

正常眼圧緑内障における視神経乳頭の眼圧レベルによる形態的差異

白木 玲子, 内田 英哉, 石田 恭子, 山本 哲也

岐阜大学医学部眼科学教室

要 約

目 的：眼圧差による緑内障性視野障害や乳頭形態の相違が指摘されている。今回、我々は正常眼圧緑内障 (NTG) における、眼圧差による乳頭形態の相違の有無を Heidelberg Retina Tomograph (HRT) を用いて検討した。

対象と方法：Humphrey 視野の mean deviation (M-D) が -10.00 dB 以上で、眼圧が常に 14 mmHg 未満 (低眼圧群) または最高眼圧が $17\sim 21$ mmHg (高眼圧群) の NTG 患者を選択し、2 群に分類した。HRT を施行し、両群の全体および各セクターの HRT 主要乳頭パラメータの比較を行った。

結 果：低眼圧群 19 例 19 眼、高眼圧群 19 例 19 眼が選択された。HRT グローバル解析の cup/disc area ratio で、セクター解析における鼻側の rim volume で両群に有意差があった。

結 論：低眼圧群では鼻側により強い乳頭変化があり、NTG においても病態の違うタイプの存在が推定された。(日眼会誌 109 : 19-25, 2005)

キーワード：正常眼圧緑内障、低眼圧群、高眼圧群、視神経乳頭、鼻側変化

Difference of Optic Disc Topography between a Low-tension Group and a High-tension Group in Normal-tension Glaucoma Patients

Reiko Shiraki, Hideya Uchida, Kyoko Ishida and Tetsuya Yamamoto

Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine

Abstract

Purpose : Glaucomatous visual field loss and optic disc damage differ by intraocular pressure (IOP) levels. In this study, we compared the optic disc topography in the high-tension group and the low-tension group in normal-tension glaucoma (NTG).

Method : We selected NTG patients with mean deviation (MD) ≥ -10.00 dB and the highest recorded IOP of <14 mmHg or ≥ 17 mmHg without glaucoma treatment. We classified NTG eyes into the following two groups : 1) a low-tension group with the highest recorded IOP of <14 mmHg, 2) a high-tension group with the highest recorded IOP of ≥ 17 mmHg. The optic disc parameters in the low-tension group eyes were compared with those in the high-tension group eyes using a Heidelberg Retina Tomograph.

Results : Nineteen eyes of nineteen patients were selected for each group. The cup/disc area ratio in the global sector, and the rim volume in the nasal sector of the low-tension group had deteriorated more than in the high-tension group.

Conclusions : The disc topography is different between the low-tension group and the high-tension group in the nasal sector, suggesting that different pathogenetic mechanisms exist in the optic disc damage in NTG.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 109 : 19-25, 2005)

Key words : Normal-tension glaucoma, Low-tension group, High-tension group, Optic disc, Nasal disc change

I 緒 言

正常眼圧緑内障 (NTG) と原発開放隅角緑内障 (POAG) は、その共通の特徴である緑内障性視神経症でま

められ、一つの疾患と考えられるようになってきている^{1)~3)}。一方、POAG と NTG における視神経乳頭や視野の差異を指摘する報告^{1)~16)}が多数あり、両病型間での病因、病態の相違が指摘されている。

別刷請求先：501-1194 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学医学部眼科学教室 白木 玲子

(平成 16 年 4 月 19 日受付, 平成 16 年 7 月 2 日改訂受理)

Reprint requests to : Reiko Shiraki, M.D. Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine, 1-1 Yanaiido, Gifu 501-1194, Japan

(Received April 19, 2004 and accepted in revised form July 2, 2004)

NTG における視野障害の進行と眼圧との関連が指摘されており、眼圧下降により視野障害進行が抑制されることはよく知られている^{17)~22)}。一方、NTG の中でも、視野障害の進行が眼圧の影響のみでは説明できない眼圧非依存性のタイプもあり、その病態としては循環障害などの眼圧以外の因子が挙げられている^{3)23)~25)}。最近では NTG と診断された症例でも眼圧の差によって、視野障害様式や乳頭形態の相違があるとの報告^{26)~28)}もなされている。換言すると、NTG においても眼圧レベルに応じて、病因、病態の相違が存在する可能性があると考えられる。

