正常眼圧緑内障眼における watershed zone と視野障害との関連

佐藤 之英, 富田 剛司, 恩田 鋭治, 後藤 靖彦, 小栗 章弘, 北澤 克明
岐阜大学医学部眼科学教室

要 約

正常眼圧緑内障患者27例の両眼に対し, 走査型レーザー検眼鏡を用いてインドシアニングリーン螢光眼底造影を施行した. 脈絡膜分水嶺(以下, watershed zone)と視神経乳頭の位置関係を同定し, Humphrey 自動視野計による視野指標との関連を検討した. Watershed zone が乳頭を含まないタイプは7例8眼(14.8%), 乳頭の一部を含むタイプは20例32眼(59.3%), 乳頭の全体を含むタイプは10例14眼(25.9%)であった. また, 17例(63.0%)で watershed zone のタイプが両眼で一致し, 10例(37.0%)は不一致であった. Watershed zone のタイプが両眼で異なる11例について, 両眼を視神経乳頭が watershed zone により多く含まれる側とそうでない側とに分けて比較したところ, より多く含まれる側の眼で視野 mean deviation(以下, MD)は低い値であった($p<0.05$). また, 左右眼を視野指標の大小によって分け, タイプの違いを比較したところ, MD の低い側の眼で, watershed zone により多く含まれるタイプのものが多かった($p<0.05$). Watershed zone と視神経乳頭との位置関係は視野障害の進行に影響を与える可能性が示された. (日眼会誌 102 : 502—508, 1998)

キーワード : 正常眼圧緑内障, 視野欠損, 脈絡膜分水嶺, インドシアニングリーン螢光眼底造影, 走査型レーザー検眼鏡

Association between Watershed Zone and Visual Field Defect in Normal Tension Glaucoma

Yukihide Sato, Goji Tomita, Eiji Onda, Yasuhiko Goto, Akihiro Oguri and Yoshiaki Kitazawa
Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine

Abstract

In order to evaluate the association between the watershed zone and glaucomatous optic damage, we performed indocyanine green fluorescence angiography with a scanning laser ophthalmoscope in 54 eyes of 27 patients with normal tension glaucoma. The visual field indices were measured with a Humphrey Field Analyzer. We identified 8 eyes (14.8%) of 7 patients with a watershed zone not including the optic nerve head (type I), 32 eyes (59.3%) of 20 patients with the zone partially including the optic nerve head (type II), and 14 eyes (26.0%) of 10 patients with the zone including the optic nerve head (type III). Of the total of 27 patients, 10 patients (37.0%) had different types in each eye. In these patients, the mean deviation (MD) of visual field indices was worse in the eye with the watershed zone which included a larger part of the optic disc than in the contralateral eye ($p<0.05$). Conversely, the eye with worse MD than the contralateral eye had a watershed zone which included a larger part of the optic disc than the other eye ($p<0.05$). The location of watershed zone appeared to influence the progression of the visual field defect. (J Jpn Ophthalmol Soc 102 : 502—508, 1998)

Key words : Normal tension glaucoma, Visual field defect, Watershed zone, Indocyanine green fluorescence angiography, Scanning laser ophthalmoscope

I 緒 言

正常眼圧緑内障の病因論に関しては, 眼圧による機械的障害を主因とする説と, 血管攣縮や血管壁および血液成分の変化などによる視神経乳頭内の末梢循環不全をより重視する説が従来から存在する. Hayreh[1)~3)]は正常眼

別刷請求先 : 500－8705 岐阜県岐阜市司町40 岐阜大学医学部眼科学教室 佐藤 之英
(平成9年12月16日受付, 平成10年3月3日改訂受理)
Reprint requests to : Yukihide Sato, M.D. Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine. 40 Tsukasamachi, Gifu-shi, Gifu-ken 500－8705, Japan
(Receved December 16, 1997 and accepted in revised form March 3, 1998)

表1　対象の背景因子

例数	眼数	男/女	年齢(歳)	MD(dB)	CPSD(dB)	IOP(mmHg)	屈折(D)
27	54	9/18	59.7±14.8 (18～80)	−7.27±6.40 (−23.32～1.38)	7.22±4.66 (0.00～15.44)	14.5±2.2 (9.7～18.7)	−2.04±4.36 (−10.50～3.5)

