

Neural capacity index および光感度閾値と視神経乳頭辺縁面積との関係

河野 吉喜, 遲 啓民, 富田 剛司, 山本 哲也

岐阜大学医学部眼科学教室

要 約

High-pass resolution perimetry (HRP) の neural capacity index (NCI) およびハンフリー視野計 (HFA) の光感度閾値と視神経乳頭辺縁面積との相関を乳頭辺縁の部位毎に比較検討した。対象は、正常眼圧緑内障 (NTG) 患者 27 例 40 眼である。辺縁面積は共焦点レーザー走査型検眼鏡を用い、耳側、上側、鼻側、下側の 4 象限に分割して計測した。各象限に対応する HRP の平均局所 NCI (MLNCI) および HFA の平均局所光感度閾値 (MLDLS) を算出し、辺縁面積との相関を検討した。全例では、NCI および mean deviation (MD) と辺縁面積との間にはともに相関を認めた (各々 $rs=0.422$, $p<0.01$:

$rs=0.360$, $p<0.05$)。早期群 19 眼では NCI と辺縁面積との間には相関を認めたが、進行群 21 眼では相関を認めなかった。上側辺縁面積と MLNCI との間、下側辺縁面積と MLNCI および MLDLS との間に相関を認めた。NTG、特に早期例で、NCI は HFA の視野指標よりも緑内障性視神経乳頭変化と関連することが示唆された。(日眼会誌 100 : 223-229, 1996)

キーワード：ハイパスリゾリューションペリメトリー、ハンフリー視野計、共焦点レーザー走査型検眼鏡、視神経乳頭辺縁面積、正常眼圧緑内障

“Neural Capacity” Index Correlates with Neuroretinal Rim Area of Glaucomatous Eyes better than Light Sensitivity

Yoshiki Kono, Qi-min Chi, Goji Tomita
and Tetsuya Yamamoto

Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine

Abstract

We compared the relationship between the neuroretinal rim area and the neural capacity (NC) index of high-pass resolution perimetry (HRP) and the differential light sensitivity (DLS) of a Humphrey Field Analyzer (HFA). Subjects were 40 eyes of 27 normal-tension glaucoma (NTG) patients. The total rim area and the area of its temporal, superior, nasal, and inferior quadrants were determined with a confocal laser tomographic scanner. Mean local NC (MLNC) was calculated using the resolution thresholds corresponding to the quadrant. Mean local DLS (MLDLS) was calculated using the data of program 30-2 of HFA. In a total of 40 eyes, NC and mean deviation were significantly correlated with the total rim area ($rs=0.422$, $p<0.01$: $rs=0.360$, $p<0.05$, respectively). NC was also significantly cor-

related with the total rim area in 19 eyes with early visual field changes, but not in 21 eyes with advanced changes. MLNC was significantly correlated with the superior and inferior rim areas, and MLDLS was significantly correlated with the inferior rim area. These results indicate that indices of HRP may relate to glaucomatous optic disc changes better than those of HFA in NTG, especially in patients with early visual field defects. (J Jpn Ophthalmol Soc 100 : 223-229, 1996)

Key words : High-pass resolution perimetry, Humphrey Field Analyzer, Confocal laser tomographic scanner, Neuroretinal rim area, Normal-tension glaucoma

I 緒 言

近年、Frisén により開発された high-pass resolution

perimetry (以下、HRP) は、周辺視野の解像閾値を求めることが可能な新しい検査法である^{1)~4)}。解像閾値は、対応する網膜部位の機能している神経節細胞および神経線維

別刷請求先：500 岐阜県岐阜市司町 40 岐阜大学医学部眼科学教室 河野 吉喜
(平成7年10月24日受付、平成7年10月30日改訂受理)

Reprint requests to: Yoshiki Kono, M.D. Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine.
40 Tsukasa-machi, Gifu-shi, Gifu-ken 500, Japan

(Received October 24, 1995 and accepted in revised form October 30, 1995)

の数に相関することが知られているので、HRP のデータから網膜の神経節細胞および神経線維の機能状態を neural capacity index (以下、NCI) と呼ばれる指標として算出することが可能である²⁾³⁾。さらに、従来から用いられている光感度閾値視野計に比較して、検査の変動性は低く⁵⁾、検査時間が短い(通常 5~6 分)という特徴がある。

