

## 緑内障における GDx-variable corneal compensation, 光干渉断層計, ハイデルベルグレチナトモグラフィによる 解析結果ならびに視野障害に対する相関

金森 章泰<sup>1)2)</sup>, 楠原あづさ<sup>1)</sup>, 辰巳 康子<sup>1)</sup>, 藤岡 美幸<sup>1)</sup>  
前田 秀高<sup>1)</sup>, 中村 誠<sup>1)</sup>, 根木 昭<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>神戸大学大学院医学系研究科医科学専攻器官治療医学講座眼科学

<sup>2)</sup>兵庫県立尼崎病院

### 要 約

**目的:** 緑内障において, GDx-variable corneal compensation (GDx-VCC) と光干渉断層計 (OCT) で測定した網膜神経線維層厚 (RNFLT) とハイデルベルグレチナトモグラフィ (HRT) による視神経乳頭形状解析の関係を視野障害も含めて解析する。

**方法:** 開放隅角緑内障 110 症例 110 眼に対し, GDx-VCC, OCT, HRT の検査を行った。全周パラメータおよび上下セクターにおけるパラメータの相関を 3 機器間において算出し, また, 全周パラメータとハンフリー視野計の Mean deviation (MD) の相関を解析した。

**結果:** MD と全周パラメータの相関関係は, いずれも二次曲線を描き, 最も高い相関係数は GDx-VCC : 0.625 (nerve fiber indicator), OCT : 0.616 (average RNFLT), HRT : 0.501 (Rim area) であった。OCT と

GDx-VCC で測定した RNFLT は高い相関を示し, これらは HRT の多くのパラメータと有意な直線的相関関係があり, その中でも rim area との相関が最も高かった。

**結論:** これらの構造的パラメータは MD と曲線的相関関係を持つ。緑内障では, 網膜神経線維層の菲薄化は視神経乳頭辺縁部面積の減少と最も関係があり, 直線回帰をとることが示唆された。(日眼会誌 110 : 180-187, 2006)

**キーワード:** ハイデルベルグレチナトモグラフィ, GDx-VCC, 光干渉断層計, 緑内障性視野障害, 相関

## Correlations among GDx-Variable Corneal Compensation, Optical Coherence Tomography, and Heidelberg Retina Tomograph and Relationships between these Structural Parameters and Visual Field Indices

Akiyasu Kanamori<sup>1)2)</sup>, Azusa Kusahara<sup>1)</sup>, Yasuko Tatsumi<sup>1)</sup>, Miyuki Fujioka<sup>1)</sup>  
Hidetaka Maeda<sup>1)</sup>, Makoto Nakamura<sup>1)</sup> and Akira Negi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Organ Therapeutics, Division of Ophthalmology, Kobe University Graduate School of Medicine

<sup>2)</sup>Hyogo Prefectural Amagasaki Hospital

### Abstract

**Purpose:** In glaucoma patients, to compare the correlations among parameters measured by Heidelberg Retina Tomography (HRT) and retinal nerve fiber layer thickness (RNFLT) measured by GDx-variable corneal compensation (GDx-VCC) and optical coherence tomography (OCT), and to assess the relationship among these structural parameters, and visual field damage.

**Methods:** A unilateral eye of 110 patients with open-angle glaucoma were included in this study. Each individual was analyzed by HRT (version 3.04), GDx-VCC (version 5.3.2), and OCT-1 (version A6 X1). The correlations among these parameters regarding global area, superior sector, and inferior sector were obtained from the 3 instruments and compared. The correlations among the mean deviation (MD) in the Humphrey field analysis and the parameters in global area from the 3 instruments were calculated.

**Results:** The MD showed quadratic regressions

to each global parameter (GDx-VCC : 0.625 (nerve fiber indicator) : OCT, 0.616 (average RNFLT) : HRT, 0.501 (rim area)). Most parameters in OCT and GDx-VCC had highly significant correlations. The rim area showed the highest correlation in each sector to RNFLT with GDx-VCC or OCT among HRT parameters.

**Conclusions:** These structural parameters derived from GDx-VCC, OCT and HRT analyses had bilinear correlation to the MD. Retinal nerve fiber loss detected on GDx-VCC and OCT correlated linearly with the neuroretinal rim area measured by HRT. These instruments may be useful in monitoring structural changes in glaucoma.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 110 : 180-187, 2006)

**Key words:** Heidelberg Retina Tomography, GDx-VCC, Optical coherence tomography, Glaucoma, Parameter correlations

別刷請求先 : 650-0017 神戸市中央区楠町 7-5-2 神戸大学大学院医学系研究科医科学専攻器官治療医学講座眼科学

金森 章泰 (平成 16 年 11 月 11 日受付, 平成 17 年 5 月 23 日改訂受理) E-mail : kanaaki@med.kobe-u.ac.jp

