

Laser *in situ* keratomileusis 後の眼圧過小評価有本 あこ¹⁾, 清水 公也²⁾, 庄司 信行³⁾, 榎本喜久子⁴⁾, 小原真樹夫¹⁾¹⁾武蔵野赤十字病院眼科, ²⁾北里大学医学部眼科学教室³⁾北里大学医療衛生学部視覚機能療法学, ⁴⁾東京大学医学部眼科学教室

要 約

目的: Laser *in situ* keratomileusis (以下, LASIK) 施行後の眼圧過小評価の検討を行った。

症例と方法: 武蔵野赤十字病院眼科で屈折矯正手術を希望し, LASIK を施行した正常近視患者 65 例 115 眼中, 平均年齢 31.2 ± 10.5 (平均値 \pm 標準偏差) 歳, 術前平均等価球面度数 -6.85 ± 2.54 (平均値 \pm 標準偏差) D であった。これらの症例につき LASIK 術前, 術後に Goldmann 眼圧計および非接触式眼圧計で眼圧測定を行った。さらに, 眼圧と矯正度数, 角膜厚, 角膜曲率半径との相関を検討した。

結果: LASIK 術後の眼圧測定値は有意に低下し (Mann-Whitney U 検定), 眼圧低下量は矯正度数, 角

膜厚の減少, 角膜曲率半径の減少と相関していた (Spearman 順位相関係数)。2 つの測定方法による眼圧測定値の間には有意差はなかった。

結論: LASIK 術後の眼圧は過小評価された可能性が高いと考えられた。そのため, 屈折矯正手術を希望する強度近視の患者は緑内障の risk factor であることを考慮し, 術後の眼圧に対しては慎重な評価が必要であると考えられた。(日眼会誌 105: 771-775, 2001)

キーワード: Laser *in situ* keratomileusis, 眼圧, 過小評価, 屈折矯正手術

Underestimation of Intraocular Pressure after Laser *In Situ* KeratomileusisAko Arimoto¹⁾, Kimiya Shimizu²⁾, Nobuyuki Shoji²⁾, Kikuko Enomoto³⁾ and Makio Kohara¹⁾¹⁾Department of Ophthalmology, Musashino Red Cross Hospital²⁾Department of Ophthalmology, Kitasato University School of Medicine³⁾Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Science⁴⁾Department of Ophthalmology, The University of Tokyo School of Medicine

Abstracts

Purpose: We reviewed 115 eyes of 65 patients regarding the intraocular pressure (IOP) following laser *in situ* keratomileusis (LASIK).

Patients and Methods: The ages averaged 31.2 ± 10.5 (mean \pm standard deviation) years. The preoperative spherical equivalent averaged -6.85 ± 2.54 (mean \pm standard deviation) D. A noncontact pneumatic tonometer and Goldmann applanation tonometer were used in measuring the IOP.

Results: The IOP difference before and after surgery was statistically significant (Mann-Whitney U test). The IOP was significantly corrected with

the corrected diopter value, corneal thickness, and corneal curvature (Spearman coefficient by rank).

Conclusion: The findings show that postoperative IOP may be underestimated due to decreased corneal thickness and curvature. Due attention has to be paid to this feature in evaluating IOP after LASIK. (J Jpn Ophthalmol Soc 105: 771-775, 2001)

Key words: Laser *in situ* keratomileusis, Intraocular pressure, Underestimation, Refractive surgery.

I 緒 言

近年, 様々な種類の屈折矯正手術が徐々に普及しつつあるが, 角膜における屈折矯正手術はその形状を変化さ

せることにより屈折異常の改善をはかることが可能である。しかしその反面, 角膜形状を変化させることによって生じる欠点も幾つかあげられており, その一つに眼圧の過小評価が問題視されている。

別刷請求先: 180-0023 武蔵野市境南町 1-26-1 武蔵野赤十字病院眼科 有本 あこ
(平成 12 年 11 月 21 日受付, 平成 13 年 5 月 8 日改訂受理)

Reprint requests to: Ako Arimoto, M. D. Department of Ophthalmology, Musashino Red Cross Hospital, 1-26-1 Kyouunan-cho, Musashino 180-0023, Japan.