NTG においてもいくつかのサブタイプが存在することの傍証として、今回我々は Humphrey 静的視野検査の mean deviation (MD) が -10.00 dB 以上の初期から中期の NTG 眼において、無治療時の眼圧レベルにより視神経乳頭形態の相違があるか否かを、Heidelberg Retina Tomograph (HRT) を用いて検討したので報告する。

II 方 法

1. 対 象

1999 年 8 月から 2000 年 6 月までの期間で、岐阜大学眼科において経過観察した NTG 患者 204 例を対象とした。NTG の診断基準は、無治療下で 24 時間日内変動を含めた眼圧検査において Goldmann 圧平眼圧計測定値が常に 21 mmHg 未満、正常開放隅角、緑内障性視神経乳頭変化と対応する視野変化を有するもの、視神経および視野に影響する眼内および頭蓋内病変がないものとした。NTG 患者のうち、Humphrey 静的視野検査(中心 30-2 プログラム)の Full threshold 法において MD が -10.00 dB 以上、屈折値(等価球面值)が -7.5 D 以上、矯正視力 0.7 以上、内眼手術の既往なし、を満たす症例を対象とした。緑内障性視野欠損としては、固視不良率 20% 未満、偽陽性率、偽陰性率がそれぞれ 15% 未満である Humphrey 静的視野検査(中心 30-2 プログラム)の結果において、①年齢をマッチングさせた正常者と比較して、上半あるいは下半視野に、連続した 2 点以上の有意な視野欠損を示す点($p < 0.01$)が存在する、もしくは $p < 0.01$ の検査点と連続する $p < 0.05$ の検査点が 2 つ以上存在、②隣接する 2 点以上の部位において水平線を境として上下の差が 10 dB 以上ある、③ Glaucoma Hemifield Test (GHT, STATPAC 2 software) で正常範囲外の結果を示すもの、のいずれかを満たすものとした。

以上の選択基準を満たす NTG 症例を、眼圧降下剤未使用下で半年以上経過観察期間中に両眼の眼圧が常に 14 mmHg 未満の症例(低眼圧群)と最高眼圧が $17 \sim 21$ mmHg の症例(高眼圧群)の 2 群に分類した。なお、最高眼圧が $15 \sim 16$ mmHg の症例は除外した。また、両群

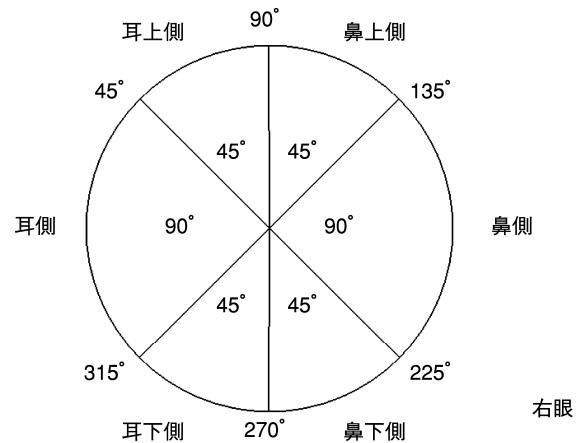


図 1 視神経乳頭のセクター解析。

Heidelberg Retina Tomograph (HRT) におけるセクター解析時の乳頭分割を示す(右眼)。左眼については鏡面像を採用し、右眼と統一した。

間の年齢、屈折異常(等価球面值)、Humphrey 視野指標の MD、HRT 乳頭パラメータの disc area をマッチングさせた。年齢と屈折異常、MD については Mann-Whitney U test で、disc area については Bonferroni/Dunn test で両群間の有意差がないものとした。

2. HRT 検査

対象眼に対し、無治療下で視野検査と HRT 検査を 3 か月以内に施行した。HRT 検査は同一検者(HU)が無散瞳下で画角 10° の画像を 3 回測定し、平均画像を作製後、同検者が contour line を決定し、解析に用いた。なお、同検者(HU)の日を変えて測定した乳頭パラメータの再現性は、rim area, cup area などのパラメータでは 5% 前後、rim volume で 9% であった。

