

緑内障における乳頭周囲網脈絡膜萎縮と乳頭周囲無血管野

船木 繁雄, 白柏 基宏, 阿部 春樹

新潟大学医学部眼科学教室

要 約

正常眼圧緑内障 (NTG) 16 例 26 眼, 原発開放隅角緑内障 (POAG) 23 例 40 眼の計 39 例 66 眼を対象とし, 走査レーザー検眼鏡を用いてフルオレスセイン蛍光眼底撮影 (FA), インドシアニングリーン蛍光眼底造影 (IA) を施行し, FA での視神経乳頭周囲網脈絡膜萎縮 (parapapillary chorioretinal atrophy, PPA), すなわち zone alpha, zone beta, および IA での乳頭周囲無血管野 (parapapillary avascular area, PPAVA) の面積を測定した. PPAVA, PPA, zone alpha, zone beta の各面積と Humphrey 視野での平均偏差との間にはいずれも有

意な相関を認めなかったが, zone alpha 以外の各面積と等価球面度数との間にはすべて有意な相関を認めた. また, NTG 群の PPAVA, zone beta の面積が POAG 群に比して有意に大きかった (各々 $p=0.04434, 0.02750$). 以上から, NTG と POAG の間に何らかの病態の差異が存在する可能性が示唆された. (日眼会誌 101: 598-604, 1997)

キーワード: 緑内障, 乳頭周囲網脈絡膜萎縮, 乳頭周囲無血管野, Humphrey 視野, 屈折値

Parapapillary Chorioretinal Atrophy and Parapapillary Avascular Area in Glaucoma

Shigeo Funaki, Motohiro Shirakashi and Haruki Abe

Department of Ophthalmology, Niigata University School of Medicine

Abstract

We measured the area of parapapillary chorioretinal atrophy (PPA), i.e. zone alpha and zone beta in fluorescein angiography, and parapapillary avascular area (PPAVA) in indocyanine green angiography, using scanning laser ophthalmoscope in a total of 66 eyes of 39 patients. There were 26 eyes of 16 patients with normal tension glaucoma (NTG) and 40 eyes of 23 patients with primary open angle glaucoma (POAG). Although there was no significant correlation between the areas of PPAVA, PPA, zone alpha or zone beta, and mean deviation of Humphrey field analysis, there was significant

correlation between all areas except for zone alpha and the spherical equivalent. The areas of PPAVA and zone beta in the NTG group were significantly larger than those in the POAG group ($p=0.04434, 0.02750$, respectively). These results suggest that the pathogenesis of disease may be different in NTG and POAG. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 598-604, 1997)

Key words: Glaucoma, Parapapillary chorioretinal atrophy, Parapapillary avascular area, Humphrey field analysis, Refraction

I 緒 言

緑内障眼において視神経乳頭(乳頭)周囲網脈絡膜萎縮 (parapapillary chorioretinal atrophy, PPA) は, 非緑内障眼に比して, より高頻度にみられ, その大きさも有意に大きいことが従来から報告^{1)~5)}されている. また, PPA

の面積は, 視野障害程度と有意に相関するとの報告³⁾⁶⁾があり, 緑内障の病態および視野障害の進行度と PPA とは密接な関係があると考えられ, PPA は緑内障眼における重要所見と考えられている.

一方で, PPA は検眼鏡的に近視性コーヌスとの鑑別は容易ではなく, 一般に, 緑内障眼における PPA の検討を

別刷請求先: 951 新潟県新潟市旭町通 1-757 新潟大学医学部眼科学教室 船木 繁雄

(平成 8 年 12 月 13 日受付, 平成 9 年 3 月 4 日改訂受理)

Reprint requests to: Shigeo Funaki, M.D. Department of Ophthalmology, Niigata University School of Medicine, 1-757, Asahimachi-dori, Niigata-shi, Niigata-ken 951, Japan

(Received December 13, 1996 and accepted in revised form March 4, 1997)

行う場合は、強度近視群は対象から除外されている³⁾⁶⁾。屈折因子の影響を軽減して、緑内障におけるPPAの意義について検討するには対象としてのどの程度の近視眼まで含めるかという問題がある。しかしながら、PPAの面積は、乳頭面積、緑内障の進行度は勿論のこと、屈折値を含む他の因子により規定される可能性を考慮する必要がある。