Reprint requests to : Akiyasu Kanamori M. D., Ph. D. Department of Organ Therapeutics, Division of Ophthalmology, Kobe University Graduate School of Medicine, 7-5-2 Kusunoki-cho, Chuo-ku, Kobe 650-0017, Japan

(Received November 11, 2004 and accepted in revised form May 23, 2005)

## I 緒 言

緑内障は、視神経乳頭と網膜神経線維層(RNFL)に特徴的な形態的变化を来す視神経症であるが、客観的評価を行う機器として、いくつかの画像解析装置が商品化され、実際の臨床の場で用いられるようになった。視神経乳頭画像解析装置としてはハイデルベルグレチナトモグラフ(HRT)があり<sup>1)</sup>、乳頭の三次元構造の解析が可能で、緑内障判定プログラムも内蔵されている<sup>2)</sup>。RNFLの厚み(RNFLT)の測定には、RNFLがもつ複屈折性を利用する走査レーザーポラリメトリー法がある<sup>3)</sup>。現在はGDx-variable corneal compensator(GDx-VCC)という、個人の前眼部の複屈折力を測定・補正することで、より精度の高い定量が可能となる簡易型の機器が手に入るまでになった<sup>4)5)</sup>。また、光干渉現象を利用した方法も緑内障分野に応用されている。光干渉断層計(OCT)は主に黄斑疾患で威力を発揮してきたが、RNFLTの定量も可能である<sup>6)</sup>。

これらの機器について、様々な比較検討が行われてきたが、3機種を同時に検討するためには、これら3機種による検査を同一の症例で行う必要がある。そのような報告は3つあるが、すべて緑内障診断力に関するものである。Zangwillら<sup>7)</sup>やGreaneyら<sup>8)</sup>はGDx Nerve fiber analyzerとOCT, HRT-1を比較して、緑内障眼の検出力に有意差はないと報告した。近年になり、MedeirosらはGDx-VCC, OCT-3000はHRT-2に比べ有意差はないものの、診断力が高いと述べている<sup>9)</sup>。さらに、これらは早期の緑内障眼の検出にも有用であるとの報告<sup>10)~12)</sup>がある。しかし、これらの3機種による構造的評価と視野障害の程度がいかに相関しているのか、また、お互いにどのように関係しているのかを同一の症例で検討した報告は未だない。

そこで今回、緑内障性視野障害, HRTによる視神経乳頭画像解析, GDx-VCCとOCTで測定したRNFLTの相関を同一症例において比較検討する。

## II 方 法

対象は神戸大学医学部付属病院眼科緑内障外来を受診中の開放隅角緑内障150症例である。内眼手術既往、糖尿病症例は除外し、また他の後眼部疾患(網膜疾患、視神経疾患など)を有する眼も除外した。-4ジオプトリー以上の乱視眼、-10ジオプトリーよりも強い近視眼は対象から除外した。開放隅角緑内障眼は、緑内障性視神経乳頭変化を有し、それに対応する緑内障性視野障害を有する開放隅角眼と定義し、乳頭変化は3名以上の緑内障外来担当医が乳頭を立体観察し、合議のうえ判定した。HRT, GDx-VCC, OCT, 静的視野検査は全て6か月の間に行った。各検査は趣旨と内容を説明して同意を得たうえで行った。

視野測定はハンフリー視野計のSITA-STANDARD 30-2を用い、固視不良、偽陽性、偽陰性のいずれかが33%以上を示した症例は除外した。Pattern deviationにおいて、最周辺部を除く、 $p < 0.01$ の二つかそれ以上連続する点、あるいは $p < 0.05$ の三つかそれ以上連続する点かつそのうちの一つが $p < 0.01$ である場合を緑内障性視野障害と定義した。

今回使用したHRTは、HRTバージョン3.04(Heidelberg Engineering, GmbH, Heidelberg, Germany)である。これはHRT-1にHRT-2のソフトウェアを搭載したもので、HRT-2が全自動で撮影を行うのに対し、画角、角膜曲率半径、屈折補正、解析画像選択などを手動で選択することができる。また、HRT-1では乳頭縁(コントアライン)の決定を連続的なトレースにより行っていたが、このソフトウェアでは簡便化され、さらにセクターごとのパラメータも算出されるようになった。画角15°の乳頭撮影を3回行った後、その平均画像をもとにして内蔵ソフトウェアにより様々なパラメータが算出される。Disc area, cup/disc area ratio, rim area, cup volume, rim volume, height variation contour, mean cup depth, maximum cup depth, cup shape measure, RNFL thickness, RNFL cross section area, 全周パラメータとしてはさらにFSM value, RB valueについて検討した。セクターは鼻上(0~45°), 鼻(45~135°), 鼻下(135~180°), 耳下(180~225°), 耳(225~315°), 耳上(315~360°)で算出されるが、今回はセクター領域を他の機器となるべく近似させるために、上方セクター(315~45°)を耳上・鼻上セクターから、下方セクター(135~225°)を耳下・鼻下セクターから算出した。画像の品質を表すトポグラフィ標準偏差が40dB以上のものは対象から削除した。以上の検査は全て同一検者によって、無散瞳下で施行した。

