

## コンピュータ画像解析装置 (Optic Nerve Head Analyzer)

による正常人視神経乳頭陥凹の計測 (図5, 表3)

難波 克彦・関 伶子・岩田 和雄 (新潟大学医学部眼科教室)

Optic Disc Measurements in Normal Subjects  
by Computerized Image Analysis

Katsuhiko Nanba, Reiko Seki and Kazuo Iwata

Niigata University School of Medicine Department of Ophthalmology

## 要 約

正常眼では視神経乳頭(乳頭)の大小に関係なく rim 面積は一定であるとする説と、乳頭の大きさにより rim 面積は変化する説とがある。乳頭面積と rim 面積、陥凹面積、陥凹容積との関係について検討するため、コンピュータ画像解析装置 (Rodenstock, Optic Nerve Head Analyzer) を用いて、正常人74例124眼の乳頭を測定した。光学的換算により得られた値(平均値±標準偏差)は乳頭径(縦径)1.818±0.181mm, 横径1.696±0.156mm, 乳頭面積2.428±0.433mm<sup>2</sup>, rim 面積1.645±0.499mm<sup>2</sup>, 陥凹面積0.792±0.386mm<sup>2</sup>, 陥凹容積0.338±0.162mm<sup>3</sup> 陥凹深度0.440±0.167mm, C/D 比0.416±0.186であった。乳頭面積と rim 面積との間には  $\gamma=0.60$  の相関がみられた。乳頭面積と陥凹面積との間には  $\gamma=0.39$ , 乳頭面積と陥凹容積との間には  $\gamma=0.29$  の相関がみられた。陥凹を乳頭縁より150 $\mu$  下った部位とした場合、正常眼の rim 面積は一定でなく、乳頭が大きくなると rim 面積も増大することがわかった。(日眼 92:1889—1895, 1988)

キーワード: 視神経乳頭面積, rim 面積, 陥凹面積, 陥凹容積, コンピュータ画像解析

## Abstract

We measured 124 optic nerve heads of 74 normal subjects, using a computerized image analysis (Rodenstock Optic Nerve Head Analyzer Plus). The mean magnification-corrected measurements ( $\pm$  standard deviation) were 2.428 $\pm$ 0.433mm<sup>2</sup> for the optic disc area, 1.645 $\pm$ 0.449mm<sup>2</sup> for the rim area, 0.792 $\pm$ 0.386mm<sup>2</sup> for the cup area and 0.338 $\pm$ 0.162mm<sup>3</sup> for the cup volume. A significantly positive correlation ( $\gamma=0.60$ ) was found between the disc area and rim area. From these results, rim area was thought to depend on disc area in normal subjects. The normal range of rim area for various sizes of disc area should be established in order to detect early damages to the rim area in glaucoma. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 1889—1895, 1988)

Key words: Optic disc area, Rim area, Cup area, Cup volume, Computerized image analysis

## I 緒 言

緑内障による視神経障害の指標として陥凹/乳頭比

(C/D 比)が古くから用いられている。しかし、C/D 比は正常人でも幅広い分布をしているため、この C/D 比で正常と初期緑内障とを区別することは難しい。これ

別刷請求先: 951 新潟市旭町通一番町 新潟大学医学部眼科学教室 難波 克彦  
(昭和63年8月1日受付, 昭和63年8月31日改訂受理)

Reprint requests to: Katsuhiko Nanba, M.D. Dept. of Ophthalmol., Niigata Univ., School of Med.  
Ichibancho, Asahimachidōri, Niigata 951, Japan

(Received August 1, 1988 and accepted in revised form August 31, 1988)

に対して rim は神経線維で構成されているから、正常人では視神経乳頭(乳頭)の大きさに関係なく、rim 幅<sup>1)</sup>や、rim 面積<sup>2)3)</sup>は一定であり、rim 面積を測定することにより、視神経の障害の有無をより鋭敏に判定できるという報告がある。これに対し、rim 面積は一定ではなく、乳頭の大きさとともに増大するという報告<sup>4)5)</sup>もある。

今回、正常人を対象とし、コンピューター画像解析装置を用いて、乳頭の立体計測を行い、乳頭面積、rim 面積、陥凹面積、陥凹容積との関係について検討したので以下に報告する。