(Received November 21, 2000 and accepted in revised form May 8, 2001)

海外ではすでに屈折矯正手術後に眼圧が過小評価されるという報告がなされており、我が国でも魚里¹⁾が屈折矯正手術と眼圧についての検討を行っている。また、我々も minimally invasive radial keratotomy (以下, mini-RK) 後²⁾や excimer laser photorefractive keratectomy (以下, PRK) 後³⁾の眼圧過小評価について報告してきた。

一方、米国を始め我が国でも、ここ数年の間に屈折矯正手術の術式は変化し、laser *in situ* keratomileusis (以下, LASIK) が広まってきた。当術式は、角膜フラップを作製後、実質にエキシマレーザーを照射し、再び角膜フラップを戻すという術式であり、術後の疼痛の軽減、早期視力回復、より少ない合併症発生頻度などの点から、屈折矯正手術の主流となってきている。しかしながら、他の屈折矯正手術のように眼圧の過小評価が指摘されているものの¹²⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、我が国における臨床的な報告はみられない。そこで今回、我々は LASIK 施行前後の患者の眼圧を比較し、眼圧の過小評価の可能性を retrospective に検討した。

II 症例および方法

症例は武蔵野赤十字病院眼科で近視矯正を目的として LASIK を施行した 65 例 115 眼 (男性 47 例, 女性 18 例) で、平均年齢 31.2 ± 10.5 (平均値 \pm 標準偏差) 歳、術前等価球面度数は -6.85 ± 2.54 (平均値 \pm 標準偏差) D であった。全例正視を目標とし、2.0 D 以上の乱視を有する症例は除外した。術前平均眼圧は 14.7 ± 2.6 (平均値 \pm 標準偏差) mmHg、術前平均角膜厚は 533 ± 30.9 (平均値 \pm 標準偏差) μ m、術前平均角膜曲率は 43.8 ± 1.5 D であった。なお、当院では、術前に近視以外の他の眼疾患を有することが確認された症例は、屈折矯正手術の適応外とした (日眼会誌「エキシマレーザー屈折矯正手術のガイドライン」⁴⁾ 参照)。一方、今回の症例のうち、両眼の近視矯正を希望した患者の大部分は、不同視による不利益を避けるため、十分なインフォームド・コンセントのもと、両眼同日手術とした。

今回使用したエキシマレーザーは VISX 社の STAR[®] (Optical zone=6.0 mm) で、マイクロケラトームはモリア社製の LSK[®] とカIRON社製の Auto corneal shaper[®] を使用した。LASIK は全例同一術者 (KS) が施行し、術式は既報⁵⁾ に従って行った。また、すべての症例に術後 1 週間、0.1% フルオロメトロン (フルメトロン[®]) とオフロキサシン (タリビッド[®]) 点眼を 1 日 4 回投与した。

眼圧の測定は、原則として非接触眼圧計 (CANON 社製, CANON T-2: 以下, NCT) を用い、可能な場合は Goldmann 圧平眼圧計 (Zeiss 社製: 以下, GT) でも測定した。今回の検討は、LASIK 術前、術後 1 週、1、3 か月の測定値を用いた。角膜厚測定は術前と術後 3 か月の時点で超音波角膜厚測定装置 (DGH Technology 社

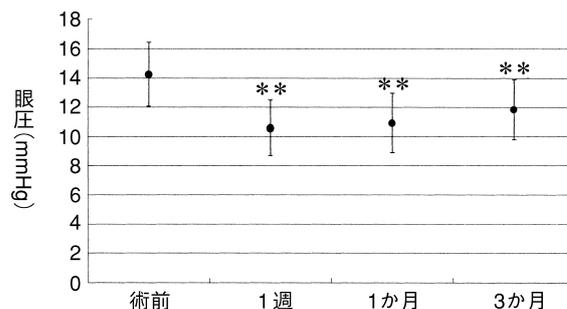


図 1 Laser *in situ* keratomileusis (LASIK) 術前後の眼圧の推移。

術後 3 か月間経過を追えた 32 眼の眼圧値を比較したところ、すべての測定時点において術前値と比べて有意に低下していた ($n=32$, **: $p < 0.01$, Mann-Whitney U 検定)。