本研究で、我々は視神経乳頭領域を、耳下側(temporal-inferior) ($270^\circ \sim 315^\circ$)、耳側(temporal) ($315^\circ \sim 45^\circ$)、耳上側(temporal-superior) ($45^\circ \sim 90^\circ$)、鼻上側(nasal-superior) ($90^\circ \sim 135^\circ$)、鼻側(nasal) ($135^\circ \sim 225^\circ$)、鼻下側(nasal-inferior) ($225^\circ \sim 270^\circ$) の 6 セクターに分類し(図 1)、両群のグローバルおよび各セクターにおいて以下の HRT 主要乳頭パラメータの比較を行った〔disc area, cup area, cup/disc area ratio (C/D ratio), rim area, height variation contour (HVC), cup volume, rim volume, mean cup depth, maximum cup depth, cup shape measure (CSM), mean retinal nerve fiber layer thickness (RNFLT), retinal nerve fiber layer cross section area (RNFL CSA)〕。

なお、平均画像ピクセルの標準偏差が $30 \mu\text{m}$ 以上の画像は解析から除外した。

3. 統計学的解析方法

両群のグローバルおよび 6 セクターにおける HRT 主要乳頭パラメータの比較検討を Bonferroni/Dunn test を用いて解析した。また、両群を判別するのに寄与した

乳頭パラメータ(グローバルおよび 6 セクター)についての検討を、前述の乳頭パラメータを説明変数としてステップワイズ回帰で解析した。両群における、既往も含めた乳頭出血出現の有無、視神経乳頭周囲網脈絡膜萎縮(PPA)(ゾーン β)の有無を比較検討した(Fisher exact test)。解析には StatView for Windows(version 5)を用い、危険率 5 % 未満を統計学的有意差ありとした。

III 結 果

NTG 204 例のうち選択基準を満たす患者は、低眼圧群で 22 例 36 眼、高眼圧群で 30 例 40 眼であった。両群間において年齢、屈折異常(等価球面值)、Humphrey 視野視標の MD、HRT 乳頭パラメータの disc area を Mann-Whitney U test で両群間の有意差がないものとした結果、低眼圧群 19 例 19 眼、高眼圧群 19 例 19 眼が選択された。両群間において、男女比や Humphrey 視野指標の corrected pattern standard deviation(CPSD)については有意差がなかったが、無治療下での平均眼圧、最高眼圧、最低眼圧、眼圧変動幅において高眼圧群は低眼圧群と比較して有意に高値を示した(表 1, 2 A ~G)。対象患者の全身の疾患としては、低眼圧群において高血圧 2 例(10.5%)、糖尿病 1 例(5.3%)、高眼圧群において高血圧 4 例(21.1%)、糖尿病 0 例(0 %)であり、両群に統計学的に有意差はなかった(糖尿病; $p>0.9999$, 高血圧; $p=0.6599$, Fisher exact test)。

HRT グローバル解析では、高眼圧群と比較して低眼圧群の C/D ratio が有意に小さかった(表 2 A)。

セクター解析では、耳側、耳上側、耳下側、鼻上側、鼻下側において両群間で有意差のあったパラメータはなかった。鼻側については、高眼圧群と比較して低眼圧群の rim volume が有意に小さかった(表 2 B ~G)。また、ステップワイズ解析で、両群の判別に寄与する乳頭パラメータとして、鼻側の rim volume($p=0.036$)が選択された。

乳頭出血出現例は、低眼圧群で 5 眼(26.3%)、高眼圧群で 5 眼(26.3%)であった($p>0.9999$, Fisher exact

test)。また PPA(ゾーン β)を認めた例は、低眼圧群で 15 眼(78.9%)、高眼圧群で 15 眼(78.9%)で、両群において有意差はなかった($p>0.9999$, Fisher exact test)。

IV 考 按

今回、我々は HRT を用いて NTG の視神経乳頭の形態を比較し、無治療時低眼圧例では、高眼圧例と比較して、鼻側の rim volume により強い緑内障性変化があった。

POAG と NTG における、視神経乳頭の緑内障性形態変化の相違については、以前から報告⁴⁾⁵⁾されている。乳頭形態に関しては POAG と比較して NTG の視神経乳頭では、有意に陥凹が大きく、rim 幅が狭いとの報告がある。Caprioli ら⁴⁾はコンピュータ planimetry を用いて、視野病期をマッチングした 34 眼の low-tension glaucoma(LTG)と 41 眼の POAG の乳頭を比較し、LTG において下側と耳下側でより強い rim の狭細化があったと報告している。Eid ら⁵⁾は HRT を用いて、31 眼の high-tension POAG と 31 眼の low-tension POAG を比較し、low-tension POAG で上側より下側に rim の狭細化が強かったとしている。また、乳頭形態ばかりでなく、POAG より NTG の方が、循環障害との関連が指摘されている乳頭周囲網脈絡膜萎縮や網膜動脈血管の狭細化が進行していたとの報告⁶⁾もある。一方で、NTG と POAG において、視神経乳頭形態に差がなかったという報告²⁹⁾³⁰⁾もある。