平均値±標準偏差(レンジ)

MD : mean deviation　CPSD : corrected pattern standard deviation　IOP : intraocular pressure

表2　Watershed zone の分類

タイプ1	視神経乳頭を含まない
タイプ2	視神経乳頭の一部を含む
タイプ3	視神経乳頭全体を含む

圧緑内障を含む緑内障眼にフルオレセイン螢光眼底造影(以下,FAG)を施行し,80%以上の症例で動脈性の充盈遅延部位である脈絡膜分水嶺(以下,watershed zone)が視神経乳頭を含む乳頭周囲脈絡膜に観察されたと報告し,緑内障性障害の発生とwatershed zoneの存在部位との関連を指摘した.彼は緑内障性障害について循環不全説を重視する立場をとり,その根拠として視神経乳頭の篩板前部および篩板部の血管は短後毛様動脈由来の乳頭周囲脈絡膜動脈からの分枝であることをあげている[1~6].しかしながら,対照群と比較した場合,視神経乳頭部がwatershed zoneに含まれる頻度に有意な差はなかったとの報告[7]もあり,眼底におけるwatershed zoneの部位が緑内障性視神経障害の発症や進行に影響を及ぼすか否かについては意見の一致をみていない.

Watershed zoneに関する知見が未だ完全には得られていない理由の1つとして,従来の眼底カメラによるFAGでは,造影早期のごく一瞬にしか捕えることのできない脈絡膜血流のwatershed zoneを十分に検出するのが難しかったことがあげられる.一方,走査型レーザー検眼鏡(以下,SLO)を用いたインドシアニングリーン螢光眼底造影(以下,ICG造影)は,励起光,螢光とも網膜色素上皮を透過する近赤外光を用いるため,脈絡膜の観察に優れている.また,ICG色素はその98%以上が血中で血漿蛋白と結合し高分子となるために,fenestrationが存在する脈絡膜血管からの漏出が少なく,脈絡膜の血流動態を観察するのに適した方法とされ,近年臨床への応用が普及しつつある[8][9].これに加えて,単波長のレーザー光と共焦点孔で眼底を観察するSLOは画像の解像度が高く,また,1/30秒毎に記録されたビデオテープ画像を連続的に1画像ずつ観察することにより,従来の写真による判定に比して造影極早期の血流動態の解析がより詳細に行える利点がある.

今回我々は,watershed zoneが乳頭部を含む部分に存在することが,特に正常眼圧緑内障の緑内障性障害に何らかの関連を有するか否かを検討する目的で,FAGに比して脈絡膜循環動態の解析がより詳細に可能であると考えられるSLO-ICG造影法を用いてwatershed zoneと視神経乳頭の解剖学的な位置関係を同定するとともに,それを両眼で比較し,その位置関係の違いと緑内障性視野変化との関連を検討したので報告する.

II　対象および方法

岐阜大学医学部附属病院眼科において経過観察中の正常眼圧緑内障患者のうち,平成7年5月から平成8年12月の間に眼圧変動測定のために入院中あるいは外来経過観察中にICG造影を施行した57例のうち,中間透光体混濁が強い例や,眼球運動が強く良好なICG造影像が得られなかった例,両眼の検査が施行できなかった例および自動視野計測による視野測定結果の信頼性の低い例を除外した27例54眼(年齢19～80歳,平均値±標準偏差59.7±14.8歳,男/女=9/18)を解析の対象とした(表1).正常眼圧緑内障の診断基準は,① 眼圧が21 mmHgを超えない(2時間毎に24時間測定した眼圧日内変動値を含む),② 両眼正常開放隅角,③ 両眼に緑内障性視神経乳頭変化と視神経線維層欠損を認め,少なくとも1眼に緑内障性視野変化が存在する,④ 視神経乳頭の緑内障様変化を惹起し得る疾患が除外される,の4条件をすべて満たすものとした.対象者からは,検査の内容を十分説明した上で全員インフォームド・コンセントを得た.