PPAと局所の血流障害との関連性が示唆されており^{7)~9)}、緑内障における脈絡膜循環障害を示唆している報告^{10)~12)}はいくつかあるが、実験緑内障においても視神経乳頭近傍領域の脈絡膜循環が障害されやすいことが報告¹³⁾¹⁴⁾されている。したがって、正常眼圧緑内障(NTG)群と原発開放隅角緑内障(POAG)群との間でPPAの面積およびPPAと視野障害の程度との関連性の相違を検討することにより、循環障害を含めた緑内障性視神経障害のメカニズムの両群間の相違点を明らかにすることができるかも知れない。

今回、NTG眼およびPOAG眼を対象として、走査レーザー検眼鏡(scanning laser ophthalmoscope, SLO)を用いて、フルオレスセイン蛍光眼底撮影(FA)を施行し、PPA、すなわちzone alphaおよびzone betaの面積を測定し、また、インドシアニングリーン蛍光眼底撮影(IA)を施行して、乳頭周囲の低蛍光領域(parapapillary avascular area, PPAVA)の面積を測定し、以上のパラメーターと視野障害指標および屈折値との関係について検討した。

II 対象および方法

対象は、NTG 16例(男性9例、女性7例)26眼、またはPOAG 23例(男性14例、女性9例)40眼の計39例66眼である。NTGは既報¹⁵⁾の基準により診断した。年齢は27~80歳、 60.8 ± 12.5 (平均値±標準偏差)歳である。NTG群、POAG群の間で性別比(χ^2 検定 $p > 0.1$)、平均年齢(NTG群 62.8 ± 11.6 歳、POAG群 59.4 ± 13.2 歳、 t 検定 $p > 0.1$)に有意差はない。また、全症例とも等価球度数(spherical equivalent, SE)が -6 D未満($-5.375 \sim 5.375$ D、平均 -0.811 ± 2.335 (平均値±標準偏差)D)の非強度近視眼で有水晶体眼である。

方法は、屈折値、角膜曲率半径(Auto Kerato-refractometer KR-7100 P, トプコン社)、眼軸長(Eho Scan US-1600, ニデック社)を測定し、SLO 101(ローデンスストック社、独国)でFA、IAを施行。いずれも、造影開始後6分間まで観察した。SLOは、FA施行時はアルゴン青レーザー(488 nm)を強度5(Laser Ar, B5)で用い、ビデオ感度を自動設定(Video gain, A)とし、angio filter(AF)を入れて施行し、IA施行時は赤外レーザー(780 nm)を強度10(Laser IR, 10)で用い、ビデオ感度を自動設定(Video gain, A)とし、インドシアニンググリーン・フィルター(filter, IF)を入れて施行した。IMAGENET

(トプコン社)を用い、SLOで得られた画像で造影開始後4分以後のものを入力し、屈折値、角膜曲率半径、眼軸長を用いてLittmann¹⁶⁾の式で補正し、FAでのzone alpha, zone beta, IAでのPPAVAの面積を各々3回ずつ測定し、平均値を算出した。Humphrey視野(Humphrey Instruments, 米国)検査(中心30-2プログラム)を原則的にSLO施行日の30日以内に施行し、平均偏差(mean deviation, MD), SE, PPAVAの面積, PPAの面積, zone alphaの面積, zone betaの面積との関係について検討した。統計学的解析結果については $p < 0.1$ を傾向差(+), $p < 0.05$ を有意差(+とした。

1996年に中村ら¹⁷⁾は、高眼圧症および緑内障6例12眼に対してFAを施行し、眼底写真との比較により、zone alpha, zone betaにおけるFAの所見を検討しているが、全例で、zone alphaは初期から脈絡膜の背景蛍光の露呈に伴う過蛍光を、zone betaは脈絡膜背景蛍光をも欠き、後期になっても著しい低蛍光を示したと報告している。今回、この報告に基づき、カラー眼底写真も参考にして、FAでの乳頭周囲過蛍光領域をzone alpha, 乳