## II 測定方法及び症例

コンピューター画像解析装置として、西独ローデンストック社製 Optic Nerve Head Analyzer (ONHA Plus)<sup>6)~8)</sup>を用いた。本装置は同時立体ビデオ眼底カメラ、コンピューターデジタル画像処理システム、およびディスプレイよりなる。本装置で緑色光照明によるマスター画像、赤色光照明による乳頭の蒼白性解析用画像及びストライブを眼底に投影した4枚の深部計測用画像の計6枚の画像を撮影する。陥凹の深部測定には4枚のストライブ投影画像のうちの2枚を用いて行う。1枚の画像で眼底に7本のストライブが投影され、そのうち約4本のストライブが乳頭に投影される。陥凹の状態によりこのストライブは変形する。2枚のストライブ投影画像で乳頭に約8本のストライブが投影されるが、このストライブのゆがみをコンピューターが立体画像の対応する点約1600点を測定することにより陥凹の深度が得られる。乳頭縁の決定には、オペレーターが乳頭縁の左右、上下の4点を定めることにより自動的に描かれる。ONHA Plus では陥凹の定義は深さを自由に設定することにより決めることができるが、今回は Caprioli ら<sup>9)</sup>と同様に乳頭内で乳頭縁より150 $\mu$  下った点を陥凹縁とした。陥凹容積は乳頭縁の高さから陥凹底までを含む部位としている。C/D 比は各象限毎の C/D 比の平均値である。陥凹深度は100 $\mu$  毎の深さ毎に陥凹の定義を変えて測定し、陥凹がほとんど認められなくなる点とした。本装置による眼底撮影には1眼約4分、解析計測には約15分要する。ONHA には測定値を角膜曲率、屈折力、眼軸長などの因子を用いて光学的換算し、真の値を求めることができるが、今回は上記三つの因子全てを用いて換算した。

ONHA の測定値の信頼性については各パラメーターの変動係数で検討されている。Mikelberg ら<sup>7)</sup>の

表1 Age and sex distribution of the 74 normal subjects

Characteristics of Patient Population				
Age, yr	M	F	Total	
10~	3 (6)	4 (8)	7	case (14) eye
20~	5 (10)	7 (10)	12	(20)
30~	4 (8)	5 (9)	9	(17)
40~	7 (9)	6 (12)	42	(21)
50~	11 (16)	12 (21)	23	(37)
60~	6 (9)	2 (3)	8	(12)
70~	1 (1)	1 (2)	2	(3)
cases eyes		cases eyes		cases eyes
37 (59)		37 (65)		74 (124)

値は C/D 比11.2%、rim 面積17.2%、陥凹容積18.6%であったが、その後精度の改善により Caprioli ら<sup>8)</sup>の値は垂直 C/D 比5.6%、水平 C/D 比7.9%、rim 面積5.6%、陥凹容積7.1%、富田ら<sup>9)</sup>の値は C/D 比4.8%、rim 面積8.1%、陥凹容積11.2%、Shields ら<sup>10)</sup>の値は垂直 C/D 比7.8%、水平 C/D 比9.2%、rim 面積6.1%、陥凹容積24.2%で、我々<sup>6)</sup>の値は垂直 C/D 比5.7%、水平 C/D 比6.0%、rim 面積6.2%、陥凹容積5.2%である。

今回、対象とした症例は新潟大学医学部附属病院眼科外来を受診した患者のうち、眼圧20mmHg 以下、矯正視力1.0以上、Goldmann 視野正常、緑内障の家族歴なく、軽い白内障以外中間透光体、眼底に異常なく乳頭は変形した形でなく、楕円近似の形状のものとした。男37例59眼、女37例65眼、年齢は11~72歳、平均43.3歳である(表1)。

トロピカミドにて6mm 以上散瞳した後 ONHA にて乳頭の立体測定を行ったが、その直前又は直後に角膜曲率測定は Zeiss Ophthalmometer 又は Topcon Autokeratometer CK 1000 にて、屈折度測定は Topcon Autorefractometer RM-A 6000 又は Nidek Autorefractometer AR 1100 にて行った。眼軸長測定は眼底撮影後に Nidek Echoscans US 1600 で測定した。