GDx-VCC(Laser Diagnostic Technologies, Inc., San Diego, CA, USA)のソフトウェアはバージョン5.3.2である。本バージョンでは、まず中心窩周囲円周上の複屈折分布パターンを解析するための黄斑画像を1枚撮影する。その後、視神経乳頭を中心とした画像を一度撮影し、先程の黄斑画像を参考に、個人の前眼部複屈折力を補正したRNFLTが算出される。いずれの撮影においても画像の品質を表す「Q」が7以下の画像は取り直し、数回試みても8以上にならない眼は対象から除外した。検査は同一検者によって、無散瞳下で施行した。視神経乳頭を中心としたリング上(幅8画素)のRNFLTの平均値がTSNIT averageとして表記されるが、これはOCTにおけるaverage RNFLTと同義である。また、295°~55°の上方セクターのリング上のRNFLTがsuperior average, 125°~245°の下方セクターのリング上のRNFLTがinferior averageとされる。鼻側セクターは55~125°, 耳側セクターは245~295°で定義されているが、これは

視神経乳頭を中心としたリング上の RNFLT ではなく、このリングより外側の RNFLT の中央値の 210 画素の RNFLT の平均とされる。したがって、耳鼻側セクターのリング上の RNFLT は公式上の問題により、算出することはできない。全周のパラメータとしては RNFLT の平均値である TSNIT average, TSNIT standard deviation, RNFLT に関する 200 以上のパラメータにより人工知能が算出する値である nerve fiber indicator (NFI) を検討した。上方(下方)セクターとしては superior(inferior) average, superior(inferior) ratio, superior/nasal, superior(inferior) maximum, normalized superior(inferior) area について検討した。

視神経乳頭を中心としたリングの半径は以前のソフトウェアでは視神経乳頭の大きさの 1.75 倍に設定されていたが、本バージョンでは乳頭の大きさに関係なく内径 1.256 mm, 外径 1.628 mm に固定された。OCT も同様に固定された円周上の RNFLT を測定するため、OCT により近い RNFLT の測定がこのソフトウェアでは可能である。

OCT 検査は OCT-1(Humphrey-Zeiss Instruments, Dublin, CA, USA) のバージョン A6X1 を用いた。同一検者によって、散瞳下で視神経乳頭を中心に直径 3.4 mm の circle scan を 3 回以上施行した。付属する average RNFL thickness プログラムを用い、RNFLT の平均を算出した。網膜全層が一部でも描出されないあるいは RNFL の下端が網膜色素上皮に重なる状態など明瞭に測定できなかった場合や、測定結果で S/N 比が 40 dB 未満のものは解析から除外した。導き出されるパラメータは全周の平均である average, 90° ごとの quadrant, 30° ごとの segment と 3 種あるが、今回の解析では average と、以下の上下セクターの RNFLT を用いた。GDx-VCC の領域に近似するため、上方セクターは 295~55°, 下方セクターは 135~225° と定義し、これらのセクターの RNFLT を算出した。

左眼のデータは右眼のものに変換して解析を行った。視神経乳頭の全周を示す全周パラメータとハンフリー視野計の mean deviation(MD) との相関、また 3 機種間の全周パラメータおよび上方・下方セクターでのパラメータの相関を、ピアソンの直線回帰ないしは二次曲線回帰を用いて算出した。全ての解析において、 $p < 0.05$  を有意とした。

### III 結 果

全ての検査で、適切な画像を得、適切な解析を行うことができたのは 110 症例(男性 52 例, 女性 58 例)であり、両眼ともエントリー可能であった場合は、ランダムに片眼を抽出した。110 症例 110 眼の背景は、年齢は  $52.9 \pm 13.5$  歳(平均値  $\pm$  標準偏差), MD は  $-7.3 \pm 5.7$  dB ( $-0.05 \sim -28.42$  dB) であった。

HRT, GDx-VCC, OCT による全周パラメータと MD の関係では、いずれも直線回帰よりも二次曲線回帰の方が高い相関を示し、また二次項の係数はいずれも  $p < 0.05$  であった。二次曲線回帰による相関係数を表 1 に示す。GDx-VCC では TSNIT average よりも、NFIの方が高い相関を示した。HRT では rim area が最も高い相関係数を有した。GDx-VCC の NFI, OCT の average RNFLT, HRT の rim area と MD の二次相関曲線を図 1 に示す。

