

時に平均 16.7%縮瞳し、その後速やかに散瞳し、測定終了 80%時までには平均 4.4%の縮瞳であった。検査終了 10 秒後の瞳孔径は、平均 6.30 ± 0.57 mm であった。初期瞳孔径と測定開始時瞳孔径に有意差を認めた ($p < 0.05$)。初期瞳孔径と測定終了時には有意差は認めなかった。

III 考 按

今回使用したエキシマレーザー Technolas 217z は、Flying spots 形式で、Truncated Gaussian Beam Shape と特徴的なレーザー様式で熱発生を抑えたスムーズな照射が可能となっている。また、Hartmann-Shack System を用いた収差測定装置 Zywave とリンクさせ、不正乱視・高次収差 (3 次) の治療が可能であるとされている。

現在、屈折矯正手術の安全性や視機能を評価する場合、矯正視力やコントラスト感度測定が広く用いられている^{1,6)}。しかし、コントラスト感度は測定輝度に結果が影響を受けやすく、縞視標を用いているため患者の理解がむずかしい。一方、今回使用した CAT-2000TM⁵⁾ は、背景輝度が一定で純粋に視標コントラストのみを変化させるので安定した条件下での測定が可能であるといえる。平均輝度は昼間視時 100 cd/m^2 、薄暮視時 5 cd/m^2 である。また、Landolt 環視標を用いているため患者の理解が得やすく、測定も簡便である。しかし、機械近視や夜間近視の介入が予想され、測定時の屈折矯正には注意が必要と考えられる。

LASIK 術後で明所の低コントラスト視力に低下を認めたが、臨床上問題となる低下ではないと報告されている⁷⁾。今回、昼間視で plano scan LASIK 術後はコントラスト視力の低下を認めているが、有意な低下ではなく過去の報告に一致していると考えられる。また、LASIK 術後は夜間視機能が低下している可能性があり、術後コマ収差の増加がみられたとされ³⁾、wavefront-guided LASIK 施行後はより良好な視機能が期待できるとされている⁸⁻¹⁰⁾。今回は、Plano 群に比べると WF 群で術後低コントラスト領域の薄暮視力が良好であったが、3 次収差との相関はみられなかった。しかし、3 次収差 (コマ収差) は、WF 群で術後 3 カ月に Plano 群に比して有意に減少した。今後、薄暮視と高次収差の関係について再検討する必要があると思われる。

つぎに、LASIK 術後の夜間の視機能の低下として、瞳孔

径拡大による高次収差の増加が考えられる²⁾。イリスコーダー C7364TM は、ゴーグルに内蔵された CCD カメラから得た瞳孔画像を撮像し、コンピューターに取り込み、瞳孔径の時間的変化を測定することで瞳孔反応を定量的に解析できる。また、両眼開放下の瞳孔測定が可能である。今回、測定開始時は、初期瞳孔径に比べ有意に縮瞳したが、薄暮視測定中の瞳孔径には有意差はみられず、測定中瞳孔径は拡大していたと考えられる。また、薄暮視力測定中は 6.0 mm 前後に瞳孔は拡大しており、収差解析 5.5 mm は妥当であると考えられた。瞳孔拡大が予想される条件下においても、wavefront-guided LASIK は低コントラスト領域の視機能が低下しにくいことが示唆された。今後、機械近視、夜間近視の影響を合わせて低コントラスト視力を評価する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 稗田 牧, 木下 茂: 屈折矯正手術の視機能検査. あたらしい眼科 18 : 217-218, 2001
- 2) Danasoury MA : Prospective bilateral study of night glare after laser in situ keratomileusis with single zone and transition zone ablation. *J Refract Surg* 14 : 512-516, 1998
- 3) 安田佳守臣, 稗田 牧, 寺井和都ほか: LASIK 術後の夜間視機能. 眼科手術 16 : 231-324, 2003
- 4) 魚里 博: 低コントラスト視力. *IOL & RS* 15 : 200-204, 2001
- 5) 野上かおり, 魚里 博, 藤山由紀子ほか: CAT2000 での低コントラスト視力. 日本視能訓練士協会誌 32 : 115-119, 2003
- 6) 高橋洋子: コントラスト感度検査. あたらしい眼科 18 : 1151-1153, 2001
- 7) 中島純子, 清水公也, 魚里 博ほか: LASIK 術後の低コントラスト視力. 日本視能訓練士協会誌 29 : 177-183, 2001
- 8) Rothen M, Kaemmerer M, Seiler T : Clinical results of wavefront-guided laser in situ keratomileusis 3 months after surgery. *J Cataract Refract Surg* 27 : 201-207, 2001
- 9) Sharma N, Pangtey MS, Vajpayee RB et al : Surgically induced astigmatism after laser in situ keratomileusis for spherical myopia. *J Cataract Refract Surg* 18 : 239-244, 2002
- 10) Oshika T, Miyata K, Tokunaga T et al : Higher order wavefront aberrations of cornea and magnitude of refractive correction in laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 109 : 1154-1158, 2002

* * *

調節性眼内レンズの初期経過

嶺井利沙子*¹ 清水公也*¹ 魚里 博*² 疋田朋子*¹ 新田任里江*¹

*¹ 北里大学医学部眼科学教室 *² 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学

目的：新しく開発された調節性眼内レンズの初期経過につき検討した。方法：対象は、平成 14 年 7 月から 12 月に当院で調節性眼内レンズ (CrystaLens[®], AT-45 ; C & C 社) を挿入した女性 5 名 10 眼、平均年齢 71 歳 (66~82 歳)、平均観察期間 5 カ月 (4.7~5.5 カ月) である。遠方矯正下における近方視力および遠方視時から近方視時の屈折変動より、調節量の有無を評価した。結果：遠方矯正下における近方視力は、術後 1 カ月では平均 0.6 であり、0.8 以上の症例は 4 眼 (40%)、全症例 0.4 以上の近方視力が得られた。術後 5 カ月では、全症例、術後経過とともに低下する傾向がみられたが、単焦点眼内レンズと比較し良好な視力が得られた。近方視時に近視化が認められた症例は 3 眼 (30%) のみであり、その平均値は約 0.5 D であった。術後屈折は、約 0.8 D 遠視よりの誤差を認めた。結論：調節性眼内レンズは、単焦点眼内レンズと比較して良好な近方視力が得られたが、期待される調節量はわずかであり、可動に伴う屈折変動 (真の調節力) の有無については今後さらなる検討が必要である。

Initial Clinical Experience With Accommodating Intraocular Lens

Risako Minei¹⁾, Kimiya Shimizu¹⁾, Hiroshi Uozato²⁾, Tomoko Hikita¹⁾, Marie Nitta¹⁾

Department of Ophthalmology, Kitasato University, School of Medicine¹⁾, Department of Orthoptics & Visual Science, Kitasato University, School of Allied Health Sciences²⁾

Purpose : To evaluate our initial clinical experience with a newly developed accommodating intraocular lens (IOL). **Methods** : Ten eyes of five women implanted with an accommodating IOL (CrystaLens[®], AT-45 ; C & C) at our hospital during the period from July to December, 2002 were included in the study. The mean patient age was 71 years (range 66 to 82 years). Follow-up ranged from 4.7 to 5.5 months (mean 5 months). Distance-corrected near visual acuity (DCNA) and refraction difference between distance and near were evaluated. **Results** : At 1 month postoperatively, the mean DCNA was 0.6. The DCNA was 0.8 or better in 40 % of cases and 0.4 or better in 100 % of cases. At 5 months postoperatively, there was a tendency for the DCNA of all patients to progressively decrease. In 30 % of cases, near refraction values were more myopic than distance refraction values, with mean refraction values of about 0.5D. The postoperative refractive error was approximately +0.8D. **Conclusion** : The accommodating IOL achieves a better DCNA with compared to the monofocal IOL, however the degree of accommodation achieved is less than expected and it is necessary to further evaluate whether accommodation results from forward movement of the IOL optic. [Japanese Journal of Ophthalmic Surgery 17(1) : 79-82, 2004]

I 緒 言

白内障手術の安定した技術が普及した現在では、いかに早期により良い視機能を獲得できるかが要求されるようになり、その位置づけは、もはや開眼手術のみではなく、屈折矯正手術の一部に位置づけられるようになった。

しかし、白内障手術後の調節機能消失は、いまだ避けられない問題である。むしろ、白内障手術がより安全に行われるようになり、さらに眼内レンズ計算式の精度^{1~4)} や眼軸長測

定精度の向上^{5~7)} により術後希望する屈折がほぼ正確となったからこそ残った問題かもしれない。白内障手術における術後の調節機能消失は、特に若年者では、日常生活において大きな支障となることがしばしばあり、その対策は今後の課題といえる。

今回、筆者らはその対処法の一つとして、新しく開発された調節性眼内レンズを挿入する機会を得たので、臨床評価を行うとともに問題点につき検討した。

〔別刷請求先〕 嶺井利沙子 : 〒228-8555 相模原市北里 1-15-1 北里大学医学部眼科学教室 e-mail : risakom@med.kitasato-u.ac.jp
Reprint requests : Risako Minei, M.D., Department of Ophthalmology, Kitasato University, School of Medicine, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara-shi 228-8555, JAPAN e-mail : risakom@med.kitasato-u.ac.jp

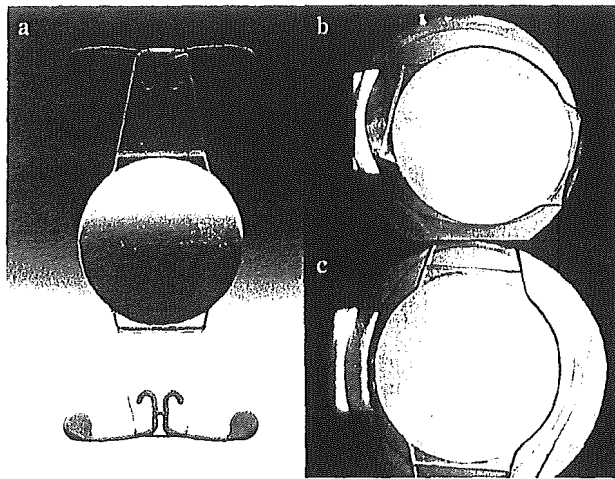


図1 調節性眼内レンズ

- a: 構造; 光学部およびプレートハブテックスはシリコンでできており、それぞれ長径は4.5 mm, 10.5 mmである。支持部はポリイミドでできており、レンズ全体の長径は11.5 mmである。
- b: 眼内レンズ挿入後; 水平方向。
- c: 眼内レンズ挿入後; 垂直方向。

