

開放隅角緑内障の耳側乳頭周囲網脈絡膜萎縮の立体計測

吉川 啓司¹⁾, 若松 裕子²⁾, 石橋 康久²⁾¹⁾吉川眼科クリニック, ²⁾東京女子医科大学第二病院眼科

要 約

目的: 初期開放隅角緑内障(緑内障)と耳側の乳頭周囲網脈絡膜萎縮(peripapillary atrophy, PPA)の関連を検討した。

対象と方法: 耳側 PPA (PPA) をみた緑内障 46 例 46 眼と PPA をみた明らかな眼疾患のなかった対照 38 例 38 眼に Heidelberg retina tomograph (HRT) を用いて PPA および視神経乳頭(乳頭)を計測した。

結果: PPA 面積[対照 0.55 ± 0.33 (平均値±標準偏差) mm^2 , 緑内障 $0.78 \pm 0.46 \text{ mm}^2$, $p < 0.02$], PPA 容積(対照 $0.02 \pm 0.02 \text{ mm}^3$, 緑内障 $0.04 \pm 0.04 \text{ mm}^3$, $p < 0.001$)は緑内障で対照より有意に高値をとった。乳頭陥凹形態を HRT から描出し, 陥凹壁の傾斜の対称性から

対称型と非対称型に分けた。緑内障の cup area, cup volume は対称型で非対称型より有意に ($p < 0.001$) 高値を, rim volume は有意に ($p < 0.001$) 低値をとった。PPA の面積・容積は非対称型で対称型より有意に高値をとった(面積 $p < 0.001$, 容積 $p < 0.001$)。

結論: 耳側 PPA は緑内障の病態に関連し, これには陥凹形態の影響もあることが推定された。(日眼会誌 103: 538—543, 1999)

キーワード: 耳側乳頭周囲網脈絡膜萎縮, 初期開放隅角緑内障, 立体計測, 視神経乳頭陥凹形態

Stereometry of Temporal Peripapillary Atrophy in Early-Stage Open-Angle Glaucoma

Keiji Yoshikawa¹⁾, Yuko Wakamatsu²⁾ and Yasuhisa Ishibashi²⁾¹⁾Yoshikawa Eye Clinic, ²⁾Department of Ophthalmology, Daini Hospital, Tokyo Women's Medical University

Abstract

Purpose: To study the significance of temporal peripapillary atrophy in the pathogenesis of open-angle glaucoma in its early stage.

Cases and Method: Stereometry of temporal peripapillary atrophy was performed in 46 eyes of 46 patients with early-stage open-angle glaucoma and in 38 eyes of 38 healthy persons using a Heidelberg Retina Tomograph.

Results: The area of peripapillary atrophy averaged $0.78 \pm 0.46 \text{ mm}^2$ in glaucoma eyes and $0.55 \pm 0.33 \text{ mm}^2$ in controls. The difference was significant ($p < 0.002$). Its volume averaged $0.04 \pm 0.04 \text{ mm}^3$ in glaucoma eyes and $0.02 \pm 0.02 \text{ mm}^3$ in controls. The difference was significant ($p < 0.001$). Both the area and volume of disc cupping were significantly greater in glaucoma eyes than in controls ($p < 0.001$). The vol-

ume of rim of the disc was significantly smaller in eyes with symmetrical cupping than asymmetrical one ($p < 0.001$). Both the area and volume of peripapillary atrophy were significantly greater in eyes with asymmetrical cupping than symmetrical one ($p < 0.001$ each).

Conclusion: The presence, shape and size of temporal peripapillary atrophy are closely associated with the pathogenesis of open-angle glaucoma in its early stage. (J Jpn Ophthalmol Soc 103: 538—543, 1999)

Key words: Temporal peripapillary atrophy, Early stage open angle-glaucoma, Stereometric measurement, Optic disc cup shape

I 緒 言

緑内障の初期には視野異常に先行して視神経乳頭(乳

頭)障害が出現する¹⁾. その典型的変化として, 乳頭陥凹(陥凹)の拡大などが挙げられる²⁾. 乳頭は立体構造を有するため, その障害の詳細な評価には立体観察が必要と

別刷請求先: 194-0021 町田市中町 1-3-1 小田桐ビル 2 階 吉川眼科クリニック 吉川 啓司

(平成 10 年 1 月 14 日受付, 平成 11 年 2 月 6 日改訂受理)