一方、視神経乳頭形態の評価は、緑内障の診断および経過観察において非常に重要である。視神経乳頭の立体構造を明らかにするためのいくつかの計測機器が開発され、臨床研究に応用されている^{6)~9)}。近年、共焦点レーザー走査型検眼鏡(confocal laser tomographic scanner: 以下、CLTS)が視神経乳頭の形態学的解析のための機器として開発された^{10)~13)}。CLTS は、無散瞳、短期間で計測が可能であり、再現性は良好であると報告¹²⁾¹³⁾されている。

CLTS により計測された視神経乳頭パラメーターと HRP との関連に関する報告はなされていない。視神経乳頭辺縁面積(以下、辺縁面積)は網膜神経線維層の厚さと相関¹⁴⁾、神経線維を形態学的観点からみた指標であると考えられ、また、NCI は神経線維を機能的観点からみた指標であるので理論的には相関する可能性が高い。

今回、我々は HRP と光感度閾値視野計の緑内障性視神経変化との関連を比較する目的のために、HRP の NCI および光感度閾値視野計の光感度閾値と CLTS により計測された辺縁面積との相関を視神経乳頭辺縁の部位毎に比較したので報告する。

II 対象と方法

1. 被検対象

対象は、岐阜大学医学部附属病院眼科において経過観察中の Aulhorn の視野分類(Greve 変法)¹⁵⁾ I 期以上の正常眼圧緑内障(以下、NTG)患者 27 例 40 眼であり、矯正視力 0.5 以上、屈折 ± 6 D 以内の症例であり、無作為に選択した。当科における NTG の診断基準を以下に示す。すなわち、① 日内変動を含む 2 回以上の測定で、眼圧が 21 mmHg 以下である、② 緑内障性視野欠損を認める、③ 緑内障性視神経障害を認める、④ 眼圧に影響を及ぼすおそれのある全身的、局所的疾患あるいは薬剤使用の既往がない、⑤ 他に視野異常を来し得る全身のあるいは眼疾患がない、⑥ 正常開放隅角である。

患者の内訳は、男性 7 例、女性 20 例で、年齢は 30~76 歳までであり、平均年齢 \pm 標準偏差は 58.3 ± 11.9 歳であった。また、視野病期の違いによる各パラメーターの相関関係を調べるために、対象の 40 眼を Aulhorn の視野分類(Greve 変法)¹⁵⁾に従い、II 期以前の 19 眼(早期群)と、III 期以後の 21 眼(進行群)の 2 群に分類し検討した。

2. 視野計測方法

解像閾値の測定には、Frisén の開発したオフティムス

システム version 2.50(スウェーデン、ハイテクビジョン社)を用いた。この視野計では、コンピューター制御下のテレビモニター上の 20 cd/m²の明るさである背景画面の中に暗い境界(15 cd/m²)で囲まれた明るい中心部分(25 cd/m²)により構成されたリング状の指標が、中心 30 度の範囲の 50 か所に異なった大きさで出現し、各々の部位の解像閾値を求める。視標のコントラストは 25% である。このシステムの指標である NCI は、機能している網膜神経節細胞および神経線維数の正常者平均に対する割合を表す。測定の信頼度は、good, dubious または poor の 3 段階で表示され、本研究では信頼度 good のみの結果を採用した。

光感度閾値は、Humphrey Field Analyzer 630 自動視野計のプログラム中心 30-2 を用いて測定した。信頼度は高い結果のみ、すなわち、false positive, false negative, fixation loss がすべて 20% 未満のもののみを採用した。また、HRP と HFA は 2 週間以内に施行した。