II 対象および方法

対象は、平成14年7月から平成14年12月に当院で調節性眼内レンズ (CrystaLens[®], AT-45; C & C社) (図1) を挿入した女性5名10眼、平均年齢71歳 (66~82歳)、平均観察期間5カ月 (4.7~5.5カ月) である。

調節性眼内レンズの挿入に関しては、当院の倫理委員会の承諾を得ており、挿入条件としては、白内障以外の器質的眼疾患がなく、角膜乱視1.0D以下の症例、さらに、十分なインフォームド・コンセントが得られた症例のみとした。

点眼麻酔下において、耳側角膜1手法により超音波乳化吸引術を行った後、同創口を4.1 mm幅に広げ、眼内レンズを嚢内に挿入した。また、調節量の差を比較検討するため、眼内レンズの方向を水平と垂直に分けて挿入を行った (図1)。

対象には、術中わずかな後嚢破損を認めた1眼を含むが術中の硝子体脱出はなく、眼内レンズは予定どおり嚢内固定とし術後経過は良好であった。

なお、眼軸長はIOLマスター[™] (Carl Zeiss社)、角膜屈折力はマニュアル式ケラトメータで測定し、眼内レンズ度数は、メーカー推奨のA定数119よりSRK/T式を用い算出した。

平均視力の算出には、logMAR視力換算値を用い、遠方視および近方視時の屈折は検影法で測定した。術後屈折誤差は、術後予想屈折値と術後等価球面度数の差より求めた。

さらに、同時期に挿入した術後3カ月以上が経過した多焦点眼内レンズ (Array[®], SA40N; AMO社) 挿入眼22例44眼および単焦点眼内レンズ (AQ-110NV; Canon-Staar社)

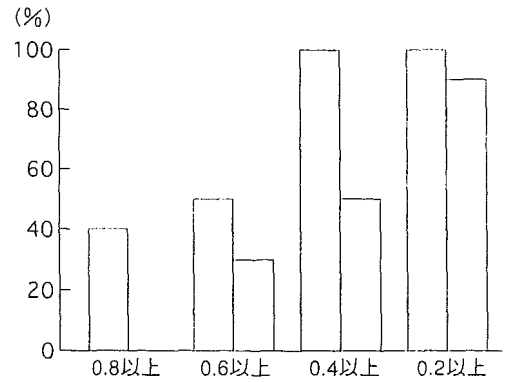


図2 遠方矯正下における近方視力の割合 (術後1カ月 vs 術後5カ月)
 □: 調節性眼内レンズ術後1カ月。
 □: 調節性眼内レンズ術後5カ月。

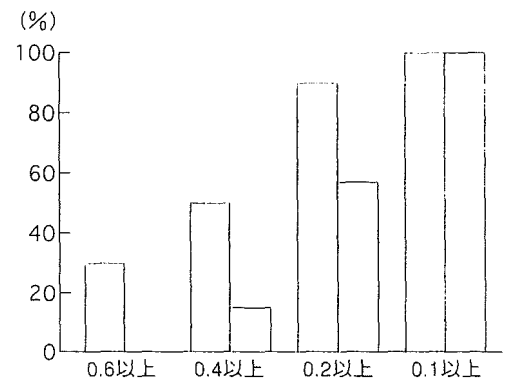


図3 遠方矯正下における近方視力の割合 (術後5カ月 vs 単焦点眼内レンズ)
 □: 調節性眼内レンズ術後5カ月。
 □: 単焦点眼内レンズ。

挿入眼38例54眼を比較対象とした。

III 結 果

1. 遠方矯正下における近方視力

遠方矯正視力は、全症例1.0以上であった。術後1カ月では、近方視力0.8以上の症例は4眼 (40%) であり、全症例0.4以上の近方視力が得られた。術後5カ月では、近方視力0.8以上の症例は認められず、近方視力0.4以上の症例は5眼 (50%) であった (図2)。また、術後1カ月の平均近方視力は0.6、術後5カ月の平均近方視力は0.4であり、全症例、近方視力は術後経過とともに低下した。いずれも、眼内レンズの方向による差は認められなかった。なお、単焦点眼内レンズ挿入眼では、近方視力0.6以上の症例は認められず、平均近方視力は0.2であった (図3)。

2. 遠方視から近方視の屈折変動

近方視時に近視化が認められた症例は、3眼 (30%) のみ

表1 各眼内レンズの遠方矯正下における近方視力の比較

	調節性 IOL AT-45	多焦点 IOL SA40N	単焦点 IOL AQ110-NV
DCNA 0.4 以上 平均年齢	97%* (n=48) 71 歳	48%** (n=102) 73 歳	48%** (n=205) (-)
DCNA 0.4 以上 平均年齢	50%*** (n=10) 71 歳	77%*** (n=44) 68 歳	13%*** (n=54) 67 歳

DCNA：遠方矯正下における近方視力。

*：文献9より，**文献12より，***当院における結果。

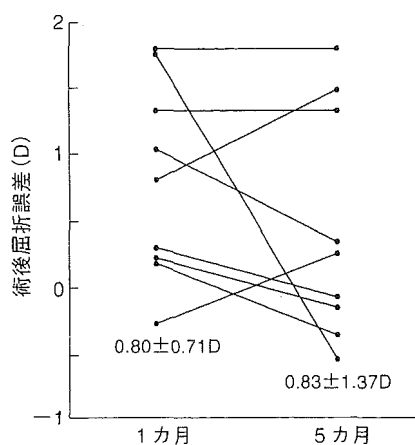


図4 術後屈折誤差 (術後1カ月 vs 術後5カ月)

であり、その平均値は 0.54 ± 0.26 D であった。眼内レンズの方向による差は認められなかった。

3. 術後屈折誤差

術後1カ月および5カ月とも約0.8D遠視よりの誤差を認めた。1眼は図4に示すように、術後5カ月が経過し屈折値が大きく変化した。比較対象の単焦点眼内レンズ挿入眼の術後屈折誤差は -0.15 ± 0.6 D であった。

4. 術後瞳孔径

遠方視時では平均4.0 mm、近方視時では平均3.7 mm であり、全症例とも調節に伴う明らかな瞳孔反応は認められなかった。

5. グレア

強いグレアを自覚した症例は1例2眼 (20%)、軽度のグレアを訴えた症例は1例2眼 (20%) であった。

IV 考 按

現在、白内障手術後の調節機能消失への対策には、調節性眼内レンズ⁸⁻¹⁰⁾、多焦点眼内レンズ¹¹⁻¹⁴⁾、眼内レンズによるモノビジョン法^{15,16)}が知られている。多焦点眼内レンズや眼内レンズによるモノビジョン法では、ほぼ満足な結果を得ており有用な対策方法と考えるが、いずれもまだ問題点が

残り¹¹⁻¹⁶⁾、各方法の臨床結果を比較し、今後の適応を検討する必要がある。

今回、使用した調節性眼内レンズは、眼内での前後方向の可動により調節 (屈折度の変化) が期待されるが、従来の超音波ヤスリット断層像での前房深度から眼内レンズの可動量を測定するには両者の方法とも十分な精度がなく、現時点では、明らかな調節を示すだけのレンズ可動を検出することができないため¹⁷⁻¹⁹⁾、今回は、遠方矯正下における近方視力および検査法を用いた遠方視から近方視の屈折変動より間接的に調節量の有無を検討した。実際に超音波を用いた前房深度測定では、測定眼にプローブをあて、他眼で移動している調節目標を努力固視させ行ったが、眼球固定ができないため、同じ角度で測定が不可能であり、遠見時、近見時を比較するだけの再現性のあるデータは得られなかった。検査法で得られた結果からは、測定による誤差を考慮しなければならないが、遠方視から近方視の屈折変動がみられた症例は3眼 (30%) のみであり、また、その値は0.56 D とごくわずかな値であった。計算上、眼内レンズの約1 mmの動きで約1.3 Dの屈折変動 (真の調節) が期待される²⁰⁾が、今回使用した眼内レンズが可動して屈折変動 (真の調節) が得られたと仮定すると、前房深度や眼軸長の値により誤差は生じるが、約0.5 mmの可動と推察される。

一方、偽水晶体眼においては一定の見解は得られていないが、瞳孔径による焦点深度、角膜の多焦点性、眼瞼や外眼筋の影響による角膜曲率半径の変化などより、みかけの調節 (いわゆる偽調節) が生じることが知られている²⁰⁻²³⁾。

通常の固定焦点眼内レンズのみかけの調節は、約0.5から3.0 Dと報告^{19,21)}されており、事実、術後両眼正視に矯正した偽水晶体眼でも、約27%の症例では、術後眼鏡を必要としていない¹⁵⁾。

このことより、眼内レンズのわずか0.5 mmの可動でも、屈折変動 (真の調節) が加味されれば、実際に有効な明視できる幅 (真の調節+みかけの調節) は、さらに広がりと考えられる。

また、調節性眼内レンズ挿入眼の遠方矯正下における近方視力は、単焦点眼内レンズ挿入眼と比較し、ある程度良好な結果が得られたが (図3)、術後経過により低下する傾向 (図2) がみられた。その原因については、嚢の収縮に伴い嚢内容積が減少し、眼内レンズの可動可能な領域が狭まるためと考えた。

欧米でのこれまでの報告では、遠方矯正下における近方視力が0.4以上の症例は、多焦点眼内レンズや単焦点眼内レンズでは約半数であるのに対し、調節性眼内レンズでは97%と非常に良好な結果を得ている (表1)。しかし、筆者らの施設では、遠方矯正下における近方視力が0.4以上の症例の割合は、3種の眼内レンズでは多焦点眼内レンズが最も良好

な結果であり、調節性眼内レンズでは単焦点眼内レンズよりやや上回るが、欧米での報告とは大きく異なる結果となった(表1)。筆者らの報告では症例数が少ないため、単純に比較することはできないが、調節量の差については、年齢による残余毛様体機能²⁴⁾や硝子体圧などが影響している可能性もあり、わが国でも多数の症例検討が必要と考えた。