Reprint requests to: Keiji Yoshikawa, M.D. Yoshikawa Eye Clinic, 2 nd. Fl. Odagiri Bdg. 1-3-1 Nakamachi Machida 194-0021, Japan

(Received January 14, 1998 and accepted in revised form February 6, 1999)

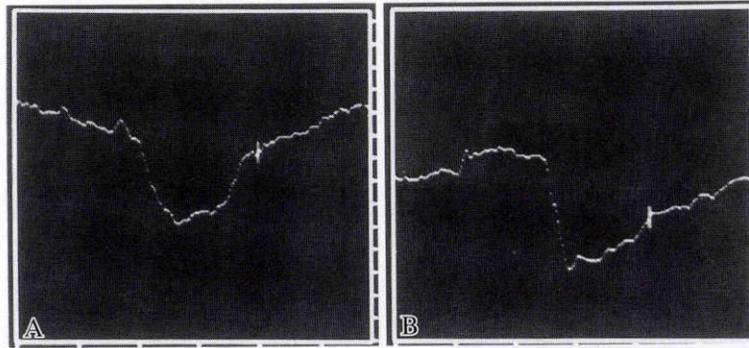


図 1 陥凹形態の分類：非対称型陥凹と対称型陥凹。

A: TH. 38 歳男性, 原発開放隅角緑内障, B: HK. 52 歳女性, 正常眼圧緑内障. Heidelberg retina tomograph の horizontal section 画面を用いて, 陥凹形態を 2 型に分けた. 対称型乳頭陥凹(A)では耳側・鼻側の陥凹壁がほぼ対称性を有する. 鼻側壁が切り立ち, 一方, 耳側壁がスロープ状の場合 (sloping rim) は非対称型陥凹(B)とした.

なる³⁾. 最近では, 乳頭解析装置を用いた乳頭各部位の計測が行われるようになり, 緑内障の初期乳頭障害の定量的な評価が可能となった⁴⁾.

乳頭周囲網脈絡膜萎縮 (peripapillary atrophy, PPA) も緑内障の初期障害の一つとしてとらえられている⁵⁾⁶⁾. PPA は病理学的には網膜色素上皮 (色素上皮) の変性や萎縮, あるいは消失により特徴づけられ⁷⁾, 緑内障ではその範囲の拡大が報告^{8)~10)}されている. 一方, PPA の変化は網膜の高さには影響しない¹¹⁾とされていたが, 隣接する視細胞の減少による高さの減少があることが報告¹²⁾された.

さて, 乳頭耳側の PPA (耳側 PPA) は耳側以外にみられる PPA とは異なった性状を示す¹³⁾. すなわち, 耳側 PPA は正常眼でもみられるが, 一方, 近視様乳頭に多く伴い¹⁴⁾, 緑内障との関係が報告⁵⁾¹⁵⁾¹⁶⁾されている. 近視様乳頭は傾斜乳頭と非傾斜乳頭に大別されるが, 最近の乳頭立体計測の技術を用いると陥凹形態を直接的に観察できるため, それぞれを非対称型陥凹乳頭と対称型陥凹乳頭に分類できる¹⁷⁾. このうち, 特に, 非対称型陥凹乳頭では陥凹から辺縁部への移行がスロープ状のため¹⁴⁾¹⁷⁾, その形態から陥凹と辺縁部を明らかに区別し得えない. さらに, 辺縁部と耳側 PPA の境界も不鮮明であり¹⁷⁾¹⁸⁾, 緑内障ではその視野障害と関連する辺縁部の形状に陥凹の拡大だけでなく, 耳側 PPA の性状も影響することが考えられる.

そこで, 今回, 初期開放隅角緑内障にみられた耳側 PPA に注目し, 乳頭解析装置の一つである Heidelberg retina tomograph (HRT, Heidelberg Engineering, ドイツ)⁴⁾を用いて, その計測を試み, さらに, 乳頭陥凹形態を対称型と非対称型に分けて, 耳側 PPA と緑内障の病態との関連を検討したので報告する.