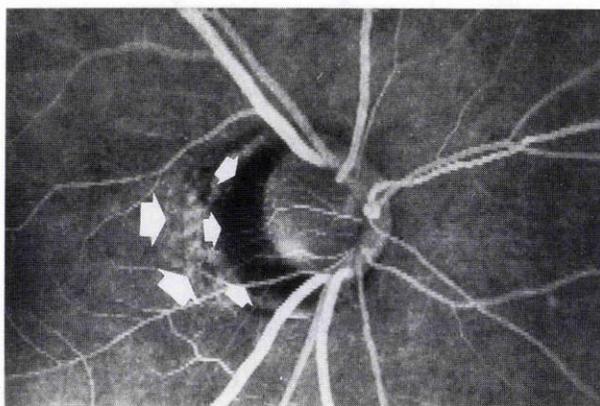


図1a 53歳、男性、正常眼圧緑内障(NTG)症例のフルオレスセイン蛍光眼底撮影。

視神経乳頭から、より遠位の大矢印はzone alphaの外側縁を、より近位の小矢印はzone betaの外側縁を示す。

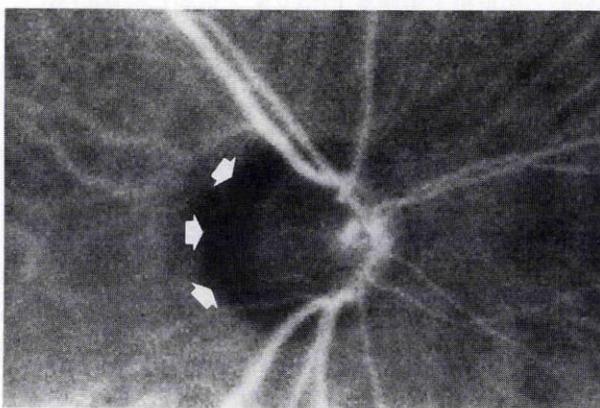


図1b 同症例のインドシアニンググリーン蛍光眼底造影。矢印は乳頭周囲無血管野(PPAVA)の外側縁を示す。

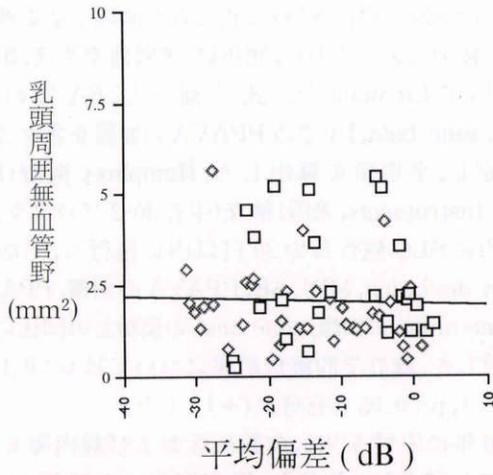


図2a PPAVAの面積と平均偏差(MD)の相関.
□: NTG, ◇: 原発開放隅角緑内障(POAG).
 $r = -0.037, p > 0.1, n = 66.$