ICG造影は,SLO(ローデンストック社製,ドイツ)の赤外線レーザー(770 nm)を用い,レーザー強度5(Laser IR,5),ビデオ感度は自動設定(Video gain,A)としてインドシアニンフィルター(filter,IF)を入れ,蒸留水1 mlに溶解したインドシアニングリーン5 mgを前腕表在静脈内に留置した翼状針(22ゲージ)から急速静注して施行した.眼底撮影は画角40度で1分間以上行い,造影結果はビデオテープ(8 mmビデオ,Hi 8 HG,ソニー社製)に記録した.次いで,1秒間に30画面の画像を1画面ずつ造影初期から観察しながら,1人の検者が画像以外の臨床情報を伏せた上で,watershed zoneの確認と視神経乳頭との位置関係の同定を行った.各眼について,watershed zoneが視神経乳頭を含まない(タイプ1)(図1,2),一部を含む(タイプ2)(図3,4)および視神経乳頭全体を含む(タイプ3)(図5,6)の3群に分類した(表2).この判定は造影剤の眼底への出現後5秒以内に行った.1眼の造影検査後,少なくとも3日以上おいて他眼の検査を行った.

視野検査は,全対象眼に対してHumphrey Field Ana-

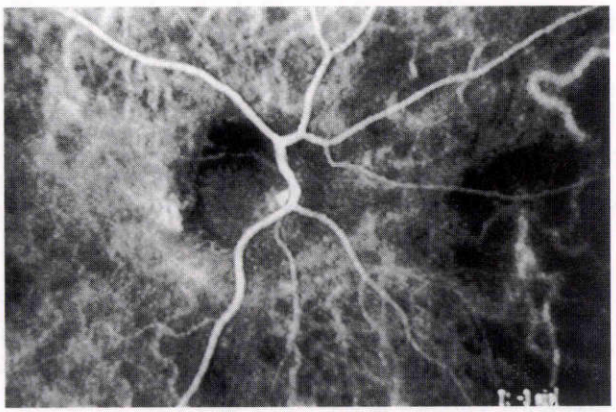

図1 タイプ1の例インドシアニングリーン(ICG)静注後23.3秒.
Watershed zoneは視神経乳頭を含まないと判定した.

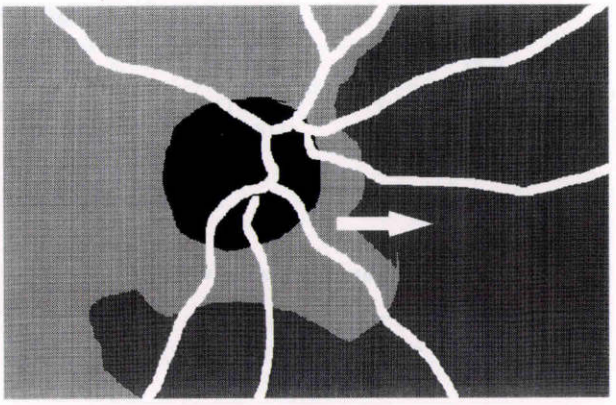

図2 図1のシェーマ.
矢印はwatershed zoneを示す(以下同じ).

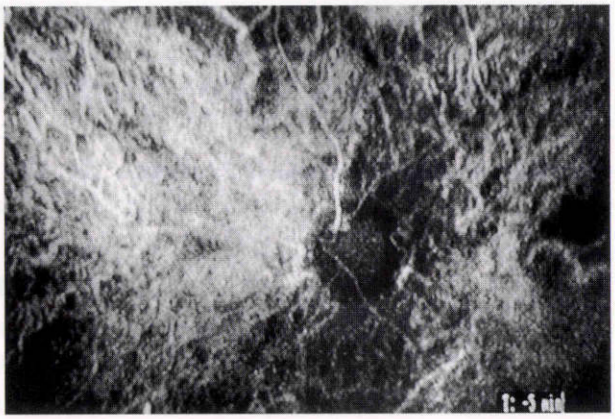

図3 タイプ2の例ICG静注後17.3秒.
Watershed zoneは視神経乳頭の一部を含むと判定した.

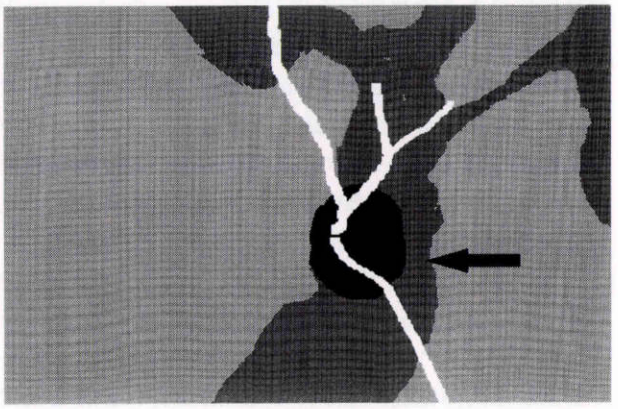

図4 図3のシェーマ.

