

Scanning laser polarimetry における白内障の影響

地場 達也, 小暮 諭, 塚原 重雄

山梨医科大学眼科学教室

要 約

目的: Scanning laser polarimetry に対する白内障の影響を検討した。

対象と方法: 白内障術前患者 43 例 43 眼に対し scanning laser polarimetry を用い、術前後で乳頭周囲の網膜神経線維層厚 (nerve fiber layer thickness, NFLT) を測定し、術前後の測定値変化について検討した。白内障手術は、超音波水晶体乳化吸引術および眼内レンズ挿入術を全例に施行し、術前後 3~6 日で NFLT を測定した。

結果: NFLT 測定値は、平均で 13.41% 増加 ($p < 0.0001$) した。また、白内障の程度分類に The Lens Opacities Classification System III を用い、白内障の程度と

NFLT 測定値変化量との間に正の相関 ($r_s = 0.56$, $p = 0.001$) があった。このうち、後囊下白内障の程度と変化量との間に特に強い相関 ($r_s = 0.493$, $p = 0.004$) があった。

結論: Scanning laser polarimetry で NFLT を測定する場合、白内障の進行に伴い NFLT 値を過小評価してしまう可能性があると思われる。(日眼会誌 104: 626—630, 2000)

キーワード: スキャンニングレーザーポラリメトリー、白内障、網膜神経線維層厚、Lens Opacities Classification System III

Influence of Cataract on Scanning Laser Polarimetry

Tatsuya Chiba, Satoshi Kogure and Shigeo Tsukahara

Department of Ophthalmology, Yamanashi Medical University

Abstract

Purpose: To evaluate the influence of cataract on scanning laser polarimetry.

Methods: Nerve fiber layer thickness (NFLT) around the optic nerve head was measured before and after surgery in 43 eyes of 43 patients with cataract. Phacoemulsification-aspiration and intraocular lens implantation was performed in all eyes.

Results: The mean NFLT increased 13.41% ($p < 0.0001$) postoperatively. Positive correlation ($r_s = 0.56$, $p = 0.001$) was observed between NFLT measurements and cataract degree, using Lens Opacities Classifica-

tion System III. Significant positive correlation ($r_s = 0.493$, $p = 0.004$) was observed between NFLT measurements and posterior subcapsular cataract degree.

Conclusion: Scanning laser polarimetry may underestimate NFLT in individuals with dense cataract. (J Jpn Ophthalmol Soc 104: 626—630, 2000)

Key words: Scanning laser polarimetry, Cataract, Nerve fiber layer thickness, Lens Opacities Classification System III

I 緒 言

Scanning laser polarimetry は生体眼で網膜神経線維層厚 (nerve fiber layer thickness, NFLT) を測定可能な方法として、緑内障に関して多くの研究がなされている^{1)~7)}。緑内障の治療および加齢に伴い白内障の合併はよく経験することであり、緑内障眼で NFLT の長期的な経時変化をみていく場合、加齢あるいは薬剤投与により合併する白内障が経過観察中に進行することが多い。白内障が視野検査などの眼科検査に影響することは広く知

られており⁸⁾⁹⁾、また、経過観察中に患者が白内障手術を受け、さらに術後も NFLT 変化を観察していく場合など、白内障による NFLT 測定値への影響や術前後の NFLT 測定値の変化は大きな問題となる。本検査においても、NFLT の測定値が白内障の影響をどの程度受けるかを確認することは重要である。また、白内障術後も NFLT の観察を継続するためには、白内障術前後における変化の有無を知る必要がある。

今回、著書らは白内障術前後において、NFLT の測定値の変化について比較検討した。

別刷請求先: 409-3898 山梨県中巨摩郡玉穂町下河東 1110 山梨医科大学眼科学教室 地場 達也
(平成 11 年 7 月 2 日受付, 平成 12 年 3 月 14 日改訂受理)

