

視野の時間特性の臨床的評価

(10) 緑内障患者の受容野特性

長坂 智子¹⁾, 安間 哲史²⁾, 栗屋 忍³⁾¹⁾国立名古屋病院眼科, ²⁾安間眼科, ³⁾名古屋大学医学部眼科学教室

要 約

正常者 11 名, 緑内障患者 19 名の 3 度耳側視野において, 二刺激分解能 (DFR) とフリッカー融合閾 (CFF) を指標として受容野中心野を求めた. 正常者では DFR の受容野中心野の大きさは平均 $2.17 \log \text{ min of arc}^2$, CFF では平均 $2.55 \log \text{ min of arc}^2$ であったが, 緑内障患者では DFR の受容野中心野の平均は $2.48 \log \text{ min of arc}^2$, CFF では $2.53 \log \text{ min of arc}^2$ と DFR の受容野中心野は拡大し, CFF のそれに近づいていた. この変化は視野障害を有する緑内障患者ではほとんどすべての症例にみられ, さらに, 高眼圧のみで視野異常のない症例でも 13

例中 9 例と約 70% にみられ, 眼圧コントロールとも関連していた. この変化は, sustained 系と transient 系の相互干渉の結果として成立する DFR の周辺野の機能低下によると考えられ, 形態的には緑内障早期から起こる α 細胞の障害を反映したものと思われた. (日眼会誌 101: 180—186, 1997)

キーワード: 緑内障, 視野, 二刺激分解能, フリッカー融合閾, 受容野特性

Clinical Applications of Time-dependent Perimetry

(10) Receptive Field Properties of Glaucoma Patients

Tomoko Nagasaka¹⁾, Tetsushi Yasuma²⁾ and Shinobu Awaya³⁾¹⁾Department of Ophthalmology, Nagoya National Hospital²⁾Yasuma Eye Clinic³⁾Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine

Abstract

The receptive field center of double flash resolution (DFR) and of critical flicker fusion frequency (CFF) in a 3° temporal visual field were examined in 11 normal subjects and 19 glaucoma and ocular hypertension patients. In normal subjects, the mean receptive field center of DFR was $2.17 \log \text{ min of arc}^2$ and that of CFF was $2.55 \log \text{ min of arc}^2$. In many glaucoma and ocular hypertension cases, the receptive field center of DFR (mean: $2.48 \log \text{ min of arc}^2$) was significantly enlarged and came close to that of CFF (mean: $2.53 \log \text{ min of arc}^2$) ($p < 0.01$). Although these findings were mostly seen in patients with some visual field changes, they were also encountered in 9 (70%) of the 13 cases with

ocular hypertention without any visual field changes and are probably related to poor intraocular pressure control. We considered that the result was due to the dysfunction of the surrounding area of DFR that consists of interaction between sustained and transient functions of the visual pathway. This dysfunction could be closely related to the disorder of α -cells that occurs in the early stage of glaucoma. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 180—186, 1997)

Key words: Glaucoma, Visual field, Double flash resolution, Critical flicker fusion frequency, Receptive field properties

I 緒 言

眼圧が高いのみで視野異常を認めない患者を経過観察するうちに視野欠損が出現するということは, 日常診療

でよく経験することである. しかし, 緑内障患者に対して, 視神経障害検出のために一般的に行われている動量的ならびに静的量的視野測定で異常が検出される以前に, 相当量の視神経が障害されており, Goldmann (ゴー

別刷請求先: 460 愛知県名古屋市中区三の丸 4-1-1 国立名古屋病院眼科 長坂 智子

(平成 8 年 6 月 13 日受付, 平成 8 年 9 月 11 日改訂受理)

Reprint requests to: Tomoko Nagasaka, M.D. Department of Ophthalmology, Nagoya National Hospital, 4-1-1, Sannomaru, Naka-ku, Nagoya-shi, Aichi-ken 460, Japan

(Received June 13, 1996 and accepted in revised form September 11, 1997)