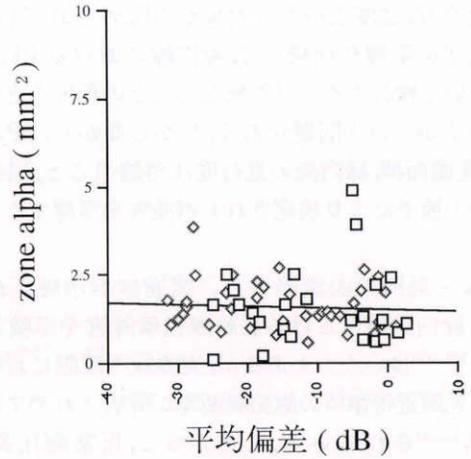


図2c Zone alphaの面積とMDの相関.
 $r = -0.054, p > 0.1, n = 66.$

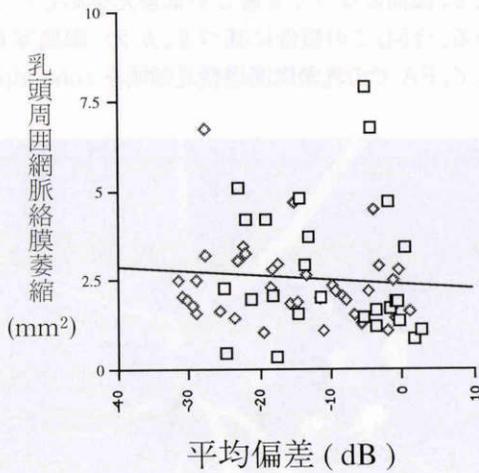


図2b 乳頭周囲網脈絡膜萎縮(PPA)の面積とMDの相関.
 $r = -0.081, p > 0.1, n = 66.$

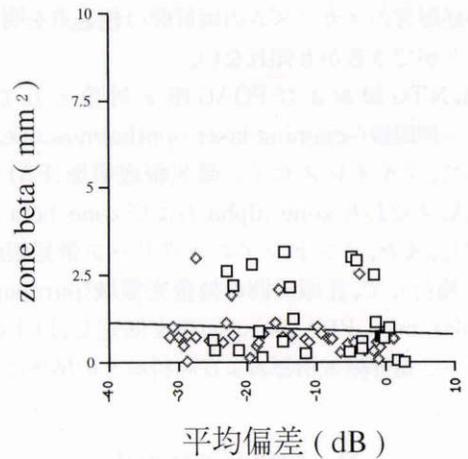


図2d Zone betaの面積とMDの相関.
 $r = -0.089, p > 0.1, n = 66.$

頭周囲低蛍光領域を zone beta と定義した(図1 a)。また, IA を施行して乳頭周囲を観察すると, 脈絡膜の大血管は造影されるが著明な低蛍光を示す部分が存在する。今回, この低蛍光領域を PPAVA と定義した(図1 b)。

III 結果

図2 a には PPAVA の面積と MD の相関を, 図2 b には PPA(zone alpha+zone beta)の面積と MD の相関を, 図2 c には zone alpha の面積と MD の相関を, 図2 d には zone beta の面積と MD の相関を示す。各々相関係数は $-0.037, -0.081, -0.054, -0.089$ で, いずれも統計学的に有意な相関関係は認められなかった。しかし, いずれの回帰直線も MD の悪化に応じて, PPAVA の面積, PPA の面積, zone alpha の面積, zone beta の面積が増大する傾向がみられた。NTG 群と POAG 群とで分けて, PPAVA の面積と MD, PPA の面積と MD, zone

alpha の面積と MD, zone beta の面積と MD の相関について検討すると, NTG 群では各々相関係数 $-0.053, -0.057, 0.064, -0.169$, POAG 群では各々相関係数 $-0.152, -0.195, -0.172, -0.164$ であり, これらもすべて統計学的に有意な相関関係は認められなかった。

次に, SE と PPAVA の面積, PPA の面積との相関を図3 に示す。図3 a には PPAVA の面積と SE との相関を, 図3 b には PPA の面積と SE の相関を, 図3 c には zone alpha の面積と SE の相関を, 図3 d には zone beta の面積と SE の相関を示す。各々相関係数 $-0.298(p = 0.01496), -0.249(p = 0.04405), -0.087(p > 0.1), -0.352(p = 0.00371)$ と zone alpha と SE 以外はすべて有意な相関関係を認めた。NTG 群と POAG 群とで分けて, PPAVA の面積と SE, PPA の面積と SE, zone alpha の面積と SE, zone beta の面積と SE の相関について検討すると, NTG 群では各々相関係数 $-0.374(p = 0.05991), -0.283(p > 0.1), -0.105(p > 0.1), -0.410(p = 0.03755)$, POAG 群では各々相関係数 $-0.227(p > 0.1), -0.208(p > 0.1), -0.061(p > 0.1), -$