次に、HRT と GDx-VCC もしくは OCT のパラメータの関係について、表 1 に全周パラメータの相関を、表 2 に上方・下方セクターのパラメータの相関を示す。これらの相関は直線回帰が二次曲線回帰よりも高い値を示し、また二次項の係数はいずれも  $p > 0.05$  であったため、直線回帰による相関係数を示す。いずれの部位においても、GDx-VCC と OCT で測定した RNFLT に対して、多くの HRT パラメータが有意な相関を示したが、最も高い相関を示した HRT パラメータは rim area であった。それらの中でも、全周パラメータの GDx-VCC における TSNIT average と HRT における rim area が最も高い相関( $r = 0.538$ )を示した。全周エリアでの HRT の rim area と、GDx-VCC の TSNIT average もしくは OCT の average RNFLT の相関曲線を図 2 に示す。

また、OCT と GDx-VCC の相関を表 1 および表 3 に示す。OCT と GDx-VCC によって測定した RNFLT は、いずれの部位においても有意な相関を示した。OCT の average RNFLT と GDx-VCC の NFI の相関曲線を図 3 に示す。

### IV 考 按

GDx-VCC, OCT で測定した RNFLT や HRT による視神経乳頭解析の構造的パラメータと、視野という機能的評価である MD との関係は、直線回帰による相関が数多くなされているが、今回我々は二次曲線回帰による相関関係を算出した。猿実験緑内障モデル眼においては網膜神経節細胞数と MD との相関が曲線になり<sup>13)</sup>、人眼でもそれがあてはまることを Garway-Heath らは文献的考察により推測している<sup>14)</sup>。さらに、彼らは HRT を用いて耳半側の rim area を求め、パターン網膜電図とハンフリー視野の中心感度を用い、その仮説を立証した<sup>15)</sup>。近年になり、GDx-VCC で測定した RNFLT が、耳側以外の各セクターにおいて MD の単位である dB 表記の網膜感度と曲線回帰をとることが証明された<sup>16)17)</sup>。今回の研究では、全周エリアにおいて、GDx-VCC および OCT によって測定された RNFLT と HRT の多くのパラメータが MD と有意な二次曲線回帰を有した。緑内障初期の形態的变化は静的視野計における網膜感度にさほど影響しないが、末期の変化は大きな網膜

表 1 ハンプリー視野計の mean deviation と 3 機種のパラメータの相関係数

	Mean deviation†	GDx-VCC‡		OCT‡
		TSNIT average	NFI	average RNFLT
GDx-VCC				
TSNIT average	0.572*	—	0.788*	0.675*
TSNIT standard deviation	0.445*	0.677*	0.721*	0.572*
NFI	0.625*	0.788*	—	0.723*
OCT				
average RNFLT	0.616*	0.675*	0.723*	—
HRT				
disc area	0.265*	0.230*	0.363*	0.256*
cup/disc area ratio	0.394*	0.377*	0.217*	0.253*
rim area	0.501*	0.538*	0.501*	0.432*
cup volume	0.029	0.213*	0.027	0.030
rim volume	0.345*	0.464*	0.324*	0.339*
height variation contour	0.218	0.279*	0.130	0.215
mean cup depth	0.074	0.126	0.085	0.007
maximum cup depth	0.012	0.063	0.025	0.078
cup shape measure	0.266*	0.250*	0.311*	0.193
RNFL thickness	0.277*	0.256*	0.085	0.205
RNFL cross section area	0.197	0.322*	0.196*	0.273*
FSM value	0.452*	0.401*	0.413*	0.293*
RB value	0.190	0.230*	0.219	0.207

GDx-VCC : GDx-variable corneal compensation

NFI : nerve fiber indicator

OCT : 光干渉断層計

RNFLT : retinal nerve fiber layer thickness

HRT : ハイデルベルグレチナトモグラフィ

RNFL : 網膜神経線維層

\*有意 (p<0.05)

†Mean deviation は二次曲線回帰による相関.

‡GDx-VCC, OCT は直線回帰による相関.