3. 視神経乳頭の画像解析方法

視神経乳頭の立体構造は共焦点レーザー走査型検眼鏡である Heidelberg Retina Tomograph(ドイツ、ハイデルベルグエンジニアリング社)を用いて解析した^{10)~13)}。この装置は、眼底の共焦点平面をレーザー光線が走査し、各焦点平面の各々のピクセルの部位から反射された光線は、共焦点光学検出ユニットを経由してコンピューターに記録される。共焦点平面は、視神経乳頭の前方形から陥凹底部の後方までの間をあらかじめ設定された間隔で移動し、等間隔の 32 枚の断層画像が得られる。これらを三次元的に再構築し、視神経乳頭の立体構造を決定する。観察者がモニター上に表示された視神経乳頭の画像上に乳頭縁の輪郭線をフリーハンドで描いて境界を決定すると、視神経乳頭の計測結果が自動的に表示される。解析ソフトウェアは version 1.09 を用いた。本研究では、緑内障性乳頭異常所見として辺縁面積、すなわち、乳頭面積と陥凹面積の差を指標とし、全辺縁面積、さらに、耳側、上側、鼻側、下側に分割して計測した。乳頭面積は輪郭線により囲まれた面積である。陥凹面積は、輪郭線の平均高さにある乳頭の中心から輪郭線の各部を結んだ直線により構成される曲面の範囲内で、陥凹がこの面から下にある部分の面積として自動的に決定される¹⁰⁾¹⁶⁾。

CLTS による視神経乳頭計測は、一検査に際して 3 回施行し、これらの平均値を用い、両視野検査のいずれかとは 1 か月以内に施行した。

4. HRP と光感度閾値視野計の視野指標と辺縁面積との比較方法

CLTS により計測された辺縁面積と HRP の NCI および HFA の mean deviation(以下、MD)との Spearman の順位相関係数を求めた。さらに、耳側、上側、鼻側、下側に分割した辺縁面積と、これらの部位に対応する HRP の平均局所 NCI(mean local neural capacity

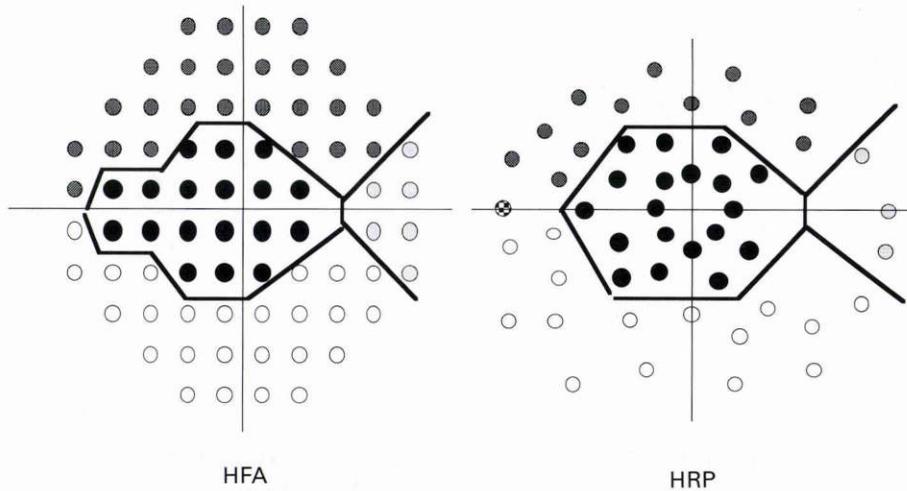


図1 各辺縁面積(耳側,鼻側,下側,上側)に対応する HRP と HFA の視野検査部位の分割方法.
 HRP: high-pass resolution perimetry, HFA: Humphrey Field Analyzer.
 ●: 耳側, ○: 鼻側, ●●: 下側, ○●: 上側

index: 以下, MLNCI) およびの平均局所光感度閾値 (mean local differential light sensitivity: 以下, MLDLS) を算出した. 視神経乳頭部位と視野検査部位との対応は Wirtschafter ら¹⁷⁾の方法に従った(図1). NCI は基本的には全検査部位における最小解像角度の逆数の総計を年齢補正した健常人平均に対する割合として計算される. このことを利用し, 局所 NCI (以下, LNCSI) は, 以下の公式を用いて算出した. 実際の計算には, IBM コンピューター用プログラム LOCALNC version 2.5 を用いた.

$$LNCSI = \frac{NCI \times (1/MAR_i)}{\sum_{j=1}^{50} (1/MAR_j)}$$

公式中の LNCSI は, 検査部位 i における局所 NCI を示す. MARj は検査部位 j における最小解像角度を示す. NCI は, 各症例における neural capacity index である. MLNCI と MLDLS は以下の公式を用いて算出した. 公式中の DLSj は検査部位 j における光感度閾値を示し, m は各辺縁面積に対応する視野を構成する検査部位の数である.

$$MLNCI = \left(\sum_{j=1}^m LNCSI_j \right) / m (\%)$$

$$MLDLS = \left(\sum_{j=1}^m DLS_j \right) / m (dB)$$

耳側, 上側, 鼻側, 下側に分割した辺縁面積と, これらの部位に対応する MLNCI および MLDLS との Spearman の順位相関係数を部位毎に算出した.

