

## 人間ドックにおける Frequency Doubling Technology を 使用した緑内障スクリーニングの有用性

草場喜一郎, 川浪 美穂, 伴 由利子

公立南丹病院眼科

### 要 約

**目的**：人間ドック受診者に対して Frequency Doubling Technology (FDT) を施行し、緑内障の検出における有用性について検討した。

**方法と対象**：人間ドックを受診した 400 例 800 眼に対して、一次検診として視力、眼圧、眼底検査、FDT スクリーニング N-30-5 を施行した。眼圧、眼底検査、FDT のいずれか一つでも異常があった者を要精査と判定し、二次検診として眼科精密検査を施行した。

**結果**：要精査と判定されたのは 118 眼で、そのうち FDT で異常があったのは 91 眼であった。二次検診を受

けた 102 眼中 16 眼で緑内障が検出され、そのうち FDT で異常があったのは 15 眼であった。FDT で異常があったにもかかわらず、二次検診で異常なしと判定されたのは 40 眼であった。FDT の緑内障検出における敏感度は 93.8%、特異度は 94.7% と高かった。

**結論**：FDT は緑内障スクリーニングに有効であると考えられる。(日眼会誌 108 : 554-559, 2004)

**キーワード**：FDT, 視野, 緑内障, 人間ドック, 検診システム

## The Usefulness of Frequency Doubling Technology Perimetry in Glaucoma Screening in Health-check Program

Kiichiro Kusaba, Miho Kawanami and Yuriko Ban

Department of Ophthalmology, Nantan General Hospital

### Abstract

**Purpose** : Visual field testing has not been used as a screening procedure because it requires too much testing time and manpower. We evaluated the usefulness of Frequency Doubling Technology (FDT) visual field testing as a screening procedure for glaucoma in a health-check screening program.

**Methods** : A total of 800 eyes of 400 persons were examined for visual acuity, noncontact tonometry, slit-lamp biomicroscopy, funduscopy, and FDT testing of visual fields (N-30-5). The initial screening result was considered positive for glaucoma if any abnormality of FDT perimetry was detected, the intraocular pressure exceeded 21 mmHg, or funduscopy showed glaucomatous disc cupping or retinal nerve fiber layer defect. The re-examination comprised several ophthalmic examinations such as

automatic perimetry (Humphrey field analyzer).

**Results** : Glaucoma was suspected in 118 eyes ; 16 eyes were thus diagnosed after re-examination. FDT detected visual field abnormalities in 15 eyes. There were 40 eyes that were not diagnosed although FDT detected visual field abnormalities.

**Conclusions** : FDT detected visual field abnormalities in glaucoma patients with high sensitivity and specificity. FDT is a useful screening test for glaucoma.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 108 : 554-559, 2004)

**Key words** : Frequency Doubling Technology, Visual fields, Glaucoma, Health testing services, Screening system

### I 緒 言

緑内障は、我が国において常に失明原因の上位を占め

ている<sup>1)</sup>。社会の高齢化に伴い、緑内障患者はますます増加していくと予想される。1988~1989年にかけて全国規模での緑内障疫学調査が行われ、40歳以上の一般

別刷請求先：629-0197 京都府船井郡八木町八木上野 25 公立南丹病院眼科 伴 由利子  
(平成 15 年 11 月 10 日受付, 平成 16 年 3 月 10 日改訂受理)

Reprint requests to : Yuriko Ban, M. D. Department of Ophthalmology, Nantan General Hospital, 25 Ueno Yagi Yagi-cho Funai-gun Kyoto 619-0214, Japan

(Received November 10, 2003 and accepted in revised form March 10, 2004)

人口中の緑内障有病率は 3.56% であり、そのうちの約 80% は未発見または未治療の状態であるという結果であった<sup>23)</sup>。さらに、最近解析結果の報告された多治見緑内障疫学調査で、40 歳以上の緑内障有病率は 5.78% と報告されている。