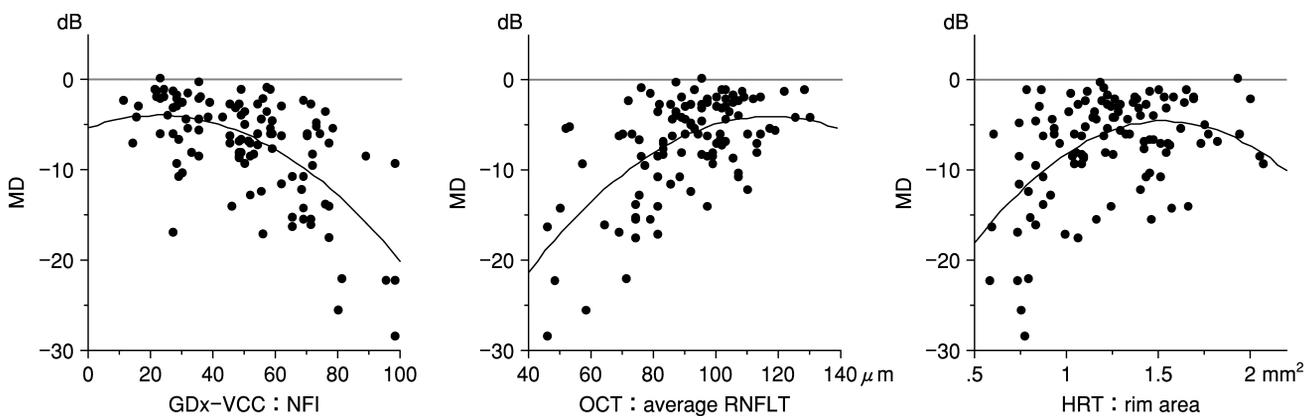


図 1 GDx-VCC, OCT と HRT のそれぞれの全周パラメータの中で, ハンプリー視野計の Mean deviation (MD) と最も高い相関をもつパラメータの相関曲線を示す。これらは二次曲線を描き, 相関係数は GDx-VCC ; 0.625 (nerve fiber indicator), OCT ; 0.616 (average RNFLT), HRT ; 0.501 (Rim area) であった。

表 2 上下セクターでの3機種のパラメータの直線回帰による相関係数

	GDx-VCC superior average	OCT superior RNFLT	GDx-VCC inferior average	OCT inferior RNFLT
HRT				
disc area	0.196	0.184	0.262*	0.210
cup/disc area ratio	0.380*	0.306*	0.292*	0.302*
rim area	0.508*	0.424*	0.434*	0.407*
cup volume	0.133	0.029	0.245*	0.185
rim volume	0.494*	0.365*	0.332*	0.319*
height variation contour	0.201	0.185	0.218	0.240*
mean cup depth	0.059	0.003	0.193	0.116
maximum cup depth	0.066	0.067	0.092	0.078
cup shape measure	0.232*	0.154	0.233*	0.299*
RNFL thickness	0.392*	0.294*	0.148	0.221
RNFL cross section area	0.427*	0.332*	0.209	0.259*

\*有意(p<0.05)

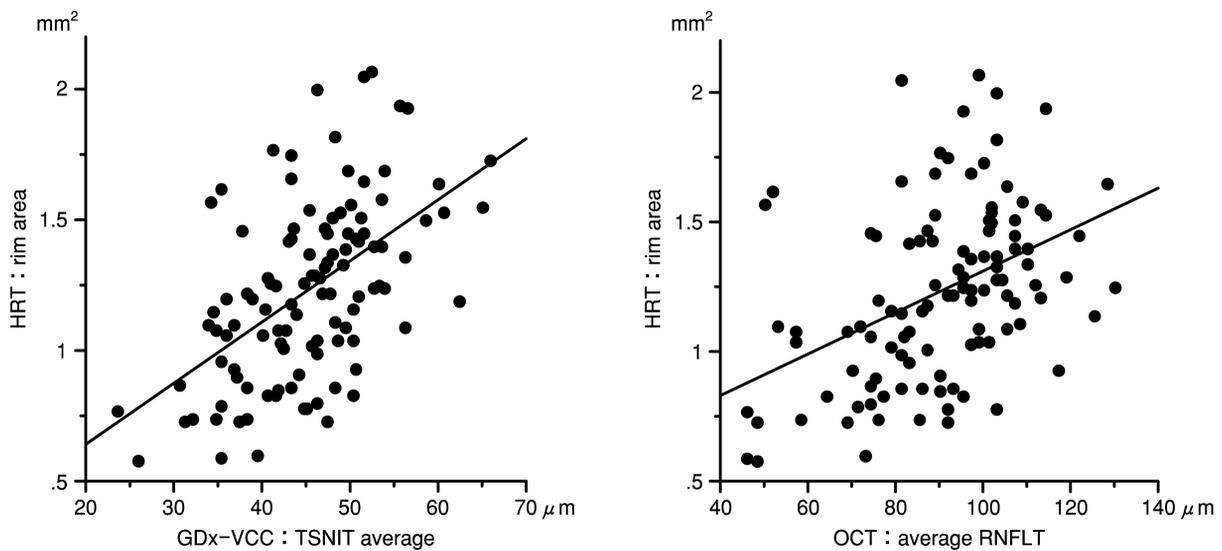


図 2 全周エリアで、GDx-VCC と OCT で測定した RNFLT と HRT の rim area との相関関係を示す。これらは直線関係を描き、相関係数は GDx-VCC ; 0.538, OCT ; 0.432 であった。