ルドマン)視野計を用いた場合,症例によっては40%もの視神経線維が消失しても,なお視野欠損が現われないことがあるという報告¹⁾もある.したがって,治療に当たっては,いかに早期に緑内障による視神経障害を検出し得るかが重要な課題である.そこで,我々は,2つの刺激光が分離されて認知され得る最小の時間間隔を測定する二刺激分解能(double flash resolution:以下,DFR)と,多くの刺激光が連続して与えられた時に,そのちらつきを認知し得る最小の時間間隔を測定するフリッカー融合閾(critical flicker fusion frequency:以下,CFF)を用いて,正常者,いわゆる高眼圧症者ならびに緑内障患者(以下,後二者を合わせて緑内障患者と称す)の耳側3度の視野部位における受容野中心野を測定し,興味ある結果を得たので報告する.

II 対象と方法

対象には,施行する心理物理検査に対する理解度を考慮して正常者11名,緑内障患者19名を選出した.正常者は男性6名,女性5名,年齢は26~60歳(平均38.0±11.0歳,平均値±標準偏差),緑内障患者では男性7名,女性12名,年齢は17~66歳(平均46.2±16.4歳)であった.

矯正視力は0.8であった1例を除く全例において1.2以上であった.緑内障患者の内訳は,ゴールドマン視野計で明らかな視野欠損を示すものが3例(A群),一時的に湖崎分類のIIa期を示したことがある,いわゆる早期緑内障が3例(B群),高眼圧のみで特に視野異常を認めなかったものが13例(C群)であった.静的視野は全例では得られなかったが,C群では13例中9例で測定され,異常のないことが確認できている.A群は原発性開放隅角緑内障,水晶体嚢性緑内障,正常眼圧緑内障がそれぞれ1例ずつであった(表1).

測定方法は既報^{2,3)}に準じて行った.すなわち今回用いた装置は,5インチの白黒モニターテレビの画面上を赤色ゼラチンフィルター(Wratten 25)で覆い,その中央に直径1.6mm,視角約3.7分の円形赤色発光ダイオード(LED)を装着した層別量的視野計²⁾(図1)で,使用したLEDは主波長700nm,平均輝度は約230cd/m²であった.検査室の照度はモニターテレビ周辺を約80luxに設定した.モニターテレビは被検者から視距離1.5mに設

置し,画面中央に大きさと輝度を連続的に可変できる円形背景光を表示することができ,その中央にLEDが位置するようになっている.円形背景光は輝度を1.15cd/m²に固定し,大きさは背景光のない場合と,1.52log min of arc²から0.343間隔に1.863,2.206,2.549,2.892,3.235,3.578log min of arc²の7通りの大きさを表示した.DFRは露光時間を10msecに定めたパルスをも2回連続して点灯させ,この2つのパルスの時間間隔を変えることによって,2つのパルスが融合する時間間隔を1つ目のパルスの点灯から次のパルスの点灯開始までの時間(刺激周期)として求めた.また,CFFはLEDを1:1の明暗比で矩形波状に点滅させ,そのパルスの点滅が融合する閾値を1周期の時間(刺激周期)として求めた.

測定はすべて固視点から3度耳側視野で行った.各円形背景光下にLEDを点滅させ,上行系列,下行系列を交互に繰り返して求める極限法を用いて測定した.背景光の大きさを増していくと,DFRとCFFはともに閾値が徐々に上昇し,ある程度以上になると逆に閾値が下がってくる.この閾値が上昇から下降に切り替わる時の背景光の極限の大きさをDFRならびにCFFの受容野中心野と定義し,個々の測定結果のグラフに目視で二次曲線を当てはめて,その曲線の頂点を示す背景光の大きさとして求めた.