緑内障は、初期には自覚症状がなく、進行とともに徐々に視野が狭くなり、最終的に失明に至る。自覚症状がない初期の緑内障患者の早期発見、早期治療が重要であることはいうまでもないが、自覚症状のない初期に緑内障患者が眼科を受診することは少ない。そこで、老人検診(住民検診)<sup>4)~6)</sup>や人間ドック<sup>7)~12)</sup>で全身の検査と併せて眼科領域の諸検査が行われるようになった。ところが、緑内障の診断に必要な不可欠な視野検査に関しては、検査時間や熟練を要する操作性、設置場所、経費などの問題があるために、スクリーニングを目的とする一次検診や人間ドックでは実施が難しかった。実際、当院の人間ドックにおいても視野検査は行われていなかった。また、従来から行われてきた眼圧測定に関しては、正常眼圧緑内障が日本人の大半を占めること<sup>23)</sup>により診断における意義が低下していることや、眼底検査に関してはすべての被検者に対して熟練した緑内障専門医が判定することが理想的であるが、事実上不可能であり、判定精度の問題が指摘されている。

近年開発された Frequency Doubling Technology (FDT, Welch Allen/Humphrey 社製, 米国) は、スクリーニング検査であれば 1 分以内という短い検査時間、屈折異常に対する矯正が不要で検査方法が簡便なことから検診への応用が期待されている。そこで今回、我々は当院人間ドックにおいて従来から行われている眼圧検査、眼底検査に加えて FDT を導入し、緑内障の検出における有用性を検討した。

## II 実験方法

2002 年 4 月から 2003 年 3 月までの 1 年間に、公立南丹病院において人間ドックを受診した 400 例 800 眼(男性 250 例, 女性 150 例)を対象とした。全体の年齢平均は  $51.2 \pm 11.0$  (平均値  $\pm$  標準偏差) 歳 (23~81 歳) であった(図 1)。

一次検診として、オートレフラクトメータを用いた屈折検査、視力検査、非接触眼圧計による眼圧測定、細隙灯検査、眼底検査および無散瞳カメラにより後極部眼底写真撮影を施行し、それを眼科医 1 名により判定を行う当院で行っていた従来の方法に加えて、受診者全員に対して FDT スクリーニングプログラム N-30-5 を施行した。FDT 施行時の注意点として、眼鏡など矯正道具を持参の場合は装着すること、検査は右眼から左眼とし、最低 5 分間の休憩をとることに留意した。固視不良、偽陽性が 33% 以上と信頼性が低い場合には再検した。

眼圧測定で 22 mmHg 以上の高眼圧を示した者、視神

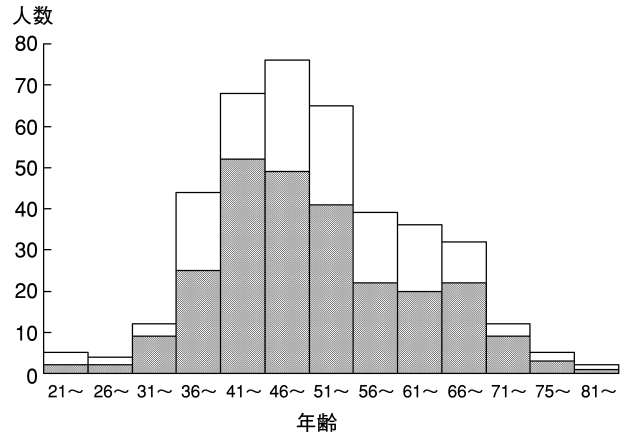


図 1 人間ドック受診者(400 例)の年齢分布。  
■は男性の数, □は女性の数を表す。

経乳頭陥凹拡大や視神経乳頭出血などの緑内障性視神経乳頭変化、網膜神経線維層欠損がみられた者を緑内障疑いとし、要精査と判定した。FDT で視野異常があった者に対しても要精査と判定し、二次検診(眼科受診)を勧めた。FDT 異常の基準は、全く視野異常がない、もしくは最上下段に mild relative loss が 1 個だけある場合のみ異常なしと判定し、それ以外は要精査と判定した。