また、術後屈折が遠視になる傾向については、光学部が通常の単焦点眼内レンズより硝子体側に位置しやすい構造によるためと考えられ¹⁰⁾、A定数を見直す必要があるが、術後5カ月で前房深度の変化に伴い、術後屈折が大きく変化した症例もあり、他の症例においても注意深い経過観察が必要である。

今回使用した調節性眼内レンズの初期経過では、可動に伴う真の調節の有無については疑問が残る結果となったが、今後の白内障手術においては非常に興味深い眼内レンズであり、眼内での可動を証明する方法およびさらなる応用を検討していきたい。

【文 献】

- 1) Sanders DR, Retzlaff JA, et al : Comparison of the SRK/T formula and other theoretical and regression formulas. *J Cataract Refract Surg*, 16 : 341-345, 1990
- 2) Hoffer KJ : The Hoffer Q formula : A comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg*, 19 : 700-712, 1993
- 3) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC : Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg*, 16 : 333-340, 1990
- 4) Kora Y, Koide M, Suzuki Y, et al : Errors in IOL power calculations for axial high myopia. *Ophthalmic Surg*, 22 : 78-81, 1991
- 5) 嶺井利沙子, 清水公也, 魚里 博ほか : レーザー干渉による非接触型眼軸長測定の検討. *あたらしい眼科*, 19 : 121-124, 2002
- 6) 嶺井利沙子, 清水公也, 魚里 博ほか : 眼軸長測定における眼内レンズの影響—光学式 vs 超音波式—. *眼科手術*, 15 : 545-548, 2002
- 7) 嶺井利沙子 : 非接触型眼軸長測定装置 (IOL マスター™). *IOL & RS*, 16 : 483-485, 2002
- 8) Wallence RB : Multifocal vision after cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 9 : 66-70, 1998
- 9) Cumming JS, Slade SG, Chayet AC, et al : Clinical evaluation of the model AT-45 silicone accommodating intraocular lens. *Ophthalmology*, 108 : 2005-2010, 2001
- 10) Agarwal A (ed) : The C & C vision crystalens model AT-45 silicone intraocular lens. In : *Presbyopia — a surgical textbook*. Slack Inc, Thorofare, NJ, 2002, p201-208
- 11) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, et al : Correlation between papillary size and intraocular lens decentration and visual acuity of a zonal-progressive multifocal lens and a monofocal lens. *Ophthalmology*, 108 : 2011-2017, 2001
- 12) Steinert RF, Aker BL, Tentacost DJ, et al : A prospective comparative study of the AMO Array zonule-progressive multifocal silicone intraocular lens and monofocal intraocular lens. *Ophthalmology*, 106 : 1243-1255, 1999
- 13) 庄司信行, 清水公也 : 新しい屈折型眼内レンズの臨床成績. *臨眼*, 50 : 795-799, 1996
- 14) Gimbel HV, Sanders DR, Raanan MG : Visual and refractive results of multifocal intraocular lenses. *Ophthalmology*, 98 : 881-887, 1991
- 15) 井上俊洋, 清水公也, 新井田孝裕ほか : 白内障術後のモノビジョンによる満足度. *臨眼*, 54 : 825-829, 2000
- 16) Greenbaum S : Monovision pseudophakia. *J Cataract Refract Surg*, 28 : 1439-1443, 2002
- 17) 中泉裕子, 谷口智子, 坂本保夫 : 正常および偽水晶体眼前房深度の画像計測. *眼科手術*, 4 : 299-301, 1991
- 18) Hardman Lea SJ, Rubinstein MP, Snead MP, et al : Pseudophakic accommodation? A study of the stability of capsular bag supported, one piece, rigid tripod, or soft flexible implants. *Br J Ophthalmol*, 74 : 22-25, 1990
- 19) 中塚美恵子, 名和良晃, 魚里 博ほか : 偽調節と眼内レンズ移動との関係. *眼臨*, 94 : 357-359, 2000
- 20) 魚里 博 : 調節および偽調節. *眼科手術*, 5 : 223-233, 1992
- 21) Nakazawa M, Ohtsuki K : Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. *Am J Ophthalmol*, 96 : 435-438, 1983
- 22) 藤澤邦俊, 清水公也, 嶺井利沙子ほか : 若年者における白内障術後の有効角膜多焦点性について. *眼科手術*, 14 : 177-181, 2001
- 23) 福山 誠 : 偽調節のメカニズム. *眼科手術*, 14 : 231-234, 2001
- 24) Fisher R : The mechanics of accommodation in relation to presbyopia. *Eye*, 2 : 646-649, 1987

●原 著

トライイリスを用いた調節刺激に対する瞳孔径・輻湊の加齢変化

高橋慶子^{a,b} 石川 均^{a,b} 新田任里江^a
堀部 円^{a,b} 庄司信行^{a,c} 清水公也^a

キーワード：トライイリス，近見反応，加齢変化

TriIRIS, near reflex, aging

抄録：定屈折近点計に赤外線電子瞳孔径を組み合わせ，両眼同時に調節負荷時の瞳孔反応・眼球運動が測定可能なトライイリスを試作し，20～50代の有水晶体眼そしてIOL挿入眼において近見視時の瞳孔反応・眼球運動を記録，検討した．被検者は屈折異常以外に眼疾患のない矯正視力1.0以上の20～50代の31名31眼とIOL挿入者10名10眼の計41名41眼とし，視標を2D（50cm）から7D（14.3cm）間，0.3D/secの速さで3往復させ記録した．

2D負荷時の平均瞳孔径（mm）は年代毎に瞳孔径の減少がみられ，交感神経系機能の低下が示唆された．また準静的刺激を用い近見負荷を増加させると瞳孔径は直線的に減少したが，輻湊には加齢変化がないことが判明した．トライイリスは，近見負荷に対する瞳孔反応・眼球運動の定量性にすぐれ，今後病的な瞳孔反応・調節・輻湊を評価する上で有用であると思われる．

（自律神経，41：361～364，2004）

I 緒 言

赤外線電子瞳孔計（以下イリスコーダ）を用い対光反応による瞳孔反応の加齢変化については長谷川ら¹⁾による詳細な報告がなされている．しかし，近見反応による瞳孔の変化についてはイリスコーダの付随した赤外線オプトメータを用い，内部視標による単眼視での研究が主であり²⁾³⁾，外部視標を用いた近見反応の調節，縮瞳，輻湊の三徴を他覚的に両眼同時測定可能な機器の開発が待たれていた．今回，新しく開発されたTriIRIS C 9000[®]（浜松ホトニクス，以下トライイリス）は，両眼開放定屈折近点計ダコモ[®]（ワック，以下ダコモ）にイリスコーダを組み合わせ，両眼開放下にて準静的調節刺激⁴⁾を加えた時の眼球運動（輻湊・開散）および瞳孔反応（縮瞳・散瞳）を連続測定可能な

装置である²⁾³⁾．我々はこのトライイリスを用い近見負荷に伴う眼球運動と瞳孔反応を年齢別に測定し検討を加えた．また，眼内レンズ（以下IOL）挿入眼も加えて記録分析し統計的処理を行ったので報告する．

II 対象および方法

対象は，屈折異常以外に眼疾患がなく，矯正視力1.0以上を有する20～50代の31名31眼とIOL挿入者（以下IOL群）10名10眼の計41名41眼で，各年代の眼数，平均年齢，平均屈折値を表1に示す．

測定は，約180 luxの室内照明下にて遠見完全矯正のもと，トライイリスを用いて視標を遠点2D（50cm）と近点7D（14.4cm）の間，0.3D/secにて連続3回往復させ，その近見負荷に伴う眼球運動と瞳孔径の変化を両眼同時に記録した．初期瞳孔径は検査説明をしながら5分間部屋の明るさに順応させ安定したところで測定開始とした．被検者には，赤・黄・緑の十字視標のうち真ん中にある黄色十字を注視し，可能な限り黄色十字を追いかけるように指示した．また，瞬目は制限せず，瞳孔領に上眼瞼がかからないようなるべく開

^a 北里大学病院眼科

〒228-8555 神奈川県相模原市北里1-15-1

^b 国際医療福祉大学附属熱海病院眼科^c 北里大学医療衛生学部

（受付日：平成16年4月26日/受理日：平成16年5月31日）

表1 対象の内訳

	眼数 (眼)	年齢 (歳)	屈折 (D)
20代	13	24.7 ± 1.8	- 1.75 ± 1.56
30代	10	33.6 ± 2.8	- 1.94 ± 1.97
40代	9	41.3 ± 1.4	- 2.58 ± 1.60
50代	9	55.8 ± 2.9	- 1.21 ± 1.55
IOL群	10	68.6 ± 8.2	- 0.15 ± 0.58

対象の内訳を示す。20代～50代そしてIOL群の41名41眼を眼数(眼)、年齢(歳)、屈折(D)で内訳した。(平均値±標準偏差)

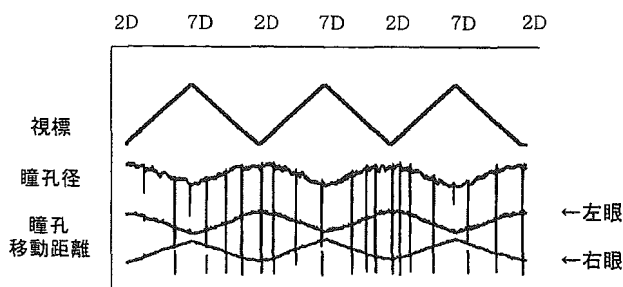


図1 トライイリスでの正常波形

上から視標の動き、瞳孔反応、眼球運動を表す。視標の動きに完全に同期して縮瞳・散瞳、輻湊・開散が認められる。

験するよう説明を行った。結果の解析には hole in card test にて決定した優位眼の3回往復平均を用いた。また、縮瞳率は2Dから7D負荷時の瞳孔径変化/2D負荷時の瞳孔径×100とし、検定には多群間での比較には Kruskal-Wallis test を、2群間の対応あるものに関しては Wilcoxon signed rank test を用い、P<0.05を有意差とした。