III 結果

図2に示すように正常者は11例ともほぼ同様の形態を示し,DFRでは2.2log min of arc²付近に,CFFでは2.5log min of arc²付近にピークがみられた.これを二

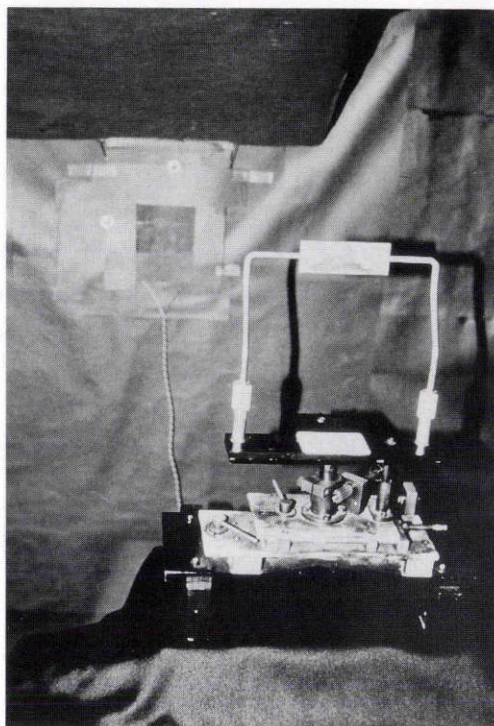


図1 今回用いた層別量的視野計.

表1 高眼圧または緑内障患者の内訳

A群: 視野欠損(+)	3例
POAG	1例
PEG	1例
NTG	1例
B群: 高眼圧+視野異常(±)	3例
C群: 高眼圧+視野異常(-)	13例
POAG: 原発開放隅角緑内障, PEG: 水晶体嚢性緑内障, NTG: 正常眼圧緑内障	

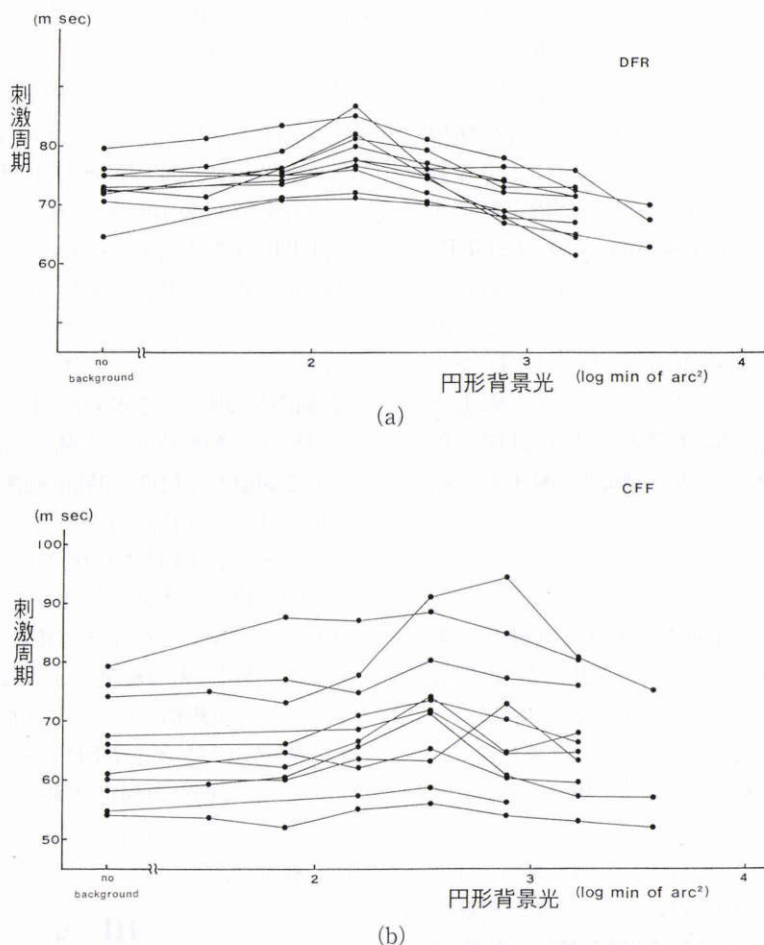


図2 正常者における各円形背景光下の DFR, CFF の閾値.