人間ドックによって要精査と判定され、二次検診で当院眼科を受診した者に対して、屈折検査、視力検査、Goldmann 圧平眼圧計による眼圧測定、細隙灯顕微鏡検査、散瞳下での眼底検査、Humphrey 自動視野計(Humphrey Field Analyzer, Humphrey Zeiss 社製, 米国 HFA)の 30-2 full-threshold プログラムを施行し、緑内障の有無を判定した。緑内障性視神経乳頭変化およびそれに対応する緑内障性視野異常(Hodapp ら<sup>13)</sup>による Humphrey 視野測定における早期緑内障判定基準以上)があった者を緑内障と判定した。

二次検診で当院を受診した者の緑内障診断結果を基に、一次検診によって従来の方法により判定した場合とそれに FDT を加え判定した場合の検診結果を比較検討した。さらに、すべての FDT の結果から、FDT の緑内障の検出における精度を算出した。

## III 結果

人間ドックを受診した 400 例 800 眼のうち、要精査と判定された者は 74 例 118 眼、異常なしと判定された者は 326 例 682 眼であった(表 1)。眼圧または眼底検査から緑内障疑いと判定された者は 37 例 52 眼で、そのうち FDT 異常があった者は 19 例 25 眼、FDT 異常がなかった者は 18 例 27 眼であった。また、FDT 異常があった者は 67 例 91 眼であり、そのうち眼圧または眼底検査で異常がなかった者が 46 例 66 眼であった。平均屈折度数は  $-1.37 \pm 2.53$  (平均値  $\pm$  標準偏差) D, FDT の測定時間の全平均は  $61.7 \pm 13.8$  (平均値  $\pm$  標準偏差) 秒, FDT

異常例の測定時間の平均は  $85.1 \pm 4.1$  秒であった。

FDT で固視不良, 偽陽性が 33% 以上と信頼性が低く, 再検した症例が 70 例 99 眼 (12.4%) であった。そのうち, 再検査施行して異常がなかった 65 例 94 眼は一次検診において異常なしと判定, 信頼性が低い 5 例 5 眼は要精査と判定し, 二次検診受診を勧めた。

一次検診で要精査となった 74 例 118 眼のうち, 10 例 16 眼は二次検診を受診しなかった。二次検診を受診しなかった者の要精査理由の内訳は, FDT 異常である者が 8 例 13 眼, そのうち眼底検査または眼圧異常があった者が 3 例 4 眼であった。二次検診を受診しなかった 10 例 16 眼を除いた 390 例 784 眼のうち, 緑内障は 12 例 16 眼 (正常眼圧緑内障 11 例 14 眼, 開放隅角緑内障 1 例 2 眼), 他疾患は 24 眼検出された (表 2)。当院の人間ドック受診者の緑内障有病率は 3.0% であった。40 歳以上の受診者では緑内障有病率は 3.5% であった。

緑内障と診断された全 16 眼中, FDT 異常があった者は 15 眼 (93.8%) であった。眼圧または眼底検査において緑内障が疑われないにもかかわらず FDT で異常があった 57 眼中, 正常眼圧緑内障 2 眼, 脳血管障害などの他疾患 22 眼を検出した一方, 異常がなかった者が 33 眼 (57.9%) 存在した (表 3)。FDT の緑内障検出における精度は, 敏感度 93.8%, 特異度 94.7%, 偽陽性 6.2% であった (表 4)。FDT の緑内障を含む眼疾患検出における精度は 95.0%, 特異度 94.6%, 偽陽性 5.4% で

あった (表 5)。

従来の方法で判定した場合, 37 例 52 眼が緑内障疑いで要精査となった。従来の方法に加え FDT 異常による判定を加えた場合, 74 例 118 眼が要精査となり, 従来の方法で判定した場合と比較すると要精査数が 2.3 倍に増加した。従来の方法で判定した 52 眼中, 緑内障と判定されたものは 14 眼で, 本検診で検出した緑内障 (計 16 眼) の 87.5% に及んだ。

#### IV 考 按

緑内障の診断, 特にその早期発見に視野測定は重要な役割を果たすと考えられる。しかし, 短時間で多人数の検査を要求される人間ドックや検診におけるスクリーニングとしての視野検査は, 従来の視野計による検査では時間がかかり, 対象者への負担が大きい点, 費用や人的な点が問題となり, 普及していない。近年, 従来の検査精度を維持しつつ検査時間を短縮した新しい視野計が開発され注目を集めている。FDT は, frequency dou-