## III 結果

屈折度は+3.0D~-5.5D 平均-0.5D、乱視度は平均0.5D で最大1.5D であった。眼軸長は20.26~26.24 mm、平均23.69mm であった。乳頭面積は1.570~3.663mm<sup>2</sup>、平均2.428mm<sup>2</sup>、rim 面積は0.752~2.937mm<sup>2</sup>、平均1.645mm<sup>2</sup>、陥凹面積は0.013~1.733mm<sup>2</sup>、平均0.792mm<sup>2</sup>、陥凹容積

0.028~0.819mm<sup>3</sup>, 平均0.338mm<sup>3</sup>, 陥凹深度0.150~1.0mm, 平均0.440mm, C/D比0.004~0.758, 平均0.416, 垂直乳頭径1.421~2.266mm, 平均1.818mm, 水平乳頭径1.321~2.111mm, 平均1.696mmであった(表2).

左右別, 性別, 50歳以上と50歳未満の各測定値の比較は表3に示した. 統計的に5%の危険率で有意差をt-検定でみると, 左右差については, 両眼とも測定した51例でみると陥凹面積, 陥凹容積で右眼が左眼に比して大きい結果であった(表3). C/D比, rim面積, 陥凹面積, 陥凹容積について両眼の差はC/D比0.001~0.506, 平均0.113, rim面積0~1.136mm<sup>2</sup>, 平均0.278mm<sup>2</sup>, 陥凹面積0.02~1.344mm<sup>2</sup>, 平均0.290mm<sup>2</sup>, 陥凹容積0.001~0.684mm<sup>3</sup>, 平均0.127mm<sup>3</sup>で

あった. 性別ではC/D比で女性の方が男性より大きく, 50歳以上と50歳未満では50歳未満の方が眼軸長が長かった(表3).

乳頭面積とrim面積との間には相関係数0.60と統計学上有意の相関がみられ(p<0.01), rim面積=0.62×乳頭面積+0.13mm<sup>2</sup>の関係がみられた(図1). 乳頭面積と陥凹面積との間には相関係数0.39と有意の相関がみられ(p<0.01), 陥凹面積=0.35×乳頭面積-0.05mm<sup>2</sup>の関係がみられた(図2). 乳頭面積と陥凹容積との間には相関係数0.29の有意の相関が(p<0.01)みられ, 陥凹容積=0.11×乳頭面積+0.80mm<sup>3</sup>の関係がみられた(図3). 陥凹面積と陥凹容積との間には相関係数0.83と有意の相関がみられ(p<0.01), 陥凹容積=0.348×陥凹面積+0.061mm<sup>3</sup>の関係がみられた(図4). Rim面積と陥凹容積との間には相関係数-0.44と負の有意の相関がみられ(p<0.01), 陥凹容積=-0.159×rim面積+0.598mm<sup>3</sup>の関係がみられた(図5).

表2 Magnification-corrected measurements of normal discs.

	Mean	SD
Age	43.3 yrs	16.4 yrs
Refraction	-0.5 D	1.8 D
Axial Length	23.69 mm	1.11 mm
Disc Area	2.428 mm <sup>2</sup>	0.433 mm <sup>2</sup>
Rim Area	1.645 mm <sup>2</sup>	0.449 mm <sup>2</sup>
Cup Area	0.792 mm <sup>2</sup>	0.386 mm <sup>2</sup>
Volume	0.338 mm <sup>3</sup>	0.162 mm <sup>3</sup>
Depth	0.440 mm	0.167 mm
C/D	0.416	0.186
Disc Diameter(V)	1.818 mm	0.181 mm
Disc Diameter(H)	1.696 mm	0.156 mm

#### IV 考 按

今回のONHAによる正常眼の視神経乳頭陥凹の測定値をみると, 乳頭径は縦径, 横径とも石井<sup>11)</sup>の屍体眼の値とほぼ一致していた(表3). 乳頭面積は2.43mm<sup>2</sup>で, 同じ方法で測定したCaprioliら<sup>9)</sup>の1.70mm<sup>2</sup>や眼底写真から測定しLittman<sup>12)</sup>の方法で換算したBrittonら<sup>4)</sup>の2.10mm<sup>2</sup>よりも大きかった.