〔トライイリスの概要〕

ダコモの瞳孔測定部にイリスコーダを組み合わせた機器で、視標提示部はダコモによりディオプター等速で視標を移動させた。測定はイリスコーダにより測定中の瞳孔をモニタ上で観察しながら瞳孔直径と眼球運動を両眼同時にリアルタイムで測定した。眼球運動は、2D負荷時の瞳孔中心点を基準として各負荷時での瞳孔中心点の移動距離をmmで表示した。画面上には基準点より右側に移動すると正の方向、左側に移動すると負の方向として表示される。この装置を用いて得られる正常波形を図1に示す。

瞳孔反応の縮瞳率に関して、本機器は瞳孔の横径を計測するため10D負荷時では輻湊運動により瞳孔が

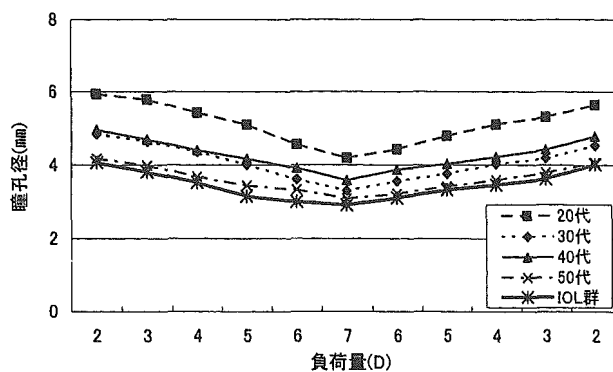


図2 近見負荷による瞳孔径の変化

各年代で瞳孔直径は直線的に減少し、しかも各直線はほぼ平行であった。

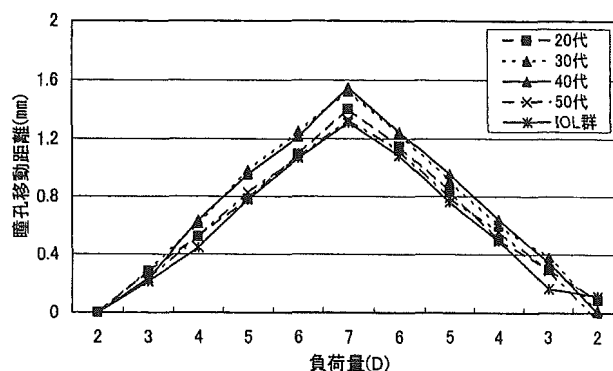


図3 近見負荷による瞳孔移動距離の変化

各年代とも負荷に対して直線的に増加した。年代間で瞳孔移動距離の有意差は認めなかった。(Wilcoxon signed rank test)

正円形ではなく楕円形として計測され、実際の瞳孔径より縮小されて計測される。そのため、我々は魚里の補正(未発表データ)を参考に二次関数を用いて補正を行い、縮瞳率の約2%の過大評価をきたすことを求めた。

III 結果

1. 瞳孔運動の加齢変化

近見負荷における瞳孔径の測定結果を図2に示す。全ての群で近見負荷増加により瞳孔径の減少、すなわち縮瞳が認められた。瞳孔径の減少は負荷に対してほぼ直線的な変化であった。更に、全ての負荷値で瞳孔径は加齢により減少した。また、2D負荷時では Bonferroni/Dunn 検定にて20代と50代間で瞳孔直径に有意差が認められた。一方、7D負荷時の瞳孔径に関し

ても加齢とともに減少したが、各年代で有意差は認められなかった。縮瞳率に関しては、初期の瞳孔直径が異なるものの5 D 負荷による縮瞳率(%)は29.2(20代), 32.1(30代), 28.8(40代), 27.1(50代), 29.7(IOL群)となり有意差は認められなかった。

2. 眼球運動の加齢変化

近見負荷における瞳孔移動距離の変化を図3に示す。全例に近見負荷に伴う内向きの眼球運動(輻湊)が認められた。2 D~7 D 負荷間の移動距離 mm(平均±標準偏差)は、1.4±0.5(20代), 1.5±0.4(30代), 1.6±0.2(40代), 1.3±0.3(50代), 1.3±0.5(IOL群)であり、各群間間に有意差は認められなかった。

IV 考 按

今回我々は、新しく開発されたトライイリスを用い、近見視時の瞳孔反応・眼球運動を定量的に測定した。今回の結果では、2 D~7 D 全ての負荷時で、年齢が増すにつれて瞳孔径が小さくなる傾向を認めた。加齢により瞳孔径が減少すること、つまり老人性縮瞳に関しては、今までLarsson⁴⁾, Thompson⁵⁾らによる虹彩の括約筋線維の硬化による形態学的な報告や、長谷川ら¹⁾による対光反応時の最高縮瞳速度/最高散瞳速度比の低下から、加齢に伴う交感神経系の低下などの報告がされてきたが今回の結果もこれらの報告と一致するものであった。

近見負荷に対する瞳孔径の定量的変化については、オプトメータと電子瞳孔計とを組み合わせた内部視標による報告を土屋らが行っており⁹⁾, 20代で最大負荷量12 Dの刺激に対して52%の縮瞳率を呈したとされている。しかし、内部視標による測定では器械近視あるいはDark Focusといわれる安静位などの影響が微妙に介入することが多く、更に近接感の欠如に伴い、両眼視差もないことから調節刺激としては不十分と考えられる。そこで、日常視に近い状態の外部視標での測定が必要であった。すでに平岡らは本機器を用い計測を行っているが²⁾, それによると縮瞳率は30代では6.9 Dの調節負荷により46%, 40代では3.6 Dの調節負荷で35%, 50代では3.1 Dの調節負荷で33%と報告している。今回のわれわれの計測では各年代とも5 Dの調節負荷で約30%の縮瞳を呈しており若干のデータの相違が存在するが、負荷量の異なる点、更に平岡らの測定は50 cm明視できる矯正眼鏡装用下で行っているのに対し我々は遠方矯正眼鏡装用下という検査時の屈折矯正の差が一因として考えられる。

また、現在まで外部視標を用いての調節負荷に対してどのような瞳孔変化・眼球運動を呈するかについての報告はなかったが、本装置を用い分析すると、図2のごとくほぼ直線的な瞳孔径の変化・眼球運動を呈することが判明した。すなわち、ある時点で急激な縮瞳や輻湊を呈するシグモイドカーブではなかった。

調節幅は、加齢に伴って減少し「老視」としてよく知られた事実であるが⁷⁾, 今回の測定も年齢的に考えて視標を完全に明視するのは不可能である。しかし、眼球運動から判断すると全対象者で視標の追視は可能であったと考えられ、これはばやけからうける調節応答以外の因子の関与が推察される。

一般に輻湊は緊張性輻湊、調節性輻湊、融像性輻湊、および近接性輻湊から成り立つと考えられるが、緊張性輻湊は解剖学的安静位から生理的安静位への輻湊であり、今回の測定には影響を及ぼしにくい。若年者では調節力を十分に保持しているため調節性輻湊、融像性輻湊、近接性輻湊がバランスよく保たれているが、調節力の低下もしくは消失していると考えられる40代以降およびIOL群においても若年者と同様の縮瞳・輻湊が今回本器機を用いて観察された。

そして、眼内レンズ眼の近方視時の眼球運動・瞳孔反応についてはすでに報告があるが⁸⁾, 今回の結果から平均年齢69歳であるIOL群においても瞳孔・眼球運動はほぼ他の年代と同様に誘発されていた。

トライイリスは外部視標を用い、近見反応の瞳孔反応・眼球運動を定量的に簡便にあらわすことができる機器で、今後のIT眼症をはじめとした眼精疲労の定量評価、内眼筋異常を伴う神経疾患などの診断の一助となりうると考えられた。

§ 文 献

- 1) 長谷川幸子, 石川 哲: 正常対光反応の加齢による変化—新型双眼性赤外線電子瞳孔径(C 2515)を用いた検討—。日眼会誌 93: 955—961, 1989
- 2) 平岡満里, 諸田麻里子, 遠田ゆかりら: 近見三徴測定装置—調節の他覚的量的測定への応用—。日眼会誌 107: 702—708, 2003
- 3) 石川 均, 陶山秀夫, 石川 哲ら: 白内障手術前後の近見時眼球運動, 瞳孔反応, 立体視。眼科手術 17巻1号: 89—92, 2004
- 4) Larsson AM, Osterlind G: Studies on the cause of senile miosis and rigidity of the pupil. Acta Ophthalmol 21: 1—25, 1943
- 5) 中村三恵子, 名和良晃, 魚里 博ら: 偽調節と眼内レンズ移動との関係。眼臨 94: 357—359, 2000

- 6) 中村芳子, 近江源次郎, 木下 茂: 自覚的訴えを持たない VDT 作業者の調節・瞳孔特性とその加齢変化. 日眼会誌 95: 1109—1116, 1991
- 7) 鈴木昭弘: 調節と輻湊. 図説臨床眼科講座 4, 老人と眼, メジカルビュー社, 東京 1984, pp 28—33
- 8) Thompson HS: Afferent Pupillary defects papillary findings associated with defects of the afferent arm of the papillary light reflex arc. Am J Ophthalmol 62: 860—873, 1966
- 9) 土屋邦彦, 鶴飼一彦, 石川 哲: 調節準静的特性記録時の瞳孔反応同時測定. 日眼会誌 92: 336—343, 1988

Abstract

Age related changes of eye movement and pupillary response to nearby objects

Keiko Takahashi^{a,b}, Hitoshi Ishikawa^{a,b}, Marie Nitta^a, Madoka Horibe^{a,b},
Nobuyuki Shouji^{a,c} and Kimiya Shimizu^a

^aDepartment of Ophthalmology, Kitasato University School of Medicine, Sagamihara 228-8555, Japan

^bDepartment of Ophthalmology, International University of Health and Welfare, Atami Hospital,
Atami 413-0012, Japan

^cDepartment of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Science,
Sagamihara 228-8555, Japan

We evaluated changes in pupil size and eye movement in near vision using a new dioptric accommodator with infrared videopupillography. Subjects were 41 patients (41 eyes) aged 20-59 years and grouped by decade. Ten patients with bilateral intraocular lenses were included. A target was moved from 50 cm to 14 cm 3 times at a constant speed of 0.3 D. The relationship between the accommodation stimulus and pupil diameter was linear. Pupil diameter decreased with advancing age without affecting eye movement, i.e., convergence and divergence. These results may indicate sympathetic influences related to aging and pupil dynamics. The new accommodator with infrared videopupillography proved useful in evaluating the near reflex.