表 2 人間ドックで要精査者の二次検診結果 (118 眼)

|             |       |
|-------------|-------|
| 正常眼圧緑内障     | 14    |
| 原発性開放隅角緑内障  | 2     |
| 他疾患         | 24    |
| 強度近視        | 9     |
| 白内障         | 3     |
| 加齢黄斑変性      | 3     |
| 網膜剥離術後      | 3     |
| 脳血管障害       | 2     |
| 網膜静脈分枝閉塞症   | 2     |
| 糖尿病網膜症      | 1     |
| 網膜出血 (原因不明) | 1     |
| 異常なし        | 62    |
| 精査拒否        | 16    |
| 計           | 118 眼 |

表 1 人間ドックにおける判定結果 (800 眼)

|            | 眼圧または<br>乳頭異常 (+) | 眼圧ならびに<br>乳頭異常 (-) | 合計    |
|------------|-------------------|--------------------|-------|
| FDT 異常 (+) | 25 眼              | 66 眼               | 91 眼  |
| FDT 異常 (-) | 27 眼              | 682 眼              | 709 眼 |
| 合計         | 52 眼              | 748 眼              | 800 眼 |

FDT : Frequency Doubling Technology

表 3 二次検診結果内訳 (118 眼)

| 眼圧または乳頭異常 (+)<br>FDT 異常 (+) | 眼圧または乳頭異常 (+)<br>FDT 異常 (-) | 眼圧ならびに乳頭異常 (-)<br>FDT 異常 (+) |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 正常眼圧緑内障                     | 11                          | 正常眼圧緑内障                      |
| 開放隅角緑内障                     | 2                           | 1                            |
| 強度近視                        | 1                           | 強度近視                         |
|                             |                             | 1                            |
| 異常なし                        | 7                           | 脳血管障害                        |
|                             |                             | 2                            |
| 計                           | 21                          | 強度近視                         |
|                             |                             | 7                            |
| 精査拒否                        | 4                           | 白内障                          |
|                             |                             | 3                            |
|                             |                             | 加齢黄斑変性                       |
|                             |                             | 3                            |
|                             |                             | 網膜剥離術後                       |
|                             |                             | 3                            |
|                             |                             | 網膜静脈分枝閉塞症                    |
|                             |                             | 2                            |
|                             |                             | 糖尿病網膜症                       |
|                             |                             | 1                            |
|                             |                             | 眼底出血 (原因不明)                  |
|                             |                             | 1                            |
|                             |                             | 異常なし                         |
|                             |                             | 33                           |
| 計                           | 21                          | 計                            |
|                             |                             | 24                           |
| 精査拒否                        | 4                           | 計                            |
|                             |                             | 57                           |
|                             |                             | 9                            |
|                             |                             | (眼数)                         |

表 4 FDT の緑内障検出における精度

|           | 緑内障(+) | 緑内障(-) | 合計    |
|-----------|--------|--------|-------|
| FDT 異常(+) | 15 眼   | 40 眼   | 55 眼  |
| FDT 異常(-) | 1 眼    | 714 眼  | 715 眼 |
| 合計        | 16 眼   | 754 眼  | 760 眼 |

計 800 眼中他疾患 24 眼, 精査拒否 16 眼を除いた 760 眼

$$\begin{aligned} \text{敏感度} &= \frac{15 \text{ 眼}}{15 \text{ 眼} + 1 \text{ 眼}} \times 100 = 93.8\% & \text{偽陽性率} &= \frac{40 \text{ 眼}}{40 \text{ 眼} + 714 \text{ 眼}} \times 100 = 5.3\% \\ \text{特異度} &= \frac{714 \text{ 眼}}{40 \text{ 眼} + 714 \text{ 眼}} \times 100 = 94.7\% & \text{偽陰性率} &= \frac{1 \text{ 眼}}{15 \text{ 眼} + 1 \text{ 眼}} \times 100 = 6.2\% \end{aligned}$$