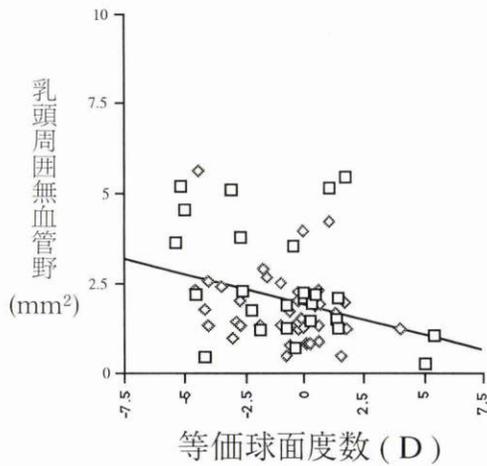


図3a PPAVAの面積と等価球面度数(SE)の相関。
 $r = -0.298, p = 0.01496, n = 66.$

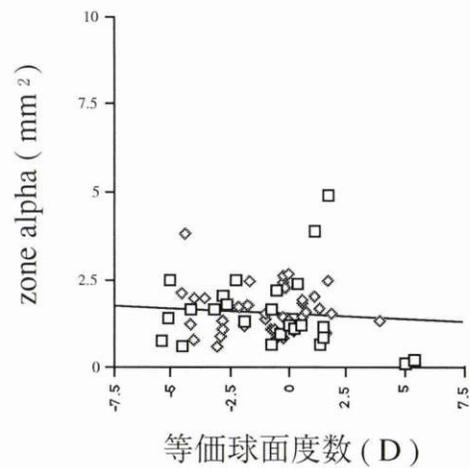


図3c Zone alphaの面積とSEの相関。
 $r = -0.087, p > 0.1, n = 66.$

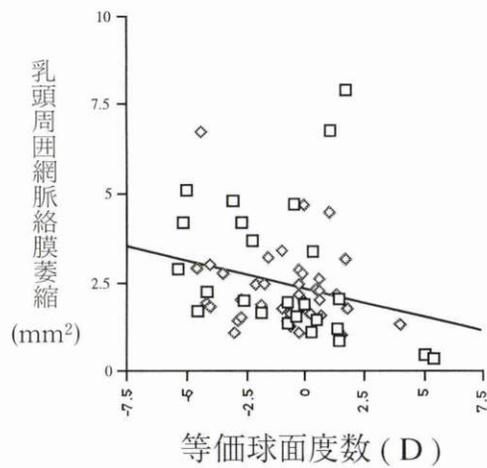


図3b PPAの面積とSEの相関。
 $r = -0.249, p = 0.04405, n = 66.$

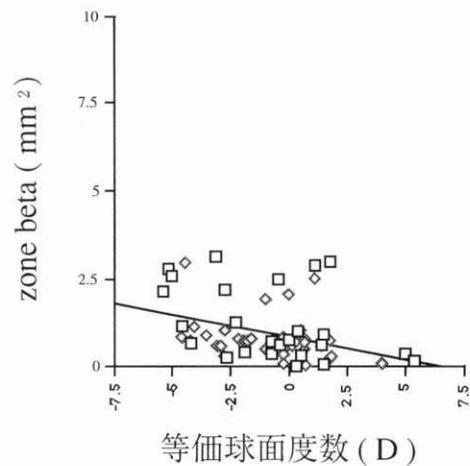


図3d Zone betaの面積とSEの相関。
 $r = -0.352, p = 0.00371, n = 66.$

0.305 ($p = 0.05575$)であった。

NTG群とPOAG群の間のPPAVAの面積, PPAの面積, zone alphaの面積, zone betaの面積の相違について検討を行った。PPAVAの面積はNTG群では平均 2.447 ± 1.563 (平均値 \pm 標準偏差) mm^2 , POAG群では平均 $1.754 \pm 1.062 \text{mm}^2$ であった。NTG群, POAG群を目的変数とし, SE(D), MD(dB), 乳頭面積(mm^2), PPAVAの面積(mm^2)を説明変数として, Logistic重回帰分析を行ったところ, NTG群で有意に ($p = 0.04434$) PPAVAの面積が大きいという結果が得られた。Zone betaの面積はNTG群で平均値 $1.185 \pm 1.050 \text{mm}^2$, POAG群で平均値 $0.730 \pm 0.615 \text{mm}^2$ であり, 同様に, NTG群, POAG群を目的変数とし, SE(D), MD(dB), 乳頭面積(mm^2), zone betaの面積(mm^2)を説明変数として Logistic重回帰分析を行ったところ, NTG群で有意に ($p = 0.02750$) zone betaの面積が大きいという結果が得られた。PPAの面積はNTG群で平均値 $2.722 \pm 1.920 \text{mm}^2$, POAG群で平均値 $2.272 \pm 1.097 \text{mm}^2$, zone

alphaの面積はNTG群で平均値 $1.537 \pm 1.073 \text{mm}^2$, POAG群で平均値 $1.542 \pm 0.659 \text{mm}^2$ であり, 同様のLogistic重回帰分析を行っても有意差は認められなかった。