Rim面積も1.65mm<sup>2</sup>で, Caprioliらの1.13mm<sup>2</sup>, Airaksinenら<sup>3)</sup>の1.40mm<sup>2</sup>より大きく, Brittonら<sup>4)</sup>の

表3 Comparison of measurements (mean±standard deviation) for both eyes, sexes and ages.

No. of Eyes	Right Eye vs Left Eye		Female vs Male		Age	
	OD 51	OS 51	F 65	M 59	≥50yrs 53	<50yrs 71
Disc Area (mm <sup>2</sup> )	2,442±0,461	2,443±0,428	2,620±0,437	2,469±0,424	2,410±0,386	2,441±0,464
Cup Area (mm <sup>2</sup> )	*0,876±0,405	0,714±0,347	0,846±0,369	0,767±0,403	0,809±0,428	0,772±0,357
Rim Area (mm <sup>2</sup> )	1,581±0,491	1,733±0,408	1,574±0,395	1,720±0,470	1,617±0,431	1,674±0,464
Cup Volume (mm <sup>3</sup> )	*0,371±0,172	0,305±0,143	0,354±0,160	0,325±0,160	0,332±0,189	0,338±0,141
C/D Ratio	0,444±0,184	0,385±0,182	*0,450±0,171	0,380±0,188	0,402±0,187	0,422±0,188
Disc Diameter (V) (mm)	1,828±0,187	1,819±0,182	1,824±0,177	1,831±0,185	1,822±0,152	1,814±0,200
Disc Diameter (H) (mm)	1,696±0,163	1,705±0,156	1,677±0,165	1,719±0,141	1,689±0,147	1,703±0,165
Axial Length (mm)	23,66±1,18	23,69±1,04	23,48±1,12	23,85±1,05	23,10±0,94	*24,11±1,03

\*statistically significant by t-test (p<0.05)

( m ± s. d. )

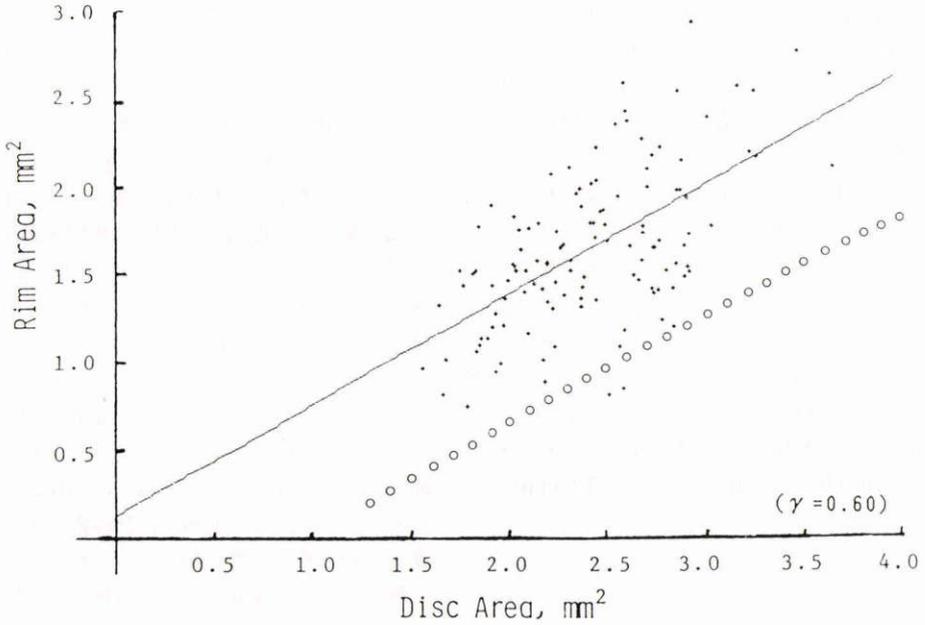


図1 Relationship between rim area and disc area in 124 normal eyes ( $\gamma=0.60$ ).  
Open circles show the 95% prediction interval of the smallest size of the rim area for the various size of the optic disc.