Reprint requests to: Tatsuya Chiba, M.D. Department of Ophthalmology, Yamanashi Medical University, 1110 Shimokato Tamaho-machi, Nakakoma-gun, Yamanashi 409-3898, Japan

(Received July 2, 1999 and accepted in revised form March 14, 2000)

II 対象および方法

山梨医科大学付属病院眼科で 1998 年 6~7 月の 2 か月に、白内障手術(超音波水晶体乳化吸引術および眼内レンズ挿入術)を施行された 43 例 43 眼[男性 24 例, 女性 19 例, 平均年齢 70.7±10.6(平均値±標準偏差)歳, 範囲(43~90 歳)]を対象とした。また, 術中の合併症があった症例は対象から除外した。

NFLT の測定は scanning laser polarimeter(Nerve fiber Analyzer[®]: NFA II, Version 2.1.17, Laser Diagnostic Technologies 社製, 米国)(NFA)を用いて全例散瞳状態で画角 15° で撮影し, 視神経乳頭径の 1.5 倍の同心円周上, 10 画素 1 幅で測定した。結果を NFA のプログラムを用いて全周, 上下耳鼻側 4 象限別に平均 NFLT を算出した。測定は同一検者(TC)によって行い, 被検者全員に検査目的と内容を十分に説明しインフォームド・コンセントを得た。

NFLT は白内障手術前日に連続 3~6 回測定し, 術後は 3~7 日後に術前と同様に連続 3~6 回測定するとともに, 矯正視力, 眼圧測定(ゴールドマン圧平眼圧計, イナミ社)も行った。白内障の程度判定は The Lens Opacities Classification System III(LOCS III)¹⁰⁾を用いて NFLT 測定と同一の検者(TC)によって行われた。LOCS III は白内障のタイプを核(NC), 皮質(C), 後囊下(P)とし, 核混濁が 6 段階, 皮質, 後囊下混濁は 5 段階に分類され, 各々 NC 1~6, C 1~5, P 1~5 と表記される。これを用いて白内障のタイプと NFLT 測定変化量との関係を検討した。

著者らはさらに, 白内障の程度を表す値として NC+C+P の値を用いて白内障程度と NFLT 測定変化量との関係についても検討した。統計学的解析は白内障術前後の測定値変動係数, NFLT を対応のある t 検定を用いて比較検討し, 有意水準は p<0.05 とした。また, 白内障の程度やタイプと術前後 NFLT 測定変化量との相関を一次回帰分析を用いて調べ, 相関係数は Spearman の順位相関係数を用いて比較検討し, 統計学的有意水準は p<0.05 とした。

III 結 果

術前矯正視力は 0.01~0.6 であり, 中央値は 0.3 であった。術後の矯正視力は 0.1~1.2 であり, 中央値は 0.8 であった。術後一過性に眼圧が上昇(30 mmHg 以上)した症例はなかった。

進行した白内障(LOCS III で NC 5 以上の全例, C 5, P 5 の一部の 8 例)は NFA の眼底液晶表示で視神経乳頭を確認できなかったため測定不能とし, 43 例中 35 例(男性 20 例, 女性 15 例)が測定可能であった。35 例の内訳は, 正常者 18 眼, 糖尿病網膜症 8 眼, 緑内障 7 眼, 陈旧性網膜静脈分枝閉塞症 1 眼, 網膜前黄斑線維症 1 眼であり, 糖尿病網膜症, 緑内障などの眼底疾患も含めた。測定可能