(The Autonomic Nervous System, 41: 361~364, 2004)

緑内障患者の両眼開放視野における累加

山川 弥生*¹ 庄司 信行*^{1,2} 河合 裕美*¹
筒井 健太 清水 公也

*1 北里大学病院眼科 *2 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学

要約 緑内障の両眼開放視野で累加が成立する条件を検索した。中心 10° 以内に視野障害があり、矯正視力が 1.0 以上の緑内障患者 32 名を対象とした。ハンフリー視野計 10-2 で、右眼、左眼、両眼開放それぞれにつき全点閾値を測定した。両眼開放時に重なる左右眼の各測定点の閾値を良好値と不良値とに分けた。良好値で予測した両眼視野は、両眼開放で測定した閾値と有意に相関した。不良値を 5 dB 刻みで分け、それぞれの群で良好値と両眼開放視野の閾値を比較した。不良値が 21 dB 以上のとき累加が生じた。左右差が 4 dB 以内のとき、同様に累加が生じた。以上、緑内障の両眼開放視野で累加は特定の条件があるときに成立する。

Summation of biocular visual field in glaucoma patients

Yayoi Yamakawa*¹ Nobuyuki Shoji*^{1,2} Hiromi Kawai*¹
Kenta Tsutsui Kimiya Shimizu

*1 Dept of Ophthalmol, Kitasato Univ Hosp

*2 Dept of Orthoptics and Visual Sci, Kitasato Univ Sch of Allied Health Sci

Abstract. Purpose: To identify factors involved in summation of binocular visual field in glaucoma. **Patients and Method:** A total of 32 glaucoma patients entered the study. They had corrected visual acuity of 20/20 or over and had defects within 10 degrees of central visual field. Humphrey 10-2 full-threshold program was used to measure the monocular and binocular visual field. **Findings:** Binocular visual field showed good correlation with the threshold in the better eye for each point. Summation of binocular visual field developed when the threshold in the worse eye was greater than 21 dB for each point. Summation developed when the difference in threshold was greater than 4 dB between each pair of eyes. **Conclusion:** Summation may develop in binocular visual field in glaucoma under certain conditions.

Rinsho Ganka (Jpn J Clin Ophthalmol) 58(7): 1193-1198, 2004

緒言

累加とは、両眼視時に単眼視時よりも視力、コントラスト感度などが向上する現象のことであり、視力に関しては両眼開放視力は片眼視力の 1.5 倍になる¹⁾こと、コントラスト感度に関しては両眼開放下では単眼視の感度の $\sqrt{2}$ 倍になることなどが知られている^{2,3)}。同様に、両眼開放下の視野に関する累加が生じる可能性が考えられる^{4,5)}。Esterman⁴⁾は、視野を点で表す新しい両眼

開放視野計を開発し、緑内障、網膜色素変性症、下垂体腫瘍、網膜中心動脈分枝閉塞症の患者の両眼開放視野を報告している。

緑内障患者の視機能評価としては、日常診療においては単眼視野が測定され、視機能障害の判定に用いられている。通常用いられている視野計も単眼で測定するものであり、両眼開放下で測定できるようには設計されていない。しかし、日常生活においては両眼開放下のほうが实际的であり、緑内障患者の quality of vision (QOV) を評価する

別刷請求先：山川弥生（やまかわ・やよい）〒228-8555 相模原市北里 1-15-1 北里大学病院眼科

Reprint requests to: Yayoi Yamakawa Department of Ophthalmology, Kitasato University Hospital, Kitasato Sagami-hara 228-8555, JAPAN

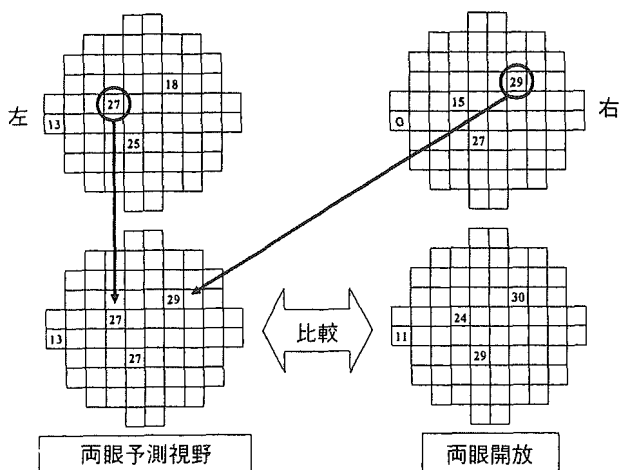


図1 良好値と両眼開放下の閾値との比較
両眼視時に対応する左右のポイントで良好値と不良値に分け、良好値をピックアップし、良好値と両眼開放視野の閾値を比較検討した。

ためには、どの程度の両眼視野が得られているかを検討するほうが、実際の視機能障害(不自由さ)を反映していることは明らかである。そのため、両眼視野測定用プログラムが開発されたが、一方では、単眼による測定結果から両眼開放視野を予測することは可能であるとも報告されている⁵⁾。さらに Crabb ら⁵⁾は、緑内障患者でも視野の累加が生じることを報告しているが、緑内障患者の場合、視野障害の程度に左右差がみられることも多く、左右眼の網膜感度の差が大きい場合においても果たして累加がみられるのかどうか、あるいは緑内障でどのような条件で累加が生じるのかといった検討はあまりない。そこで、両眼開放視野における累加の検討を行ったので報告する。

対象と方法

対象は、矯正視力 1.0 以上で、中心 10° 以内に視野障害を有する緑内障患者 32 名である。年齢は 38~80 (平均 63.8±10.5) 歳であった。2D 以上の不同視、斜視、その他眼底疾患を有するものは除外した。

視野の測定にはハンフリー静的視野計における 10-2 全点閾値プログラムを用いた。測定はまず右→左の順で単眼視野を施行し、十分な休憩の後、両眼開放下視野を施行した。両眼開放視野の測定においては、顎と額の中央が顎台と額帯のそれぞれ中央に位置するように固定して行った。単眼視野の測定においてはゲイズ設定、盲点検出を施

行しており、固視不良、偽陰性、偽陽性が 30% 以下の症例を採用しているが、両眼開放視野の場合はゲイズ設定と盲点検出が不可能のため、両者を off にして測定した。そのため、事前にすべての対象にあらかじめ立体視検査 (Titmus fly test, Titmus circle test, Titmus animal test) を施行し、融像可能であることを確認してから両眼視野を測定した。

得られた結果の検討には全点閾値 (dB) を用いた。そして、単眼測定により得られた左右の閾値を両眼視時に重なり合う測定点で比較し、閾値の感度の高いほうを「良好値」、悪いほうを「不良値」とした。そして、各測定点における良好値を選択して作成したものを、ベストポイントによる両眼予測視野とした⁶⁾(図 1)。

今回、筆者らは、①各測定点における累加の有無、②不良値と累加との関連、③左右の感度の差と累加の有無を調べるために、以下の 3 つの検討を行った。①良好値と両眼開放下の閾値の相関を調べた。②不良値を 5 dB 刻みで分け、それぞれの群で良好値と両眼開放の閾値を比較検討し、不良値の程度により良好値と両眼開放の閾値との関連性に違いがあるかどうかを検討した(図 2)。③各測定点の左右差を求め、左右差の大きさごとに測定点を分類し、良好値と両眼開放の閾値を比較した(図 3)。なお、相関の検定には Spearman の順位相関を、有意差の検定には Wilcoxon 符号付順位検定を用い、危険率 5% 未満を有意な相関あるいは有意差ありと判定した。

結果

1. 良好値と両眼開放下の閾値の比較

ベストポイントによる良好値と両眼開放の閾値の間には正の相関 ($r=0.840$, $p<0.01$) が認められ、良好値と両眼開放の閾値はほぼ一致した(近似式 $y=1.0023x$) (図 4)。

2. 不良値と累加の関連

不良値が 21 dB より良好な測定点においては、両眼開放の閾値のほうが良好値より有意に高くなった ($p<0.01$) (図 5)。

3. 左右の感度の差と累加の関連

左右差が 4 dB 以下では、良好値と両眼開放の閾値の間に有意差(左右差 0~3 dB のとき $p<0.01$,

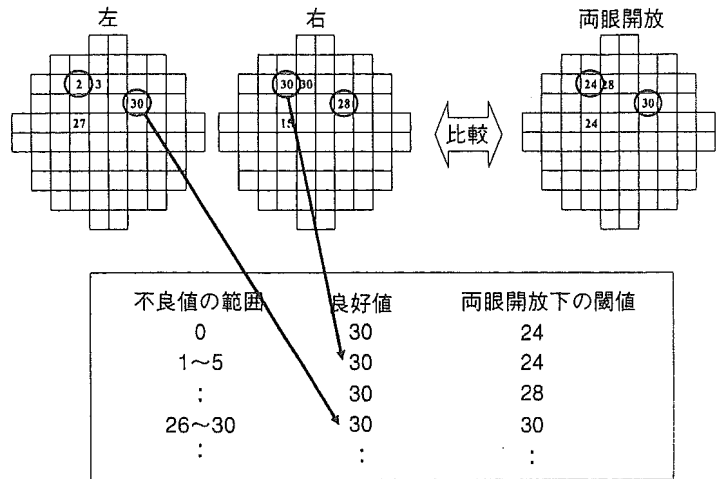


図 2 不良値別の良好値と両眼開放下の閾値との比較

各測定点の不良値の影響をみるために不良値を 5 dB 刻みで分け、それぞれの群で良好値と両眼開放視野の閾値を比較検討した。

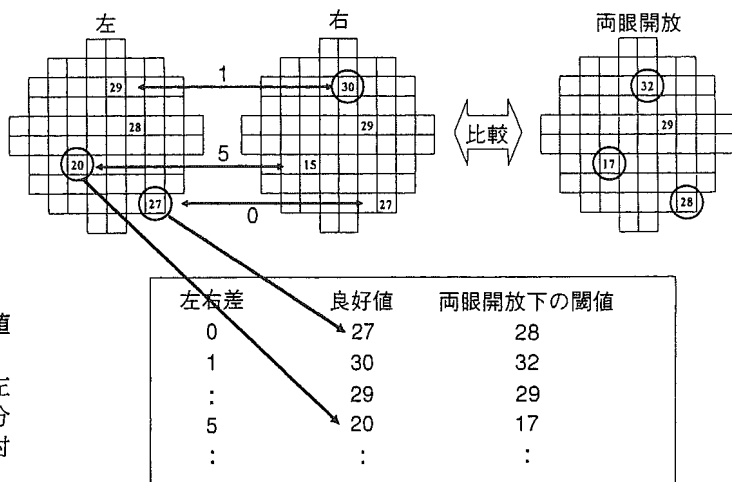


図 3 左右差別の良好値と両眼開放時の閾値との比較

左右差と累加の関係を調べるため各測定点の左右差を求め、左右差の大きさごとに測定点を分類し、良好値と両眼開放視野の閾値を比較検討した。

左右差 4 dB のとき $p < 0.05$ がみられた (表 1)。

考 按

両眼開放視野の過去の報告はいくつかあるが、どのような条件で視野の累加が生じるかについて述べられたものは筆者らが調べた限りない。そこで、今回筆者らは、ハンフリー視野計 10-2 全点閾値プログラムを用いて緑内障患者の片眼および両眼開放視野を測定し、ベストポイントによる両眼予測視野と視野の累加について検討した。