上側と下側辺縁面積の比較, 上側と下側辺縁面積に対応する視野のそれぞれの MLNCI の比較およびそれぞれの MLDLS の比較を Wilcoxon の符号付順位検定で行った.

表1 NCI および MD と全辺縁面積との Spearman の順位相関係数

	全例	早期群	進行群
眼数	40	19	21
NCI	0.422**	0.481*	0.142
MD	0.360*	0.421	0.240

NCI: neural capacity index, MD: mean deviation
 **: p<0.01 * : p<0.05

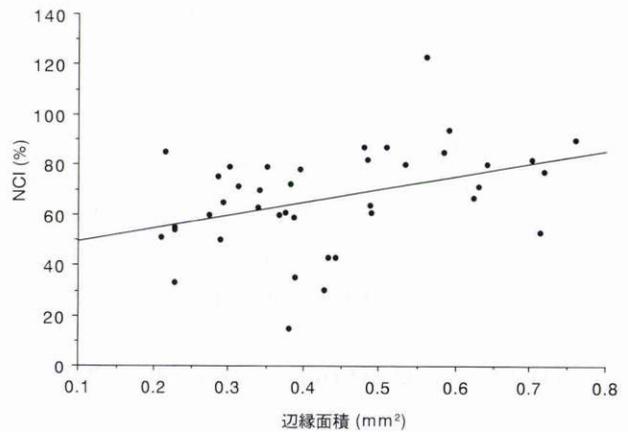


図2 全対象眼における NCI と辺縁面積との関係.
 NCI: neural capacity index

III 結果

1. NCI および MD と辺縁面積との関係(表1)

全対象眼 40 眼における NCI と辺縁面積との間の関係を検討すると, Spearman の順位相関係数 rs=0.422 であり, 統計的に有意な相関関係を認めた (p<0.01) (図2). MD と辺縁面積の間にも rs=0.360 であり, 統計的に有意な相関関係を認めた (p<0.05) (図3).