II 対象および方法

1996 年 6~12 月の間に受診し, 耳側に PPA をみた開

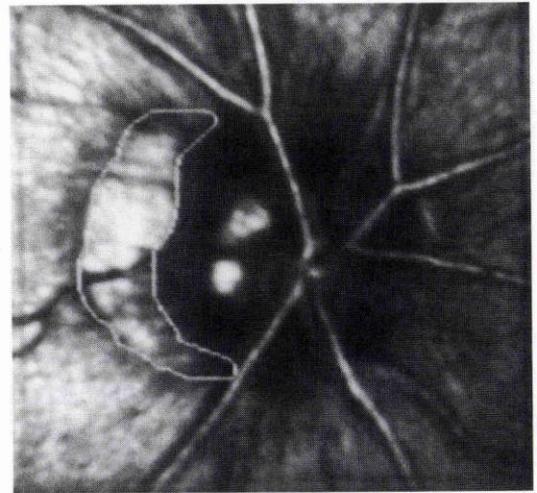


図 2 耳側 PPA の範囲の設定.

KM. 52 歳女性, 正常眼圧緑内障. 耳側乳頭周囲網脈絡膜萎縮 (PPA) の領域はマウスを用いて設定した. 本症例では耳側 PPA 面積は 0.57 mm^2 であった.

放隅角緑内障 (緑内障) について, HRT とその解析ソフトウェア version 2.01 を用いて乳頭および PPA を測定した. ここで, 緑内障とは乳頭および視野に緑内障性障害があり, さらに, 視野障害の程度は Octopus 101 とその program No. 32 (Interzieg, スイス) に固視点の感度測定を加えたカスタム・プログラムにより算出された mean defect (MD) 値が 2 dB を超え, しかも, 5 dB 以下であった症例 (平均 $2.4 \pm 1.3 \text{ dB}$, range 2.2~5.0 dB) に限った. また, 矯正視力が 0.7 以上, 軽度の白内障, 網膜血管硬化症以外に明らかな眼疾患がなく, 緑内障と同様に耳側 PPA がみられた対照についても HRT による計測を行った. 緑内障, 対照ともに等価球度数が -7.0 diopter (D) を超える場合は検査の対象から除外した. 各対象には検査の内容を説明した上で, 同意を得た後に測定を行った.

HRT の計測は既報¹⁹⁾のごとく, 同一検査者が散瞳下で同一日以内に各対象につき 3 回ずつ行い, その平均値を算

表 1 対 象

	N	年齢(歳)	屈折(D)	
対照	38	51.4 ± 15.0	-1.0 ± 2.7	p < 0.01
対称型	18	54.6 ± 15.7	0.3 ± 2.4	
非対称型	20	48.6 ± 14.0	-2.1 ± 2.4	
緑内障	46	50.9 ± 14.4	-2.1 ± 2.9	p < 0.01
対称型	20	54.6 ± 15.7	-0.8 ± 2.5	
非対称型	26	49.0 ± 13.4	-3.2 ± 2.8	

N: 数, NS: 有意差なし. 平均値 ± 標準偏差

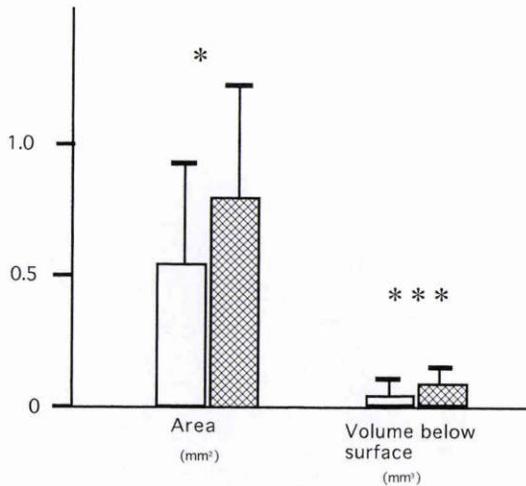


図 3 耳側 PPA の計測値: 対照と緑内障の比較.