表 5 FDT の眼疾患(緑内障含む)検出における精度

|           | 眼疾患(+) | 眼疾患(-) | 合計    |
|-----------|--------|--------|-------|
| FDT 異常(+) | 38 眼   | 40 眼   | 78 眼  |
| FDT 異常(-) | 2 眼    | 704 眼  | 706 眼 |
| 合計        | 40 眼   | 744 眼  | 784 眼 |

計 800 眼中精査拒否 16 眼を除いた 784 眼

$$\begin{aligned} \text{敏感度} &= \frac{38 \text{ 眼}}{38 \text{ 眼} + 2 \text{ 眼}} \times 100 = 95.0\% & \text{偽陽性率} &= \frac{40 \text{ 眼}}{40 \text{ 眼} + 704 \text{ 眼}} \times 100 = 5.4\% \\ \text{特異度} &= \frac{704 \text{ 眼}}{40 \text{ 眼} + 704 \text{ 眼}} \times 100 = 94.6\% & \text{偽陰性率} &= \frac{2 \text{ 眼}}{38 \text{ 眼} + 2 \text{ 眼}} \times 100 = 5.0\% \end{aligned}$$

bling phenomenon を利用し, 空間周波数 0.25 cycle/degree の白色と黒色の縦縞の正弦波格子に時間周波数 25 Hz/sec の逆位相フリッカを点滅させたものを視標として視認させる新しい視野計の一つである<sup>14)</sup>. この錯視は網膜神経節細胞の the magnocellular (M 細胞)のうち, 特に My 細胞から magnocellular-pathway を通じて外側膝状体の magnocellular-layers への経路の機能を反映するとされる<sup>15)</sup>. 緑内障では早期に M 細胞が障害されやすいことが報告<sup>16)17)</sup>されており, M 細胞の機能を検出する FDT は, 緑内障の視野異常の検出に有用で感度特異度も高く<sup>15)18)</sup>, 早期緑内障の発見にも有効であり, 視野を量的に計測することも可能であるといわれる<sup>17)</sup>. スクリーニング検査では検査時間が 1 分未満と短く, 瞳孔計 2 mm 以上, または屈折度数が ±7 D 以内であれば, 測定結果に影響がないとされている<sup>19)</sup>. 以上の特徴や簡便性から, 緑内障の検出を目的として FDT の検診への導入が期待されている.

今回, 二次検診で当院を受診した者の緑内障診断結果を基に, 従来の方法によって判定した場合とそれに FDT を加え判定した場合の結果を比較検討した. さらに, FDT における緑内障の検出率を算定した. 今回の我々の調査で, FDT の緑内障検出における精度は, 敏感度 93.8%, 特異度 94.7% であり, 検査機器としての精度は高かった. FDT の一次検診への導入によりスクリーニング効率が向上するものと考えられる. 従来の方法では異常なしと判定されたが FDT 異常があつて要精査と判定された 66 眼中, 正常眼圧緑内障が 2 眼検出された. これは, 視神経乳頭の観察の精度にも一因はある

と考えられるが, FDT の緑内障検出能の高さを推定しており, この結果からも FDT の一次検診への導入によりスクリーニング効率が向上するものと考えられる. また, FDT で異常があつた全 91 眼中, 24 眼で緑内障以外の他疾患が検出された. 緑内障を含む眼疾患検出における FDT の精度は 95.0%, 敏感度 94.6%, 偽陽性 5.4% と緑内障検出における精度と同様に高く, 緑内障検出のみならず他の眼疾患の検出にも有効であると考えられた.

FDT の測定時間の全平均は 61.7 ± 13.8 秒, FDT 異常例の測定時間の平均は 85.1 ± 4.1 秒と従来の静的視野計と比較して短時間で施行できた. これは, 短時間に大人数の異常判定を行う検診や人間ドックにおいて非常に利点であると考えられる.