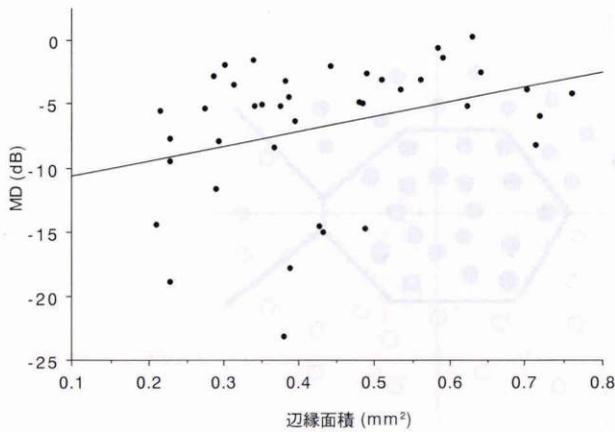


図3 全対象眼におけるMDと辺縁面積との関係。
MD: mean deviation

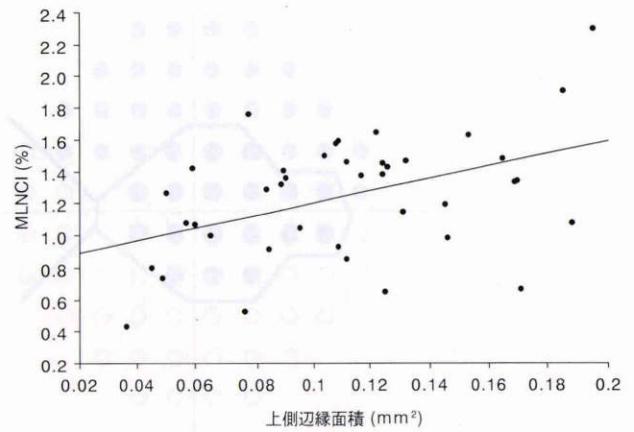


図4 全対象眼における平均局所NCIと上側辺縁面積との関係。

表2 平均局所NCI (MLNCI) および平均局所光感度閾値 (MLDLS) と対応する辺縁面積とのSpearmanの順位相関係数

		全例	早期群	進行群
眼数		40	19	21
上側	MLNCI	0.363*	0.518*	0.194
	MLDLS	0.224	0.176	0.211
下側	MLNCI	0.632**	0.754**	0.455*
	MLDLS	0.616**	0.530*	0.616**
耳側	MLNCI	0.060	-0.116	0.252
	MLDLS	0.111	-0.215	0.346
鼻側	MLNCI	0.056	0.094	0.136
	MLDLS	0.219	0.256	0.238

** : p<0.01 * : p<0.05

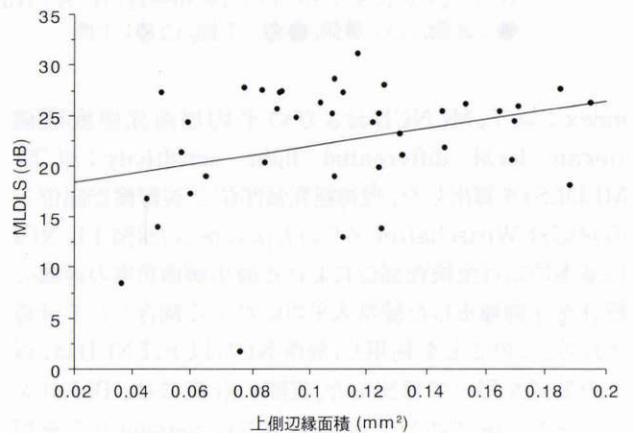


図5 全対象眼における平均局所光感度閾値と上側辺縁面積との関係。

早期群の19眼におけるNCIと辺縁面積との間の関係を検討するとrs=0.481であり、統計学的に有意な相関関係を認められた(p<0.05), MDと辺縁面積との間にはrs=0.421であり、相関関係を認めなかった。進行群の21眼における検討では、NCIおよびMDと辺縁面積との間にはともに相関関係を認めなかった。

2. MLNCIおよびMLDLSと辺縁面積との関係(表2)

分割した辺縁面積と対応する視野との関係を検討した。全対象眼における上側辺縁面積とMLNCIの間にはrs=0.363であり、統計学的に有意な相関関係を認められた(p<0.05)(図4), MLDLSとの間にはrs=0.224であり、相関関係を認めなかった(図5)。早期群における上側辺縁面積とMLNCIの間にはrs=0.518であり、統計学的に有意な相関関係を認められた(p<0.05), MLDLSの間にはrs=0.176であり、相関関係を認めなかった。進行群においてはともに相関関係を認めなかった。

全対象眼における下側辺縁面積とMLNCIの間にはrs=0.632であり、統計学的に有意な相関関係を認め

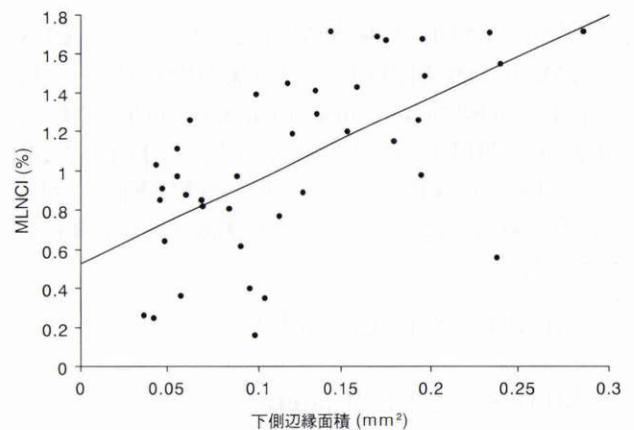


図6 全対象眼における平均局所NCIと下側辺縁面積との関係。

た(p<0.01)(図6)。下側辺縁面積とMLDLSの間にはrs=0.616であり、統計学的に有意な相関関係を認められた(p<0.01)(図7)。早期群における下側辺縁面積とMLNCIの間にはrs=0.754であり、統計学的に有意な相関関係を認め(p<0.01), MLDLSの間にはrs=

