \bar{s} glass	0.44±0.37	0.30±0.44	0.34±0.35	0.37±0.38
v.a. \bar{c} glass	1.07±0.26	1.03±0.36	1.12±0.20	1.07±0.28
refraction (D)	-3.14±4.02	-2.05±2.92	-2.96±2.10	-2.74±3.30
C/D ratio	0.31±0.20	0.44±0.18	0.40±0.09	0.37±0.18
history (year)	4.89±4.01	5.20±5.21	3.75±3.22	4.77±4.21
highest IOP (mmHg)	30.4± 6.8	25.3± 4.1	31.2± 7.6	28.9± 6.5

Table 3. a) Present medications and b) surgical history in each group.

a)

	A群	B群	C群	total
no treatment	0	3	1	4
pilocarpine	0	0	1	1
epinephrine	2	0	0	2
β -blocker	5	5	0	10
pilocarpine+epinephrine	1	0	0	1
pilocarpine+ β -blocker	6	2	4	12
total	14	10	6	30

b)

	A群	B群	C群	total
no surgical history	10	9	4	23
trabeculectomy	1	0	0	1
trabeculotomy	0	0	1	1
laser trabeculoplasty	2	0	1	3
laser iridotomy	1	1	0	2
total	14	10	6	30

は視感度をみるものではなく、閾上での時間分解能を求めるものであるため、網膜照度は強く影響しないと考えられ、人工瞳孔は使用しなかった。また、全例において画角30度ならびに60度の眼底撮影をおこない、明らかな視神経線維束欠損のないことを確かめた。

IV 結 果

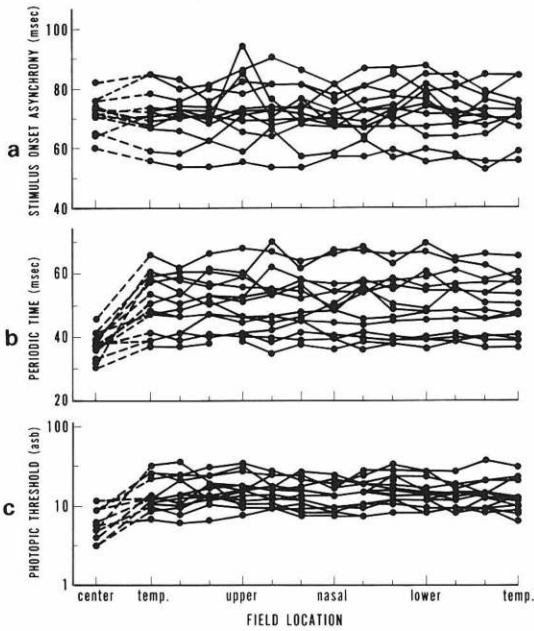
今回行った検査のような心理物理検査では、個々の被検者により課題に対する判断基準が異なっているために、正常、異常の判定基準値を画一的に設定することは、年齢差を考慮に入れたとしても非常に困難であり、個々の被検者ごとに基準値を設ける必要がある。

ただ、われわれの行った検査部位は、中心から10度の緯線上であることから、視野の等感度部位がたとえ水平方向に広がっていると見ても、10度円周上の検査部位ではほぼ等しい値が得られると予測できる。したがって、得られた2刺激分解能(DFR)あるいはフリッカー融合閾(CFF)の結果は、測定部位間、すなわち、中心から10度の緯線上にある30度間隔の12部位相互間の閾値差をもって判定するのが妥当であると考えられる。今回は、その閾値差が標準偏差(σ)以上あった場合に、その部位の閾値が上昇していると判断した。中心部の感度に関しては、この方法では判定できないため、今回は検討しなかった。