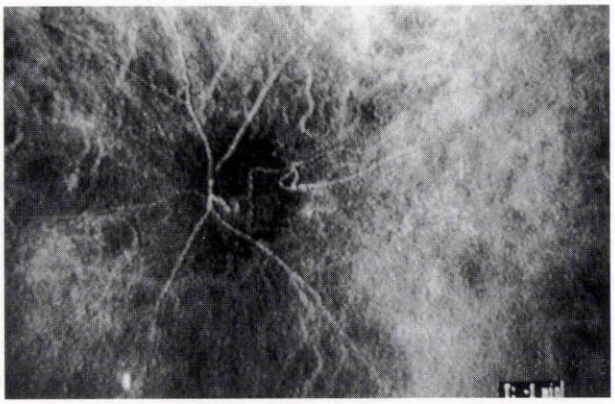

図5 タイプ3の例ICG静注後23.1秒.
Watershed zoneは視神経乳頭全体を含むと判定した.

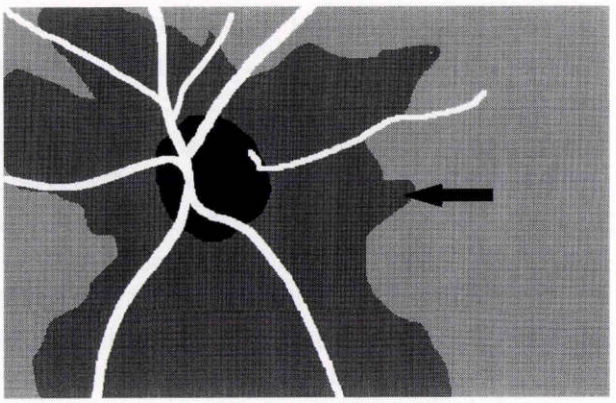

図6 図5のシェーマ.

lyzer 630(ハンフリー社製,米国),プログラム中心30-2で行い,視野解析プログラムSTATPAC IIで計算されるmean deviation(以下,MD)およびcorrected pattern standard deviation(以下,CPSD)を緑内障性視野障害の指標として用いた.固視不良,偽陽性,偽陰性率ともすべて20%以下であった.このようにして分類した両眼のwatershed zoneのタイプとMDおよびCPSDを比較検討し,同時に眼圧および屈折値についても比較を試みた.眼圧はGoldmann圧平眼圧計を用いて測定し,2回目の造影検査日より前で,かつその日に一番近い診察時の結果と,その後の2回の診察時の値の計3回を平均して眼

表3

	例数	眼数(%)	男/女	年齢(歳)*	MD(dB)*	CPSD(dB)*	IOP(mmHg)*	屈折(D)*
タイプ1	7	8(14.8)	0/7	62.8±10.0	−5.56±4.49	8.16±5.35	15.1±2.9	−1.06±4.65
タイプ2	20	32(59.3)	7/13	56.4±15.9	−7.31±6.10	8.40±4.12	14.5±2.1	−1.77±3.99
タイプ3	10	14(25.9)	4/6	58.1±18.3	−10.14±7.97	7.97±4.58	13.6±2.1	−3.89±5.00

平均値±標準偏差　　*：NS(Kurskal-Wallisの検定)

表4　Watershed zoneタイプ

両眼で一致 17人(63.0%)	男/女=7/10	年齢63.2±13.1(歳)
タイプ1	1人(3.7%)	
タイプ2	12人(44.4%)	
タイプ3	4人(14.8%)	
両眼で不一致 10人(37.0%)	男/女=2/8	年齢53.6±16.0(歳)
タイプ1とタイプ2	4人(14.8%)	
タイプ1とタイプ3	2人(7.4%)	
タイプ2とタイプ3	4人(14.8%)	

平均値±標準偏差

圧値とした.屈折値はオートケラトレフラクトメーターKR-7100P(トプコン社製)で測定し,等価球面値を用いた.