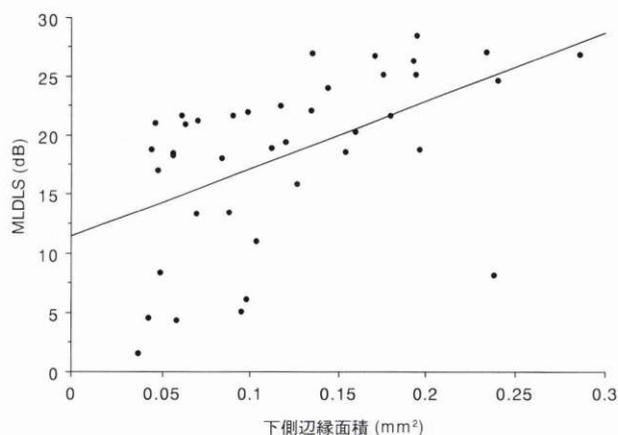


図7 全対象眼における平均局所光感度閾値と下側辺縁面積との関係。

0.530 であり、統計学的に有意な相関関係を認めた ($p < 0.05$)。進行群においても、下側辺縁面積と MLNCI との間には $rs = 0.455$ であり、統計学的に有意な相関関係を認め ($p < 0.05$)、MLDLS との間には $rs = 0.616$ であり、統計学的に有意な相関関係を認めた ($p < 0.01$)。

耳側および鼻側辺縁面積と MLNCI および MLDLS との間には、全対象眼、早期群、進行群において、すべて相関関係を認めなかった。

全対象眼における上側辺縁面積および下側辺縁面積の平均測定値±標準偏差は、それぞれ $0.111 \pm 0.043 \text{ mm}^2$ および $0.121 \pm 0.066 \text{ mm}^2$ であり、Wilcoxon の符号付順位検定で有意差を認めなかった。全対象眼における上側辺縁面積および下側辺縁面積に対応する視野の MLNCI の平均測定値±標準偏差は、それぞれ $1.24 \pm 0.38\%$ および $1.04 \pm 0.46\%$ であり、Wilcoxon の符号付順位検定で有意差を認めた ($p < 0.01$)。また、これらに対応する視野の MLDLS の平均測定値±標準偏差は、それぞれ $22.5 \pm 6.0 \text{ dB}$ および $18.4 \pm 7.3 \text{ dB}$ であり、Wilcoxon の符号付順位検定で有意差を認めた ($p < 0.01$)。

IV 考 按

網膜各部位の最小解像角度、すなわち解像閾値は当該部位における網膜神経節細胞間隔と正比例することが知られている²³⁾。このことを利用し、HRP は視野各部位における解像閾値を測定し、視野全体における神経節細胞および神経線維の機能状態を予測するために考案された方法である。光感度閾値視野計が網膜の解剖学的構造と関連がないことに対し、HRP はこれと直接の関連がある²³⁾。

本研究では、緑内障を対象として、HRP の視野指標および光感度閾値視野計の視野指標と CLTS により計測した辺縁面積との相関を比較した。辺縁面積は神経線維を形態学的観点からみた指標であり、NCI は神経線維を機能的観点からみた指標であるので、理論的には相関