1998 年、Crabb ら⁵⁾は、緑内障患者に対してハンフリー 24-2 プログラムによる単眼視野を測定し、その結果から両眼視野を予測し、EVFT (Esterman binocular visual field testing) という新しい両眼開放プログラム⁴⁾の閾値と比較した。その結果、単眼視野より予測された値は EVFT の値とほぼ同等であったことから、特別なプログラムを用

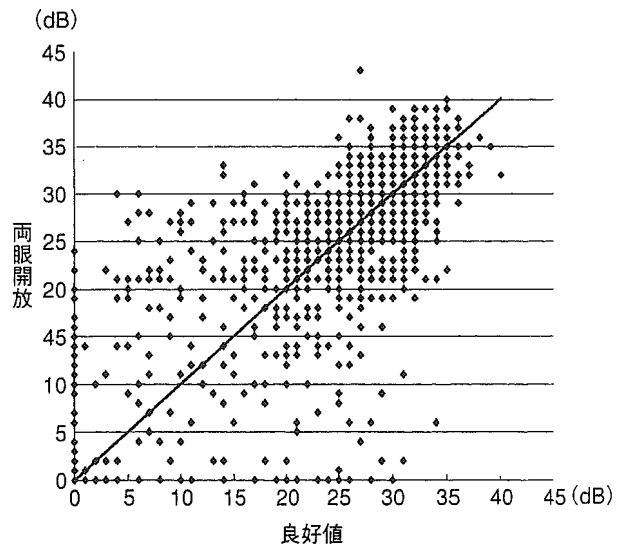


図 4 良好値と両眼開放時の閾値との比較
良好値と両眼開放視野の閾値は有意な相関関係を認めた (近似式 $y = 1.0023x$, $r = 0.830$, $p < 0.01$: Spearman の順位相関)。

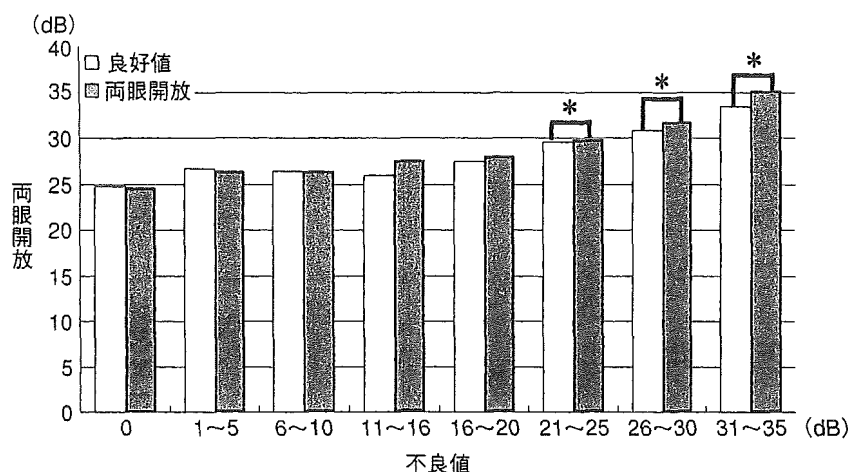


図5 不良値ごとの良好値と両眼開放時の閾値との比較
不良値が21 dB 以上の場合に両眼開放の閾値と良好値に有意差が認められた。
* $p < 0.01$ (Wilcoxon 符号付順位検定)。

表1 左右差と累加の関係

左右差 (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
良好値	27.9±6.6	30.1±5.1	30.1±5.6	29.8±6.4	29.6±6.9	28.2±7.9	24.6±9.7	25.2±10.4	24.5±9.4	27.1±8.8
両眼開放	31.2±4.2	31.5±5.2	31.3±5.7	30.7±6.0	30.6±6.2	29.4±5.6	25.7±9.8	27.5±8.5	24.9±10.1	27.6±8.0
有意差	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.05$	—	—	—	—	—
n	165	217	209	140	128	67	57	43	37	38

左右差が4 dB 以下では、良好値と両眼開放視野の閾値に有意差が認められた。Wilcoxon 符号付順位検定。

いずも単眼視野から両眼視野を予測することが可能と報告している。今回筆者らは、ハンフリー 10-2 にてより中心部の両眼開放視野を測定し、より詳細な検討を行ったところ、Crabb らの報告と同様な結果が得られた。

2000 年に Nelson-Quigg ら⁷⁾は緑内障患者の両眼開放下のハンフリー 30-2 を施行しており、単眼視野から4つの条件、①MD 値の高いほうの眼、②両眼の各測定点の平均値、③各測定点の感度のより高いほうを選択した値、④視野上に対応する点の右の閾値を S_R 、左の閾値を S_L とし、 $\sqrt{(S_L)^2 + (S_R)^2}$ の式から累加を予測した値を用いて両眼視野を予測し、実測値との相関を調べている。その結果は、③、④の方法が実測値とよく相関するというもので、感度の高いほうを選択して両眼開放の値と比較する方法は今回の筆者らの方法と同じであり、両群間がよく相関するという点においては Nelson らと同等の結果が得られた。

しかし、相関がみられるものの、近似式 ($y =$

$1.0023x$) に示されるように良好値は両眼開放の閾値とほぼ一致しており、いわゆる累加が生じているとは考えにくい結果が得られた。この理由として、不良値の影響を受けているためではないかと考えた。そこで各測定点の不良値によって群に分け、良好値と両眼開放の閾値を比較したところ、図5に示すように、不良値が21 dB 以上の測定点で単眼視時よりも両眼視時での閾値が上昇する結果となった。この結果から、不良値もある程度よくなければ累加は起きにくいことが推測された。これをもとに、不良値が21 dB 以上の測定点のみを選択し、良好値と両眼開放の閾値の相関を求めてみたところ、図6に示すような相関(近似式 $y = 1.0248x$, $r = 0.611$, $p < 0.01$: Spearman の順位相関)が認められた。また、不良値20 dB 以下の測定点のみを選択し、良好値と両眼開放視野の閾値の相関を求めてみたところ、図7に示すような相関(近似式 $y = 0.9746x$, $r = 0.812$, $p < 0.01$: Spearman の順位相関)が認められた。このことから、

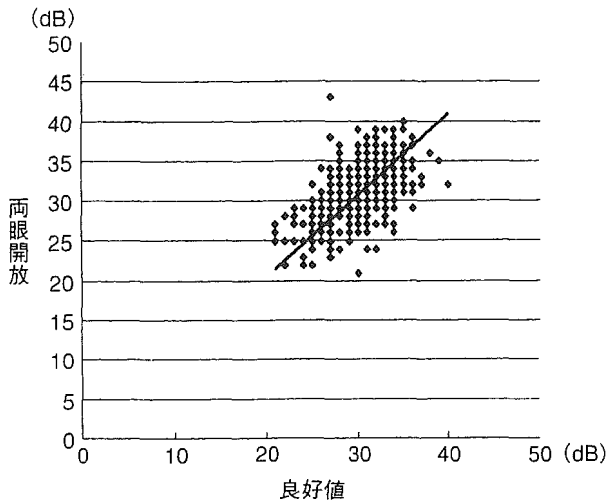


図 6 不良値が 21 dB 以上のときの良好値と両眼開放時の閾値との比較

不良値が 21 dB 以上の測定点のみを選択し、良好値と両眼開放視野の閾値の相関を求めたところ、相関関係が認められた (近似式 $y=1.0248x$, $r=0.611$, $p<0.01$: Spearman の順位相関)。

累加の成立には不良値が影響することが示唆された。

また、左右差の程度によっては累加が生じにくい可能もあると考えたので、左右差ごとで良好値と両眼開放の閾値を比較検討したところ、表 1 に示すように左右差が 4 dB 以下では、良好値より両眼開放視野のほうが有意に良好であった (左右差 0~3 dB のとき $p<0.01$, 左右差 4 dB のとき $p<0.05$)。この結果から、累加の成立には左右差も影響することが示唆された。

また、Nelson-Quigg ら⁷⁾の式によって視野の累加を計算すると、予測値はコントラスト感度と同様、 $\sqrt{2}$ 倍近くになるが、今回の実測値に比べかなり高い予測値となってしまふ。スペースシノプトを組み込んだオクトパスを用いて測定した正常者における両眼開放視野の報告⁸⁾によれば、単眼視下に対する両眼開放下での視感度の上昇は、中心 6° 以内で左眼に対して平均 1.8 dB、右眼に対して 1.9 dB の閾値の上昇があり、特に中心窩では左眼に対して 4.4 dB、右眼に対して 4.2 dB と他の領域に比べて両眼視下で視感度の上昇が大きく、有意差を認めたとしている⁸⁾。しかし、 $\sqrt{2}$ 倍の値にまでは達しておらず、視野の累加に関しては、従来報告されているような視力やコントラスト感度のような $\sqrt{2}$ 倍前後の感度上昇は生じない可能性が

