

# 正常眼圧緑内障の視野障害の左右差と眼球解剖学的因子の左右差との関連

早水扶公子, 山崎 芳夫, 中神 尚子

日本大学医学部視覚科学系眼科学分野

## 要 約

**目 的**：正常眼圧緑内障 (NTG) の視野障害への乳頭面積の関与を明らかにするため、視野障害の左右差と日内変動眼圧値の左右差および眼球解剖学的因子の左右差との関係を検討した。

**対象と方法**：Humphrey 視野中心 30-2 の mean deviation (MD) 値の左右差が 2 dB 以上 12 dB 未満の両眼性 NTG 59 例 118 眼を対象とした。MD 値左右差を目的変数とし、日内変動眼圧値、屈折、眼軸長、中心角膜厚、Heidelberg Retina Tomograph による乳頭面積の左右差を説明変数とする重回帰分析を行った。

**結 果**：重相関係数は 0.520、寄与率は 0.271 の回帰モデルが成立し、視野障害の左右差に寄与する有意な因子として、眼軸長の左右差 ( $p=0.041$ )、乳頭面積の左右差 ( $p=0.002$ ) が重回帰モデルに取り込まれた。

**結 論**：NTG の眼軸長および乳頭面積の左右差が、視野障害の左右差に関与することが示唆された。(日眼会誌 115 : 362—367, 2011)

**キーワード**：眼軸長、乳頭面積、視野障害、正常眼圧緑内障、左右差

## Investigation of the Correlation between the Right-Left Differences of Visual Field Defects and the Right-Left Differences of Ocular Anatomical Factors in Patients with Normal-Tension Glaucoma

Fukuko Hayamizu, Yoshio Yamazaki and Takako Nakagami

Division of Ophthalmology, Department of Visual Science, Nihon University School of Medicine

### Abstract

**Purpose** : To investigate the effects of optic disc area to visual field (VF) defects of normal-tension glaucoma (NTG), the correlation between the right-left differences of VF defects and those of diurnal variations of intraocular pressure and the ocular anatomical factors were evaluated in patients with NTG.

**Methods** : One hundred eighteen eyes of 59 NTG patients with the right-left difference value of mean deviation (MD) of between 2 dB and 12 dB obtained with Humphrey field analyzer program 30-2 were enrolled in the study. The correlation between the right-left differences of MD values and those of refraction, axial length, central cornea thickness, diurnal variation of intraocular pressure, and disc area measured with Heidelberg Retina Tomograph were evaluated by multiple regression analysis.

**Results** : The multiple correlation coefficient was 0.520, and the coefficient of determination was 0.271. The right-left differences of axial length ( $p=0.041$ ) and disc area ( $p=0.002$ ) were judged to be the statistically significant factors correlated with those of VF defects.

**Conclusions** : These results suggest that the right-left differences of axial length and disc area are associated with the right-left differences of VF defects in patients with NTG.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 115 : 362—367, 2011)

**Key words** : Axial length, Disc area, Visual field defects, Normal-tension glaucoma, Right-left differences

## I 緒 言

近視眼では緑内障の有病率が高いこと<sup>1)~3)</sup>、近視を伴

う緑内障は眼圧が低いこと<sup>2)</sup>、また、強度近視眼では中心視野の障害が顕著である<sup>4)</sup>という特徴があることから、非近視眼の緑内障とは病態に差異があることが示唆され

別刷請求先：173-8610 東京都板橋区大谷口上町 30-1 日本大学医学部視覚科学系眼科学分野 早水扶公子

(平成 22 年 5 月 6 日受付、平成 22 年 9 月 22 日改訂受理) E-mail : hayamizu@med.nihon-u.ac.jp

Reprint requests to : Fukuko Hayamizu, M.D. Division of Ophthalmology, Department of Visual Science, Nihon University School of Medicine, 30-1 Oyaguchikami-machi, Itabashi-ku, Tokyo 173-8610, Japan