また、NTG と POAG の視野進行パターンの相違も報告されている。POAG 眼と比較して NTG 眼の視野変化はより局所的で、深い感度低下を示し、固視点に近い部位の、特に鼻上側に存在するなどが指摘されている^{6)~16)}。このような POAG と NTG の相違については、両者が単に眼圧が正常か否かだけではなく、その発症機序や病態生理に違いがあるのではないかと指摘する報告が多い。

NTG における視野障害進行と眼圧との関連は指摘されているが^{17)~22)}、NTG の中でも眼圧非依存性のタイプ

表 1 背 景

	低眼圧群 (19 眼)	高眼圧群 (19 眼)	p 値
年齢(歳)	62.41±10.79	60.11±9.11	0.3811*
性別(男/女)	6/13	8/11	0.7372**
等価球面值(D)	-0.61±3.07	-1.47±2.55	0.2673*
平均眼圧(mmHg)	11.92±0.84	15.79±1.13	<0.0001*
最高眼圧(mmHg)	13.37±0.83	17.89±0.99	<0.0001*
最低眼圧(mmHg)	10.05±1.72	13.74±1.24	<0.0001*
眼圧変動(mmHg)	3.32±1.73	4.16±0.77	0.0488*
Mean deviation(dB)	-4.138±3.535	-4.392±2.284	0.8724*
Corrected pattern standard deviation(dB)	7.382±4.68	6.495±3.894	0.5495*

* : Mann-Whitney U test ** : Fisher exact test 平均値±標準偏差

表 2A グローバル解析結果

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	2.579±0.393	2.441±0.540	0.4900
Cup area (mm ²)	1.358±0.523	1.072±0.492	0.0899
Cup/disc area ratio	0.513±0.133	0.425±0.129	0.0452
Rim area (mm ²)	1.220±0.264	1.370±0.254	0.0844
Height variation contour (mm)	0.365±0.107	0.346±0.130	0.6342
Cup volume (mm ³)	0.354±0.179	0.286±0.201	0.2804
Rim volume (mm ³)	0.239±0.115	0.312±0.135	0.0804
Mean cup depth (mm)	0.293±0.070	0.281±0.073	0.6315
Maximum cup depth (mm)	0.658±0.148	0.660±0.141	0.9582
Cup shape measure	-0.089±0.068	-0.114±0.069	0.2667
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.162±0.069	0.199±0.081	0.1367
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.904±0.366	1.084±0.402	0.1566

* : Bonferroni/Dunn test

表 2B セクター解析結果(耳下側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.350±0.054	0.335±0.072	0.4777
Cup area (mm ²)	0.224±0.098	0.195±0.074	0.3058
Cup/disc area ratio	0.625±0.211	0.568±0.127	0.3161
Rim area (mm ²)	0.126±0.069	0.140±0.035	0.4235
Height variation contour (mm)	0.168±0.090	0.153±0.094	0.6317
Cup volume (mm ³)	0.062±0.042	0.052±0.035	0.4288
Rim volume (mm ³)	0.022±0.018	0.026±0.014	0.5073
Mean cup depth (mm)	0.305±0.105	0.324±0.101	0.5826
Maximum cup depth (mm)	0.594±0.186	0.602±0.145	0.8831
Cup shape measure	0.011±0.133	0.026±0.097	0.6843
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.126±0.155	0.173±0.094	0.2632
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.091±0.117	0.122±0.067	0.3212

表 2C セクター解析結果(耳側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.627±0.393	0.584±0.149	0.3332
Cup area (mm ²)	0.450±0.154	0.378±0.153	0.1584
Cup/disc area ratio	0.700±0.153	0.634±0.139	0.1442
Rim area (mm ²)	0.177±0.064	0.205±0.071	0.2000
Height variation contour (mm)	0.177±0.095	0.140±0.095	0.2434
Cup volume (mm ³)	0.116±0.067	0.095±0.064	0.3373
Rim volume (mm ³)	0.017±0.010	0.018±0.013	0.9009
Mean cup depth (mm)	0.298±0.081	0.284±0.090	0.6348
Maximum cup depth (mm)	0.587±0.146	0.578±0.162	0.8478
Cup shape measure	-0.009±0.075	-0.028±0.056	0.3622
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.078±0.024	0.074±0.032	0.6631
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.108±0.030	0.098±0.039	0.3681