する可能性が高いと考えられる。事実、本研究の成績では辺縁面積と NCI および MD との間にはともに相関関係を認めたが、NCI との相関の方が MD との相関よりも強いことが示された。早期群では NCI と辺縁面積の間には相関を認めたが、進行群では相関を認めなかった。さらに、本研究では辺縁面積を耳側、上側、鼻側、下側の 4 象限に分割し、各象限に対応する HRP の MLNCI および MLDLS との関連を検討した。上側辺縁面積は MLNCI との間に相関関係を認め、下側辺縁面積は MLNCI および MLDLS との間に相関関係を認めた。早期緑内障では、水平線の上下のいずれかに視野障害が生ずることがほとんどであるため、上側および下側辺縁面積とこれらに対応する視野パラメーターとの関連を比較する場合、上下の異常の程度を検討する必要がある。全対象眼で上側辺縁面積に対応する視野、すなわち下方の視野の MLNCI および MLDLS は、ともに下側辺縁面積に対応する視野、すなわち上方の視野のそれらより有意に高値を示したが、上側辺縁面積と下側辺縁面積には有意差を認めず、辺縁面積および対応する視野パラメーターがいずれか一方のみにも有意差を認めただけではない。したがって、上側および下側辺縁面積とこれらに対応する視野パラメーターとの相関の程度は比較し得るものである。本研究では上側辺縁面積よりも下側辺縁面積の方が対応する視野パラメーターとより強く相関することが示されたが、その理由は明らかではない。耳側および鼻側辺縁面積は、MLNCI および MLDLS との間にも相関関係を認めなかった。耳側辺縁面積と MLNCI および MLDLS との間に相関が認められなかった理由は、耳側辺縁面積は他の辺縁面積より小さく、視神経乳頭の境界が観察者により決定されるため、辺縁面積に対する誤差の割合が大きくなるためであると推察された。鼻側辺縁面積において相関が認められなかった理由は、この部位に対応する視野の検査部位が少なく、視野評価の信頼性が他の部位より低いためであると推察された。以上から、NCI および MLNCI はそれぞれ MD および MLDLS よりも緑内障性視神経乳頭異常と関連し、早期群において関連が強いことが示唆された。HRP と視神経乳頭異常所見との関連について、Airaksinen ら¹⁸⁾は、functional channels(以下 FC, version 2.42 以後での NCI を示す)は半定量的に求めた網膜神経線維層スコアおよびプラニメトリーにより計測された辺縁面積と有意に相関したと報告し、Tomita ら¹⁹⁾は早期緑内障で FC は Rodenstock Optic Nerve Head Analyzer により計測された辺縁面積と有意に相関したと報告している。しかしながら、これら二つの研究では辺縁面積の部位と対応する視野部位に関する検討はなされていない。本研究は、CLTS により計測された視神経乳頭パラメーターと HRP との関連に関する最初の報告であるが、他の計測方法を用いた Airaksinen ら¹⁸⁾および Tomita ら¹⁹⁾の結果を支持して

いる。

HRPと光感度閾値視野計との比較に関しては多くの報告^{20)~26)}があり、概ね両視野計の結果は相関することが報告されている。著者ら²⁶⁾は緑内障眼においてHRPと光感度閾値視野計の結果を比較し、HRPのFCおよびglobal deviationは、ハンフリー視野計のMDと相関し、さらに、この相関関係は、進行例では強く、早期例では弱いことを示した。早期例における両視野計の不一致性は、両視野計の理論上の相違によると考えられるが、HRPと光感度閾値視野計の相違は、視野欠損が比較的大きくない症例において、顕在化することが明らかになった。この所見は早期緑内障で視神経乳頭変化との関連において両視野計の差異が生ずるという本研究の結果を支持するものである。

稿を終えるにあたり、御指導および御校閲を賜りました岐阜大学医学部眼科学教室北澤克明教授に深謝いたします。また、我々の希望により、HRPの解析プログラムLOCALNC version 2.5を作製して下さいましたDr. Lars Frisén(Department of Ophthalmology, Göteborg University, Sweden)に感謝いたします。