PPAVA (mm^2), PPA (mm^2), zone alpha (mm^2), zone beta (mm^2), SE(D), MD(dB)のNTG, POAG群ごとの平均値を表1に示した。

IV 考 按

PPAはzone alphaとzone betaとに分けられ, より乳頭の遠位に存在するzone alphaは検眼鏡的に色素の濃淡が混在するように観察され, 一方より乳頭の近位に存在するzone betaでは脈絡膜および強膜が透見される⁴⁾¹⁷⁾。組織学的にはzone alphaは網膜色素上皮細胞の変性, 萎縮, 色素顆粒の増加などの不規則な混在とされ, zone betaは網膜色素上皮細胞の完全消失と隣接する視細胞の減少とされる¹⁾¹⁸⁾。また, Kubotaら¹⁰⁾は緑内障における視神経乳頭周囲の著明な脈絡膜の厚みの減少について報告し, その主たる原因として脈絡膜血管径の減

表1 正常眼圧緑内障, 原発開放隅角緑内障各群における乳頭周囲無血管野, 乳頭周囲網脈絡膜萎縮, zone alpha, zone beta, 等価球面度数, 平均偏差の平均値

	正常眼圧緑内障	原発開放隅角緑内障
乳頭周囲無血管野(mm ²)	2.447±1.563	1.754±1.062
乳頭周囲網脈絡膜萎縮(mm ²)	2.722±1.920	2.272±1.097
zone alpha(mm ²)	1.537±1.073	1.542±0.659
zone beta(mm ²)	1.185±1.050	0.730±0.615
等価球面度数(D)	-0.784±2.834	-0.828±1.983
平均偏差(dB)	-10.06±9.28	-15.01±10.38

少を挙げている。これら PPA が非緑内障眼に比し、緑内障眼に、より高頻度に、また有意に大きいことは従来から報告^{1)~5)}されており、緑内障眼における乳頭周囲の重要所見と考えられている。

中村ら¹⁷⁾は緑内障および高眼圧症症例における PPA について、FA および IA を施行して観察している。Zone alpha は FA で window defect による過螢光を示し、IA では大部分が網脈絡膜萎縮の存在しない部分と同等の均一な螢光を示したが、脈絡膜循環障害による背景螢光の減少による低螢光を示す部位も存在した。一方、zone beta は FA で脈絡膜螢光を欠き、IA でも低螢光のままであった。これらから、zone alpha では脈絡膜循環は大部分で保たれているが、zone beta では脈絡膜毛細血管が閉塞し、脈絡膜循環が著明に障害されていると報告している。これらの点を踏まえ、今回の検討では、zone alpha は FA での過螢光領域、zone beta は FA での低螢光領域とし、さらに、カラー眼底写真も参考にして各面積を測定した。今回の我々のもう 1 つの検討項目である PPAVA も中村ら¹⁷⁾の考察と同様であり、基本的には PPAVA は zone beta 全体に加え、zone alpha の中で脈絡膜障害の著明な領域として表され、よって PPAVA の面積は一般に zone beta よりも大きくなる。

今回の検討結果で、PPAVA の面積、PPA の面積、zone alpha の面積、zone beta の面積と MD との相関は、各々相関係数が -0.037, -0.081, -0.054, -0.089 で、いずれも有意な相関関係は認められなかった。しかし、Jonas ら³⁾は POAG 234 例 234 眼と正常眼 231 例 231 眼において、PPA の面積と Octopus 視野検査で得られた mean visual field loss との相関をみているが、相関係数は 0.36 で、両者の間に有意な相関関係を認めたと報告している。また、Heijl ら¹⁹⁾は緑内障 62 眼について、PPA の存在部位と視野欠損部との有意な相関を認めたと報告している。小関ら⁶⁾は緑内障眼において、PPA の面積と Humphrey 視野検査(中心 10-2 プログラム)結果との関係について検討し、中心窩と乳頭中心を結ぶ線を基準とし乳頭を 4 分割して、中心 10 度内視野に対応する耳側の PPA、すなわち 4 分割 PPA と同 4 分割乳頭面積比(4 分割 PPA/D 比)と、total deviation の平均値との相関をみているが、相関係数は、NTG 群で -0.62、POAG 群で -0.64 といずれも高い相関関係を認めており、緑内障眼に