耳側 PPA の area (緑内障 0.78 ± 0.46 mm², 対照 0.55 ± 0.33 mm²), volume below reference (緑内障 0.04 ± 0.04 mm³, 対照 0.02 ± 0.02 mm³) は緑内障で対照に比べ有意に高値をとった. □: 対照, ■: 緑内障 * : p < 0.05, *** : p < 0.001

出した. 画像領域は 15° × 15°, 画像深度幅は 2.0 ~ 3.5 mm に設定した. ここで, 乳頭および耳側 PPA ともにレーザー光を照射し, HRT により検波された光強度 (z-profile) が検出限界を超えず²⁰⁾, しかも, 3 回の測定で得られた各ピクセルの測定平均標準偏差が 30 μm 以下の画像で, HRT により検出された乳頭面積 (disc area, DA) が 1.2 ~ 3.8 mm² の範囲内²¹⁾ の症例のみを選択して検討した.

次に, 対象の乳頭を HRT の horizontal section 画面を参照して観察し, 乳頭陥凹形態を対称型と非対称型に分類した. ここで, 対称型は耳側・鼻側の陥凹壁がほぼ対称性を有するものとし, 一方, 鼻側の陥凹壁はほぼ垂直で, 耳側は緩やかな傾斜で乳頭周囲に連なる形態を呈したものを非対称型とした¹⁵⁾ (図 1). この判定は著者の 3 名がそれぞれ個別に行い, その結果が一致した症例のみを検討の対象とした. さらに, 対象の乳頭および耳側 PPA の境界 (contour line) を設定し¹⁹⁾ (図 2), 乳頭各部位の測定値, すなわち, cup area (CA), cup-disc area ratio (C/D),

cup volume (CVo), rim area (RA), rim volume (RVo) および PPA の area, volume below surface をそれぞれ算出した. ここで, 耳側 PPA は乳頭の耳側にほぼ限局した PPA とし, area は contour line で囲まれた PPA の面積を, volume below surface²³⁾ は contour line を決定すると HRT から規定される curved surface から強膜側の陥凹部分の容積として算出される値を求めた.

対象から無作為に 1 眼を選択して解析を行い, 統計学的検定には Mann-Whitney U 検定を用い, p < 0.05 を有意差ありとした.

III 結 果

1. 対 象 (表 1)

解析の対象となったのは, 対照 38 例 38 眼, 緑内障 46 例 46 眼であった. 年齢 (P = 0.89), 屈折度 (P = 0.06) に両者間で明らかな差はなかった. 陥凹形態別では, 対照は対称型 18 例 18 眼, 非対称型 20 例 20 眼に, 緑内障は対称型 20 例 20 眼, 非対称型 26 例 26 眼に分類された. 対称型と非対称型の間で年齢には対照 (対称型 54.6 ± 15.7 歳, 非対称型 48.6 ± 14.0 歳, P = 0.22), 緑内障 (対称型 53.6 ± 15.5 歳, 非対称型 49.0 ± 13.4 歳, P = 0.29) とともに明らかな差はなかった. 緑内障の MD 値にも陥凹形態による差はなかった (対称型 2.14 ± 1.17 dB, 非対称型 2.78 ± 1.31 dB, P = 0.06). しかし, 屈折度は対照 (対称型 0.3 ± 2.4 D, 非対称型 -2.1 ± 2.4 D, p < 0.01), 緑内障 (対称型 -0.8 ± 2.5 D, 非対称型 -3.2 ± 2.8 D, p < 0.01) のいずれも非対称型で対称型に比べ有意に高値であった. なお, 緑内障の病型の内訳は, 原発開放隅角緑内障 18 眼, 正常眼圧緑内障 27 眼, 発育緑内障 1 眼であった.

2. 緑内障と対照の耳側 PPA および乳頭計測値

耳側 PPA の area は緑内障では 0.78 ± 0.46 mm² であり, 対照の 0.55 ± 0.33 mm² に比べ, 有意に (p < 0.02) 高値をとった. Volume below surface も緑内障では 0.04 ± 0.04 mm³ であり, 対照の 0.02 ± 0.02 mm³ に比べ, 有意に (p < 0.001) 高値を示した (図 3). なお, 乳頭測定値は DA を除いて (P = 0.09) 緑内障と対照間でいずれも明らかな差があった. すなわち, CA (p < 0.0001), C/D (p <