(Received May 6, 2010 and accepted in revised form September 22, 2010)

ている。強度近視眼の視神経乳頭は前篩状板部が非近視眼と比較し菲薄化を呈し、強膜も伸展しており、緑内障性乳頭変化の特徴である undermining がみられず、平皿状陥凹を示すため、緑内障進行の評価が困難である<sup>5)</sup>。

Chi ら<sup>6)</sup>は数理モデルにより、大きな面積を持つ視神経乳頭では眼圧上昇による篩状板への機械的圧迫が大きくなることを報告し、また、広義原発開放隅角緑内障(primary open-angle glaucoma: POAG)の病型別に乳頭面積を比較すると、正常眼圧緑内障(normal-tension glaucoma: NTG)が有意に大きいことから、NTGと乳頭面積の関連が示唆されている<sup>7)~9)</sup>。

既に我々は、両眼性 NTG 多数例について検討を行い、視野障害の左右差には眼軸長の左右差が影響することを報告<sup>10)</sup>したが、今回、Heidelberg Retina Tomograph (Heidelberg GH, Germany, 以下 HRT)を用いた視神経乳頭立体計測も含めた眼球解剖学的因子の左右差と視野障害の左右差について検討を行った。なお、本検討に際し、視神経乳頭立体計測への乳頭形状変化による影響<sup>11)</sup>や視野障害への強度近視による影響<sup>12)</sup>を除くため、強度近視および傾斜乳頭を除外した。

## II 対象と方法

### 1. 対象選択における検査項目

1997 年から 2006 年の 10 年間に、日本大学医学部附属板橋病院眼科外来を受診し、日内変動眼圧測定を含めた入院精査を行い、NTG と診断確定した 313 例から対象選択をした。NTG の診断基準は、① 緑内障性視神経乳頭変化を有する、② 緑内障性視野変化を有する、③ 正常開放隅角である、④ 日内変動眼圧を含む未治療時の眼圧が常に 21 mmHg 未満である、⑤ 大量出血、頭蓋内・副鼻腔疾患など視神経疾患を来しうる疾患の既往もしくは存在がない、こととした。なお、緑内障性視神経乳頭変化および視野変化の判定を、1997 年から 2003 年に入院精査の症例は、視神経乳頭変化については Gloster<sup>13)</sup>、視野変化については Caprioli<sup>14)</sup>の評価基準に従って行い、それ以降の症例は日本緑内障学会緑内障診療ガイドライン<sup>15)</sup>に従って行った。

入院精査の詳細は以下のとおりである。

#### 1) 日内変動眼圧測定

初診時に眼圧下降薬点眼あるいは内服を行っている症例は 4 週間以上中止した後、検査入院し、午前 6 時から午後 12 時まで 2 時間ごとに計 10 回の眼圧測定を行い、日内変動眼圧値の平均眼圧(2 時間ごとの眼圧値の平均)、最高眼圧、最低眼圧、および眼圧変動幅(最高眼圧と最低眼圧との差)を求めた。眼圧測定には Goldmann 圧平眼圧計を使用した。

#### 2) 視野障害の評価

視野障害の評価は Humphrey field analyzer (Carl Zeiss Meditec Inc, Dublin, CA, USA) 中心 30-2 全点閾

値プログラム(以下 HFA 30-2)の mean deviation(以下 MD)値を用いた。初回検査を除き、入院前および入院中に施行された 2 回の HFA 30-2 の結果の平均値を用いて MD 値左右差とした。なお、固視不良 20% 未満、偽陽性および偽陰性が 33% 未満の信頼性の高い結果のみを選択し、この基準を満たさない場合は再検した。

#### 3) 眼科一般検査

屈折は auto ref keratometer (RKT-7700, NIDEK)、眼軸長は ultrasonic A/B scanner and biometer (UD-6000, TOMEY)、中心角膜厚は入院精査時または外来受診時に specular microscope (SP-2000 P, TOPCON)を用いて測定した。