表 3 上下セクターでの GDx-VCC, OCT の相関の直線回帰による相関係数

	OCT superior RNFLT average	OCT inferior RNFLT average
GDx-VCC		
superior average	0.787*	
superior ratio	0.365*	
superior/nasal	0.396*	
superior maximum	0.695*	
normalized superior area	0.759*	
inferior average		0.593*
inferior ratio		0.277*
inferior maximum		0.492*
normalized inferior area		0.555*

\*有意(p<0.05)

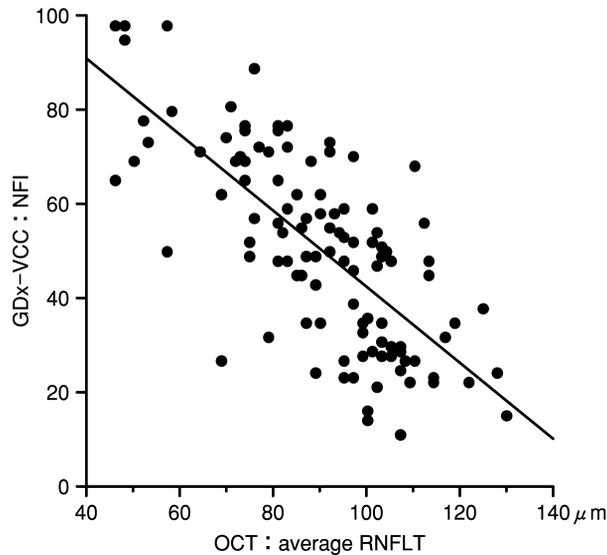


図 3 OCT の average RNFLT と GDx-VCC の NFI の相関を示す。これらは直線関係を描き、相関係数は 0.723 であった。

感度の低下につながることを示唆している。

これらの構造的パラメータと MD との相関係数は、対象となる眼数や特徴によって変化するので、本研究を他の報告と比較してもあまり意味をなさない。しかし、機種間での比較に関して、Lan ら<sup>18)</sup>は同一症例において MD と HRT もしくは GDx による RNFLT の相関を検討し、HRT よりも GDx の方がより高い相関を有したと述べている。我々の結果も同様であったが、3 機種を同一症例で検討した報告は過去にはなく、今回が初めてである。緑内障性視野障害に対し、OCT と GDx-VCC はほぼ同等の相関を有していたが、HRT はそれより若干劣る結果となった。しかしながら、いずれも有意な相関であり、特に HRT は rim area に注目する必要があると思われた。

GDx-VCC, OCT による RNFLT と最も相関する HRT のパラメータは、どのセクターにおいても、また全周エリアでも rim area であった。以前から Rim area は視野障害と高い相関をもつことが報告<sup>19)20)</sup>されている。我々が調べた限りでは、GDx などの共焦点走査型レーザー検眼鏡装置もしくは OCT で測定した RNFLT と HRT によるパラメータの相関に関する報告は 1 つだけであり、Sihota ら<sup>21)</sup>は 53 眼の原発開放隅角緑内障を対象として rim area と GDx による the number の相関係数が  $-0.279$  であったと報告している。また、Bowd ら<sup>22)</sup>が HRT の disc area と GDx-Nerve Fiber Analyzer もしくは OCT で測定した RNFLT との相関を示しているが、これは正常眼におけるものであり、緑内障の病態とは直接関係はない。猿実験緑内障では視神経内の神経線維数に対し、視神経乳頭の陥凹乳頭比が<sup>23)</sup>、また HRT で測定した rim area が高い相関を示す<sup>24)</sup>こ

とが報告されている。人眼では GDx の以前の機種である Nerve fiber analyzer による RNFLT が、HRT で測定したものではないが乳頭辺縁部面積と高い相関があったと報告<sup>25)</sup>されている。今回の研究では、RNFLT と rim area は直線相関関係を取り、緑内障では RNFLT の減少に応じて、視神経乳頭辺縁部も縮小することが証明された。これは上下のセクターでも同様の結果であった。虚血性や圧迫性など他の視神経症でも RNFLT が減少するが<sup>26)27)</sup>、視神経乳頭では陥凹の増大すなわち rim area の減少は著明ではなく、むしろ蒼白となる。病理学的にはこれらの視神経症では神経線維が消失した部位はグリア組織で補填されるが、緑内障ではその変化は弱いと考えられている。RNFLT の菲薄化、網膜神経節細胞の減少が生じているこれらの疾患が、何故、視神経乳頭では異なる形態変化をとるのかを探求するのに、こういった機器を用いた検討も有用かもしれない。また、緑内障と同様に正常眼においても RNFLT と rim area が相関関係をもつかどうかは興味深いところではある。