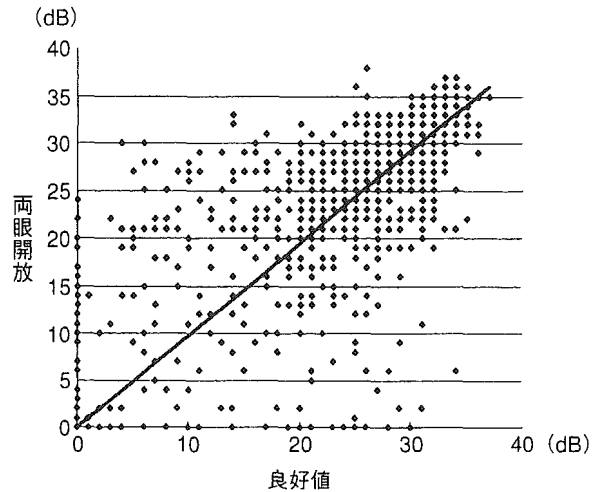


図 7 不良値が 20 dB 以下のときの良好値と両眼開放時の閾値との比較

不良値が 20 dB 以下の測定点のみを選択し、良好値と両眼開放視野の閾値の相関を求めたところ、相関関係が認められた (近似式 $y=0.9746x$, $r=0.812$, $p<0.01$: Spearman の順位相関)。

考えられる。しかし、視野の部位による累加の程度の違いや、眼優位性の程度によって感度上昇の程度に違いがあるかもしれない、今後のさらなる検討が必要と考えている。

今回、筆者らは、ハンフリー視野計における 10-2 全点閾値プログラムを用いて両眼視野を検討した。その結果、両眼開放視野は単眼視野の良好値から予測可能であるものの、視野障害の程度によってはむしろ両眼開放下の網膜感度が低下する場合もあることがわかった。緑内障患者の QOV や治療方針を考える場合には、単眼視野による評価だけでなく、左右差も考慮に入れる必要があると考えた。

文献

- 1) König A: Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. Sitzungsbericht der Akademischen Wissenschaft zur Physiologischen Optik. 378, 1987
- 2) Campbell FW, Green DG: Monocular versus binocular visual acuity. Nature 208: 191-192, 1965
- 3) 奥山和子・庄司信行・清水公也: Mini-RK 術後眼のコントラスト感度の累加. IOL & RS 12: 264-268, 1998
- 4) Esterman B: Functional scoring of binocular field. Ophthalmology 89: 1226-1234, 1982
- 5) Crabb DP, Viswanathan AC, McNaught AI et al: Simulating binocular visual field status in glaucoma.

- Br J Ophthalmol 82 : 1236-1241, 1998
- 6) Jampel HD, Friedman DS, Quigley H et al : Correlation of the binocular visual field with patient assessment of vision. Invest Ophthalmol Vis Sci 43 : 1059-1067, 2002
- 7) Nelson-Quigg JM, Cello K, Johnson CA : Predicting binocular visual field sensitivity from monocular visual field results. Invest Ophthalmol Vis Sci 41 : 2212-2221, 2000
- 8) 若山暁美・松本長太・楠部 享・他 : 両眼視野における binocular summation について—正常者における融像刺激に対する検討. 眼臨 93 : 1057-1060, 1999

有水晶体眼内レンズ

—後房型レンズ(ICL)の治験成績

Phakic IOL



鈴木雅信 清水公也(写真)

Masanobu Suzuki and Kimiya Shimizu

北里大学医学部眼科学教室

◎屈折矯正手術として現在主流となっている LASIK 手術では最強度近視の治療はできない。白内障手術に準じて水晶体を摘出することで屈折を矯正することが可能であるが、この場合、調節力が失われ、老視状態となる。調節力を温存したまま強度近視を治療する方法として、水晶体を残したまま眼内レンズを移植する有水晶体眼内レンズ手術(Phakic IOL)が試みられている。わが国における治験が現在進行中であるが、これまでのところ白内障など重篤な合併症もなく、術後経過は良好であり、術後の高次波面収差も少ない。有水晶体眼内レンズ手術は今後、最強度近視をはじめとする高度の屈折異常に対する新しい屈折矯正手術として期待される。

Key word : 有水晶体眼内レンズ, 強度近視, 屈折矯正, ICL

近年、近視に対する屈折矯正手術であるエキシマレーザーを用いた LASIK (Laser *in situ* keratomileusis) が普及してきたが、LASIK は角膜を削ることで屈折を矯正する手術であるため、最強度近視の治療は困難である。最強度近視の手術法として通常の老人性白内障手術に準じて、水晶体摘出手術、眼内レンズ挿入術により屈折を矯正することが可能である。しかし、水晶体が調節をおもにつかさどっていることから、手術時に水晶体を摘出することで術後には調節力が失われてしまう。この場合、良好な遠見視力が得られたとしても近見視力は低下し、老視状態となる。調節力を温存したまま最強度近視を治療する方法として、水晶体を残したまま眼内レンズを挿入する有水晶体眼内レンズ手術(Phakic IOL)が開発され、臨床応用されている。欧米ではすでに一部が認可されており、わが国でも治験が進行中である。

本稿では有水晶体眼内レンズの治験データを中心に概説する。

● 有水晶体眼内レンズ手術の利点

有水晶体眼内レンズ手術は屈折異常を治療する目的で、水晶体を温存したまま眼内レンズを挿入する術式である。水晶体を温存することで、術後の調節力が維持される、強度の屈折異常(-20~+20D)に対応できるほか、角膜光学領を切開・切除しないため、手術による光学的な侵襲がない、手技が可逆的であり、誤差や屈折変化が生じた場合でもレンズの交換が可能であるなどの利点がある。その種類には、前房型、虹彩支持型、後房型のタイプがあり、それぞれに特徴がある。1993年にはじめてインプラントされ、1997年からヨーロッパで実用化されている(表1)。

● 後房型有水晶体眼内レンズ

著者らはわが国における有水晶体眼内レンズの治験に参加しているが、本治験は後房型の有水晶体眼内レンズである Implantable Contact Lens (ICL) (Staar Surgical 社, アメリカ)を用いている。このレンズはすでにヨーロッパ、カナダおよび韓国で承認を受けており、アメリカでは臨床試験が

表 1 有水晶体眼内レンズの特徴

- ・調節力が温存される
- ・角膜光学領を切開・切除せず、光学的侵襲が少ない
- ・手技が可逆的であり、誤差や屈折変化が生じた場合でも交換が可能である

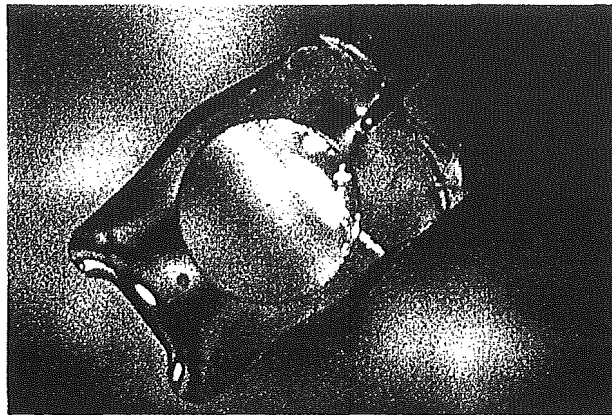


図 1 ICL の全体像
中央部に光学部があり、プレート型ハプティック周辺部に計 4 つの支持部がある。

終了し食品医薬品局(FDA)の承認待ちである。わが国においても、2003年より治験がはじまっている。

素材はコラーゲンと hydroxyethylmethacrylate (HEMA) の共重合体 collamer を主成分とする含水率 34% の 1 ピース・プレートハプティック型 foldable lens で、材質の屈折率は 1.45、標準的な中心厚は 0.06 mm、光学部径は 4.5~5.5 mm、全長は 10.8~13 mm で、度数範囲±20D である。バージョンアップを繰り返しており、最新タイプはバージョンIVである(図1)。

ICL の臨床治験

アメリカにおける ICL 治験では 291 例 523 眼に移植され、年齢は 21~45 歳、等価球面度数は -3~-20.0D、平均 -10.31D であった。術後は 60% 以上で 1.0 以上の裸眼視力が得られ、等価球面度数±1D 以内が 84.7% であった。11 眼(2.1%) で水晶体混濁がみられ、2 眼(0.4%) で前嚢下混濁のため ICL の摘出をした¹⁾。

わが国の ICL の治験のうち本施設における症例はこれまでのところ、23 例 29 眼(男性 10 例 13 眼、女性 13 例 16 眼)で、平均年齢 34.4±10.3 歳(22~52 歳)である。術前等価球面度数は -9.42±

2.30D(-5.75~-12.75D)、術前平均裸眼視力は 0.03(0.02~0.06)であった。事前にインフォームドコンセントの得られた、屈折度数が安定していて十分な前房深度、角膜内皮密度を有し、白内障がない者を対象とした(藤澤ら、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会 2004、藤澤 ISRS-JAPAN Meeting, 2004.)