表 2 乳頭計測値: 対照と緑内障の比較

	対照	緑内障	p 値
disc area (mm ²)	1.94 ± 0.34	2.11 ± 0.53	0.09
cup area (mm ²)	0.44 ± 0.18	0.88 ± 0.53	0.0001
C/D	0.22 ± 0.08	0.40 ± 0.16	0.0001
rim area (mm ²)	1.50 ± 0.28	1.23 ± 0.33	0.0001
cup volume (mm ³)	0.09 ± 0.06	0.24 ± 0.21	0.0001
rim volume (mm ³)	0.45 ± 0.18	0.34 ± 0.16	0.01

C/D: cup-disc area ratio

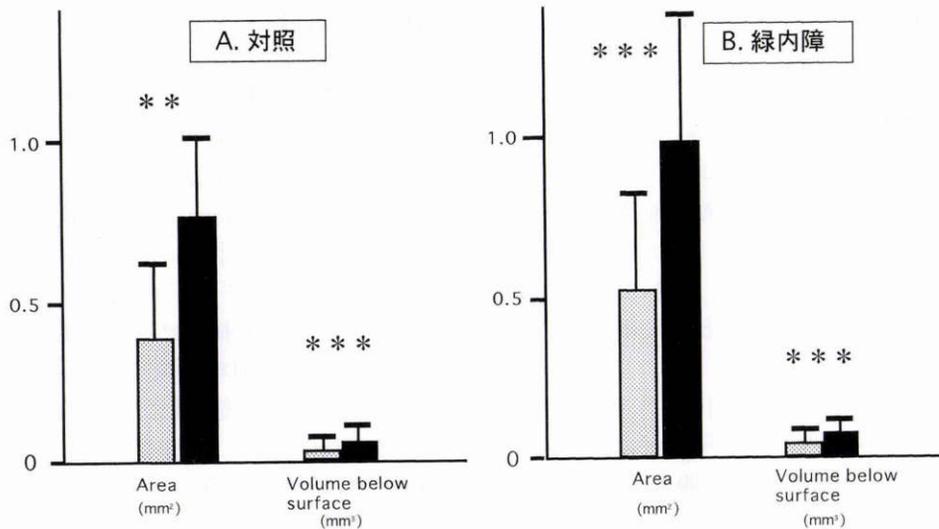


図 4 耳側 PPA の計測値：陥凹形態による比較.

耳側 PPA の area, volume below reference は対照でも緑内障でも、非対称型陥凹乳頭で対称型陥凹乳頭に比べ有意に高値をとった。A：対照，▨：対称型，■：非対称型，B：緑内障，*：p<0.01，***：p<0.001
 対照 (area 対称型 0.38±0.24 mm², 非対称型 0.70±0.35 m², volume below surface 対称型 0.01±0.01 mm³, 非対称型 0.03±0.02 mm³)
 緑内障 (area 対称型 0.51±0.31 mm², 非対称型 0.99±0.44 m², volume below surface 対称型 0.02±0.02 mm³, 非対称型 0.06±0.04 mm³)

表 3 乳頭計測値：陥凹形態別の比較

			対称型	非対称型	p 値
対照	disc area	(mm ²)	1.90±0.30	1.97±0.38	0.56
	cup area	(mm ²)	0.48±0.16	0.10±0.19	0.19
	C/D		0.25±0.08	0.20±0.08	0.06
	rim area	(mm ²)	1.43±0.25	1.57±0.29	0.11
	cup volume	(mm ³)	0.12±0.06	0.06±0.05	0.01
	rim volume	(mm ³)	0.36±0.12	0.54±0.18	0.001
緑内障	disc area	(mm ²)	2.32±0.56	1.96±0.51	0.02
	cup area	(mm ²)	1.20±0.50	0.64±0.41	0.001
	C/D		0.50±0.10	0.32±0.15	0.0001
	rim area	(mm ²)	1.13±0.25	1.31±0.36	0.07
	cup volume	(mm ³)	0.38±0.22	0.12±0.12	0.0001
	rim volume	(mm ³)	0.23±0.09	0.43±0.15	0.0001

0.0001), CVo (p<0.0001) は緑内障では対照に比べ、有意に高値であった。一方, RA (p<0.0001), RVo (p<0.004) では対照が緑内障に比べ、有意に高値をとった(表 2)。