#### 4) 視神経乳頭立体計測

視神経乳頭立体計測は、HRT を用いて行い、ステレオ眼底カメラ(3-DX, NIDEK)による視神経乳頭の立体眼底写真撮影も同時に行った。HRT による画像入力は、両眼散瞳下(ミドリン P<sup>®</sup>点眼)で HRT の画角 10°, 画像深度幅 1.5~4.0 mm の設定で画像を 5 回以上測定し、そのうち 3 画像以上を合成して平均画像を決定した。さらに、モニター上の intensitive image および乳頭立体眼底写真をもとに乳頭範囲の境界線(contour line)をトレースし、HRT のソフトウェア (Version 2.01) のトポグラフィック・パラメータ解析を行い、乳頭面積を算出した。解析データは、平均画像の標準偏差が 40  $\mu$ m 未満のものとした。

#### 2. 対象の選択基準

対象は、両眼ともに① 矯正視力が 0.8 以上、② 等価球面度数が -6.0 diopter 以下、③ 初回検査を除き信頼性の高い HFA 30-2 の検査結果において MD 値の左右差が 2 回連続して 2 dB 以上 12 dB 未満、④ 内眼手術既往がなく、⑤ 視神経乳頭は耳側コーヌスを伴わず、乳頭の縦径/横径の比が 6/5 以上の傾斜乳頭を示さないもの、である。MD 値の左右差が極端に大きい症例を除くため、Anderson ら<sup>16)</sup>の視野欠損の程度分類の後期が平均偏差 -12 dB 未満を採用していることから、左右差の上限を 12 dB として対象選択を行った。

前述の日内変動眼圧測定を含む入院精査により NTG の診断基準に合致した 313 例から、上記の選択基準を満たし、本研究の趣旨および結果の公表に同意が得られた 59 例(年齢: 60.6 $\pm$ 8.5 歳: 平均値 $\pm$ 標準偏差, レンジ: 40~76 歳, 男/女比: 28/31)を対象とし、MD 値により左右眼を視野障害の軽症側(-5.9 $\pm$ 5.3 dB, -20.0~2.3 dB)と重症側(-12.0 $\pm$ 5.3 dB, -27.1~-2.0 dB)に分類した。MD 値の左右差[(右眼の MD 値)-(左眼の MD 値)]は(0.03 $\pm$ 6.81 dB, -11.67~11.87 dB)であった。日内変動眼圧測定を行う前の点眼薬の使用状況は、点眼薬使用なしが 32 例、点眼薬使用ありが 27 例であった。点眼薬 1 種類使用は 20 例で、交感神経刺激薬が 2 例、交感神経遮断薬が 14 例、プロスタグランジン関連

表 1 視野障害軽症側と視野障害重症側における  
日内変動眼圧値および眼球解剖学的因子の比較  
(全症例：n=59)

	視野障害 軽症側	視野障害 重症側	p 値
平均眼圧 (mmHg)	13.4±2.5	13.7±2.2	0.455
最高眼圧 (mmHg)	16.1±2.8	16.6±2.6	0.341
最低眼圧 (mmHg)	10.8±2.6	11.2±2.3	0.372
眼圧変動幅 (mmHg)	5.3±1.9	5.5±2.2	0.561
屈折 (diopter)	-0.8±2.2	-0.9±2.3	0.838
眼軸長 (mm)	23.5±1.3	23.6±1.3	0.744
中心角膜厚 (mm)	0.49±0.03	0.49±0.03	0.893
乳頭面積 (mm <sup>2</sup> )	2.30±0.49	2.50±0.61	0.061

平均値±標準偏差. p 値：unpaired t-test.