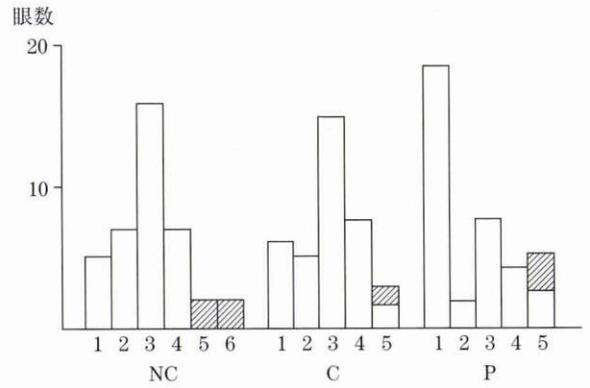


図 1 The Lens Opacities Classification System III (LOCS III) 分類での白内障程度分布。

斜線: 測定不能眼 □: 測定可能眼
NC: 核混濁 C: 皮質混濁 P: 後囊下混濁

表 1 術前後の部位別網膜神経線維層厚

部位	術前	術後	増加(%)	p 値
全周	55.41 ± 12.48	63.97 ± 14.02	+13.41	< 0.0001
上側	58.25 ± 16.73	66.64 ± 17.34	+10.73	< 0.0001
耳側	45.71 ± 12.72	54.08 ± 18.98	+17.02	< 0.0001
下側	69.61 ± 18.15	79.26 ± 19.45	+13.15	< 0.0001
鼻側	47.27 ± 11.67	54.96 ± 12.73	+13.22	< 0.0001

単位: μm 平均値±標準偏差

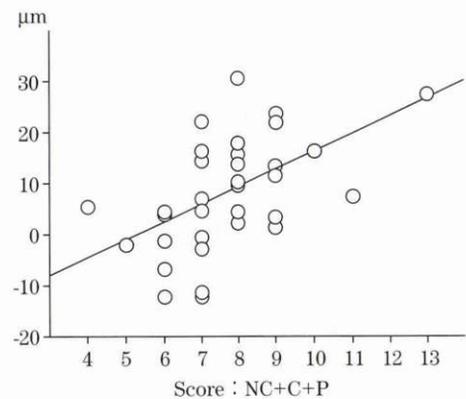


図 2 白内障程度と術前後の網膜神経線維層厚(NFLT)測定変化量。

スコア: LOCS III 分類で NC(核混濁)+C(皮質混濁)+P(後囊下混濁)の値
rs=0.56 (p=0.001) Y=3.451 X-17.927 rs: Spearman の順位相関係数
白内障が高度になりスコアが大きくなるに従い術前後の NFLT の変化が大きくなった。

者と測定不能者の LOCS III での白内障程度分布を図 1 に示す。

各タイプでの白内障程度の平均は, LOCS III で NC: 2.7±0.96(平均値±標準偏差), C: 2.8±1.1, P: 2.2±1.4 であり, 各群間で有意差はなかった。