製, DGH 500) により測定し、角膜曲率は毎回受診時にオートレフラクトメータ (CANON 社製, RK-3) で測定した。

今回の検討項目として、LASIK 術前後の各測定時点における NCT での眼圧測定値を、それぞれ術前眼圧と比較した (Mann-Whitney U 検定)。また、それぞれの測定時点で GT, NCT の両方法で測定が行えた症例の眼圧測定値を比較した (Mann-Whitney U 検定)。さらに、術後 3 か月の眼圧 (NCT) と矯正度数、角膜厚、角膜曲率各々との相関を検討した (Spearman 順位相関係数)。

III 結 果

LASIK 術後の各測定時点における NCT での眼圧測定値を、それぞれ術前眼圧と比較したところ、すべての時点で統計学的に有意に低下していた (図 1, $p < 0.01$, Mann-Whitney U 検定)。また、GT と NCT との各時点での眼圧測定値の比較を行ったところ、すべての測定時点において両者間に統計学的な有意差はなかった (表 1)。

矯正度数と眼圧低下量について検討した結果を図 2 に示す。矯正度数が大きかった症例ほど術後眼圧低下量も多く、両者間には正の相関があった (図 2, $n=54$, $r_s=0.32$, $p < 0.05$, Spearman 順位相関係数)。

次に、術後 3 か月の時点で角膜厚が測定可能であった症例で検討した角膜厚減少量と眼圧低下量のグラフを示す。角膜厚減少量の大きい症例、すなわち術前後で角膜厚の差が大きい症例ほど、術後眼圧も低下しているという正の相関があった (図 3, $n=28$, $r_s=0.41$, $p < 0.05$)。

最後に角膜曲率減少量と眼圧低下量のグラフを示す。術後角膜曲率が多く減少した症例ほど術後眼圧が低下しているという正の相関があった (図 4, $n=48$, $r_s=0.4$, $p < 0.05$)。

表 1 眼圧測定値の比較—GT と NCT—

	術前 [17]	術後 1 週 [50]	術後 1 か月 [41]	術後 3 か月 [25]
GT (mmHg)	15.96±2.70	12.22±2.40	12.59±2.13	12.87±2.80
NCT (mmHg)	14.68±2.61	11.70±2.14	11.56±1.73	11.86±1.76

各測定時点において、両測定方法の間に有意差はなかった。平均値±標準偏差 (Mann-Whitney U 検定)。[] 内は眼数。GT: Goldmann 圧平眼圧計, NCT: 非接触眼圧計

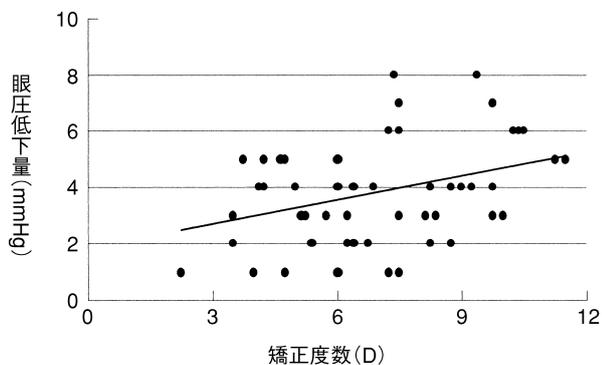


図 2 矯正度数と眼圧低下量との相関。

矯正度数 (D) と術後の眼圧測定値の低下量 (mmHg) との間に正の相関があった (Spearman 順位相関係数, $n=54$, $r_s=0.32$, $p<0.05$)。

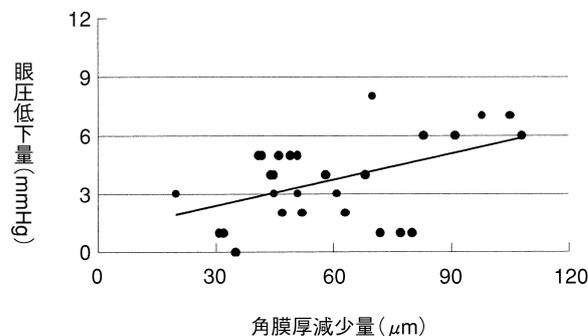


図 3 角膜厚減少量と眼圧低下量との相関。

角膜厚の減少量 (μm) と術後の mmHg との間に正の相関があった (Spearman 順位相関係数, $n=28$, $r_s=0.41$, $p<0.05$)。