薬が4例であった。点眼薬2種類使用は7例で、交感神経遮断薬とプロスタグランジン関連薬が6例、副交感神経刺激薬とプロスタグランジン関連薬が1例であった。いずれも左右眼で相違はなく、点眼薬と併せて内服薬のメコバラミンの使用が2例のみであった。

本研究は、日本大学医学部附属板橋病院臨床研究審査委員会の承認を得て行った。

### 3. 解析方法

① 日内変動眼圧値(平均眼圧, 最高眼圧, 最低眼圧, 眼圧変動幅)と, 解剖学的因子(屈折, 眼軸長, 中心角膜厚, 乳頭面積)について, 視野障害重症側と軽症側を比較した。解剖学的因子については, 全症例(n=59)および日内変動の平均眼圧値の左右差が1 mmHg未満のグループ(n=36)と1 mmHg以上のグループ(n=23)に分けて比較した。

② HFA 30-2 の MD 値の左右差と, 日内変動眼圧値の左右差および解剖学的因子の左右差との単相関分析については, Spearman の相関係数を算出した。検討は全症例(n=59)および日内変動の平均眼圧値の左右差が1 mmHg未満のグループ(n=36)と1 mmHg以上のグループ(n=23)に分けて行った。

③ MD 値の左右差を目的変数とし, 日内変動眼圧値の左右差および解剖学的因子の左右差を説明変数とする重回帰分析を, 全症例を対象に行った。重回帰分析は, 変数選択法の変数増減法を用いた。

統計解析には, SPSS version 17.0 J (SPSS Institute) を使用し, 統計学的に5%未満を有意水準ありとした。

## III 結 果

① 日内変動眼圧値および解剖学的因子において, 視野障害重症側と軽症側の間に統計学的有意差はなかった(表1)。解剖学的因子については, 日内変動平均眼圧の左右差が1 mmHg未満のグループ(n=36)と日内変動平均眼圧の左右差が1 mmHg以上のグループ(n=23)それぞれにおいても, 視野障害重症側と軽症側の間に有意差

表 2 視野障害の左右差と日内変動眼圧値  
の左右差および眼球解剖学的因子の左右  
差との関係(全症例：n=59)

	相関係数	p 値
平均眼圧	-0.090	0.500
最高眼圧	-0.098	0.462
最低眼圧	-0.249	0.057
眼圧変動幅	-0.054	0.683
屈折	0.153	0.247
眼軸長	-0.393	0.003
中心角膜厚	-0.062	0.684
乳頭面積	-0.542	0.000

p 値：Spearman 単相関分析。

はなかった。

② 全症例(n=59)における MD 値の左右差と, 日内変動眼圧値の左右差および解剖学的因子の左右差との単相関分析では, 眼軸長の左右差( $r = -0.393$ ,  $p = 0.003$ ) (表2, 図1), 乳頭面積の左右差( $r = -0.542$ ,  $p = 0.000$ ) (表2, 図2)が有意な相関を示した。

日内変動平均眼圧の左右差が1 mmHg未満のグループ(n=36)では, 眼軸長の左右差( $r = -0.435$ ,  $p = 0.009$ )と乳頭面積の左右差( $r = -0.568$ ,  $p = 0.000$ )が有意な相関を示した(表3)。

日内変動平均眼圧の左右差が1 mmHg以上のグループ(n=23)では, 最低眼圧の左右差( $r = -0.418$ ,  $p = 0.047$ ), 屈折の左右差( $r = 0.458$ ,  $p = 0.028$ )と乳頭面積の左右差( $r = -0.487$ ,  $p = 0.018$ )が有意な相関を示した(表4)。

③ MD 値の左右差を目的変数とし, 日内変動眼圧値の左右差および解剖学的因子の左右差を説明変数とする全症例を対象とした重回帰分析では, MD 値の左右差に有意に寄与する因子として眼軸長の左右差と乳頭面積の左右差が重回帰モデルに取り込まれ, 重相関係数は0.520, 寄与率は0.271であった。眼軸長の標準偏回帰係数は-0.252, 偏回帰係数は-6.748, 有意確率は0.041, 乳頭面積の標準偏回帰係数は-0.395, 偏回帰係数は-8.033, 有意確率は0.002であり, 重回帰式は,  $Y = -6.748 \times (\text{眼軸長の左右差}) - 8.033 \times (\text{乳頭面積の左右差}) + 0.174$  となった。