DFR: 二刺激分解能, CFF: フリッカー融合閾

次曲線に当てはめて,それぞれの受容野中心野の大きさを求めると,DFRでは $2.1 \sim 2.3$,平均 $2.17 \pm 0.09 \log \min \text{ of arc}^2$ (平均値 $\pm$ 標準偏差),CFFでは $2.4 \sim 2.8$,平均 $2.55 \pm 0.11 \log \min \text{ of arc}^2$ となり,いずれも受容野中心野の大きさは,DFRよりCFFの方が大きくなっていた.一方,緑内障患者では,図3に示すごとくDFR, CFFともに $2.5 \log \min \text{ of arc}^2$ 付近にピークがみられ,DFRの受容野中心野が拡大して,CFFとほぼ等しくなっている症例が多くみられた.それぞれの受容野中心野は,DFRで $2.2 \sim 2.7$,平均 $2.48 \pm 0.12 \log \min \text{ of arc}^2$,CFFでは $2.3 \sim 2.8$,平均 $2.53 \pm 0.11 \log \min \text{ of arc}^2$ であった(表2).DFRの受容野中心野の大きさは,正常者に比べて約 $0.3 \log \min \text{ of arc}^2$ 拡大しており,正常者との間にはt検定で統計学的有意差を認めた($p <$

0.01).しかし,CFFでは正常者との間に有意な差を認めなかった.

次に,緑内障患者において,今回の測定結果を視野異常の程度別に比較した.この検討は,簡略に分類するため二次曲線には当てはめず,今回の測定グラフをそのまま使用した.すなわち,今回の7点の中でDFRで $2.2 \log \min \text{ of arc}^2$ にピークがあり,CFFで $2.5 \log \min \text{ of arc}^2$ 点以上にピークのあるものを正常型,DFRのピークが拡大して $2.5 \log \min \text{ of arc}^2$ となり,CFFとの差が減少しているものを緑内障型,どちらも判別困難なものを判定不能型とすると,緑内障19例中3例が正常型,3例が判定不能型で,残る13例が緑内障型を示した.これをABC各群別にみると,明らかな視野欠損があるA群では3例中1例が判定不能型,2例が緑内障型であった.早期緑内障のB群でも3例中1例が判定不能型,2例が緑内障型であった.さらに,高眼圧のみのC群では13例中

表2 受容野中心野の大きさ (平均値 $\pm$ 標準偏差)

	正 常 者	高眼圧または緑内障
DFR	2.17 ± 0.01	2.48 ± 0.12
CFF	2.55 ± 0.01	2.53 ± 0.11

*: $p < 0.01$

DFR: 二刺激分解能, CFF: フリッカー融合閾

表3 緑内障各群別 DFR, CFF 波型の比較 (例数)