本論文の要旨は、第4回日本緑内障学会(東京, 1993)において発表した。

文 献

- 1) **Frisén L**: High-pass resolution targets in peripheral vision. *Ophthalmology* 94: 1104-1108, 1987.
- 2) **Frisén L**: Acuity perimetry: Estimation of neural channels. *Int Ophthalmol* 12: 169-174, 1988.
- 3) **Frisén L**: High-pass resolution perimetry. Recent developments. In: Heijl A (Ed): *Perimetry Update 1988/89*. Kugler & Ghedini Publication, Amsterdam, 369-375, 1989.
- 4) **Frisén L**: A computer-graphic visual field screener using high-pass spatial frequency resolution targets and multiple feedback devices. *Docum Ophthalmol Proc Ser* 49: 441-446, 1987.
- 5) **Douglas GR, Drance SM, Mikelberg FS, Wijsman K**: Variability of the Frisen ring perimeter. In: Heijl A (Ed): *Perimetry Update 1988/89*. Kugler & Ghedini Publication, Amsterdam, 197-198, 1989.
- 6) **Takamoto T, Schwartz B**: Reproducibility of photogrammetric optic disc cup measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 26: 814-817, 1985.
- 7) **Caprioli J, Klingbeil U, Sears M, Pope B**: Reproducibility of optic disc measurements with computerized analysis of stereoscopic video images. *Arch Ophthalmol* 104: 1035-1039, 1986.
- 8) 富田剛司, 後藤靖彦, 山田 俊, 北澤克明: 立体ビデオ画像解析装置による視神経乳頭の定量的解析とその信頼性について. *日眼会誌* 90: 1317-1321, 1986.
- 9) **Varma R, Steinmann WC, Spaeth GI, Wilson RP**: Variability in digital analysis of optic disc topography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 226: 435-442, 1988.
- 10) **Burk ROW, Rohrschneider K, Völcker HE, Zinser G**: Analysis of three-dimensional optic disk topography by laser scanning tomography. Parameter definition and evaluation of parameter interdependence. In: Naseman JE, et al (Eds): *Scanning laser ophthalmoscopy and tomography*. Quintessenz, München, 161-176, 1990.
- 11) **Burk ROW, Rohrschneider K, Noack H, Völcker 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: 552-560, 1992.
- 12) **Dreher AW, Tso PC, Weinreb RN**: Reproducibility of topographic measurements of the normal and glaucomatous optic nerve head with the laser tomographic scanner. *Am J Ophthalmol* 111: 221-229, 1991.
- 13) 本部千博, 富田剛司, 松原恵子, 岡部いつみ, 北澤克明: レーザー走査眼底観察装置 Heidelberg Retina Tomograph による視神経乳頭測定とその再現性. *あたらしい眼科* 11: 293-296, 1994.
- 14) **Airaksinen PJ, Drance SM**: Neuroretinal rim area and retinal nerve fiber layer in glaucoma. *Arch Ophthalmol* 103: 203-204, 1985.
- 15) **Greve EL, Langerhorst CT, van den Berg TTJP**: Perimetry and other visual function tests in glaucoma. In: Cairns JE (Ed): *Glaucoma Vol 1*. Grune & Stratton, London, 37-77, 1986.
- 16) Heidelberg Retina Tomograph Operation Software Release 1.09: Heidelberg Engineering GmbH, Germany, Heidelberg, 1993.
- 17) **Wirtschaftler JD, Becker WL, Howe JB, Younge BR**: Glaucoma visual field analysis by computed profile of nerve fiber function in optic disc sectors. *Ophthalmology* 89: 255-267, 1982.
- 18) **Airaksinen PJ, Tuulonen A, Välimäki J, Alanko HI**: Retinal nerve fiber layer abnormalities and high-pass resolution perimetry. *Acta Ophthalmol* 68: 687-689, 1990.
- 19) **Tomita G, Maeda M, Sogano S, Kitazawa Y**: An analysis of the relationship between high-pass resolution perimetry and neuroretinal rim area in normal-tension glaucoma. *Acta Ophthalmol* 71: 196-200, 1993.
- 20) **Wanger P, Persson HE**: Pattern-reversal electroretinograms and high-pass resolution perimetry in suspected or early glaucoma. *Ophthalmology* 94: 1098-1103, 1987.
- 21) **Dannheim F, Abramo F, Verlohr D**: Comparison of automated conventional and spatial resolution perimetry in glaucoma. In: Heijl A (Ed): *Perimetry Update 1988/89*. Kugler & Ghedini Publication, Amsterdam, 383-392, 1989.
- 22) **Sample PA, Ahn DS, Lee PC, Weinreb RN**: High-pass resolution perimetry in eyes with ocular hypertension and primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 113: 309-316, 1992.

- 23) **Lindblom B, Hoyt WF**: High-pass resolution perimetry in neuro-ophthalmology. Clinical impressions. *Ophthalmology* 99: 700-705, 1992.
 - 24) **Wall M, Conway MD, House PH, Alleley R**: Evaluation of sensitivity and specificity of spatial resolution and Humphrey automated perimetry in pseudotumor cerebri patients and normal subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 32: 3306-3312, 1991.
 - 25) **Bynke H**: Evaluation of high-pass resolution perimetry in neuro-ophthalmology. In: Mills RP, et al (Eds): *Perimetry Update 1990/91*. Kugler & Ghedini Publication, Amsterdam, 143-149, 1991.
 - 26) **河野吉喜, 前田美保子, 山本哲也, 北澤克明**: 緑内障における high-pass resolution perimetry と differential light sensitivity perimetry の検査結果の比較. *日眼会誌* 97: 644-648, 1993.
-