## IV 考 按

MD 値の左右差と, 日内変動眼圧値の左右差および解剖学的因子の左右差との単相関分析では, 眼軸長の左右差と乳頭面積の左右差が有意な相関を示し, MD 値の左右差を目的変数とする重回帰分析でも, NTG の視野障害の左右差に寄与する有意な因子として, 眼軸長の左右差と乳頭面積の左右差が選択された。眼軸長の左右差, 乳頭面積の左右差が大きいほど, MD 値左右差は大き

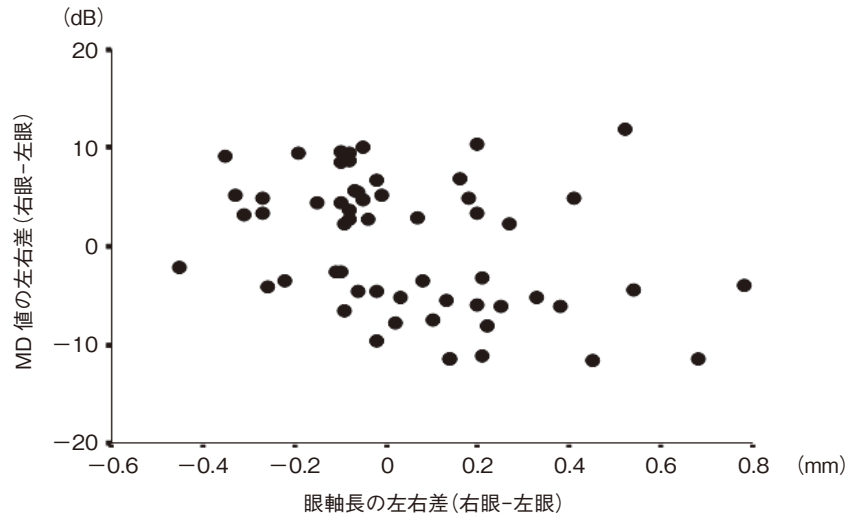


図 1 Mean deviation (MD) 値の左右差と眼軸長の左右差の関係.

眼軸長の左右差は MD 値の左右差との間に有意な相関を示した (Spearman 単相関分析,  $r = -0.393$ ,  $p = 0.003$ ,  $n = 59$ ).

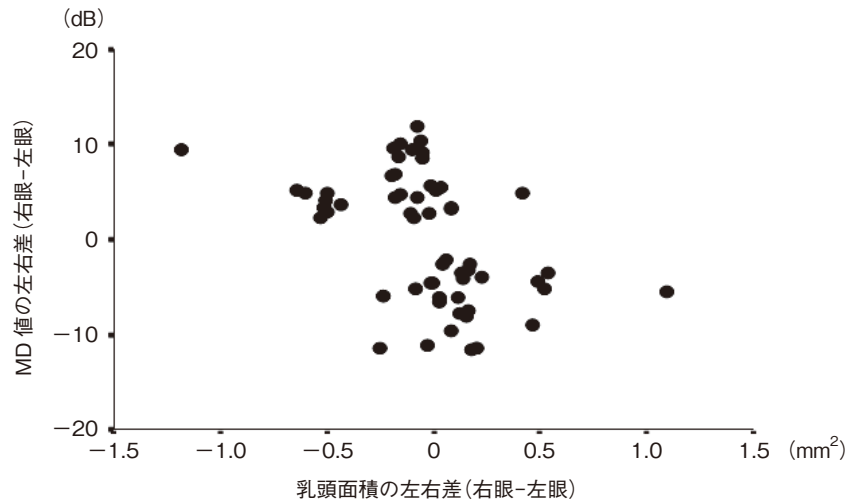


図 2 MD 値の左右差と乳頭面積の左右差の関係.