もあり，その病態として循環障害などが挙げられている^{3)23)~25)}。Geijssen ら²³⁾は POAG や LTG という開放隅角緑内障は，眼圧が低くなるにつれて循環障害の因子が強くなるのではないかと指摘している。これを支持する報告として，最近では NTG 眼においても経過中に常に

低眼圧を示すものと高眼圧を示すものを比較した場合，視野障害や乳頭形態の差異の存在を指摘する報告^{26)~28)}が散見される。NTG においても，経過中により高眼圧を示す群の方が，びまん性に視野障害が進行していたという報告²⁶⁾や，低眼圧を示す群が乳頭循環不全を現す乳

表 2D セクター解析結果(耳上側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.338±0.047	0.333±0.073	0.7569
Cup area (mm ²)	0.180±0.070	0.165±0.091	0.5154
Cup/disc area ratio	0.528±0.173	0.478±0.210	0.4273
Rim area (mm ²)	0.157±0.055	0.168±0.060	0.5617
Height variation contour (mm)	0.178±0.055	0.178±0.112	0.3525
Cup volume (mm ³)	0.058±0.031	0.051±0.036	0.5519
Rim volume (mm ³)	0.036±0.024	0.039±0.030	0.7576
Mean cup depth (mm)	0.356±0.088	0.329±0.097	0.3853
Maximum cup depth (mm)	0.672±0.146	0.660±0.186	0.8263
Cup shape measure	-0.002±0.101	-0.020±0.126	0.6174
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.233±0.111	0.226±0.119	0.8633
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.166±0.078	0.160±0.084	0.8135

表 2E セクター解析結果(鼻上側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.348±0.050	0.334±0.067	0.4196
Cup area (mm ²)	0.146±0.059	0.113±0.072	0.1236
Cup/disc area ratio	0.416±0.147	0.318±0.158	0.0553
Rim area (mm ²)	0.202±0.052	0.222±0.039	0.1915
Height variation contour (mm)	0.100±0.050	0.074±0.043	0.1014
Cup volume (mm ³)	0.047±0.026	0.033±0.031	0.1359
Rim volume (mm ³)	0.051±0.025	0.064±0.031	0.1531
Mean cup depth (mm)	0.347±0.129	0.287±0.132	0.1589
Maximum cup depth (mm)	0.705±0.199	0.608±0.171	0.1133
Cup shape measure	-0.058±0.138	-0.079±0.158	0.6611
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.254±0.077	0.312±0.132	0.1111
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.184±0.054	0.219±0.086	0.1461

表 2F セクター解析結果(鼻側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.624±0.113	0.589±0.149	0.4121
Cup area (mm ²)	0.234±0.154	0.157±0.124	0.0993
Cup/disc area ratio	0.360±0.190	0.256±0.182	0.0913
Rim area (mm ²)	0.390±0.113	0.431±0.115	0.2786
Height variation contour (mm)	0.144±0.056	0.126±0.066	0.3644
Cup volume (mm ³)	0.047±0.031	0.038±0.041	0.4576
Rim volume (mm ³)	0.076±0.043	0.111±0.056	0.0360
Mean cup depth (mm)	0.235±0.100	0.231±0.117	0.9153
Maximum cup depth (mm)	0.568±0.162	0.566±0.186	0.9653
Cup shape measure	-0.127±0.142	-0.155±0.182	0.6030
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.164±0.094	0.227±0.130	0.0948
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.220±0.116	0.299±0.159	0.0906

頭周囲網脈絡膜萎縮が、特に下方乳頭で有意に大きかったとする報告²⁷⁾があり、NTG の中でも低眼圧群と高眼圧群における病因、病態の違いを指摘している。

今回、我々の結果も過去の POAG と NTG との比較⁴⁾⁵⁾、または NTG の低眼圧群と高眼圧群との比較の結

果^{26)~28)}と同様、同じ視野進行病期を持つにもかかわらず、より低眼圧の緑内障の方が視神経乳頭変化の進行が認められた。石川ら³¹⁾は NTG で低い眼圧を示す群と高い眼圧を示す群の乳頭形態について HRT を用いて検討し、両者に差がなかったと報告しているが、視野病期に