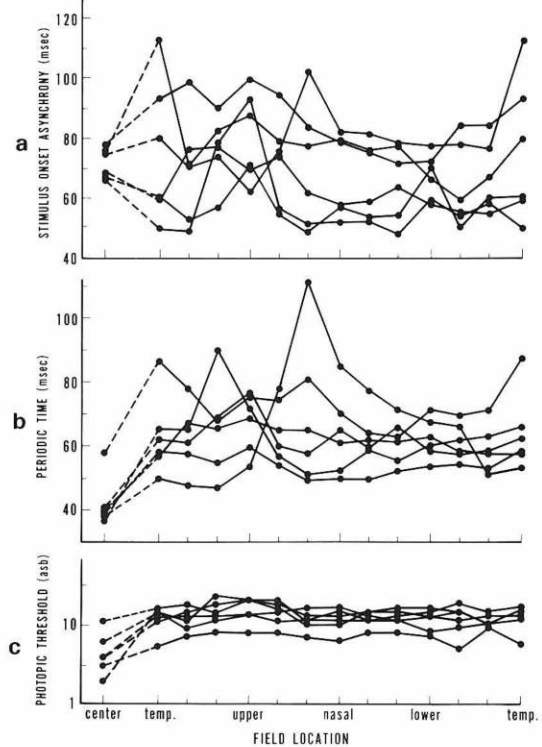
以上のような判定基準に従って対象眼の結果の判定を行うと、静的量的視野測定結果に異常が認められない極早期緑内障においても、DFRとCFFの両者、あるいは、DFRのみに異常の認められた症例が30例中16例にみられた。すなわち、DFRに異常が認められたが、CFFには異常の認められなかった症例が10例10眼、DFRとCFFの両者に異常の認められた症例が6例6眼存在した。しかし、DFRに異常が認められず、CFFにのみ異常の認められたという症例は1例も見出せなかった。

DFRとCFFのいずれもが正常であった症例を<A群>、DFRのみに異常の認められた症例を<B群>、DFRとCFFの両者に異常の認められた症例を<C群>とし、全例のDFR、CFF、ならびに静的量的視野測定結果をまとめたものをFig. 4に表示した。いずれも、上図(a)がDFR、中図(b)がCFF、下図(c)がチュービンガー視野計による静的量的視野測定の結果である。横軸は視野部位を示し、縦軸は、DFRでは刺激光の時間間隔(t msec)、CFFでは1周期の時間(t

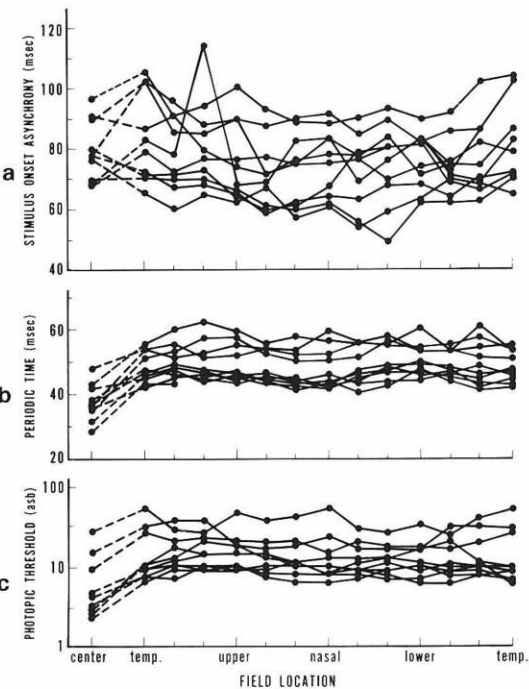
msec), チュービンガー視野測定では感度閾値 (asb) を示している. B群の典型的な2症例の結果を Fig. 5 A, B に示した.