乳頭面積の左右差は MD 値の左右差との間に有意な相関を示した (Spearman 単相関分析,  $r = -0.542$ ,  $p = 0.000$ ,  $n = 59$ ).

表 3 視野障害の左右差と日内変動眼圧値の左右差および眼球解剖学的因子の左右差との関係 (日内変動平均眼圧の左右差 1 mmHg 未満:  $n = 36$ )

	相関係数	p 値
平均眼圧	-0.017	0.922
最高眼圧	-0.063	0.713
最低眼圧	-0.143	0.406
眼圧変動幅	-0.107	0.533
屈折	0.010	0.954
眼軸長	-0.435	0.009
中心角膜厚	-0.243	0.204
乳頭面積	-0.568	0.000

p 値: Spearman 単相関分析.

表 4 視野障害の左右差と日内変動眼圧値の左右差および眼球解剖学的因子の左右差との関係 (日内変動平均眼圧の左右差 1 mmHg 以上:  $n = 23$ )

	相関係数	p 値
平均眼圧	-0.370	0.083
最高眼圧	-0.153	0.485
最低眼圧	-0.418	0.047
眼圧変動幅	0.068	0.757
屈折	0.458	0.028
眼軸長	-0.145	0.521
中心角膜厚	0.332	0.193
乳頭面積	-0.487	0.018

p 値: Spearman 単相関分析.



かった。眼軸長が長く、乳頭面積が大きい方の視野障害が片眼より重症であることが明らかとなった。

眼軸長の変化は、篩状板の菲薄化および乳頭周囲網脈絡膜萎縮の面積拡大と関連すること<sup>17)</sup>、また、眼軸長と強膜厚は篩状板の被る圧力と有意に相関すること<sup>18)</sup>から、眼軸長の延長は、眼圧負荷に対する視神経乳頭の脆弱性に影響するとされている。特に眼軸長の延長は強度近視眼で著しく、視神経の眼球への進入角度が変わり、縦長で乳頭が傾斜し、幅の広い耳側コーヌスを伴うなどの強い乳頭の形態変化を伴う<sup>19)</sup>。今回は、これらの強度近視眼および傾斜乳頭を対象から除いて検討を行い、MD 値の左右差に対し、眼軸長の左右差が有意に寄与する因子として選択されたことから、明らかな近視性乳頭変化を伴わない丸型乳頭の場合でも、眼軸長の延長が視神経乳頭の解剖学的構造に影響を及ぼし、乳頭の脆弱性として視神経障害に関与すると考えられた。

次に、乳頭面積が視神経障害に与える影響について Tomita ら<sup>20)</sup>は、NTG 左右眼が乳頭面積大・眼圧高と乳頭面積小・眼圧低の組み合わせのグループの場合、乳頭面積がより大きい方の眼の視野障害が有意に重症であり、両眼の眼圧には有意差がなかったことから、乳頭面積の大きいことが脆弱性に影響することを述べているが、対象選択において屈折や乳頭形態の基準を明らかにしていない。本研究では、強度近視眼や傾斜乳頭を除外し、緑内障性視野障害と解剖学的因子との関係を明らかにした。

また、視神経乳頭の組織学的研究では、NTG 眼の篩状板の基本構造は高眼圧緑内障眼と類似するものの、組織構造が貧弱で、軸索の腫脹や空洞状変性が顕著であることが報告されており<sup>21)22)</sup>、NTG 眼の視神経乳頭の組織構造自体の脆弱性が示唆されている。脆弱な組織構造が、より大きい乳頭面積を持つことにより、より大きい圧負荷を被り続け、そのため生じた視神経障害とも考えられる。さらに、視神経乳頭の篩状板は短後毛様動脈の分枝および Zinn-Haller 動脈輪により栄養され、その血液供給は分節的であることから<sup>23)</sup>、視神経乳頭の面積が大きい場合には、二次的影響として篩状板の循環障害を引き起こす可能性もある。