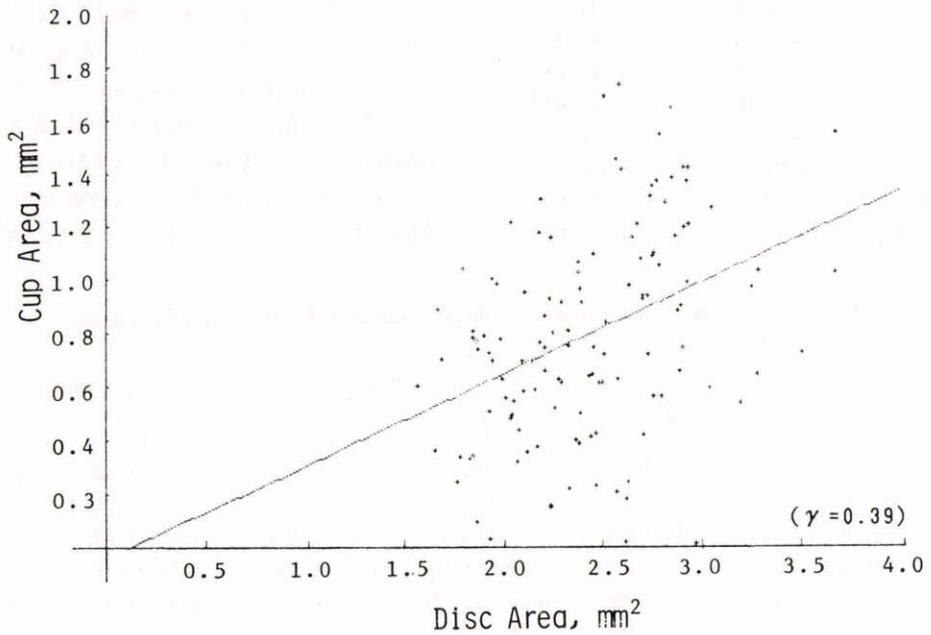


図2 Relationship between cup area and disc area in 124 normal eyes ( $\gamma=0.39$ ).

1.65mm<sup>2</sup>と同じであった。これに対し陥凹容積は0.33 mm<sup>3</sup>で、Caprioliら<sup>5)</sup>の0.35mm<sup>3</sup>とほぼ同じ値であった。我々の症例ではCaprioliら<sup>5)</sup>の例と比較すると、乳

頭面積に対して陥凹容積が小さいという特徴がみられる。これは人種差によるものか、今後更に検討する必要がある。

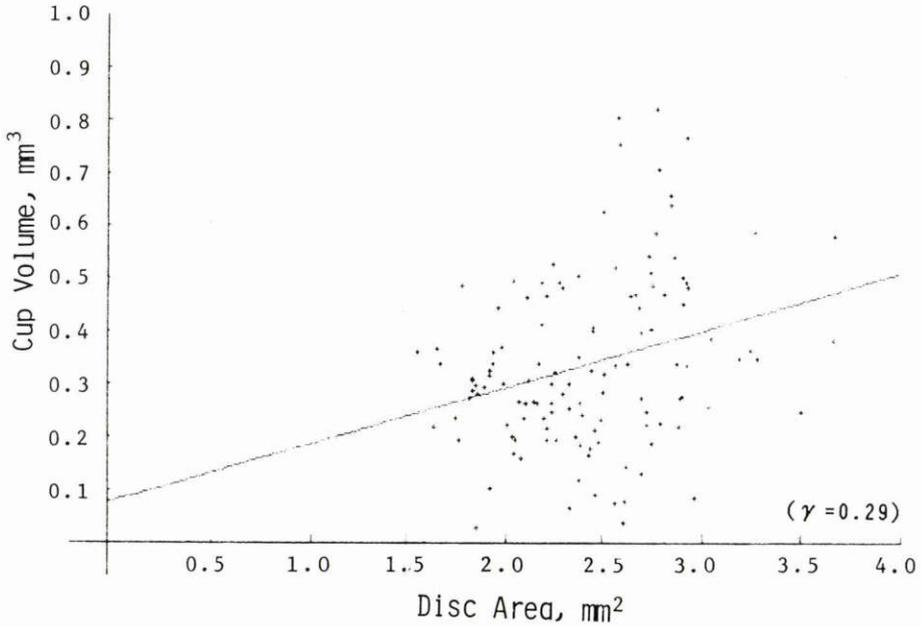


図3 Relationship between cup volume and disc area in 124 normal eyes ( $\gamma=0.29$ ).