A



B

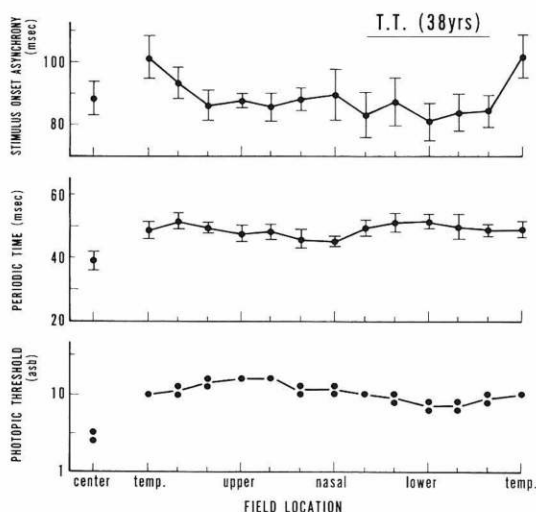


C

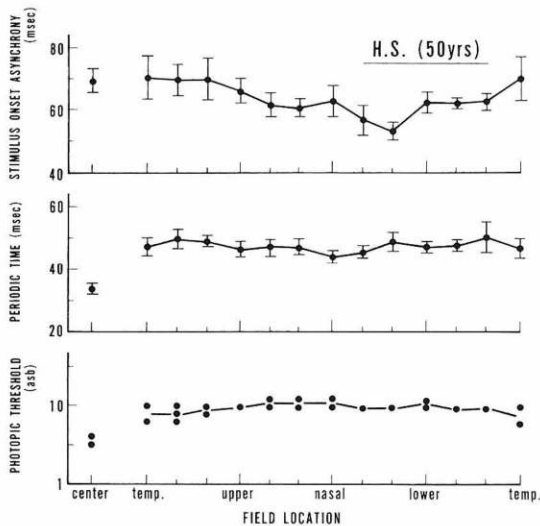
Fig. 4 Results of 3 tests (a : DFR test, b : CFF test and c : static perimetry) in each patients' group ; A) 14 subjects in group "A", B) 10 subjects in group "B", and C) 6 subjects in group "C". Abscissa : field locations (central field and 12 field locations 10° away from center), ordinate : interval "t" explained in Figure 2, in test "a" and "b", and static thresholds by apostilb in test "c".

A群において, 上方視野でDFRの感度低下が認められた症例が数例みられたが, この感度低下は加齢によるものであると考えられた¹⁴⁾. 一方, B群においては, CFFあるいは静的量的視野測定値に異常が認められなかったにもかかわらず, DFRでは耳側視野の感度低下が認められた. この耳側視野の感度低下は正常者においては見出すことのできないものであるため, 緑内障特有のものであると考えられた. C群においても, B群で認められたDFRの耳側視野での感度低下が認められたが, DFRでもCFFでも部位別の感度差が激しく, 障害部位の混在が示唆された.

各視野部位ごとに求めたこれらの値を1/4象限ずつにまとめ (Fig. 3), 鼻側視野の値との間で有意差検定を行った結果を Table 4 に示した, DFRでは, B群に



A



B

Fig. 5 Two samples come from group "B".
Details are the same as in Fig. 4.

において耳側1/4象限が有意に感度低下を示していた以外には、有意差を認めなかった。CFFあるいはチュービンガー視野計による静的量的視野測定では、いずれの群においても中心部で有意な感度上昇を認めたが、耳側1/4象限には有意差を認めなかった。静的量的視野測定では、A群だけで上方1/4象限に有意な感度低下を認め、B群、C群では認めることができなかったが、これはB、C群の症例数が十分多くなかったために有意差がでなかったものであろうと考えられた。

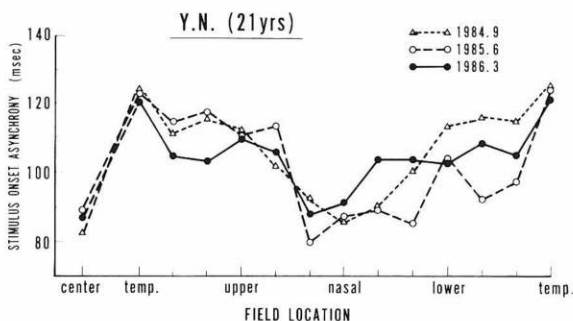


Fig. 6 Results of two years follow-up on 21 years old glaucoma patient by DFR, who displayed sensitivity depression using a Goldmann perimeter.