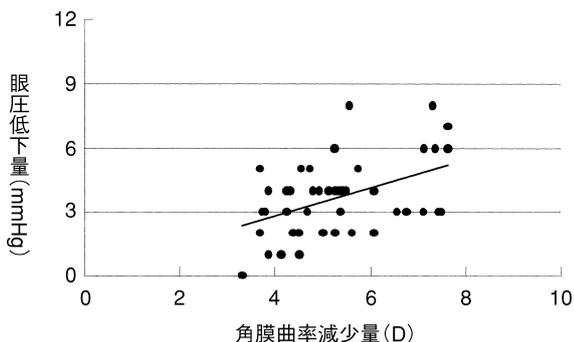


図 4 角膜曲率減少量と眼圧低下量の相関。

角膜曲率の減少量 (D) と mmHg との間に正の相関があった (Spearman 順位相関係数, $n=48$, $r_s=0.4$, $p<0.05$)。

IV 考 按

今回、我々は LASIK 術前後の眼圧測定値の変化について検討したが、まず考えるべき問題は、眼圧測定方法の選択である。一般的には、GT は再現性の高い正確な眼圧測定が可能であり、現時点の標準と考えられている⁶⁾。しかし当測定方法は、他の方法に比べて角膜厚や形状の影響を最も受けにくいといわれてはいるものの、影響が皆無ではない。角膜屈折矯正手術を行っていない場合の眼圧に関しても、角膜厚の違いによる眼圧過小、あるいは過大評価について、現在までに海外で幾つか報告されている。Ehlers ら⁷⁾は真の 20 mmHg の眼圧において角膜厚が 0.45 mm の場合、眼圧は 5.2 mmHg 過小評価され、角膜厚が 0.59 mm であった場合は 4.7 mmHg

過大評価されるとしている。また、Wolfs ら⁸⁾は角膜中心厚が 10 μm 増える毎に眼圧実測値は 0.19 mmHg 上昇するとしている。角膜曲率の変化に伴う眼圧測定値の変化についても、Mark⁹⁾は角膜曲率が 1 D 増加すると眼圧は 0.34 mmHg 上昇するとしている。したがって、角膜形状を変化させる手術を施行した場合、見かけ上の眼圧値が変化することは容易に予想される。

一方、複数の眼圧測定方法を比較した最近の検討でも、松本ら¹⁰⁾は NCT と GT での角膜厚と角膜曲率の眼圧測定値への影響を正常人で検討し、厚い角膜ほど NCT で高く測定されると報告しており、平野ら¹¹⁾も角膜が厚いほど NCT の眼圧読み値は GT と比較し高値で、薄いほど低値であると報告している。しかしながら、屈折矯正手術施行眼の場合など、極端に角膜厚や形状が変化した場合の測定方法に関しては見解が異なっている。例えば、Zadok ら¹²⁾は NCT と GT での眼圧測定値の比較を LASIK 後の患者で検討し、NCTの方が LASIK 後の角膜厚の減少や角膜の平坦化に影響されにくいと報告しており、現時点では、正常眼と屈折矯正術後眼では、NCT と GT のどちらがより正確な値を示すかどうかについて、統一の見解が得られていない。当科では通常、GT による眼圧測定を原則としているが、感染症患者や術直後なるべく接触を避けたい患者の場合、あるいは角膜形状解析の直前や LASIK 術直前は NCT を用いて眼圧測定を行っている。このため、今回の検討においても、同一時期に 2 つの方法で測定した眼圧値を比較したところ、結果的には、術前後とも両測定方法の間

には有意な差はなかった。そこで、今回の検討では、測定した症例の多かった NCT の値を用いて、以後の検討を行った。ちなみに、Levy ら¹³⁾は PRK 後の眼圧測定において、Tono-pen と GT との比較を行い、Tono-pen での眼圧測定の方が PRK 後の角膜形状の影響を受けなかったとしているが、今回我々は Tono-pen による測定は行えず、検討していない。