	正常型	判定不能型	緑内障型	計
A群	0	1	2	3
B群	0	1	2	3
C群	3	1	9	13

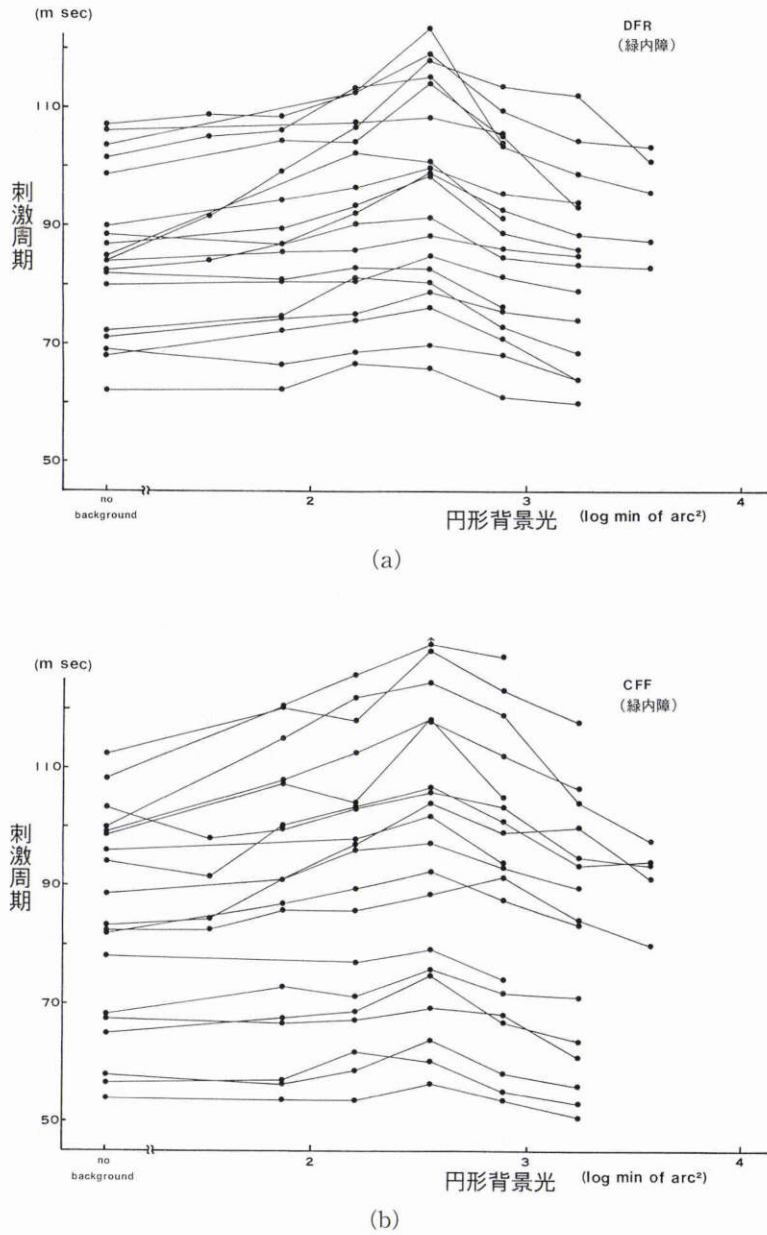


図 3 緑内障および高眼圧症患者的各円形背景光下の DFR, CFF の閾値.

3 例が正常型, 1 例が判定不能型で, 9 例が緑内障型であった(表 3). 視野異常のない C 群の中にもかなりの症例が緑内障型受容野となっていたが, 正常型がみられたのは C 群のみであり, DFR における受容野中心野の拡大は, 緑内障の視神経障害に関連したものであり, 視野変化以前のかなり初期からこの変化が出現することがわかった.

さらに, ゴールドマン視野検査により異常のみられない C 群において, 眼圧経過と今回の結果との比較を行ったところ, 13 例中正常型の 3 例は最長 4 年間の経過観察中で常に 22 mmHg 以下にコントロールされており, 逆に今回の症例中 22 mmHg 以下にコントロールされていた症例はすべて正常型で, 22 mmHg 以下とそれ以上とで明確に区分された結果となった. また, 今回の結果と年齢および視野異常の程度との関連は認められなかった.

IV 考 按

網膜神経節細胞の分類は, 伝導速度の遅い(15~25 m/sec) tonic(sustained)な反応を示す X 細胞, X 細胞より伝達速度の早い(30~40 m/sec) phasic(transient)な反応を示す Y 細胞, さらに, 全く異なるタイプのより遅い伝導速度をもつ W 細胞の 3 種類に分類されている⁴⁾⁵⁾. 一方, 形態学的には, 広い樹枝状突起をもつ胞体径の大きな α 細胞, 樹枝状突起の広がり小さく胞体径の小さい β 細胞, 広い樹枝状突起と小さな胞体をもつ γ 細胞の 3 種に分類され⁶⁾, α 細胞は Y 細胞に, β 細胞には X 細胞に, γ 細胞は W 細胞に一致することが知られており⁷⁾⁸⁾, 現在はヒトでも同様に分類できると考えられている⁹⁾.