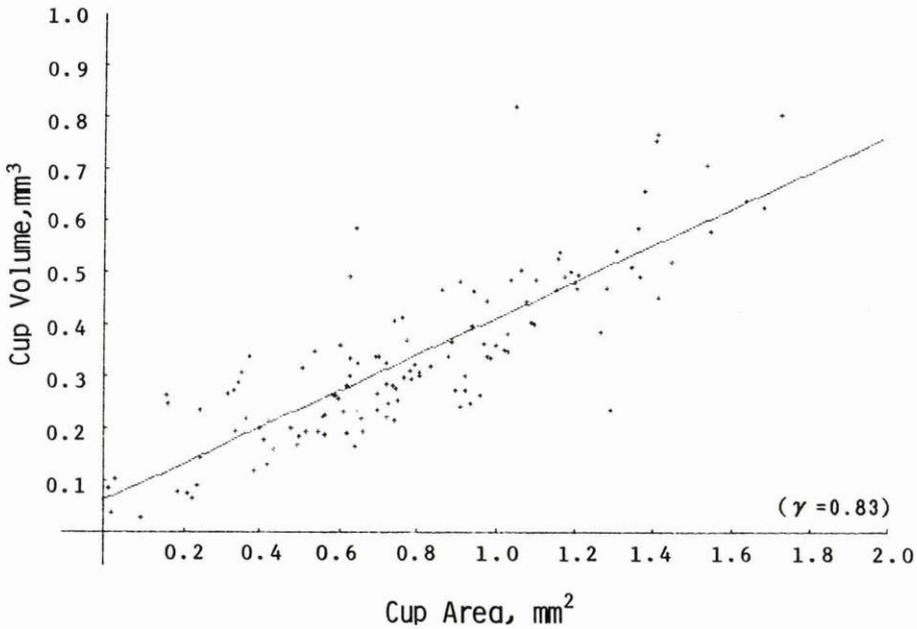


図4 Relationship between cup volume and cup area in 124 normal eyes ( $\gamma=0.83$ ).

左右差は両眼とも測定した51例についてみると、原因は不明であるが、陥凹面積と陥凹容積は右眼が左眼に比べて大きいという結果が得られた(表3)。両眼の

差をみるとC/D比で0.113、rim面積で0.278mm<sup>2</sup>、陥凹面積で0.290mm<sup>2</sup>、陥凹容積で0.127mm<sup>3</sup>の差がみられた。同一症例でC/D比が0.2以上の差は正常人では

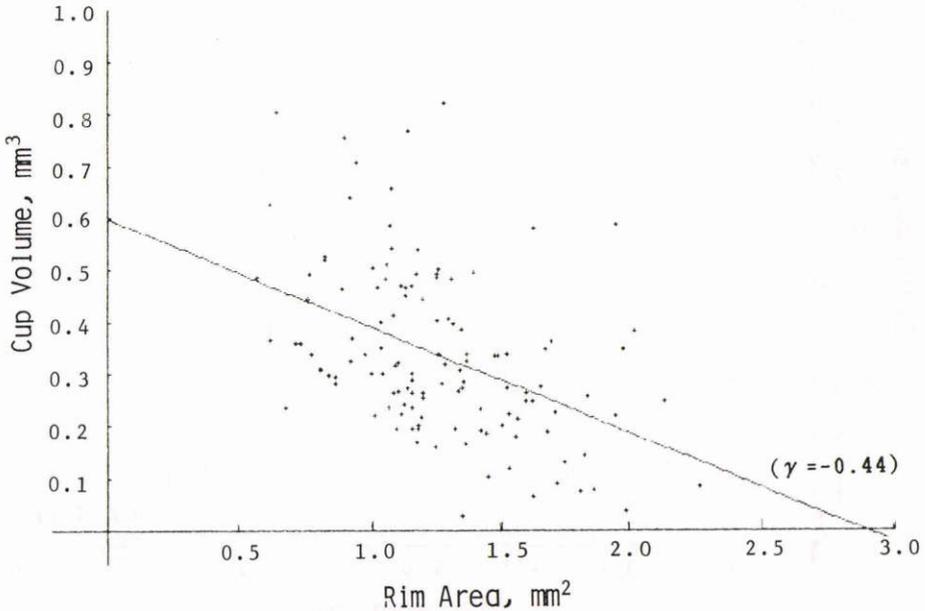


図5 Relationship between cup volume and cup area in 124 normal eyes ( $\gamma = -0.44$ ).