眼圧過小評価に関与する因子は角膜厚と角膜曲率の減少、それに伴う角膜易変形性と報告¹⁾されている。mini-RK では角膜厚はほとんど変化しないものの、角膜曲率は減少し、角膜易変形性もみられる。それに対し角膜をエキシマレーザーによって切除する PRK や LASIK では、これらすべての因子が関与すると考えられる。

屈折矯正手術後の眼圧値に関する報告としては、Mardelli ら¹⁴⁾は PRK (術前平均等価球面度数 -3.7 ± 1.5 D) 後の眼圧は平均 0.5 ± 2.1 mmHg 下がったとしている。また、Faucher ら¹⁵⁾は RK (術前平均等価球面度数 -3.17 ± 1.42 D) 後の眼圧下降は平均 1.0 ± 3.21 mmHg, PRK (術前平均等価球面度数 -7.27 ± 2.78 D) 後の眼圧下降は平均 2.4 ± 3.02 mmHg であったとしている。

一方、Chatterjee ら¹⁶⁾の報告では、PRK (術前平均等価球面度数 -4.21 ± 1.83 D) 後の眼圧は矯正度数に比例しており、

眼圧低下量 (mmHg) = $1.6 + 0.4 \times$ 矯正度数
という式を提示した。

Fournier ら¹⁷⁾は LASIK (術前平均等価球面度数 -5.60 ± 4.0 D) 後の眼圧は平均 1.9 ± 2.9 mmHg 下がり、Emara ら¹⁸⁾は LASIK 後の眼圧と角膜中心厚の検討をしたところ、角膜中心厚 $37.8 \mu\text{m}$ 減ごとに眼圧は 1 mmHg 下がっていたと報告している。

今回の我々の結果では、矯正度数が -6.85 ± 2.54 D の症例群 ($-2.5 \sim -11.0$ D) において、LASIK 術後の眼圧低下量は、

眼圧低下量 (mmHg) = $1.8 + 0.3 \times$ 矯正度数 ……式(1)
という式で表されることがわかった。これは既報¹⁶⁾と同様の結果であった。したがって、もし仮に 10.0 D の近視矯正を行った場合、眼圧測定値は約 5 mmHg 低下することになり、例えば、術後に LASIK 施行眼と知らずに眼圧を測定し、18 mmHg であった場合、実際には 23 mmHg の眼圧を見逃していることになる。また、LASIK 施行眼であることを知らず、他院で正常眼圧緑内障の診断がついても 12 mmHg 程度の眼圧なので経過観察あるいは眼圧下降療法よりもむしろ血流改善療法が選択された場合、本来の眼圧は 17 mmHg 程度であり、手術方法を含めて、積極的に眼圧下降療法が試みられるべきかも知れない。このように、LASIK 術後の眼圧値を鵜呑みにすると、診断や治療方針を誤る可能性が危惧される。また、以前に我々が報告した PRK 後の眼圧評価³⁾の結果では、眼圧低下量は、

眼圧低下量 (mmHg) = $0.7 + 0.4 \times$ 矯正度数
という式で表された。PRK の症例は矯正度数 (-4.2 ± 1.9 D) と、今回の LASIK を施行した症例より近視が軽度であること、また、PRK と LASIK の術式の差異 (PRK は角膜上皮を剝離後、角膜フラップは作製せずに実質にエキシマレーザーを照射する) によって、この程度の数式の差がみられたが、いずれの術式であれ、術後眼圧が有意に過小評価されることに違いはない。

そこで、LASIK に限らず、屈折矯正手術後の真の眼圧値を知る方法が求められるが、残念ながら、今回提示した式(1)は一応の目安であって、LASIK 後の真の眼圧値を換算することは不可能である。なぜなら、GT による術後の測定値自体が正確かどうかは不明であるからである。可能なら圧センサーを眼内に挿入して測定すれば、より正確な値が得られると考えられるが、実際の臨床では不可能である。したがって、真の眼圧低下量や換算式については今後の検討が必要であるが、少なくとも今回の我々の結果では、術前眼圧値に比較し、術後眼圧値は NCT と GT の 2 つの方法で有意に低下していた。さらに、LASIK 術後の眼圧値は術前眼圧値に比較し矯正度数、角膜厚減少量、角膜曲率半径減少量に相関して減少していた。これらの結果から、LASIK 術後には眼圧が過小評価されている可能性が高いと結論することができる。