3. 陥凹形態と耳側 PPA 計測値

耳側 PPA 計測値は、対照では対称型陥凹乳頭 (area 0.38±0.24 mm², volume below surface 0.01±0.01 mm³) に比べ、非対称型陥凹乳頭 (area 0.70±0.35 mm², volume below surface 0.03±0.02 mm³) で有意に (area p<0.01, volume below surface p<0.001) 高値を示した。緑内障でも非対称型陥凹乳頭の耳側 PPA (area 0.99±0.44 mm², volume below surface 0.06±0.04 mm³) では、対称型陥凹のそれ (area 0.51±0.31 mm², volume below surface 0.02±0.02 mm³) に比べ、いずれの測定値も有意に (area p<0.0001, volume below surface p<0.001)

高値をとった(図 4)。

さらに、非対称型陥凹乳頭で緑内障と対照の PPA を比べると、area (p<0.02), volume below surface (p<0.02) ともに緑内障で有意に高値をとった。しかし、対称型陥凹乳頭では緑内障と対照には明らかな差はなかった (area P=0.09, volume below surface P=0.25)。

4. 陥凹形態と乳頭計測値

陥凹形態毎に乳頭計測値を比較した。対照では、DA (P=0.56), CA (P=0.19), C/D (P=0.06), RA (P=0.11) に明らかな差はなかったが、CVo, RVo は非対称型陥凹乳頭では対称型に比べ、それぞれ有意に低値 (p<0.01) および高値 (p<0.001) をとった。一方、緑内障では対称型と非対称型の陥凹乳頭で明らかな差がなかったのは RA (P=0.07) のみであり、DA (p<0.02), CA (p<0.001), CVo

($p < 0.001$), RV_0 ($p < 0.001$)には両者間に有意差があった(表3).

IV 考 按

初期緑内障および対照にみられた耳側 PPA を HRT を用いて計測した。この結果、耳側 PPA の面積および容積は緑内障で対照に比べ有意に高値をとった。また、乳頭陥凹形態を対称型と非対称型に分け、耳側 PPA の面積および容積を調べると、緑内障・対照ともに非対称型で対称型に比べ有意に高値をとった。

耳側 PPA の計測は HRT を用いて行った。HRT は既に乳頭立体計測に使用され、良好な再現性が報告¹⁹⁾されている。共焦点レーザーの原理により眼底計測を行う HRT では、レーザー光に対する網膜からの反射の強さを測定⁸⁾の基準にする⁸⁾。このため、色素の著しい減少⁷⁾があればレーザー光の反射強度が検出限界を超え、測定値が過小評価される。PPA は色素上皮の変化があるため、HRT による誤差を生じ得る。そこで今回、特にこの点に注意を払い、光強度が検出限界を超えなかった²⁰⁾症例のみを選択した。さらに、HRT の測定標準偏差が $30 \mu\text{m}$ 以上の画像は除外した。眼底の高さを求める場合の HRT の 1 ピクセル当たりの再現性はほぼ $30 \mu\text{m}$ と報告²²⁾されているからである。

HRT の計測は、まず耳側 PPA 周囲に範囲を決定するための contour line を引き、その area を算出した。さらに、この contour line より規定されている curved surface から強膜側の陥凹部分の容積として算出される volume below surface²³⁾も求めた。すなわち、area は耳側 PPA 面積に、一方、volume below surface は耳側 PPA 容積に相当すると考えた。

この結果、耳側 PPA 面積・耳側 PPA 容積ともに緑内障では対照に比べ明らかに高値をとった。今回、対象とした緑内障は自動視野計による MD 値が $2 \sim 5 \text{ dB}$ の初期例であった。それにも拘わらず、対照と比べ緑内障でその面積が高値をとり、耳側 PPA の緑内障初期病態への関連が確認された。また、耳側 PPA 容積も緑内障では対照に比べ明らかな高値をとり、緑内障初期から PPA が三次元方向にも変化することが示された。これまで PPA の立体構築について臨床的な検討を試みた報告はみあたらない。今回の結果は、PPA の一部ではその高さが減少するという病理学的な所見⁷⁾¹²⁾とも一致することから、耳側 PPA の立体測定は有意義であると評価した。

次に、陥凹形態²⁴⁾を HRT を用いて対称型と非対称型に分け¹⁵⁾、耳側 PPA の計測を行い比較した。非対称型陥凹乳頭では辺縁部もスロープ状を呈し、乳頭耳側縁から PPA への移行は連続的¹⁴⁾¹⁵⁾で、また、乳頭周囲耳側と鼻側の間でその高さに差があり²²⁾、対称型陥凹乳頭とは耳側 PPA との関連の様相が異なると考えられたためである。この結果、非対称型陥凹乳頭にみられる耳側 PPA の