HRT における mean cup depth や maximum cup depth は、RNFLT および MD と相関を有しなかった。これらのパラメータは MD との相関はないとする報告<sup>18)28)</sup>が多く、さらに本研究により緑内障では RNFLT の減少程度は乳頭陥凹の深さの変化に相関しないことが証明された。しかし、cup shape measure は有意な相関を示した。このパラメータは、正常眼では負に傾き、緑内障で多くみられる深い急峻な陥凹乳頭では正に傾き、乳頭陥凹の三次元的な形態を表す指標とされている。したがって、緑内障では病期が進むにつれ、乳頭陥凹の拡大が深さには関係なく、三次元的形態変化を伴い進行するといえる。

HRT におけるパラメータの中で、MD あるいは他の 2 機種の RNFLT に対する相関係数を検討すると、RNFLT thickness は常に rim area よりも低かった。HRT で測定した RNFLT thickness は、設定された基準面からの眼底表面の高さの違いとして算出されるので、あくまで間接的な値である。したがって、RNFLT の定量には HRT よりも OCT ないしは GDx-VCC の方が優れていると考えられる。

GDx-VCC と OCT で測定した RNFLT は高い相関を示した。共焦点走査型レーザー検眼鏡装置では VCC の使用により OCT で測定した RNFLT との相関が上昇する<sup>29)</sup>。しかし、測定結果の変動や機種の精度に加え、前眼部の複屈折性や中間透光体の状態などの個々の症例による特性があり、我々の結果でも当然ながら相関係数は 1 とはならなかった。これには測定原理の違いにも留意する必要がある。両者とも RNFLT を測定するが、GDx の原理である走査ポラリメトリー法は神経線維による減衰現象を RNFLT に換算する。すなわち GDx は

神経線維そのものの厚みを算出するのであり、厳密には解剖学上のRNFLTを解析するのではない。これに対し、OCTは測定原理上、光干渉現象における一定の閾値を参考としてRNFLの下縁を決定することでRNFLTを算出する。したがって、OCTで測定したRNFLTは神経線維周囲のミュラー細胞の突起やマイクログリアなどを含んだ厚みであり、より解剖学的状態に近いと考えられる<sup>30)</sup>。しかし、設定された閾値が最適かどうか<sup>31)</sup>、あるいはその解析方法が適切かは別の検討を要する。両機種ともさらに精度が上昇すれば、緑内障の網膜内における形態変化をより精密に探求できると思われる。

現在のところ、日常の診療では、緑内障の微妙な進行を検眼鏡的に判定するのは困難であり、自覚的検査である視野検査でも早期に検出するのは難しい。緑内障管理において、画像解析機器が視野検査に優るかどうか、また、このような機器の精度あるいは信頼性を検討するには、プロスペクティブスタディが必要であり、そのためには長い年月を要する。本研究は、これらの機器を使用した構造的評価が緑内障の管理に有用であることを示唆している。