症例群間で年齢、視力、屈折度、C/D比、緑内障の罹患期間あるいは過去における最高眼圧に差があるか否かを検討したところ、A群とB群との間の過去の最高眼圧においてのみ、5%危険率でB群の方が有意に最高眼圧が低いという結果を得たが、他の因子にはいずれにも有意差を認めなかった (Table 2)。また、各症例群における使用薬剤あるいは、緑内障手術の既往においては、症例群間に特に差を認めなかった (Table 3)。

V 考 按

時間特性検査はアマクリン細胞や神経節細胞などの、主として網膜内層の機能を反映するとされており¹⁶⁾¹⁷⁾、他の視野検査では異常の認められない極早期緑内障眼であっても、網膜内層の機能を選択的に取り出すと考えられる時間特性検査において異常が見出される可能性は十分にある。殊にパルスが2つだけのDFRでは、CFFのように刺激光に順応しないために、寄せ集め機能をも含めた相互干渉機構の神経順応が安定しておらず¹³⁾、より些細な変化を抽出し得ると考えられる。

このような視野の時間特性検査をおこなうことにより、極早期緑内障をA、B、Cの3群に分けることができたが、Table 2, 3から明らかなように、過去における最高眼圧を除けば、A、B、C群間には差を見出すことができず、殊に、A群→B群→C群の順に障害が強くなるという傾向はいずれにも見出すことができなかった。このため、2刺激分解能 (DFR) あるいはフリッカー融合閾 (CFF) が主に何と関連して低下していたのかを検討することはできなかったが、DFRの感

Table 4. Student t-tests were done at each quadrant and central visual field, comparing at nasal visual field. T-values and their significances were calculated in each group (group “A”, “B” and “C”). a) DFR values, b) CFF values, and c) static thresholds using a Tübinger perimeter.

a)

	DFR		
	A群	B群	C群
temp. quad.	0.00 (p>0.5)	2.38 (p<0.05)	1.05 (p<0.5)
upper quad.	1.12 (p<0.3)	0.57 (p>0.5)	1.76 (p<0.2)
lower quad.	1.38 (p<0.2)	-0.44 (p>0.5)	-0.55 (p>0.5)
center	0.75 (p<0.5)	1.20 (p<0.3)	1.36 (p<0.3)

b)

	CFF		
	A群	B群	C群
temp. quad.	-0.60 (p>0.5)	1.41 (p<0.2)	-0.29 (p>0.5)
upper quad.	1.02 (p<0.5)	1.49 (p<0.2)	0.37 (p>0.5)
lower quad.	1.53 (p<0.2)	2.07 (p<0.1)	-0.68 (p>0.5)
center	-5.68 (p<0.001)	-7.11 (p<0.001)	-4.05 (p<0.01)

c)

	static threshold		
	A群	B群	C群
temp. quad.	0.86 (p<0.5)	1.14 (p<0.3)	0.71 (p>0.5)
upper quad.	2.70 (p<0.02)	1.98 (p<0.1)	2.21 (p<0.1)
lower quad.	1.54 (p<0.2)	0.13 (p>0.5)	0.50 (p>0.5)
center	-6.42 (p<0.001)	-6.79 (p<0.001)	-3.17 (p<0.03)

度のみが選択的に低下していたB群の過去における最高眼圧が、すべての検査に異常の認められなかったA群の過去の最高眼圧よりも有意に低かったことから、B群では何らかの個体差による視神経の脆弱性が存在している可能性はある。