1%にしかみられない<sup>13)</sup>といわれているが、我々の症例ではC/D比が0.2以上の差のあるものは51例中7例13.7%にみられた。これはONHAによる陥凹の定義及びC/Dの算出によるものと思われる。ONHAでは各パラメーターを各象限毎に測定し、その平均値を全体の値として表示しているため、水平及び垂直C/D比を直接表示しない。従来報告と比較するうえでは水平及び垂直C/D比の表示も望まれる。性差では石井<sup>11)</sup>の報告では男性の方が女性より乳頭径は大きい。我々の結果では乳頭径に差はみられなかった。ただC/D比で女性の方が大きい結果であった(表3)。年齢差についてはBritton<sup>4)</sup>は年齢と乳頭面積あるいはrim面積との間には有意の相関はみられなかったと報告しているが、今回は症例数の関係で50歳以上と50歳未満とで比較してみると、眼軸長で差がみられた以外は差がみられなかった。この眼軸長が50歳未満の群の方が50歳以上の群より大きい結果は、加齢とともに眼軸長が短くなるという報告<sup>14)</sup>と一致していた。我々の症例では50歳以上の群では遠視の方が多く、その屈折度は平均 $0.45 \pm 1.60D$ であるのに対し、50歳未満の群では近視が多く、屈折度は平均 $-0.62 \pm 1.87D$ であったことから得られた眼軸長の差は屈折度と関係している。

C/D比は0.04~0.758、平均0.416と幅広い分布を示

した。我々<sup>15)</sup>は陥凹開口部、陥凹底でC/D比について正常眼と緑内障とを比較し、初期緑内障の間では特に陥凹開口部のC/D比では有意差はみられなかった。このようにC/D比は正常眼でもばらつきが大きく、初期緑内障との鑑別には限界があることはよく知られている。これに対しTeal<sup>2)</sup>は正常眼において乳頭径は大小さまざまであるがrim面積はほぼ一定であると報告し、Bengtsson<sup>11)</sup>は乳頭径に比してrim幅は一定であると報告している。Airaksinen<sup>3)</sup>もrim面積は正常眼と疑緑内障、緑内障では有意差をみとめ、正常眼ではrim面積は一定であろうとしている。これに対しBritton<sup>4)</sup>はrim面積は一定でなく、乳頭径が増大すると報告し、ONHAで検討したCaprioli<sup>5)</sup>も乳頭面積とrim面積との間に正の相関をみている。今回、我々の成績からもrim面積とは一定でなく、乳頭面積の増大とともに増すことがわかった。このことから、単にrim面積の大小で視神経の障害の有無を論ずることはできず、Britton<sup>4)</sup>、Caprioli<sup>5)</sup>のいうように、正常眼の各乳頭の大きさに対応するrim面積を計算し、それとの比較する必要がある。我々もBritton<sup>4)</sup>、Caprioli<sup>5)</sup>の方法に従い、乳頭面積に対するrim面積の95%予測値を求めた(図2)。この予測値と高眼圧症や初期緑内障のrim面積との関係について今後検討する必要がある。乳頭面積とrim面

積との間に正の相関がみられたが、その原因として第一に陥凹の定義による影響が考えられる。今回は陥凹を乳頭縁より150 $\mu$  下った部位と規定したが、今後更に陥凹の深さの規定を変えて検討する必要がある。第二に rim には神経線維以外の組織、特に astroglia があるが、このような神経線維以外の組織の量が乳頭径の大小により異っている可能性がある。第三には神経線維の数あるいは線維の大きさそのものに個体差があるのかもしれない。第四には神経線維は加齢とともに1年に約5000本程度消耗されるという報告<sup>16)</sup>があることから、この神経線維の消耗にも個体差があるかもしれない。

乳頭面積と陥凹面積及び陥凹容積との関係は Britton ら<sup>4)</sup>や Caprioli ら<sup>5)</sup>ほど高い相関は得られなかった(図3, 4)。これは我々の症例では乳頭面積に比して陥凹面積や容積が小さいという特徴があったことと関係していると思われる。