しかし, 問題点としては, 一次検診において FDT で固視不良, 偽陽性が 33% 以上と信頼性が低く, 再検した症例が 70 例 99 眼 (12.4%) に及んだ点, そのうち 65 例 94 眼が再検査を施行して異常がなかった点, 従来の方法によって緑内障疑いと判定した場合と従来の方法に加え FDT 異常による判定を加えた場合を比較すると要精査数が 2.3 倍に増加した点があげられる. この原因としては, 被検者の理解不足や集中力の低下, 全例右眼から左眼に行ったことからくる右眼検査後に起こる左眼の抑制によるびまん性視野感度の低下が考えられる. FDT 偽陽性 40 例を検討すると, 平均年齢 53.0 ± 11.5 歳, 平均屈折度数 -1.86 ± 0.97 D と当人間ドック受診者と比較して差はなかった. FDT 偽陽性のうち, 24 眼 (60%) が後から検査した左眼に集中していたのに加え,

同日に休憩後再検すると視野異常の程度が増悪した例もあった。また FDT 異常者に後日再検した場合、視野異常が消失している症例もあった。FDT 偽陽性を減少させる方法として、徹底した説明により被検者に FDT 検査を十分に理解してもらうことや、十分に左右眼の検査間隔をとることが必要であると考えられた。FDT の偽陽性率の高さを考慮すると、FDT での異常のみで要精査と判定するのは効率が悪い。説明のつかない FDT 異常が出現した場合、期間をおき FDT を再施行して、要精査とするかどうかの決定を行う必要があるものと考えられる。また、今回我々の用いた FDT の異常判定基準の再検討も必要であろう。FDT の診断基準として、1998 年の Sponsel ら<sup>20)</sup>、2002 年に Iwasaki ら<sup>21)</sup>、2002 年に中神ら<sup>22)</sup>が報告しているが、統一した診断基準がないのが現状である。

緑内障の視野異常で鼻側階段から発症するものが 5~10% と報告<sup>23)</sup>されていることから、今回我々は過去の報告で主に使用されている C-20-5 プログラムの検査範囲である中心 20 度の鼻側に 2 領域を追加した N-30-5 プログラムを使用した。鼻側に加えられた 2 領域に mild relative loss があったことにより要精査となり、二次検診で緑内障と診断された症例が 3 眼あった。これは、当ドックで発見された全緑内障 16 眼の 18.8% に当たる。C-20-5 プログラムを使用した場合(鼻側 2 領域を除いて判定した場合)、FDT の緑内障検出における精度は、敏感度 75.0%、特異度 94.7% であった。N-30-5 プログラムを使用した場合と比較すると特異度は変化しないものの敏感度が 93.8% から 75.0% へ低下することから、鼻側に 2 領域を加えることでやや検査時間が延長するものの、緑内障の検出率を向上させるために今後積極的に N-30-5 プログラムを使用する価値があると考えられた。

緑内障で最も精度の高い判定因子は視神経乳頭観察とされており、人間ドックにおいても緑内障専門医や複数の眼科医による眼底検査、眼底写真判定あるいは乳頭立体解析を行うのが望ましいが、実際には修練中の眼科医や内科を含めた眼科以外を専門とする医者が判定する場合も多く、現在のところ乳頭立体解析装置は一般病院まで普及していない。そうすると、眼底検査、眼底写真による視神経乳頭異常判定精度にばらつきがでるという問題が出現する。そこに FDT による異常判定を加えることにより、検診の質の向上につながると考えられる。

FDT は敏感度、特異度が高く偽陽性率は低く、検査機器として精度が高い。眼底検査に加えることにより緑内障検出率が向上し、視野計として非常に短時間で施行できる点で評価できる。