面積・容積は対称型陥凹乳頭のそれに比べ、緑内障でも対照でも有意に高値をとった。なお、緑内障では乳頭面積に両陥凹形態の間で差があったが、耳側 PPA の面積・容積は乳頭面積の小さかった非対称型で、むしろ高値をとり、今回の検討結果は乳頭面積の違いによる影響はないものと考えた。Jonas ら⁷⁾は眼底写真を用いて耳側 PPA 面積を調べ、対照で平均 0.3 mm^2 、緑内障で平均 0.5 mm^2 と報告しているが、陥凹形態との関連は考慮されていない。今回の検討では、対称型陥凹乳頭では Jonas らの報告とほぼ同様の値(対照 0.38 mm^2 、緑内障 0.51 mm^2)を、非対称型陥凹乳頭では高値(対照 0.70 mm^2 、緑内障 0.99 mm^2)をとり、すなわち、耳側 PPA の測定値は陥凹形態に影響されることが示された。

さて、緑内障を陥凹形態で分けると、乳頭障害の程度は非対称型のそれに比べ対称型でより強かった。対称型陥凹乳頭の CA, CV_0 は非対称型に比べ有意に高値を、 RV_0 は有意に低値をとったからである。一方、視野障害の程度は両陥凹形態の間で有意差はなく、かつ、耳側 PPA 面積・容積は非対称型で対称型に比べ高値をとった。さらに、非対称型乳頭陥凹を有する緑内障では、同様に非対称型陥凹を示した対照に比べ、耳側 PPA の面積・容積ともに有意に高値をとった。一方、対称型陥凹を有する乳頭では緑内障で対照に比べ、耳側 PPA の測定値が高値をとったものの、有意差はなかった。これから、耳側 PPA の緑内障初期視野障害への病態の関連は、非対称型陥凹乳頭で特に注目すべきことが示された。すなわち、緑内障の病態は乳頭陥凹形態や PPA も含めて把握する必要性が強調される。なお、非対称型陥凹群では対称型陥凹群に比べ近視がより強く、屈折異常の緑内障の病態への関与も否定できない。しかし、 -7.0 D 以上の強度近視群を除くと、緑内障と近視の関連は確立しておらず²⁵⁾、今回も -7 D より少ない近視眼を対象とし、しかも対照、緑内障ともにその平均は軽度の近視に留まっていることから、近視による PPA や乳頭障害への影響は少ないものと推測した。

耳側 PPA は眼軸の延長による変化として正常眼でも観察されるが²⁶⁾、正常眼圧緑内障の病態の一部⁵⁾、あるいは乳頭の脆弱性の要因²⁷⁾の一つともされている。特に我が国では非対称型陥凹を有する乳頭形態が多く²⁸⁾、耳側 PPA の緑内障の病態への関連を評価する必要がある。今回の結果から、緑内障初期臨床において、PPA も乳頭と同様に立体的に把握することの重要性が推定されたため報告した。

文 献

- 1) Zyen TG, Caprioli J: Progression of disc and field damage in early glaucoma. Arch Ophthalmol 111: 62-65, 1993.
- 2) Spaeth GL: Development of glaucomatous changes of the optic nerve. In: Varma R, et al (Eds):