表 2G セクター解析結果(鼻下側)

	低眼圧群	高眼圧群	p 値*
Disc area (mm ²)	0.345±0.057	0.332±0.072	0.4569
Cup area (mm ²)	0.159±0.107	0.109±0.076	0.1068
Cup/disc area ratio	0.442±0.254	0.324±0.213	0.1281
Rim area (mm ²)	0.186±0.082	0.223±0.075	0.1563
Height variation contour (mm)	0.141±0.094	0.102±0.065	0.1499
Cup volume (mm ³)	0.035±0.027	0.031±0.031	0.7043
Rim volume (mm ³)	0.040±0.030	0.060±0.031	0.0569
Mean cup depth (mm)	0.236±0.081	0.267±0.103	0.3194
Maximum cup depth (mm)	0.531±0.135	0.587±0.162	0.2526
Cup shape measure	-0.081±0.159	-0.067±0.181	0.8025
Mean retinal nerve fiber layer thickness (mm)	0.191±0.129	0.262±0.109	0.0734
Retinal nerve fiber layer cross section area (mm ²)	0.136±0.097	0.187±0.081	0.8069

において両群で有意差が存在しており、視野病期をマッチングしている我々の報告とは、単純比較はできない。ただし、視野障害がより高度であった高眼圧群(MD-10.86 dB)が、低眼圧群(MD-4.51 dB)と乳頭形態において差異がなかったということは、今回の我々の結果と相反するものではないと思われる。

今回の研究では、グローバル解析において、高眼圧群と比較して低眼圧群の C/D ratio が有意に大きく (p=0.0420), rim area (p=0.0844), rim volume (p=0.0804), cup area (p=0.0899) で傾向差があった。またセクター解析では、高眼圧群と比較して低眼圧群の視神経乳頭変化が耳側ではなく、鼻側で強く生じていたこと、またそれを反映して両群を分けるのに最も敏感なパラメータとして鼻側の rim volume が選択されたことは興味深いことと思われる。山上ら⁶⁾は POAG と LTG の比較において、LTG の方が視野非障害部位における陥凹が大きかったと報告しており、LTG には視野障害発現に先立って陥凹が拡大する何らかの病態が存在しているのではないかと指摘している。我々の結果は、NTG における低眼圧群と高眼圧群の比較であるが、NTG においてもより低眼圧の方が視神経乳頭陥凹拡大と rim の菲薄化が全体的に起こっており、特に鼻側に強く変化している可能性があると思われた。

今回、我々は HRT を用いて視野病期、年齢、屈折値に差がない NTG の低眼圧群と高眼圧群における視神経乳頭の形態比較を行った。高眼圧群と比較し低眼圧群では鼻側において有意に進行しており、NTG においても病態の違いを有する複数のタイプの存在が推定された。

文 献

- 1) 日本緑内障学会：緑内障診療ガイドライン。日眼会誌 107：125—175, 2003.
- 2) 北澤克明：開放隅角緑内障の病態と管理。日眼会誌 105：828—842, 2001.
- 3) Schulzer M, Drance SM, Carter CJ, Brooks DE, Douglas GR, Lau W : Biostatistical evidence for two distinct chronic open angle glaucoma populations. Br J Ophthalmol 74 : 196—200, 1990.
- 4) Caprioli J, Spaeth GL : Comparison of the optic nerve head in high- and low-tension glaucoma. Arch Ophthalmol 103 : 1145—1149, 1985.
- 5) Eid TE, Spaeth GL, Moster MR, Augsburger JJ : Quantitative differences between the optic nerve head and peripapillary retina in low-tension and high-tension primary open-angle glaucoma. Am J Ophthalmol 124 : 805—813, 1997.
- 6) 山上淳吉, 白土城照, 新家 真, 山本哲也 : 低眼圧緑内障と原発開放隅角緑内障視神経乳頭縁面積の相違について。臨眼 43 : 1391—1394, 1989.
- 7) Caprioli J, Sears M, Miller JM : Patterns of early visual field loss in open-angle glaucoma. Am J Ophthalmol 103 : 512—517, 1987.
- 8) 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.
- 9) 山上淳吉, 新家 真, 鈴木康之, 白土城照, 小関信之 : 低眼圧緑内障の視野障害様式—原発開放隅角緑内障との比較—。日眼会誌 97 : 383—389, 1993.
- 10) 堀 純子, 相原 一, 鈴木康之, 新家 真 : 正常眼圧緑内障と原発開放隅角緑内障の中～末期における視野障害様式の比較, 日眼会誌 98 : 968—973, 1994.
- 11) Hitchings RA, Anderton SA : A comparative study of visual field defects seen in patients with low-tension glaucoma and chronic simple glaucoma. Br J Ophthalmol 67 : 818—821, 1983.
- 12) 小関信之, 新家 真, 鈴木康之 : 開放隅角緑内障における中心部視野障害の解析—VARCLUS procedure を用いた検討—。日眼会誌 98 : 658—663, 1994.
- 13) Chauhan BC, Drance SM : The influence of intraocular pressure on visual field damage in