本文の要旨は第 13 回緑内障学会で発表した。稿を終えるに当たり、ご助言、ご校閲を賜りました京都府立医科大学眼科学教室の石橋 健先生に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 塚原重雄, 細田源浩: 緑内障の疫学—失明原因第 3 位—。あたらしい眼科 16: 893—898, 1999.
- 2) 塩瀬芳彦, 北澤克明, 塚原重雄, 赤松恒彦, 溝上國義, 布田龍佑: 緑内障疫学調査共同研究—総括結果—。あたらしい眼科 8: 241—246, 1991.
- 3) Shiose Y, Kitazawa Y, Tsukahara S, Akamatsu T, Mizokami K, Futa R, et al: Epidemiology of glaucoma in Japan—A nationwide glaucoma survey. Jpn J Ophthalmol 35: 133—155, 1991.
- 4) 秋田恵子, 今泉信一郎, 中西史憲, 秋庭幹生: 老人保健法基本健康審査における緑内障の検出. 臨眼 51: 881—884, 1997.
- 5) 弓削経夫, 浅山孝彦, 飯田洋子, 植田謙次郎, 岡村剛男, 奥沢康正, 他: 京都市伏見区の緑内障検診. 日本の眼科 63: 631—634, 1992.
- 6) 中村二郎, 横井さち代, 角屋博孝, 永田 啓, 山形哲夫, 佐野幸代, 他: 滋賀県湖北地区における緑内障検診システムとその問題点. 臨眼 15: 919—923, 1991.
- 7) 萩原智恵, 奥川加寿子, 井上賢治: 人間ドックにおける緑内障の有病率. あたらしい眼科 19: 521—524, 2002.
- 8) 日比野佐和子, 大鳥安正, 渡辺 仁, 田野保雄: 人間ドックにおける緑内障検診の検討. 眼紀 52: 652—655, 2001.
- 9) 山口 洋, 石龍良江, 加藤桂一郎, 鈴木美佐子, 富田 健: 福島県における緑内障検診に関する検討. あたらしい眼科 9: 1046—1050, 1992.
- 10) 飯島建之, 吉野 啓, 朝蔭博司, 石綿丈嗣, 藤原隆明: 杏林大学病院人間ドックにおける緑内障スクリーニング. あたらしい眼科 11: 776—778, 1994.
- 11) 雨宮哲士, 関希和子, 笹森典雄, 塚原重雄: 当院人間ドックにおける緑内障検診の特異性. 健康医学 12: 92—94, 1997.
- 12) 片倉富芳, 斎藤久子, 松村 歩, 中西暁朗: 人間ドックにおける眼科診察の意義. 健康医学 12: 107—111, 1997.
- 13) Hodapp E, Parrish K, Anderson DR: The asymptomatic patient with elevated pressure, in clinical decisions in glaucoma. Mosby, St Louis, 3—63. 1993.
- 14) Kelly DH: Frequency doubling in visual responses. J Opt Soc Am A 56: 1628—1633, 1966.
- 15) Johnson CA, Samuels SJ: Screening for glaucomatous visual field loss with frequency-doubling perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci 38: 413—425, 1997.
- 16) Quigley HA, Sanchez RM, Dunkelberger GR, Hernault NL, Baginski TA: Chronic glaucoma selectively damages large optic nerve fibers. Invest Ophthalmol Vis Sci 28: 913—920, 1987.
- 17) Glovinsky Y, Quigley HA, Dunkelberger GR: Retinal ganglion cell loss is size dependent in experimental glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci 32: 484—491, 1991.
- 18) Quigley HA: Identification of glaucoma-related

- visual field abnormality with the screening protocol of frequency doubling technology. *Am J Ophthalmol* 125 : 819—829, 1998.
- 19) 小島なぎさ, 前内こまき, 斎藤 守, 白土城照 : Frequency Doubling Technology のスクリーニング検査に対する矯正の影響. *あたらしい眼科* 17 : 1177—1179, 2000.
- 20) **Sponsel WE, Arango S, Trigo Y, Mensah J** : Clinical classification of glaucomatous visual field loss by frequency doubling technology. *Am J Ophthalmol* 125 : 830—836, 1998.
- 21) **Iwasaki A, Sugita M** : Performance of glaucoma mass screening with only a visual field test using frequency doubling technology perimetry. *Am J Ophthalmol* 134 : 529—537, 2002.
- 22) 中神尚子, 早水扶公子, 田中千鶴, 山崎芳夫 : Frequency doubling technology を用いた緑内障性視野障害の診断基準の検討. *眼科* 44 : 1845—1849, 2002.
- 23) **Auhorn E, Karmyer H** : Frequency distribution in early glaucomatous visual field defects. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 14 : 75—83, 1976.
-