また, 網膜から大脳皮質までの視覚情報の伝達系には古くから刺激の時間的な要因を伝達する神経機構(tran-

sient系)と空間的な要因を伝達する神経機構(sustained系)が存在し、ともに独立したchannelであるとともに^{10)~13)}、両者は相互干渉により互いに抑制し合うことが知られている^{14)~17)}。したがって、例えばsustained系からの抑制の減少を仮定した場合にはtransient系反応が増加すると考えることもできる。

赤色発光ダイオードを用いたDFRとCFFはともに視野の時間特性を検査するものでありながら、刺激の数が異なる点で多くの生理的差異が見出されている。我々は、これまでに各視野部位においてDFRとCFFを測定し、DFRを用いるとCFFでは捕えることのできない視機能異常が検出できることを報告し、CFFとDFRの生理的差異について考察した^{3)18)~24)}。これらは空間特性によっても影響されており、網膜内で統合される部位ならびに主に仲介する神経細胞の種類が異なっている可能性が考えられる。これまで多くの報告から、CFFにはtransient系のみが関与していると考えられているが、我々の研究からも時間分解能のうち、CFFはtransient機能を強く反映し、DFRはsustained機能とtransient機能が相互に干渉し合った結果を反映することが示唆されている³⁾。

ゴールドマン視野計や静的量的視野計などでは異常を検出できない極早期の緑内障においても空間周波数測定²⁵⁾²⁶⁾、色視野測定²⁷⁾、フリッカー視野測定²⁸⁾などを用いると、さらに早期に種々の機能障害を検出できることが多く報告されているが、いずれも一長一短があり、十分とはいいきれない。我々は前報で、極早期の緑内障でも視野中央部に視神経線維の障害が存在すること、DFRが静的量的視野測定やフリッカー視野測定よりも、さらに高精度な緑内障性の視機能異常の検出法であることを報告²¹⁾した。しかし、閾値は正常者、緑内障患者ともに年齢差などの個人差が大きく、特にCFFでは閾値は正常者、緑内障患者ともばらつきが多くみられた。また、閾値の評価では緑内障患者での視野障害の有無、程度による差もみられなかった。このように、閾値のみでは結果の評価を十分にはできないため、今回我々は前報²¹⁾で正常者に対し緑内障患者で変化のみられた耳側視野の中心外3度という視野中心部でDFR、CFFの受容野中心野を求めて解析した。受容野(receptive field)とは、ある一つの神経細胞の反応に影響を与える網膜上の領域をいい、その中には空間的寄せ集め現象を示す中心野と、抑制現象を示す周辺野の相拮抗する二種の特性が存在する。このような中心一周辺機構を持つ受容野の概念は、心理物理学にも古くから知られており²⁹⁾³⁰⁾、電子顕微鏡を用いて、中心一周辺機構は網膜内の神経細胞間のシナプスを介して構成されていることが報告³¹⁾されている。Enochらは、Werblinが回転羽根を周辺野で回転させてアマクリン細胞の出力を取り出し³²⁾³³⁾、sustained typeとtransient typeの2つの独立した伝達系が証明¹⁰⁾¹¹⁾された手法を

取り入れ、さらに電気生理学的、心理物理学の実験事実を応用して網膜内各層の反応を心理物理学的に分離するlayer by layer perimetryを考案した³⁴⁾³⁵⁾。我々が今回用いた層別量的視野計は、Enochらが考案したlayer by layer perimetryを基に試作したものである²⁾。このように背景光の大きさによる閾値の動きに焦点を当てると、正常者では広い年齢層にわたり全例とも同じ大きさの背景光でグラフの山の最も高くなっており、これまでに指摘されている閾値の個人差、年齢差は除外できる。そして、多くの緑内障患者ではDFRの山の頂点が右に移動、すなわち受容野中心野が拡大していた。したがって、緑内障患者にみられた受容野中心野の拡大という変化は緑内障性の変化と考えるのが妥当と思われる。

形態学的には、早期緑内障では胞体の大きな神経節細胞が優位に障害される³⁶⁾といわれている。胞体の大きな細胞、すなわち、 α 細胞は機能的にはY細胞に一致し、transient系に関与している。しかし、今回の結果は、transient系を反映するCFFでは受容野中心野に変化はなく、sustained系とtransient系の相互干渉系に反映されるDFRで受容野中心野が拡大し、CFFの受容野中心野と等しくなるという変化がみられ、一見矛盾しているように思われる。しかし、これは次のように説明することができよう(図4)。すなわち、CFFもDFRもともに時間分解能であることから両者ともY細胞が関与し、主にtransient系を介すると考えることには異論ない。また、DFRはsustained機能とtransient機能が相互干渉を反映するとの結果がすでに得られており、さらに興奮性の反応の場合に比較して、より多くのシナプスを介する抑