おける PPA は中心 10 度以内の視野障害の程度をよく反映していると結論した。これら過去の報告との相違については今後さらに症例数を増やし、また中心視野と PPA との関係についても今後検討したい。

次に、今回の検討結果で PPAVA の面積、PPA の面積、zone beta の面積と SE との間に、各々相関係数 -0.298(p=0.01496), -0.249(p=0.04405), -0.352(p=0.00371)と有意な相関関係を認めた。Jonas ら²⁰⁾は -8 D 以上の近視を有する症例について PPA の面積と屈折値との間で有意な相関関係を認めたと報告しており、これを受けて、前述の Jonas ら³⁾の報告では -8 D 以上の近視を有する症例は除かれている。今回の対象は全例 -6 D 未満の非強度近視眼の症例であるにもかかわらず、PPAVA の面積、PPA の面積と SE との間に有意な相関がみられた。これは -6 D 未満でも PPA に対する近視の影響を完全に除外することができていないことを示しており、PPA に対する純粋な緑内障の影響を検討するには、より正視に近づいた母集団にしなければならないのかも知れない。あるいは、検討目的によっては、今回のように Logistic 重回帰分析などの多変量解析を用いるべきであると考えられた。

NTG 群と POAG 群の間の比較検討結果では、Logistic 重回帰分析の結果から、同様の SE, MD 値、乳頭面積を有する場合、NTG 群では POAG 群に比して、PPAVA の面積および zone beta の面積が有意に大きいという結果が得られた。Zone alpha、つまり大部分で脈絡膜循環が保たれている領域の大きさについては有意差が認められなかったことも併わせ、以上の結果は、NTG 群の方が POAG 群に比して有意に乳頭周囲脈絡膜循環障害の程度が大きい可能性を示唆している。Jonas ら²¹⁾は Mann-Whitney U test を用いて、NTG, POAG 間の zone alpha, zone beta の面積差を検討し、有意差は認められなかったと報告している。今回我々は、NTG 群、POAG 群を目的変数とし、SE(D), MD(dB), 乳頭面積(mm²), PPAVA の面積、PPA の面積、zone alpha の面積、zone beta の面積(mm²)を説明変数として、Logistic 重回帰分析を行った。PPAVA, PPA の面積を規定または関与するものとしては少なくとも屈折値、視野障害指標、乳頭面積が挙げられ、これらは交絡因子であると考えられ、Mann-Whitney U test などの単変量解析より、今回の

Logistic 重回帰分析のような多変量解析の方が適当であると考えられる。

PPA は局所の血流障害と関連することが示唆されており^{7)~9)}、また、緑内障における脈絡膜循環障害を示唆している報告^{10)~12)}はいくつか知られ、実験緑内障においても乳頭近傍領域の脈絡膜循環が障害されやすいことが報告¹³⁾¹⁴⁾されている。Jonas ら³⁾は正常眼および緑内障眼において、乳頭辺縁部面積、陥凹/乳頭径比などの従来から用いられている乳頭パラメーターとの相関は、zone alpha に比して zone beta の面積の方がより有意であったと報告し、乳頭周囲脈絡膜循環障害がこれらのパラメーターの変化と有意に関連していることを示唆している。また、PPA は POAG でもあまり眼圧の高くない群に多く、また NTG においても正常および高眼圧症と比較して高頻度かつ広範囲に認められることから⁵⁾、PPA の発症には眼圧の関与が少ないことが示唆されている。これらから、推測の域を出ないが、NTG において眼圧が正常範囲内であるにもかかわらず、視野障害が進行していくのは、これら PPA に関連するとされる乳頭周囲の脈絡膜循環障害もその一因になっているのかも知れない。

今回、POAG 群に比して、NTG 群において PPAVA の面積、zone beta の面積が大きいという結果が得られたが、PPAVA および PPA の面積と MD との間に有意な相関関係を認めなかったことから、今回の結果だけでは、PPA が乳頭周囲の脈絡膜循環障害と関連するものとしても、これが視野障害の原因として主要な役割を演ずるものであると結論することはできない。しかし、今回 NTG と POAG の間に認められた PPAVA および zone beta の面積差からも、NTG と POAG の間に何らかの病態の差が存在する可能性があると考えられる。また、過去の報告結果³⁾⁶⁾¹⁹⁾から、症例数が増加すれば、PPA および PPAVA と視野検査結果のパラメーターとの間に有意な相関がある可能性は十分考えられるので、今後さらに症例数を増やし、また、中心部視野と PPAVA と PPA との相関関係についても検討する予定である。