全周における NFLT 測定値の術前変動係数(標準偏

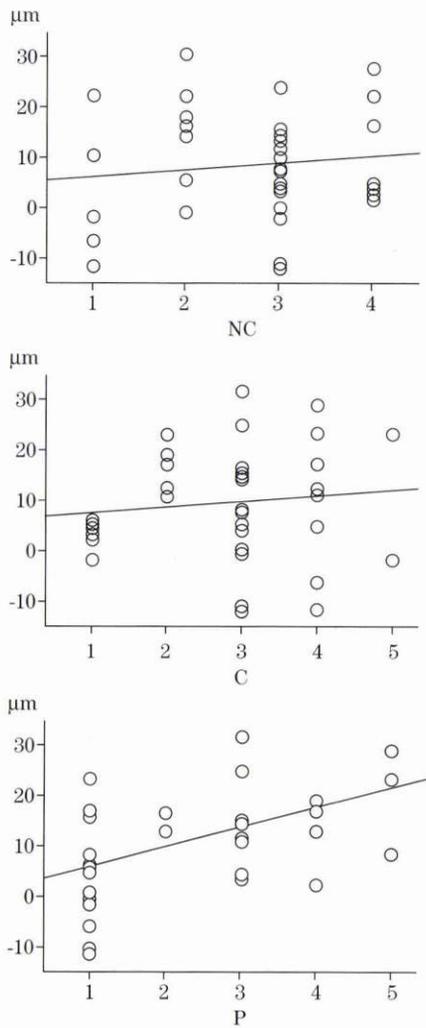


図3 白内障タイプ別の術前後 NFLT 測定変化量。
 上段：NCrs=0.038 (p=0.825) Y=1.142 X+5.795
 中段：Cr=0.087 (p=0.613) Y=1.013 X+6
 下段：Prs=0.493 (p=0.004) Y=3.823 X+0.483
 白内障タイプ別の NFLT 測定変化量は、NC、C と相関はなかったが、P では順位相関係数は rs=0.493 (p=0.004) と中等度の相関があった。

rs: Spearman の順位相関係数

差/平均値×100%)は 11.29±5.77(平均値±標準偏差)%, 術後が 10.43±5.99% であり, 術前後で同様な結果となった。

術前後で上下耳鼻側の 4 象限別 NFLT 測定値は, 4 象限とも術後に各々 10.73~17.02% 増加し, 全周で 13.41% 増加 (p<0.0001) し, すべての象限で有意差 (p<0.0001) があった(表 1)。

白内障程度 (LOCS III 分類で NC+C+P をスコアとする) と NFLT 測定変化量との関係を図 2 に示す。順位相関係数は rs=0.56 (p=0.001) と有意な相関があり, 白内障が高度になるに従い術前後の NFLT の変化が大きくなる結果が得られた。白内障タイプ別で同様に検討した場合は, 核混濁 (rs=0.038, p=0.825), 皮質混濁 (rs=0.087,

p=0.613) と相関はなかったが, 後囊下混濁では順位相関係数は rs=0.493 (p=0.004) と中等度の相関があった(図 3)。これは, 核白内障や皮質白内障は高度でも影響は少ないが, 後囊下混濁が高度な場合は影響が大きく, NFLT 測定変化量が大きくなる結果となった。

さらに, 術前の視力で術後の NFLT 測定変化量が予想できるかを検討した。35 眼中, 眼底に重篤な疾患がなく 0.7 以上の術後視力の得られている 27 眼について, LOCS III スコアと NFLT 測定変化量は相関 (rs=0.453, p=0.02) したが, 術前視力と NFLT 測定変化量は相関しなかった (rs=-0.247, p=0.21)。これは, 術前視力によって予想される白内障程度では術後の NFLT 測定変化量は予想できない結果となった。

また, 術後 1 週の NFLT 測定値は術後の炎症などの影響も考えられ, 確認のためにさらに術後 1 か月の 7 例に関して測定値の変化を追った結果, 術前の NFLT 平均値は 50.57±6.61 (平均値±標準偏差) μm で, 術後 3~6 日の平均値 62.75±6.18 μm は有意に厚く (p=0.0094, Scheffe 多重比較テスト), 術後 1 か月の平均値も 63.67±6.75 μm と有意に厚い (p=0.0054, Scheffe 多重比較テスト) 結果となったが, 術後 3~6 日と術後 1 か月では有意差はなかった (p=0.966, Scheffe 多重比較テスト)。

IV 考 按

今回は NFA 測定で中間透光体の混濁, 主に白内障の影響を検討するため, 白内障術前後の NFLT 測定を行った結果, 白内障が高度になるに従い術後の NFLT 測定値の増加量が大きくなる結果が得られた。これは, 同一の網膜においては白内障が高度になるほど NFLT が薄く評価されることを示しており, 白内障の進行に伴い NFLT 値を過小評価し, 緑内障の進行と評価してしまう可能性があると思われる。

今回の結果からは, 白内障の程度が強い眼において NFLT を測定する場合, 白内障による測定値の減弱を考慮すべきであると考えられた。特に後囊下白内障においてその影響が強かったことから, その種の白内障の強い眼での測定には注意を要する。また, 今回の結果から LOCS III 分類でスコア (NC+C+P) が 7 以下, 特に後囊下白内障がほとんどない場合は術前後 NFLT 測定変化量は僅かであり, この程度の白内障であるならば, NFLT 測定結果への影響は無視できると思われる。