Rim 面積, 陥凹面積, 陥凹容積についてみると、いずれも正常人で乳頭の大きさに関係なく、一定の値を示すものは今回の研究ではみられなかった。ただし陥凹面積と陥凹容積との間には  $\gamma=0.83$ , rim 面積と陥凹容積との間には  $\gamma=-0.44$  という高い相関がみられた。初期緑内障では陥凹の深さが増す<sup>17)</sup>というファクターが介入することから、早期緑内障眼との比較検討に興味もたれる。

## V 結 語

コンピューター画像解析装置(西独ローデンストック社製 ONHA plus)を用いて正常眼124眼の視神経乳頭の立体測定を行った。各平均値は乳頭面積2.428 mm<sup>2</sup>, rim 面積1.645 mm<sup>2</sup>, 陥凹面積0.792 mm<sup>2</sup>, 陥凹容積0.338 mm<sup>3</sup>であった。乳頭面積と rim 面積との間に  $\gamma=0.60$  の相関がみられ、このことより正常眼では rim 面積は一定でなく、乳頭面積の大きさにより増大すると考えられた。

(本研究は文部省科学研究費一般研究(A)62440069により行なわれた。)

## 文 献

- 1) **Bengtsson B**: The variation and covariation of cup and disc diameters. *Acta Ophthalmol* 54: 804-818, 1976.
- 2) **Teal PK, Morin JD, McCulloch C**: Assessment of the normal disc. *Trans Am Ophthalmol Soc* 70: 164-174, 1972.
- 3) **Airaksinen JP, Drance SM, Schulzer M**: Neural rim area in early glaucoma. *Am J Ophthalmol* 99: 1-4, 1985.
- 4) **Britton RJ, Drance SM, Schulzer M, et al**: The area of the neuroretinal rim of the optic nerve in normal eyes. *Am J Ophthalmol* 103: 497-504, 1987.
- 5) **Caprioli J, Miller MJ**: Optic disc rim is related to disc size in normal subjects. *Arch Ophthalmol* 105: 1683-1685, 1987.
- 6) **難波克彦, 岩田和雄**: Optic Nerve Head Analyzer(ONHA)の臨床使用とその限界. *眼光学* 8: 131-136, 1987.
- 7) **Mikelberg FS, Douglas GR, Schulzer M, et al**: Reliability of optic disc topographic measurements recorded with a video-ophthalmograph. *Am J Ophthalmol* 98: 98-102, 1984.
- 8) **Caprioli J, Klingbeil U, Sears M, et al**: Reproducibility of optic disc measurements with computerized analysis of stereoscopic video images. *Arch Ophthalmol* 104: 1035-1039, 1986.
- 9) **富田 剛, 後藤靖彦, 山田 俊他**: 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について. *日眼* 90: 1317-1321, 1986.
- 10) **Shields MB, Martone JF, Shelton AR, et al**: Reproducibility of topographic measurements with the optic nerve head analyzer. *Am J Ophthalmol* 104: 581-586, 1987.
- 11) **石井光一**: 日本人視束乳頭径に就て. *新潟医学会誌* 64: 584-597, 1950.
- 12) **Littman H**: Zur Bestimmung der wahren Grosse eines Objektes auf den lebenden Auges. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 180: 286-289, 1982.
- 13) **Armaly MF**: Genetic determination of cup/disc ratio of the optic nerve. *Arch Ophthalmol* 78: 35-43, 1967.
- 14) **Leighton KA, Tomlinson A**: Changes in axial length and other dimensions of the eye ball with increasing age. *Acta Ophthalmol* 50: 815-826, 1972.
- 15) **難波克彦, 岩田和雄**: 緑内障性視神経乳頭陥凹と視野との関係. *臨眼* 42: 264-265, 1988.
- 16) **Balazsi AG, Rootman J, Drance SM, et al**: The effect of age on the nerve fiber population of the human optic nerve. *Am J Ophthalmol* 97: 760-766, 1984.
- 17) **Portney GL**: Photogrammetric analysis of the three-dimensional geometry of normal and glaucomatous optic cups. *Trans Am Acad Ophthalmol Otol* 81: 239-246, 1976.