屈折矯正手術、特に LASIK 希望者は強度近視が多いが、強度近視は緑内障の risk factor の一つといわれている¹⁹⁾²⁰⁾。したがって、これらの症例の中には、将来緑内障を発症し、LASIK 後の眼圧の過小評価によって誤った治療計画が立てられてしまう危険性が考えられる。そのため、管理の基準も眼圧値にとらわれることなく、視神経乳頭や神経線維層などの評価が重要であると考えられる。LASIK 施行患者の眼圧評価は慎重にすべきと考えられた。

文 献

- 1) 魚里 博：眼圧と屈折矯正手術。Vision Times 4：7—10, 1997.
- 2) 増田あこ、清水公也、庄司信行、橋本行弘：屈折手術施行眼における眼圧の過小評価。臨眼 52：365—368, 1998.
- 3) 増田あこ、清水公也、庄司信行、榎本喜久子：エキシマレーザー屈折矯正手術後の眼圧評価。臨眼 53：323—326, 1999.
- 4) 金井 淳、木下 茂、澤 充、林 文彦：エキシマレーザー屈折矯正手術のガイドライン。日眼会誌 104：513—515, 2000.
- 5) 榎本喜久子、清水公也、橋本行弘、田中俊一：Laser *in situ* keratomileusis (LASIK) による近視矯正。IOL & RS 12：269—273, 1998.
- 6) 北澤克明：緑内障クリニック。3版。金原出版、東京、18—30, 1996.

- 7) **Ehlers N, Bramsen T, Sperling S** : Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol* 53 : 34—43, 1975.
- 8) **Wolfs RCW, Klaver CCW, Vingerling JR, Grobbee DE, Hofman A, deJong PTVM** : Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure : The Rotterdam Study. *Am J Ophthalmol* 123 : 767—772, 1997.
- 9) **Mark HH** : Corneal curvature in applanation tonometry. *Am J Ophthalmol* 76 : 223—224, 1973.
- 10) **松本拓也, 牧野弘之, 魚里 博, 西信元嗣, 宮本止戈雄** : 非接触眼圧計と Goldmann 圧平眼圧計の測定値の相違—角膜厚および角膜曲率の影響. *日眼会誌* 104 : 317—323, 2000.
- 11) **平野晋司, 相良 健, 鈴木克佳, 西田輝夫** : 非接触式眼圧計とゴールドマン圧平式眼圧計の眼圧読み値の乖離に及ぼす角膜厚の影響. *臨眼* 54 : 1127—1130, 2000.
- 12) **Zadok D, Tran DB, Twa M, Carpenter M, Schanzlin DJ** : Pneumotonometry versus Goldmann tonometry after laser *in situ* keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg* 25 : 1344—1348, 1999.
- 13) **Levy Y, Zadok D, Glovinsky Y, Krakowski D, Nemet P** : Tono-pen versus Goldmann tonometry after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 25 : 486—491, 1999.
- 14) **Mardelli PG, Piebenga LW, Whitacre MM, Siegmund KD** : The effect of excimer laser photorefractive keratectomy on intraocular pressure measurements using the Goldmann applanation tonometer. *Ophthalmology* 104 : 945—949, 1997.
- 15) **Faucher A, Gregoire J, Blondeau P** : Accuracy of Goldmann tonometry after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 23 : 832—838, 1997.
- 16) **Chatterjee A, Shah S, Bessant DA, Naroo SA, Doyle SJ** : Reduction in intraocular pressure after excimer laser photorefractive keratectomy. *Ophthalmology* 104 : 355—359, 1997.
- 17) **Fournier AV, Podtetenov M, Lemire J, Thompson P, Duchesne R, Perreault C, et al** : Intraocular pressure change measured by Goldmann tonometry after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 24 : 905—910, 1998.
- 18) **Emara B, Probst LE, Tigney DP, Kennedy DW, Willms LJ, Machat J** : Correlation of intraocular pressure and central corneal thickness in normal myopic eyes and after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 24 : 1320—1325, 1998.
- 19) **Podos SM, Becker B, Morton WR** : High myopia and primary open angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 62 : 1039—1043, 1966.
- 20) **Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ** : The relationship between glaucoma and myopia. *Ophthalmology* 106 : 2010—2015, 1999.