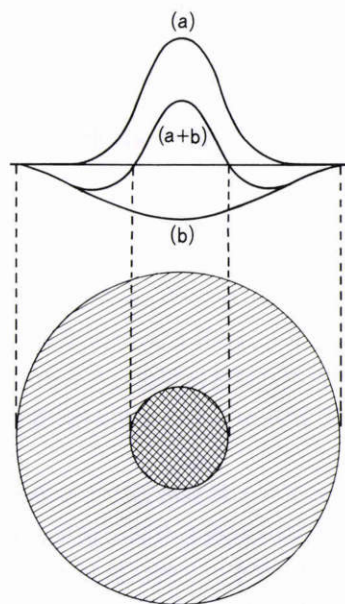


図4 DFRの受容野の説明図。

(a) 興奮反応: transient系, (b) 抑制反応: sustainedとtransientの相互干渉系
抑制反応が消失すると受容野中心野が拡大する。
■: 中心野, ▨: 周辺野

制性の反応は他からの干渉を受けやすいと考えられることから、DFRの周辺野(抑制野)がsustainedとtransientの相互干渉の成果であると仮定すれば、早期緑内障ではY細胞の機能、すなわち、transient機能が低下し、より障害を受けやすい相互干渉系の機能が低下、消失したため、DFRの抑制野が消失し、中心野が拡大した。そしてtransient系のみが残り、DFRの受容野中心野はCFFのそれに近づいたと考えることができる。したがって、今回の緑内障患者にみられたDFRの受容野中心野の拡大は緑内障性の視神経障害を示すものであり、これは形態学的には緑内障早期からみられる α 細胞、すなわちY細胞の障害を反映したものと考えた。

CFFとDFRは同じ時間分解能であってもDFRは相互干渉系を持つためにCFFよりさらに高精度な伝達系と考えられ、この手法を用いて受容野中心野を測定することにより極早期緑内障患者の中心視野においても種々の機能障害が生じていることが確認された。今後、いろいろな検査にDFRの手法を取り入れることにより、さらに早期の機能障害が容易に検出できるようになるであろうと思われる。併せて、昨今高眼圧症に対して、21~22 mmHgを境界眼圧として治療を考える傾向がみられるが、今回も眼圧が22 mmHg以下で経過した患者では、この緑内障性の変化が出現した例が少なく、治療方針を決定する上で、参考にし得ると思われた。