今回は術後 3~6 日に測定を行っており, 術後測定値の増加は白内障手術の侵襲による術後炎症のための網膜浮腫の結果, 見かけの NFLT が増加している可能性も考えられるが, 7 例について継続測定した結果, 術後 1 週と 1 か月後で統計学的な有意差はなかった。

NFA (Ver. 1) による測定に際しては, 以前からその検者間での測定誤差が問題となっているが¹¹⁾, 今回は NFA II (Ver. 2) を用いて同一検者によって行われてお

り、良好な再現性が予想された。しかしながら、測定値の変動係数は術前 $11.29 \pm 5.77\%$ 、術後 $10.43 \pm 5.99\%$ と、ほぼ 10% 近くであった。これは従来の報告¹¹⁾より大きい値である。この原因については、一つは白内障によるものも考えられるが、術後も同様に変動が大きく、これ以外の原因も考えられる。最も大きな原因になったと思われるのは散瞳による影響である。今回は全例白内障術前の患者であり、ある程度進行した白内障が中心であったため、全例散瞳下での撮影に統一し、比較のため術後も散瞳下で撮影した。散瞳下でも変化のない報告¹²⁾もあるが、本器の使用説明書によると無散瞳での使用を奨めている。これは同書によると、角膜は大きな複屈折性を持ち、中央では僅かであるが水平より 15° 傾いた複屈折性を持っている。本器に内蔵されている角膜補正器はこの部位での角膜の複屈折を想定して補正している。したがって、散瞳によってレーザー光線が角膜の中心からずれた部位を通過しても撮影が可能になると、角膜の複屈折が正しく補正されずに値がばらついたことが考えられた。

また、白内障によって NFA の測定値が低くなることの原因としては、次の二つが考えられる。一つはレーザー光の減弱による影響である。これは NFA (Ver. 1) では最も考えられる原因であるが、NFA II ではレーザー光量のセッティングを変えても偏光レーザー量は非偏光レーザー量との比で補正されるよう設計されたため、レーザー光量の影響はないものと思われる。しかしながら、Kogure ら¹³⁾は正常眼において、光量を通常の使用では考えられないほど多くした場合は、少なくした場合よりもその数値は平均 20.4% まで増加し得ることを報告している。これは極端な例であるが、光量による影響は無視できない可能性を考えなければならない。

もう一つ考えられる理由は、水晶体の混濁を避けて撮影したため、角膜の中心からずれた位置をレーザー光線が通り、角膜の補正が正しく行われなかった影響が考えられる。これが原因とすれば、後囊下白内障で影響が大きかったことと一致する。しかしながら、Kogure ら¹³⁾はレーザー光が中心からずれた場合の多くは数値が上昇することも確認しており、これだけでは説明できない。

その他の原因としては、水晶体自身による影響についても考えなければならない。複屈折性は光線の波長よりも小さい分子が規則正しく配列している場合に得られる性質であり、水晶体の混濁により複屈折性が失われ、値が小さくなることも予想される。しかしながら、過去の報告¹⁴⁾¹⁵⁾では水晶体の複屈折は小さく、加齢によっても変化がないこと、今回の報告でスコア 7 以下の白内障の軽度な症例では術前後の変化がほとんどなかったことから、水晶体がなくなることで自体が今回の原因としては考えにくい。

NFLT においては、正常者でもその個人差は大きく¹⁵⁾、また正常者において NFLT は年齢と相関し加齢

とともに薄くなるという報告¹⁾¹⁶⁾があるが、本報告のように水晶体の混濁を評価している報告は少ない。術前の視力からは術後の NFLT 測定変化量は予想できなかったことから今後、厳密に NFLT について検査するには白内障に対する評価も必要と思われる。