統計学的検討に御協力いただきました本学の公衆衛生学教室田辺直仁先生、関 奈緒先生に深謝いたします。

本論文は第7回日本緑内障学会で発表した。

文 献

- 1) Jonas J, Konigsreuther K, Naumann G: 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.
- 2) Jonas J, Nguyen X, Gusek G, Naumann G: Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. I. Morphometric Data. Invest Ophthalmol Vis Sci 30: 908-918, 1989.
- 3) Jonas JB, Naumann GOH: Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. II. Correlations. Invest Ophthalmol Vis Sci 30: 919-926, 1989.
- 4) Jonas JB, Fernandez MC, Naumann GOH: Glaucomatous parapapillary atrophy. Occurrence and correlations. Arch Ophthalmol 110: 214-222, 1992.
- 5) Buus DR, Anderson DR: Peripapillary crescents and halos in normal-tension glaucoma and ocular hypertension. Ophthalmol 96: 16-19, 1989.
- 6) 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.
- 7) Geijssen HC: Study on normal pressure glaucoma. Kugler Publications, New York, 87-92, 1991.
- 8) Primrose J: Early signs of the glaucomatous disc. Br J Ophthalmol 55: 820-825, 1971.
- 9) Raitta C, Sarmela T: Fluorescein angiography of the optic disc and the peripapillary area in chronic glaucoma. Acta Ophthalmol 48: 303-308, 1970.
- 10) Kubota T, Jonas J, Naumann G: Decreased chorioidal thickness in eyes with secondary angle closure glaucoma. An aetiological factor for deep retinal changes in glaucoma? Br J Ophthalmol 77: 430-432, 1993.
- 11) 久保田敏昭, Schlotzer-Schrehardt UM, Naumann GOH, 向野利彦, 猪俣 孟: 緑内障性網脈絡膜萎縮の微細構造. 日眼会誌 98(臨時増刊): 98, 1994.
- 12) François J, Neetens A: Vascularity of the eye and optic nerve in glaucoma. Arch Ophthalmol 71: 219-225, 1964.
- 13) Dollery CT, Henkind P, Kohner EM, Paterson JW: Effect of raised intraocular pressure on the retinal and chorioidal circulation. Invest Ophthalmol 7: 191-198, 1968.
- 14) Alm A, Bill A: Ocular and optic nerve blood flow at normal and increased intraocular pressures in monkeys (*Macaca irus*): A study with radioactive labelled microspheres including flow determinations in brain and some other tissues. Exp Eye Res 15: 15-29, 1973.
- 15) 白柏基宏: 低眼圧緑内障に関する諸問題—減圧手術の効果—, あたらしい眼科 9: 625-629, 1992.
- 16) Littmann H: Zur Bestimmung der wahren Gro ß e eines Objektes auf dem Hintergrund des lebenden Auges. Klin Monatsbl Augenheilkd 180: 286-289, 1982.
- 17) 中村多賀雄, 田原昭彦, 久保田敏昭, 菅井 滋, 猪俣 孟: 乳頭周囲網脈絡膜萎縮の走査レーザー検眼鏡による検討. あたらしい眼科 13: 139-142, 1996.
- 18) Kubota T, Jonas J, Naumann G: Direct clinicohistological correlation of parapapillary chorioretinal atrophy. Br J Ophthalmol 77: 103-106, 1993.
- 19) Heijl A, Samander C: Peripapillary atrophy and glaucomatous visual field defects. In: Heijl A, et al (Eds): Proceedings of the 6th Int. Visual Field Symposium. Dr W Junk Publishers, Dordrecht, 1989.

cht, Netherlands, 403—407, 1985.

- 20) **Jonas J, Gusek G, Naumann G:** Optic disk morphometry in high myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 226 : 587—590, 1988.

- 21) **Jonas JB, Xu L:** Parapapillary chorioretinal atrophy in normal-pressure glaucoma. *Am J Ophthalmol* 115 : 501—505, 1993.