## 文 献

- 1) **Weinreb RN, Lusk M, Bartsch DU, Morsman D** : Effect of repetitive imaging on topographic measurements of the optic nerve head. *Arch Ophthalmol* 111 : 63663—63668, 1993.
- 2) **Wollstein G, Garway-Heath DF, Hitchings RA** : Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology* 105 : 1557—1563, 1998.
- 3) **Weinreb RN, Dreher AW, Coleman A, Quigley H, Shaw B, Reiter K** : Histopathologic validation of Fourier-ellipsometry measurements of retinal nerve fiber layer thickness. *Arch Ophthalmol* 108 : 557—560, 1990.
- 4) **Zhou Q, Weinreb RN** : Individualized compensation of anterior segment birefringence during scanning laser polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43 : 2221—2228, 2002.
- 5) 白柏基宏, 八百枝潔, 福島淳志, 船木繁雄, 船木治子, 大淵信隆, 他 : 緑内障におけるGDx VCCによる網膜神経線維層厚測定. *あたらしい眼科* 20 : 1163—1165, 2003.
- 6) **Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, Huang D, Schuman JS, Lin CP, et al** : Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol* 113 : 325—332, 1995.
- 7) **Zangwill LM, Bowd C, Berry CC, Blumenthal EZ, Vasile C, Sanchez-Galeana C, et al** : Discriminating between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg Retina Tomograph, GDx Nerve Fiber Analyzer, and Optical Coherence Tomograph. *Arch Ophthalmol* 119 : 985—993, 2001.
- 8) **Greaney MJ, Hoffman DC, Garway-Heath DF, Nakla M, Coleman AL, Caprioli J** : Comparison of optic nerve imaging methods to distinguish normal eyes from those with glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43 : 140—145, 2002.
- 9) **Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Weinreb RN** : Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and stratus OCT optical coherence tomograph for the detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 122 : 827—837, 2004.
- 10) **Wollstein G, Garway-Heath DF, Hitchings RA** : Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology* 105 : 1557—1563, 1998.
- 11) **Colen TP, Tang NE, Mulder PG, Lemij HG** : Sensitivity and specificity of new GDx parameters. *J Glaucoma* 13 : 28—33, 2004.
- 12) **Kanamori A, Nakamura M, Escano MF, Seya R, Maeda H, Negi A** : Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 135 : 513—520, 2003.
- 13) **Harwerth RS, Carter-Dawson L, Shen F, Smith EL 3rd, Crawford M** : Ganglion cell losses underlying visual field defects from experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 40 : 2242—2250, 1999.
- 14) **Garway-Heath DF, Caprioli J, Fitzke FW, Hitchings RA** : Scaling the hill of vision : the physiological relationship between light sensitivity and ganglion cell numbers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 41 : 1774—1782, 2000.
- 15) **Garway-Heath DF, Holder GE, Fitzke FW, Hitchings RA** : Relationship between electrophysiological, psychophysical, and anatomical measurements in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43 : 2213—2220, 2002.
- 16) **Schlottmann PG, De Cilla S, Greenfield DS, Caprioli J, Garway-Heath DF** : Relationship between visual field sensitivity and retinal nerve fiber layer thickness as measured by scanning laser polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 45 : 1823—1829, 2004.
- 17) **Reus NJ, Lemij HG** : The relationship between standard automated perimetry and GDx VCC measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 45 : 840—845, 2004.
- 18) **Lan YW, Henson DB, Kwartz AJ** : The correlation between optic nerve head topographic measurements, peripapillary nerve fibre layer thickness, and visual field indices in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 87 : 1135—1141, 2003.
- 19) **Airaksinen PJ, Drance SM, Douglas GR, Schulzer M** : Neuroretinal rim areas and visual field

- indices in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 99 : 107—110, 1985.
- 20) **Iester M, Mikelberg FS, Courtright P, Drance SM** : Correlation between the visual field indices and Heidelberg retina tomograph parameters. *J Glaucoma* 6 : 78—82, 1997.
  - 21) **Sihota R, Gulati V, Saxena R, Agarwal HC, Sharma AK** : Correlation between confocal scanning laser ophthalmoscopy and scanning laser polarimetry in open angle glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 13 : 266—275, 2003.
  - 22) **Bowd C, Zangwill LM, Blumenthal EZ, Vasile C, Boehm AG, Gokhale PA**, et al : Imaging of the optic disc and retinal nerve fiber layer : The effects of age, optic disc area, refractive error, and gender. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 19 : 197—207, 2002.
  - 23) **Varma R, Quigley HA, Pease ME** : Changes in optic disk characteristics and number of nerve fibers in experimental glaucoma. *Am J Ophthalmol* 114 : 554—559, 1992.
  - 24) **Yucel YH, Gupta N, Kalichman MW, Mizisin AP, Hare W, de Souza Lima M**, et al : Relationship of optic disc topography to optic nerve fiber number in glaucoma. *Arch Ophthalmol* 116 : 493—497, 1998.
  - 25) **Horn FK, Jonas JB, Martus P, Mardin CY, Budde WM** : Polarimetric measurement of retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma diagnosis. *J Glaucoma* 8 : 353—362, 1999.
  - 26) **Banks MC, Robe-Collignon NJ, Rizzo JF 3rd, Pasquale LR** : Scanning laser polarimetry of edematous and atrophic optic nerve heads. *Arch Ophthalmol* 121 : 484—490, 2003.
  - 27) **Kanamori A, Nakamura M, Matsui N, Azusa N, Nakanishi Y, Kusahara S**, et al : Optical coherence tomography detects characteristic retinal nerve fiber layer thickness corresponding to band atrophy of the optic discs. *Ophthalmology* in press.
  - 28) **Iester M, Mikelberg FS, Courtright P, Drance SM** : Correlation between the visual field indices and Heidelberg retina tomograph parameters. *J Glaucoma* 6 : 78—82, 1997.
  - 29) **Bagga H, Greenfield DS, Feuer W, Knighton RW** : Scanning laser polarimetry with variable corneal compensation and optical coherence tomography in normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 135 : 521—529, 2003.
  - 30) **Radius RL, Anderson DR** : The histology of retinal nerve fiber layer bundles and bundle defects. *Arch Ophthalmol* 97 : 948—950, 1979.
  - 31) **Furuichi M, Kashiwagi K, Tsukahara S** : Variance between program versions in measuring optic nerve fiber layer thickness using optical coherence tomography. *Ophthalmologica* 216 : 409—414, 2002.
-