本研究において、眼軸長の左右差と乳頭面積の左右差がともに MD 値の左右差に関与することが示されたことから、組織の脆弱性の原因として相互作用が示唆される。眼軸長の延長により眼球後極が伸張し、二次的に視神経乳頭が拡大し、乳頭周囲の強膜組織の菲薄化も同時に起こり、これにより篩状板もさらに伸展、菲薄化し、その結果、眼圧負荷による影響および篩状板自体の脆弱性がともに増大すると考えられる<sup>17)18)</sup>。本研究対象では、無治療下の日内変動眼圧値は解剖学的因子と比較して有意な相関を示さなかったが、これらの組織の脆弱性が視野障害の左右差に影響したと推測できる。

日内変動眼圧値については、平均眼圧の左右差が 1 mmHg 以上のグループを対象とした単相関分析では、MD 値の左右差と最低眼圧の左右差との間に有意な相関がみられ、眼圧左右差が大きい場合の視野障害への眼圧の影響が示唆された。左右眼における視野障害と眼圧の関係について、Cartwright ら<sup>24)</sup>は平均眼圧の左右差が 1 mmHg 以上の NTG 症例を対象とした場合に眼圧の左右差と視野障害の左右差との間に有意な相関を認め、逆に Crichton ら<sup>25)</sup>は、対象の平均眼圧の左右差が 1 mmHg 未満の場合、眼圧の左右差と視野障害の左右差との間に有意な相関がないこと、また、溝上<sup>26)</sup>や山上<sup>27)</sup>らも、視野障害と平均眼圧の関連を報告しているが、平均眼圧値の高低と視野障害の重軽によりグループ分けを行い、日内変動平均眼圧の臨界点以上のグループでは視野障害と眼圧値の間に有意な相関がみられ、眼圧依存性が高いと報告している。今回の検討では、眼圧左右差については基準は定めておらず、日内変動平均眼圧値は視野障害重症側、軽症側ともに、溝上<sup>26)</sup>、山上<sup>27)</sup>らの臨界点未満の眼圧レベルであり、眼圧依存性が低いタイプの NTG 症例が多かった可能性が考えられる。

本研究から、NTG の非傾斜乳頭眼の視野障害の左右差には、解剖学的因子の眼軸長および乳頭面積の左右差が関与することが示唆された。本研究は断面的検討であるため、さらに長期的な視野進行についての検討が必要である。

稿を終えるにあたり、ご指導とご校閲を賜りました日本大学医学部視覚科学系眼科学分野 澤 充主任教授に深謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ : The relationship between glaucoma and myopia : the Blue Mountains Study. *Ophthalmology* 106 : 2010—2015, 1999.
- 2) Grødem K, Heiji A, Bengtson B : Refractive error and glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 79 : 560—566, 2001.
- 3) Xu L, Wang Y, Wang S, Wang Y, Jonas JB : High myopia and glaucoma susceptibility : The Beijing Eye study. *Ophthalmology* 114 : 216—220, 2007.
- 4) Caprioli J, Spaeth GL : Comparison of visual field defects in the low-tension glaucomas with those in the high-tension glaucomas. *Am J Ophthalmol* 97 : 730—737, 1984.
- 5) 中瀬佳子 : 強度近視の原発性開放隅角緑内障 第 2 報 乳頭所見についての検討. *日眼会誌* 91 : 442—447, 1987.
- 6) Chi T, Ritch R, Stickler D, Pitman B, Tsai C, Hsieh FY : Racial differences in optic nerve head parameters. *Arch Ophthalmol* 107 : 836—839, 1989.