動量的あるいは静的量的視野測定を用いて緑内障性の早期視野変化の出現をみた多くの報告^{10)~12)}では、われわれがDFRを用いて見出した中心から10度の耳側部位は、最も視野変化の起りにくい部位の一つとされている。われわれの得た結果はこれらの報告とは一致していなかったが、われわれの対象とした緑内障眼はDFRとCFFの両者に異常を認めたC群においてさえも、動量的あるいは静的量的視野測定では異常を見出せなかった極早期の症例であるため、両者は矛盾するものではない。

臨床的に、緑内障性の視神経乳頭陥凹は視神経中央部からおこり、次第に拡大していくことはよく知られた事実である。視神経繊維は乳頭上で交差するために、

乳頭に近い部位の繊維ほど視神経中央部に位置しており¹⁸⁾、視神経乳頭の陥凹が中央部に生ずれば、これらの視神経繊維が何らかの障害を被る可能性は十分にある。視神経乳頭の陥凹の原因が、perfusion pressureの低下によるものであれ、あるいは単なる眼内圧上昇のための圧排によるものであれ、視神経中央部の視神経繊維に、閾値の上昇にまでは至らない代謝障害が起きても何ら不思議ではない。DFRは、この様なわずかな代謝障害を検出し得たと考えることもできる。

動量的あるいは静的量的視野測定により見出される緑内障性の早期視野欠損が、乳頭の中央部の陥凹から予想される視神経中央部の繊維障害、つまり、マリオット暗点の拡大として見出されることが少ない理由のひとつは、機械的に生じる障害は多くの場合、構造的に異なった組織と接する部位で生ずるものであるからであろう。つまり、緑内障性の視神経障害が機械的なものであると仮定すれば、視神経全体に眼球側から圧が加えられた時、たとえ、視神経中央部に陥凹が生

じたとしても、軟膜中隔組織とともに視神経繊維が硬膜に接する視神経周辺部にその障害が強く現れることが予測される。また、篩板部の中央、耳側および鼻側の小孔は多量の中隔組織に囲まれているのに対して、上方ならびに下方の篩板部の小孔は周りの中隔組織が少ないために変形しやすいことが視神経篩板部の病理組織学的な研究から明らかにされて来ており¹⁹⁾、このことも、視神経中央部の神経繊維が強く障害されにくい大きな理由であろう。しかし、先にも述べた如く、このような構造的な変化が視神経に生ずる前に、視神経中央部の繊維に僅かな障害が生じている可能性は十分ありうると考える。

緑内障の早期診断の方法として、視神経繊維束の欠損^{20)~22)}、色覚の変化²³⁾などを始めとして、多くの方法が試みられているが、いずれも一長一短がありその一つだけでは十分ではない。今回行った視野の時間特性検査もこの例にもれず、時間特性検査単独で十分であるとはわれわれも考えていない。しかし、2刺激分解能の場合、中心から10度の緯線上を30度間隔で12点測定しただけであるにもかかわらず視機能異常を検出することができ、さらに、経過観察をした場合の再現性もよいことから、(Fig. 6)、静的量的視野測定あるいはフリッカー視野測定よりもずっと高精度に緑内障性の視機能異常を検出しようと考えられ、他のさまざまな方法と組合せれば、さらに早期に緑内障性の視機能異常を捉えることができると考えた。

御指導、御校閲いただいた市川宏名誉教授、粟屋忍教授、症例を紹介していただいた中部労災病院田邊吉彦部長に感謝致します。本論文の要旨は昭和61年9月、第347回東海眼科学会において発表した。なお本研究は、昭和60年度文部省科学研究費補助金奨励研究 A 60771400の補助を受けた。記して感謝いたします。