- patients with normal-tension and high-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31 : 2367—2372, 1990.
- 14) **Chauhan BC, Drance SM, Douglas GR, Johnson CA** : Visual field damage in normal-tension and high-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 108 : 636—642, 1989.
 - 15) **Drance SM, Douglas GR, Johnson CA, Airaksinen PJ, Schulzer M, Hitchings RA** : Diffuse visual field loss in chronic open-angle and low-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 104 : 577—580, 1987.
 - 16) **Koseki N, Araie M, Suzuki Y, Yamagami J** : Visual field damage proximal to fixation in normal-and high-tension glaucoma eyes. *Jpn J Ophthalmol* 39 : 274—283, 1995.
 - 17) 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.
 - 18) **Gutteridge IF** : Normal tension glaucoma : Diagnostic features and comparisons with primary open angle glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 83 : 161—172, 2000.
 - 19) **Bhandari A, Crabb DP, Poinoosawmy D, Fitzke FW, Hitchings RA, Nouredin BN** : Effect of surgery on visual field progression in normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 104 : 1131—1137, 1997.
 - 20) **Hitchings RA, Wu J, Poinoosawmy D, McNaught A** : Surgery for normal tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 79 : 402—406, 1995.
 - 21) **Shigeeda T, Tomidokoro A, Araie M, Koseki N, Yamamoto S** : Long-term follow-up of visual field progression after trabeculectomy in progressive normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 109 : 766—770, 2002.
 - 22) **Koseki N, Araie M, Shirato S, Yamamoto S** : Effect of trabeculectomy on visual field performance in central 30° field in progressive normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 104 : 197—201, 1997.
 - 23) **Geijssen HC, Greve EL** : Vascular concepts in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 6 : 71—77, 1995.
 - 24) **Sugiyama T, Schwartz B, Takamoto T, Azuma I** : Evaluation of the circulation in the retina, peripapillary choroid and optic disk in normal-tension glaucoma. *Ophthalmic Res* 32 : 79—86, 2000.
 - 25) **Yaoeda K, Shirakashi M, Fukushima A, Funaki S, Funaki H, Abe H, et al** : Relationship between optic nerve head microcirculation and visual field loss in glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 81 : 253—259, 2003.
 - 26) **Araie M, Kitazawa M, Koseki N** : Intraocular pressure and central visual field of normal tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 81 : 852—856, 1997.
 - 27) **Wang XH, Stewart WC, Jackson GJ** : Differences in optic discs in low-tension glaucoma patients with relatively low or high pressures. *Acta Ophthalmol Scand* 74 : 364—367, 1996.
 - 28) **Shirakashi M, Funaki S, Funaki H, Yaoeda K, Abe H** : Measurement of retinal nerve fibre layer by scanning laser polarimetry and high pass resolution perimetry in normal tension glaucoma with relatively high or low intraocular pressure. *Br J Ophthalmol* 83 : 353—357, 1999.
 - 29) **Tezel G, Kass MA, Kolker AE, Wax MB** : Comparative optic disc analysis in normal pressure glaucoma, primary open-angle glaucoma, and ocular hypertension. *Ophthalmology* 103 : 2105—2113, 1996.
 - 30) **Lewis RA, Hayreh SS, Phelps CD** : Optic disk and visual field correlations in primary open-angle and low-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 96 : 148—152, 1983.
 - 31) 石川果林, 谷野富彦, 大竹雄一郎, 木村 至, 宮田 博, 真島行彦 : 正常眼圧緑内障における最高眼圧の違いによる視野・乳頭形態の比較. *日眼会誌* 107 : 433—439, 2003.
-