統計学的解析法として,対応のある2群間の平均値の比較にWilcoxon符号順位検定を,対応のない3群間の比較にKurskal-Wallisの検定を用い,有意水準はp<0.05とした.

III　結　　果

視野MD値の範囲と平均値±標準偏差は,−23.32〜1.38 dB,−7.27±6.40 dBであり,CPSDのそれは,0.00〜15.44 dB,7.22±4.66 dBであった.眼圧および屈折のそれは,それぞれ9.7〜18.7 mmHg,14.5±2.2 mmHgおよび−10.50〜3.50D,−2.04±4.36Dであった(表1).ICG造影において,全眼で眼底後極部にwatershed zoneが観察された.Watershed zoneが視神経乳頭を含まないタイプ1は7例8眼(14.8%),一部を含むタイプ2が20例32眼(59.3%),乳頭全体を含むタイプ3は10例14眼(25.9%)であった.また,各タイプ間において,年齢,MD,CPSD,眼圧,屈折に有意な差はなかった(Kurskal-Wallisの検定,表3).17例(63.0%)でwatershed zoneのタイプが両眼で一致し,10例(37.0%)は不一致であった.タイプが両眼で同じであった17例の内訳は,タイプ1が1例(5.9%),タイプ2が12例(70.6%),タイプ3は4例(23.5%)であった(表4).Watershed zoneのタイプが両眼で異なっていた10例の内訳は,タイプ1とタイプ2の組み合わせが4例(40.0%),タイプ1とタイプ3の組み合わせが2例(20.0%)であり,タイプ2とタイプ3の組み合わせは4例(40.0%)であった(表4).

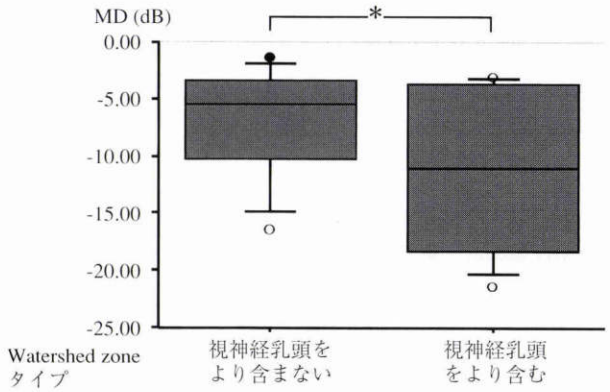

図7　両眼でwatershed zoneタイプが異なる場合のmean deviation(MD)値の比較.
図の水平線は10,90%の各パーセンタイルを示し,○は10%以下と90%以上のパーセンタイルのプロットを示す.ボックスは25〜75%のパーセンタイルの分布を示す(以下同じ).
*：P<0.05を示す.n=10 pairs
乳頭がwatershed zoneにより多く含まれる側の眼で,MD値は統計学的に有意に低い値であった.

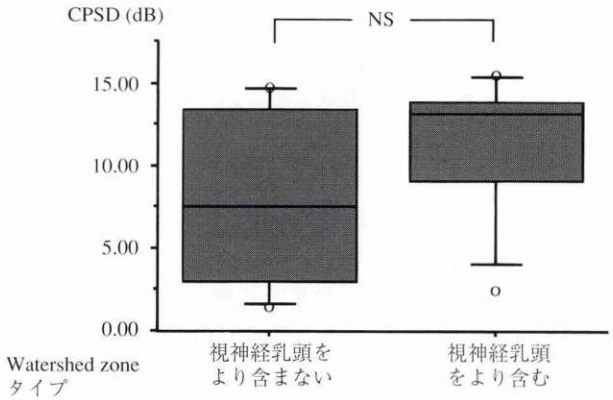

図8　両眼でwatershed zoneタイプが異なる場合のcorrected pattern standard deviation(CPSD)値の比較.
NS:P>0.05を示す.
n=10 pairs
CPSD値には統計学的に有意な差はなかった.