- 7) **Zangwill LM, van Horn S, de Souza Lima M, Sample PA, Weinreb RN** : Optic nerve head topography in ocular hypertensive eyes using confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol* 122 : 520—525, 1996.
- 8) **Tuulonen A, Airaksinen PJ** : Optic disc size in exfoliative, primary open angle, and low-tension glaucoma. *Arch Ophthalmol* 110 : 211—213, 1992.
- 9) **Burk ROW, Rohrschneider K, Noack H, Volcker HE** : Are large optic nerve heads susceptible to glaucomatous damage at normal intraocular pressure? A three-dimensional study by laser scanning tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 230 : 898—900, 1992.
- 10) **Yamazaki Y, Oshida T** : The influence of myopic refraction and intraocular pressure on the visual field in normal-tension glaucoma. In : Wall M, et al (Eds) : *Perimetry Update 2000/2001*. Kugler Publications, The Hague, 301—305, 2001.
- 11) 山崎芳夫, 吉川啓司, 国松志保, 小関信之, 鈴木康之, 松元 俊, 他 : Heidelberg retina tomograph の緑内障判定プログラムへの近視様乳頭変化の影響. *日眼会誌* 103 : 392—398, 1998.
- 12) 佐藤百合子, 山下牧子, 林 一彦, 所 敬 : 病的近視の異常視野について. *日眼会誌* 88 : 977—982, 1984.
- 13) **Gloster J** : Examination of the optic disc in glaucoma. In : Cairns JE (Ed) : *Glaucoma volume 1*. Grune & Stratton, London, 17—36, 1986.
- 14) **Caprioli J** : Automated perimetry in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 111 : 235—239, 1991.
- 15) 阿部春樹, 北澤克明, 桑山泰明, 白柏基宏, 白土城照, 谷原秀信, 他 : 日本緑内障学会緑内障診療ガイドライン(第2版). *日眼会誌* 110 : 777—814, 2006.
- 16) **Anderson DR, Patella VM** : Automated static perimetry. 2nd edition. Mosby, St Louis, 121—190, 1999.
- 17) **Curtin BJ** : Myopia : a review of its etiology, pathogenesis, and treatment. *Surv Ophthalmol* 14 : 1—17, 1970.
- 18) **Cahane M, Bartov E** : Axial length and scleral thickness effect on susceptibility to glaucomatous damage : a theoretical model implementing Laplace's law. *Ophthalmic Res* 24 : 280—284, 1992.
- 19) **Jonas JB, Gusek GC, Naumann GO** : Optic disc morphometry in high myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 226 : 587—590, 1988.
- 20) **Tomita G, Nyman K, Raitta C, Kawamura M** : Intraocular asymmetry of optic disc size and its relevance to visual field loss in normal-tension glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 232 : 290—296, 1994.
- 21) **Wax MB, Tezel G, Edward D** : Clinical and ocular histopathological findings in a patient with normal-pressure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 116 : 993—1001, 1998.
- 22) 岩田和雄 : 低眼圧緑内障および原発開放隅角緑内障の病態と視神経障害機構. *日眼会誌* 96 : 1501—1531, 1992.
- 23) **Onda E, Cioffi GA, Bacon DR, Van Buskirk EM** : Microvasculature of the human optic nerve. *Am J Ophthalmol* 120 : 92—102, 1995.
- 24) **Cartwright MJ, Anderson DR** : Correlation of asymmetric damage with asymmetric intraocular pressure in normal tension glaucoma (low tension glaucoma). *Arch Ophthalmol* 106 : 898—900, 1988.
- 25) **Crichton A, Drance SM, Douglas GR, Schulzer M** : Unequal intraocular pressure and its relation to asymmetric visual field defects in low-tension glaucoma. *Ophthalmology* 96 : 1312—1314, 1989.
- 26) 溝上志朗, 桑山泰明, 伊藤訓子, 林田佐和子, 杉本麗子 : 正常眼圧緑内障における視野障害の眼圧依存性. *あたらしい眼科* 17 : 1013—1016, 2000.
- 27) 山上淳吉, 白土城照, 新家 真 : 低眼圧緑内障における視野障害と眼圧の関係. *日眼会誌* 94 : 514—518, 1990.