文 献

- 1) 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.
- 2) 市川 宏, 安間哲史, 寺崎浩子: 層別量的視野計の試作(市川 宏教授退官記念誌). *眼臨* 79: 1140—1143, 1985.
- 3) 安間哲史, 山崎 淳, 山本憲明, 長坂智子, 村上京子: 視野の時間特性の臨床的評価。(6)受容野特性との関連. *日眼会誌* 91: 1235—1243, 1987.
- 4) Enroth-Cugell C, Robson JG: The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *J Physiol* 187: 517—552, 1966.
- 5) Stone J, Fukuda Y: Properties of cat retinal ganglion cells: A comparison of W-cells with X- and Y-cells. *J Neurophysiol* 37: 722—748, 1974.
- 6) Boycott BB, Wassle H: The morphological types of ganglion cells of the domestic cat's retina. *J Physiol* 240: 397—410, 1974.
- 7) Rodieck RW, Binmoeller KF, Dineen J: Parasol and midget ganglion cells of the human retina. *J Comp Neurol* 233: 115—132, 1985.
- 8) Saito H: Morphology of physiologically identified X-, Y-, and W-type retinal ganglion cells of the cat. *J Comp Neurol* 221: 279—288, 1983.
- 9) Fukuda Y, Hisao C, Watanabe M, Ito H: Morphological correlates of physiologically identified Y-, X-, and W-cells in cat retina. *J Neurophysiol* 52: 999—1013, 1984.
- 10) Werblin FS: Control of retinal sensitivity II. Lateral interactions at the outer plexiform layer. *J Gen Physiol* 63: 52—87, 1974.
- 11) Werblin FS, Copenhagen DR: Control of retinal sensitivity III. Lateral interactions at the inner plexiform layer. *J Gen Physiol* 63: 88—110, 1974.
- 12) Cleland BG, Dubin MW, Levick WR: Sustained and transient neurones in the cat's retina and lateral geniculate nucleus. *J Physiol* 217: 473—496, 1971.
- 13) Hoffman KP, Stone J, Sherman SM: Relay of receptive-field properties in dorsal lateral geniculate nucleus of the cat. *J Neurophysiol* 35: 518—531, 1972.
- 14) von Grunau MW: Interaction between sustained and transient channels: From inhibits motion in the human visual system. *Vision Res* 18: 197—201, 1978.
- 15) Breitmeyer BG: Disinhibition in metacontrast masking of vernier acuity targets: Sustained channels inhibit transient channels. *Vision Res* 18: 1401—1405, 1978.
- 16) Breitmeyer BG: Metacontrast with black and white stimuli: Evidence for inhibition of on- and off-sustained activity by either on- or off-transient activity. *Vision Res* 18: 1443—1448, 1978.
- 17) Kulikowski JJ, Tolhurst DJ: Psychophysical evidence for sustained and transient detectors in human vision. *J Physiol* 232: 149—162, 1973.
- 18) 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. *日眼会誌* 90: 535—541, 1986.
- 19) 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. *日眼会誌* 90: 1550—1556, 1986.
- 20) 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. *日眼会誌* 90: 1557—1563, 1986.
- 21) 安間哲史, 山崎 淳, 山本憲明: 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. *日眼会誌* 91: 277—285, 1987.
- 22) 安間哲史, 山本憲明, 山崎 淳, 長坂智子: 視野の時間特性の臨床的評価。(7)DFRとCFFの生理的意義. *日眼会誌* 92: 584—590, 1988.
- 23) 山本憲明, 安間哲史: 視野の時間特性の臨床的評価。(8)中心部と傍中心部の加齢の相違点について. *日眼会誌* 92: 591—602, 1988.
- 24) 安間哲史, 山本憲明, 山崎 淳, 長坂智子: 2刺激分解能の生理的意義. *日本眼科学会誌* 45—48, 1988.
- 25) 服部美里: 原発性開放隅角緑内障の空間周波数特性. *眼紀* 33: 182—189, 1982.
- 26) 浅井利通, 金谷いく子, 勝盛紀夫, 溝上国義, 梶見和孝: 緑内障眼における網膜神経線維束萎縮と空間周波数特性の相関. *臨眼* 41: 851—855, 1987.

- 27) 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. 日眼会誌 87: 950—957, 1983.
- 28) 宇山令司: 静的フリッカー視野測定 of 早期緑内障の診断への応用について. 近畿大医誌 12: 577—592, 1987.
- 29) Westheimer G: Spatial interaction in human retina during scotopic vision. J Physiol 181: 881—894, 1965.
- 30) Westheimer G.: Spatial interaction in human cone vision. J Physiol 190: 139—154, 1967.
- 31) Dowling JE, Boycott BB: Organization of the primate retina: Electron microscopy. Proc Roy Soc London Ser B 166: 80—111, 1966.
- 32) Werblin FS: Lateral interactions at inner plexiform layer of vertebrate retina: Antagonistic responses to change. Science 175: 1008—1010, 1972.
- 33) Werblin FS: Functional organization of a vertebrate retina: Sharpening up in space and intensity. Ann NY Acad Sci 193: 75—85, 1972.
- 34) Enoch JM: Quantitative layer-by-layer perimetry. Invest Ophthalmol Visual Sci 17: 208—257, 1978.
- 35) Enoch JM, Fitzgerald CR, Chamos EC: Quantitative layer-by-layer perimetry. New York, Grune and Stratton, Inc, 1981.
- 36) 浅井利通, 勝盛紀夫, 溝上国義: 緑内障における網膜神経節細胞障害. 第1報. 胞体径に関する検討. 眼紀 38: 701—709, 1987.