両眼でwatershed zoneのタイプが同じでなかった10例について,左右眼を視神経乳頭がwatershed zoneにより多く含まれる側とそうでない側に分け(タイプ1

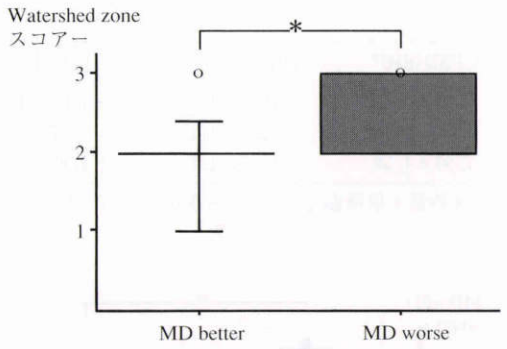

図9 両眼のMD値に平均値以上の差がある場合のwatershed zoneスコアーの比較.
*：P<0.05を示す. n=11 pairs
Watershed zoneスコアーはタイプ1は1, タイプ2は2, タイプ3は3とした(以下同じ).
MD値の低い側の眼で統計学的に有意に視神経乳頭はwatershed zoneにより多く含まれていた.

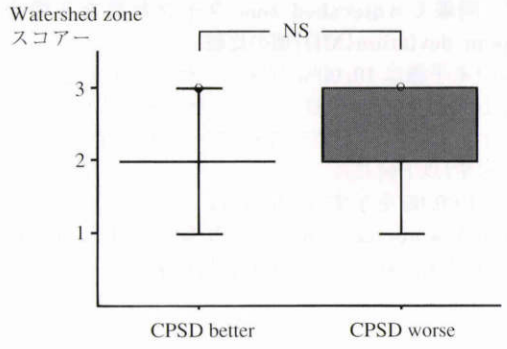

図10 両眼のCPSD値に平均値以上の差がある場合のwatershed zoneスコアーの比較.
NS：p>0.05を示す. n=11 pairs
統計学的に有意な差はなかった.

よりも2, 2よりも3の方がより多く含まれるとした), 視野MD値およびCPSD値を比較したところ, 乳頭がwatershed zoneにより多く含まれる側の眼でMD値は統計学的に有意に低い値であった(P=0.0284, Wilcoxon符号順位検定). CPSD値については差はみられなかった(p=0.1394)(図7, 8). 眼圧, 屈折値に関しては差はみられなかった.

次に, watershed zoneのタイプ1を1, タイプ2を2, タイプ3を3とスコアー化し, 左右眼のMD値の差が対象27例の平均値4.29 dB以上であった11例を視野障害の左右差が比較的大きいとして, MD値の大小で左右眼を分けてwatershed zoneのスコアーを比較した. その結果, MD値の低い側の眼で視神経乳頭はwatershed zoneにより多く含まれていることがわかった(p=0.0431, Wilcoxon符号順位検定). また, 眼圧, 屈折値を同様に比較したが, 差はみられなかった. CPSD値についても同様に, 3.98 dB以上の差のあった11例について検討したが, 有意差はなかった(p=0.4469)(図9, 10).

IV 考 按

今回, 我々はICG造影による観察でwatershed zoneと視神経乳頭との位置関係を同定し, 視野障害との関連性を検討した. その結果, 対象全例でwatershed zoneが観察され, 約60%では左右眼で, その視神経乳頭との位置関係のタイプは一致したが, 残りの約40%では不一致であった. 不一致の症例では, 視神経乳頭がwatershed zoneにより多く含まれる側の眼において視野障害の程度は強かった. さらに, 左右眼の視野指標の差が, 今回の対象となった27例の平均値以上であった例を視野障害の左右差が比較的大きいと諮意的に判断して検討したところ, 視野指標のMD値が左右眼を比べてより低い側の眼において, watershed zoneはより多く視神経乳頭を含んでいた.

緑内障性障害に対する脈絡膜血流の循環不全の関与について, FerdinandらはSLOを用いてFAGによる造影輝度を経時的に解析し, 正常眼圧緑内障眼の脈絡膜においてflow/volumeで表されるrefreshment timeが正常眼や原発開放隅角緑内障眼に比し有意に遅延し, また, 原発開放隅角緑内障は網膜の循環速度が低下していることを報告し, 正常眼圧緑内障では, 特に脈絡膜血流の循環が緑内障性障害発生に関連している可能性を指摘した[10)~12)].