文 献

- 1) **Armaly MF**: Ocular pressure and visual fields. A ten-year follow-up study. Arch Ophthalmol 81: 25—40, 1969.
- 2) **Perkins ES**: The Bedford glaucoma survey. I. Long-term follow-up of borderline cases. Brit J Ophthalmol 57: 179—185, 1973.
- 3) **Armaly MF, Krueger DE, Maunder L, Becker B, Hetherington J Jr, Kolker AE, Levene RZ, Maumenee AE, Pollack IP, Shaffer RN**: Biostatistical analysis of the collaborative glaucoma study. I. Summary report of the risk factors for glaucomatous visual-field defects. Arch Ophthalmol 98: 2163—2171, 1980.
- 4) **Quigley HA**: Better methods in glaucoma diagnosis. Arch Ophthalmol 103: 186—189, 1985.
- 5) **Quigley HA, Addicks EM, Green WR**: Optic nerve damage in human glaucoma. III. Quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema, and toxic neuropathy. Arch Ophthalmol 100: 135—146, 1982.
- 6) **松尾治亘**: 視野. 日眼 83: 1815—1854, 1979.
- 7) **Friedmann AI**: Serial analysis of changes in visual field defects, employing a new instrument, to determine the activity of diseases involving the visual pathways. Ophthalmologica 152: 1—12, 1966.
- 8) **松尾治亘, 遠藤成美**: 中心視野の解析. 加藤 謙, 植村恭夫 編, あすへの眼科展望76, 金原出版, 東京, 227—235, 1976.
- 9) **Heijl A**: Automatic perimetry in glaucoma visual field screening. A clinical study. Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol 200: 21—37, 1976.
- 10) **湖崎 弘, 井上康子**: 緑内障の視野に関する諸問題. 診断の面から. 眼臨 68: 642—650, 1974.
- 11) **Aulhorn E, Karmeyer H**: Frequency distribution in early glaucomatous visual field defect. in Second International Visual Field Symposium 1976. Docum Ophthalmol Proc Series 14: 75—83, 1977.
- 12) **Furuno F, Matsuo H**: Early stage progression in glaucomatous visual field changes. in Third International Visual Field Symposium 1978. Docum Ophthalmol Proc Series 19: 247—253, 1979.
- 13) **安間哲史, 寺崎浩子, 横山健二郎, 宮川典子, 青山昭夫, 山崎 淳**: 視野の時間特性の臨床的評価. (1) 装置の試作と正常者の特性. 日眼 90: 535—541, 1986.
- 14) **宮川典子, 安間哲史**: 視野の時間特性の臨床的評価. (3) 網膜視機能の加齢について. 日眼 90: 1550—1556, 1986.
- 15) **山崎 淳, 安間哲史**: 視野の時間特性の臨床的評価. (4) 上下視野における非線形性. 日眼 90: 1557—1563, 1986.
- 16) **Enoch JM, Fitzgerald CR, Campos EC**: Quantitative layer-by-layer perimetry. An extended analysis. Current Ophthalmol Monographs, Grune & Stratton, New York, 1981.
- 17) **市川 宏, 安間哲史, 徳田浩子**: 層別量的視野計の試作. 眼臨 79: 1140—1143, 1985.
- 18) **Minckler DS**: The organization of nerve fiber bundles in the primate optic nerve head. Arch Ophthalmol 98: 1630—1636, 1980.

- 19) **Quigley HA, Addicks EM**: Regional differences in the structure of the lamina cribrosa and their relation to glaucomatous optic nerve damage. *Arch Ophthalmol* 99: 137—143, 1981.
- 20) **Hoyt WF, Frisén L, Newman NM**: Fundoscopy of nerve fiber layer defects in glaucoma. *Invest Ophthalmol* 12: 814—829, 1973.
- 21) **Sommer A, Miller NR, Pollack I, Maumenee AE, George T**: The nerve fiber layer in the diagnosis of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 95: 2149—2156, 1977.
- 22) **岩田和雄, 難波克彦, 阿部春樹**: 定形的な slit-like nerve fiber layer defect の視野欠損像の量的質的分析. *日眼* 85: 1791—1803, 1981.
- 23) **阿部春樹, 坂井豊明, 山崎芳夫**: 平面色光視野計により分離される青・緑・赤錐体系の眼底疾患における選択的障害. 第2報. 緑内障における検討. *日眼* 87: 950—957, 1983.
-