- The Optic Nerve in Glaucoma. JB Lippincott, Philadelphia, 63—81, 1993.
- 3) 岩田和雄, 八百枝浩, 武田啓治: New stereochronoscopy. 日眼会誌 87: 768—776, 1983.
 - 4) Burk ROW, Rohrschneider K, Volcker HE, Zinzer G: Analysis of three-dimensional optic disk topography by laser scanning tomography. Parameter definition and evaluation of parameter interdependence. In: Nasemann JE, et al (Eds): Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography. Quintessenz, Munchen, 161—176, 1990.
 - 5) Anderson DR: Correlation of the peripapillary anatomy with the disk damage and field abnormalities in glaucoma. Doc Ophthalmol Proc Ser 35: 1—10, 1983.
 - 6) Heiji A, Swander C: Peripapillary and glaucomatous visual field defects. Doc Ophthalmol Proc Ser 42: 403—407, 1985.
 - 7) Jonas JB, Koenigsreuther KA, Naumann GOH: Optic disc histomorphometry in normal eyes and eyes with secondary angle-closure glaucoma. II. Parapapillary region. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 230: 134—139, 1992.
 - 8) Jonas JB, Fernandez MC, Naumann GOH: Glaucomatous parapapillary atrophy. Occurrence and correlations. Arch Ophthalmol 110: 214—222, 1992.
 - 9) Jonas JB, Nguyen XN, Gusek GC, Naumann GOH: Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. I. Morphometric data. Invest Ophthalmol Vis Sci 30: 908—918, 1989.
 - 10) Jonas JB, Naumann GOH: Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. II. Correlations. Invest Ophthalmol Vis Sci 30: 919—926, 1989.
 - 11) Frohn A, Jean B, Zinzer G, Thiel HJ: The problem of reference plane definition for cup volume measurements. In: Nasemann JE, et al (Eds): Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography. Quintessenz, Munchen, 197—206, 1990.
 - 12) Kubota T, Jonas JB, Naumann GOH: Direct clinico-histological correlation of parapapillary chorioretinal atrophy. Br J Ophthalmol 77: 103—106, 1993.
 - 13) GOH ナウマン, DJ アップル, 鹿野信一, 西 興史: 眼病理学. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京, 769—770, 1987.
 - 14) 田中雅二: コーヌス, 乳頭陥凹の形態及び豹紋状眼底についての研究. 日眼会誌 63: 2137—2143, 1959.
 - 15) 中瀬佳子: 強度近視の原発性開放隅角緑内障, 第 1 報 視野障害についての検討. 日眼会誌 91: 376—382, 1987.
 - 16) 小関信之, 新家 真, 鈴木康之, 白土城照, 山上淳吉: 緑内障での乳頭周囲網脈絡膜萎縮と中心部視野障害の検討. 臨眼 48: 79—83, 1994.
 - 17) 吉川啓司, 安藤奈津子: 視神経乳頭立体計測への陥凹形態と乳頭周囲高さの関連. あたらしい眼科 14: 591—594, 1997.
 - 18) Fantes FE, Anderson DR: Clinical histologic correlation of human peripapillary anatomy. Ophthalmology 96: 20—25, 1989.
 - 19) 吉川啓司, 氏川真理, 飯島建之, 小豆畑崇子, 井上洋一: 視神経乳頭計測—scanning laser tomograph による再現性の検討. 日眼会誌 99: 469—474, 1995.
 - 20) Gaida G: Perspectives and limits of three-dimensional fundus microscopy. In: Nasemann JE, et al (Eds): Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography. Quintessenz, Munchen, 253—257, 1990.
 - 21) Jonas JB, Gusek GC, Guggenmoos-Holzmann I, Naumann GOH: Variability of the real dimensions of normal human optic discs. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 226: 332—336, 1988.
 - 22) Weinreb R, Dreher AW: Reproducibility and accuracy of topographic measurements of the optic nerve head with the laser tomographic scanner. In: Nasemann JE, et al (Eds): Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography. Quintessenz, Munchen, 177—182, 1990.
 - 23) Mikelberg FS, Parfitt CM, Swindale NV, Graham SL, Drance SM, Gosine R: Ability of Heidelberg retina tomograph to detect early glaucomatous visual field loss. J Glaucoma 4: 242—247, 1995.
 - 24) Shields MB: The optic nerve head and peripapillary retina. Textbook of glaucoma. Williams & Wilkins, Baltimore, 97—115, 1992.
 - 25) 所 敬: 屈折異常とその矯正, 金原出版, 東京, 113—114, 1997.
 - 26) 若倉雅登, 松元 俊, 東 範行, 三木弘彦: アトラス 視神経乳頭のみかた・考えかた. 医学書院, 東京, 102—104, 1996.
 - 27) Buus DR, Anderson DR: Peripapillary crescents and halos in normal-tension glaucoma and ocular hypertension. Ophthalmology 96: 16—19, 1989.
 - 28) 鷺見 泉, 松元 俊, 吉川啓司, 安藤奈津子: 正常視神経乳頭パラメーターの検討. あたらしい眼科 14: 613—615, 1997.