また, watershed zoneと緑内障との関連をFAGで検討した研究であるHayrehら[1)~3)]の報告によれば, 原発開放隅角緑内障眼および正常眼圧緑内障眼の80%以上の症例でwatershed zoneが視神経乳頭を含んでいたとしている. このことについて, 彼は緑内障性障害について循環不全説を重視する立場をとり, watershed zoneの視神経乳頭に対する存在部位がその障害の成因の一つになっていると結論している. この根拠については, 人眼のFAGおよび摘出眼に対しneoprene latex注入によって得られた所見, さらに, 組織学的検索から得られた視神経乳頭および視神経乳頭周囲脈絡膜の栄養血管の解剖学的な関係を基に, 以下のように説明されている[1)~6)]. すなわち, 後極部脈絡膜の栄養血管である短後毛様動脈は終動脈であり, 脈絡膜において隣接するお互いの還流領域の境界に造影剤の充盈遅延部, すなわちwatershed zoneが生じる. また, 視神経乳頭の篩板前部および篩板部は, 短後毛様動脈由来の乳頭周囲脈絡膜動脈からの分枝によって栄養されている. このために, 乳頭部がwatershed zoneに含まれることは視神経乳頭の循環不全が存在することを示しており, このことが緑内障性の変化を起きやすくしている原因であろうと結論している. しかしながら, 非緑内障眼と正常眼圧緑内障眼を対象としてwatershed zoneの位置を比較検討したところ, watershed

zoneが視神経乳頭を含む割合に有意な差はなかったとする報告[7]もあり，我々が以前行った報告でも同様の結果であった[13]．

一方，視神経乳頭の血管系については，血管鋳型標本の走査電子顕微鏡による観察の知見がいくつか報告されており，Simizuら[14]はサル眼の篩板前部を観察し，その血管叢が傍乳頭縁の脈絡膜毛細血管との吻合を有し，また傍乳頭部の短後毛様動脈の分枝が直接灌流し，さらに短後毛様動脈の反回枝が分布していることを指摘した．また，Fryczkowski[15]は摘出人眼を観察して，篩板部では短後毛様動脈が直接もしくはZinn-Haller動脈輪を介して分布すること，篩板前部では傍乳頭脈絡膜を灌流する短後毛様動脈の分枝が分布することを報告した．さらに，Ondaら[16]は摘出人眼13眼を観察し，13眼全眼において短後毛様動脈から篩板前部および篩板部を栄養する分枝が出されており，11眼はZinn-Haller動脈輪から，2眼は直接短後毛様動脈から分枝していたが，乳頭周囲脈絡膜から視神経乳頭に直接分布する動脈はなかったと報告している．恩田ら[17]は短後毛様動脈は視神経乳頭に対する分枝を出してから脈絡膜上に分布するために，watershed zoneは脈絡膜における短後毛様動脈の分布および血流動態を示してはいるが，必ずしも視神経乳頭内における循環動態を反映していない可能性を指摘している．

このように緑内障性障害と脈絡膜循環には何らかの関連があるとする報告はあるものの，watershed zoneと緑内障性障害の関係は未だ明らかにされてはいない．

解剖学的な意味で，短後毛様動脈の灌流領域の境界としてのwatershed zoneの位置は，脈絡膜の循環動態に変わりがなければ変化しないと考えられる．しかしながら，天野ら[18]はICGビデオカメラを用いたICG造影によって，健常な若年者27例27眼および壮年者21例21眼を対象として脈絡膜初期充盈像を観察し，若年者で認められた視神経乳頭を中心としたwatershed zoneが壮年者でははとんど観察されなかったと報告しており，加齢による脈絡膜の循環動態の変化の可能性を示唆している．一方，今回の我々の研究では，壮年者を含めた対象全例でwatershed zoneが同定された．本研究では，緑内障眼のみを対象としていること，SLOを用いていることなど，彼らの結果とは単純には比較できないものの，緑内障性障害と脈絡膜循環の変化に何らかの関連がある傍証とも推察され興味深い．