加齢に伴い緑内障視野障害の進行、白内障の進行、加齢による NFLT の減少など NFLT に影響を与える因子は多い。今後、どの程度までの白内障なら白内障の影響なく測定可能か、また、白内障による NFLT 過小評価の程度をどのように測定値に反映させるかなど大きな課題は残るが、NFA で NFLT を測定する場合は白内障による影響を十分考慮すべきであると考えられる。

文 献

- 1) 遅 啓民, 富田剛司, 北澤克明: スキャンニングレーザーポラリメーターによる網膜神経線維層厚の測定再現性. 眼紀 46: 387—391, 1995.
- 2) Weinreb RN, Shakiba S, Zangwill L: Scanning laser polarimetry to measure the nerve fiber layer of normal and glaucomatous eyes. Am J Ophthalmol 119: 627—636, 1995.
- 3) 小暮 諭, 田村雅弘, 木之下徹, 塚原重雄: 緑内障診断補助検査としての網膜神経線維層厚測定. 臨眼 51: 339—342, 1997.
- 4) Chi QM, Tomita G, Inazumi K, Hayakawa T, Ido T, Kitazawa Y: Evaluation of the effect of aging on the retinal nerve fiber layer thickness using scanning laser polarimetry. J Glaucoma 4: 406—413, 1995.
- 5) 白柏基弘, 阿部春樹, 船木繁雄, 沢口昭一: スキャンニングレーザーポラリメトリーによる健常眼と緑内障眼の網膜神経線維層厚の測定. あたらしい眼科 14: 1691—1693, 1997.
- 6) Kogure S, Iijima H, Tsukahara S: A new parameter for assessing the thickness of the retinal nerve fiber layer for glaucoma diagnosis. Eur J Ophthalmol 9: 93—98, 1999.
- 7) 小野純治, 木村泰朗, 石井るみ子, 藤田邦彦, 藤木慶子, 金井 淳: 開放隅角緑内障での視野障害の段階別の網膜神経線維層の厚み. 日眼会誌 102: 685—691, 1998.
- 8) Heuer DK, Anderson DR, Knighton RW, Feuer WJ, Gressel MG: The influence of simulated light scattering on automated perimetric threshold measurements. Arch Ophthalmol 106: 1247—1251, 1988.
- 9) Gillies WE, Brooks AMV: Effect of lens opacity on the glaucomatous field of vision. Aust NZJ Ophthalmol 26: S 19—21, 1998.
- 10) Chylack LT, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, et al: The Lens Opacities Classification System III. Arch Ophthalmol 111: 831—836, 1993.

- 11) **Zangwill L, Berry CA, Garden VS, Weinreb RN** : Reproducibility of retardation measurements with the nerve fiber analyzer II. *J Glaucoma* 6 : 384—389, 1997.
 - 12) **Hoh SK, Greenfield DS, Liebmann JM, Hillenkamp J, Ishikawa H, Ritch R**, et al : Effect of pupillary dilation on retinal nerve fiber layer thickness as measured by scanning laser polarimetry in eyes with and without cataract. *J Glaucoma* 8 : 159—163, 1999.
 - 13) **Kogure S, Chiba T, Tsukahara S** : Properties of artifacts on scanning laser polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 40 : S73, 1999.
 - 14) **Bettelheim FA** : On the Optical Anisotropy of Lens Fiber Cells. *Exp Eye Res* 21 : 231—234, 1975.
 - 15) **Weale RA** : Sex age and birefringence of the human crystalline lens. *Exp Eye Res* 29 : 449—461, 1979.
 - 16) **Poinosawmy D, Fontana L, Wu JX, Fitzke FW, Hitchings RA** : Variation of nerve fibre layer thickness measurements with age and ethnicity by scanning laser polarimetry. *Br J Ophthalmol* 81 : 350—354, 1997.
-