Watershed zoneが視神経乳頭を含む割合に差のある2群間で，緑内障性障害に差が存在するか否かを比較するためには，2群間の罹病期間が一致していることが重要と考えられるが，これを一致させることは不可能である．そこで，今回は両眼での差に注目し検討した．検討したサブグループでの両眼の差は，視野指標あるいはwatershed zoneのタイプの違いのみであり，眼圧，屈折異常などの他の要因には差がなかったことから，今回の結果からはwatershed zoneが視野障害の原因である視神経障害の進行に影響を及ぼしている可能性を示していると考えられた．しかしながら，視神経障害の左右差をwatershed zoneの位置だけで完全に説明することはできない．また，watershed zoneが視神経乳頭部に存在しても緑内障を発症しない例も多く存在することから[7][13]，何らかの他の要因とが複合的に関連しているものと推察された．今後，これらの症例の視野進行を長期観察することにより，脈絡膜循環と視野障害進行との関連がより明確にされることが期待される．

以上，結論として正常眼圧緑内障の中の一部では，watershed zoneの存在部位が視野障害の発生に関連している可能性が示された．

本研究の一部は第8回日本緑内障学会で佐藤が口演した．

文　献

1) **Hayreh SS**: Blood supply of the optic nerve head in health and disease. In: Lambrou GN, et al (Eds): Ocular Blood Flow in Glaucoma Kugler & Ghedini, Amsterdam, 3—48, 1989.
2) **Hayreh SS**: The central artery of the retina. Its role in the blood supply of the optic nerve. Br J Ophthalmol 47: 651—663, 1963.
3) **Hayreh SS**: *In vivo* choroidal circulation and its watershed zones. Eye 4: 273—289, 1990.
4) **Singh S, Dass R**: The central artery of the retina. I. Origin and course. Br J Ophthalmol 44: 193—212, 1960.
5) **Singh S, Dass R**: The central artery of the retina. II. A study of its distribution and anastomosis. Br J Ophthalmol 44: 280—299, 1960.
6) **Hayreh SS**: Physiological anatomy of the choroidal vascular bed. Int Ophthalmol 6: 85—93, 1983.
7) **Giuffre G**: Main posterior watershed zone of the choroid. Variations of its position in normal subjects. Doc Ophthalmol 72: 175—180, 1989.
8) **三木徳彦**：特集ICG angiographyの臨床応用．原理と技法の進展．眼科　36: 137—141, 1994.
9) **Bischoff PM, Flower RW**: Ten years experience with choroidal angiography using indocyanine green dye, a new routine examination or an epilogue? Doc Ophthalmol 60: 235—291, 1985.
10) **Lambrou GN, van den Berg TJTP, Greve EL**: Vascular Plerometry of the Choroid. In: Lambrou GN, et al (Eds): Ocular Blood Flow in Glaucoma. Kugler & Ghedini, Amsterdam, 287—294, 1989.
11) **Ferdinand H, Duijm A, Rulo AHF, Asatin M, van den Berg TJTP, Greve EL**: Study of choroidal blood flow by comparison of SLO fluorescein angiography and microspheres. Exp Eye Res 63: 693—704, 1996.
12) **Ferdinand H, Duijm A, van den Berg TJTP, Greve EL**: A comparison of choroidal hemodynamics in patients with primary open-angle glau-

coma and normal-pressure glaucoma. Am J Ophthalmol 123:644—656, 1997.

13) **Onda E, Sato Y, Oguri A, Sugiyama K, Tomita G, Kitazawa Y,** et al: Angiographic evaluation of watershed zone in the peripapillary choroid in glaucoma and non-glaucoma eyes. Invest Ophthalmol Vis Sci (Suppl) 37 (3): 267, 1996.

14) **Shimizu K, Ujiie K**: Structure of Ocular Vessels. Igaku shoin, Tokyo-New York, 108—124, 1978.

15) **Fryczkowski AW**: Blood vessels of the eye and their changes in diabetes. In: Motta PM, at al (Eds): Scanning Electron Microscopy of Vascular Casts: Methods and Applications. Kluwer Academic Publishers, Boston, 293—312, 1992.

16) **Onda E, Cioffi GA, Bacon DR, van Buskirk EM**: Microvasculature of the human optic nerve. Am J Ophthalmol 120:92—102, 1995.

17) **恩田鋭治, 山本哲也**：緑内障性視神経障害. 循環障害説の立場から. 臨眼 50:17—20, 1996.

18) **天野 尚, 米谷 新**：ICG 螢光眼底造影による脈絡膜循環動態の加齢性変化の検索. 臨眼 49:47—54, 1995.