ICL の手術手順

術前にレンズ長を決定するために角膜径(white to white)をキャリパーで測定し、術後の瞳孔ブロックを予防するために Nd:YAG レーザーにて 2 時および 10 時方向の虹彩周辺部にレーザー虹彩切開(LI)をおく。

手術は局所麻酔下で角膜耳側輪部に 3 mm 幅の小切開自己閉鎖創を作製し、これと直交する方向に 2 カ所のサイドポートをおき、粘弾性物質を前房内に充満した後、専用インジェクターに装填した ICL を前房内へ射出挿入する。その後、フックにより 4 カ所の支持部をそれぞれ虹彩下にスライドしてレンズを後房に挿入する。各支持部は毛様体溝に固定される(図 2)。ICL が正しく移植されると、有水晶体眼内レンズと水晶体の間に間隙が形成される(図 3, 4)。

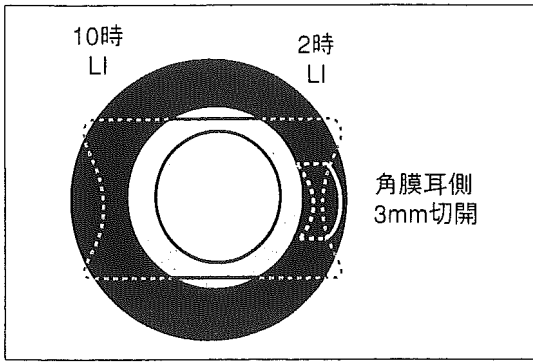


図 2 ICL 挿入のシェーマ

術前に 2 時および 10 時方向の虹彩周辺部にレーザー虹彩切開(LI)をおく。手術は角膜耳側輪部に 3 mm 幅の小切開自己閉鎖創を作製し、粘弾性物質を前房内に充満した後、専用インジェクターに装填した ICL を前房内へ射出挿入する。その後、フックにより 4 カ所の支持部をそれぞれ虹彩下にスライドしてレンズを後房に挿入する。

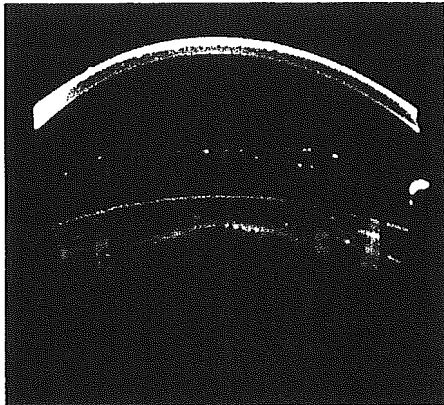


図 4 ICL 挿入眼 EAS-1000 像

EAS-1000(Nidek)を用いて撮影した前眼部像。水晶体前方に ICL が固定されており、水晶体前面との間のスペースが明瞭に描出されている。

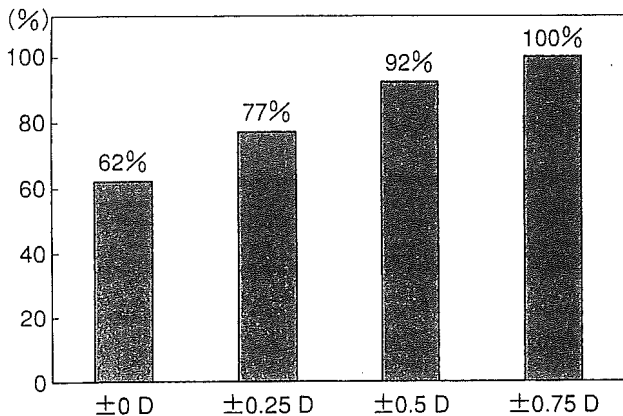


図 6 矯正精度 (3 M)

術後 3 カ月で、屈折誤差 0D が 62%、±0.5D 以内が 92%と、平均 9D 以上矯正しているにもかかわらず、良好な結果であった。

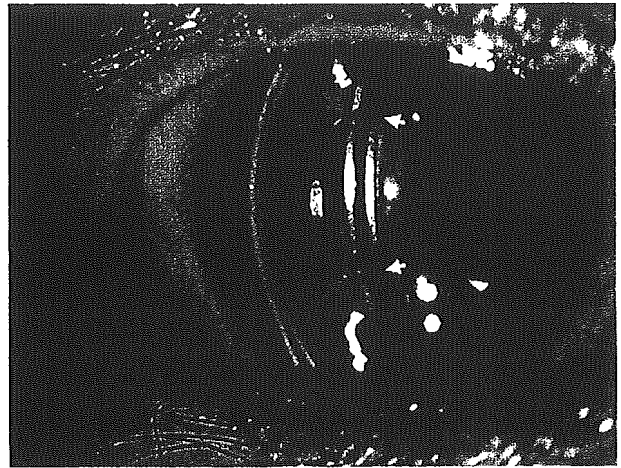


図 3 ICL 挿入眼細隙灯像

ICL の光学部 (赤色矢印) と水晶体前面 (黄色矢印) との間にスペースが形成されている。

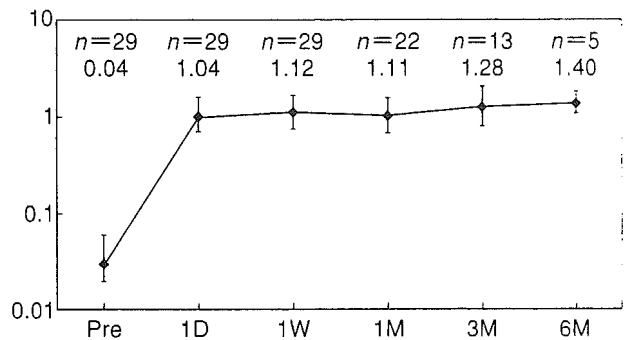


図 5 裸眼視力

術翌日から良好な結果が得られた。

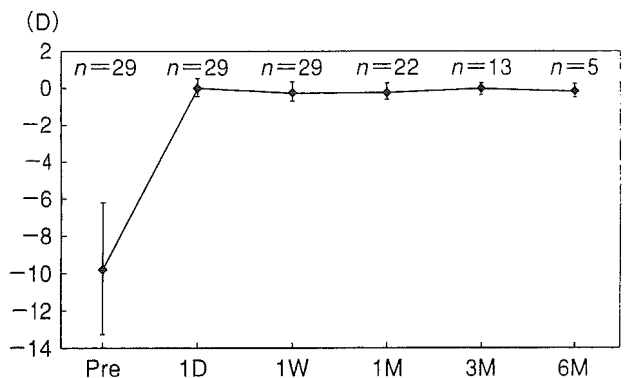


図 7 屈折安定性

術後の屈折は LASIK にみられるような近視の戻りはなく、安定していた。

ICL の臨床成績

術後の評価として裸眼視力、矯正視力、眼圧、角膜内皮密度、コントラスト感度、高次収差の測定を行った。

裸眼視力は術翌日から良好な結果が得られた (図 5)。矯正視力は術後低下することはなく安定

していた。眼圧に関しては術直後一過性に上がる症例を認めたが、長期にわたり眼圧上昇をきたす症例はなかった。また、角膜内皮の減少は認めなかった。

術後3カ月での矯正精度は、屈折誤差0Dが62%、±0.5D以内が92%と、平均9D以上矯正しているにもかかわらず、良好な結果であった(図6)。術後の屈折安定性はLASIKにみられるような近視の戻りはなく、安定していた(図7)。コントラスト感度では全周波数領域で術前を上まわる結果であった(図8)。また、術前術後の矯正視力の変化をみると視力が1段階以上上昇したものが全体の62%であった。1段階低下したものは2症例のみで、術前矯正視力1.5が術後1.2へ、術前1.2が術後1.0へ低下したものであった。

以上の結果から、安全係数(術後矯正視力/術前矯正視力)はWavefront-guided LASIKの1.11を上まわる1.19、有効係数(術後裸眼視力/術前矯正視力)においてもWavefront-guided LASIKの0.82に対し0.98の高値であった。Wavefront-guided LASIKの対象が平均-7Dであることを考えても良好な結果と思われる²⁾。

またこれまでの経過観察期間においては白内障

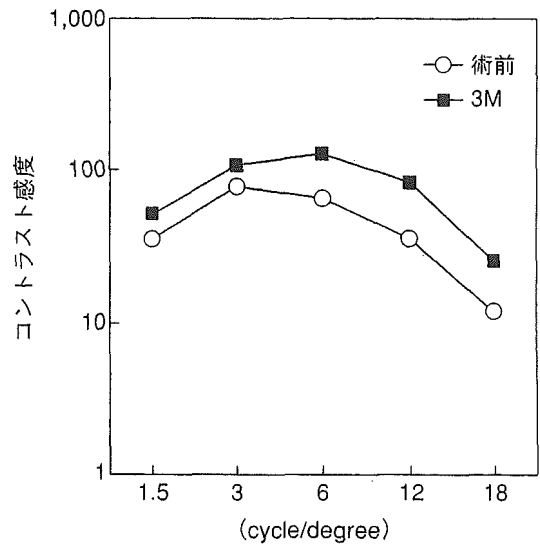


図8 コントラスト感度
全周波数領域で術前を上まわる結果であった。

や他の合併症はみられなかった。しかし、アメリカの治療では術後の水晶体混濁が2.1%にみられたこと、および以前の旧型式のレンズを用いた手術においてはさらに高頻度に術後の水晶体混濁がみられたことから、今後も注意深い観察が必要であろう。

ICLと波面収差

波面収差測定装置KR-9000PW(トプコン社)を用いて、角膜および全眼球高次波面収差を測定した。術前後の角膜の高次波面収差においてはconventional LASIKおよびWavefront-guided LASIKでは術後に収差が増加していたが、ICLでは収差の増加はほとんどみられなかった(図9)。術前後の全眼球の高次波面収差においても角膜の高次波面収差と同様の傾向であり、LASIK群では術後に収差が増加していたが、ICLでは収差の増加はみられなかった(図10)。

全眼球の高次波面収差はWavefront-guided LASIKでは術前より増加していたが、この原因はWavefrontを用いても、ある程度以上の矯正を行うと角膜の高次収差が増加することで、結果として全眼球の高次収差が増加してしまうと考えられた。これに対しICLでは角膜小切開により若干角膜高次収差が増加するにもかかわらず、凸レンズである水晶体前方へ、凹レンズであるICLを挿入

サイドメモ

波面収差

光の進行を線としてでなく、同時刻における広がりとしてとらえ、光の進行を波面で表す波面光学に基づいて、その光の波面を次数ごとに級数展開することで、光学的特性を定量的に扱うことができる。現在おもに用いられているのは、Hartmann-Shack方式による波面収差測定およびZernike多項式展開を用いた解析である。2次の波面収差が球面度数(近視・遠視)と円柱度数(乱視)に相当し、通常の眼鏡矯正が可能な成分である。3次以上の収差を高次波面収差とよび、3次、5次などの奇数次数をコマ様収差、4次、6次などの偶数次数を球面様収差ともよぶ。これらは一般に不正乱視とよばれる成分に相当し、通常の眼鏡レンズでは矯正できない。一般的に高次収差が少ないほうが光学性は良好とされており、術後の評価などにおいては、収差の増加がより少ない術式のほうが光学的には望ましいと考えられる。

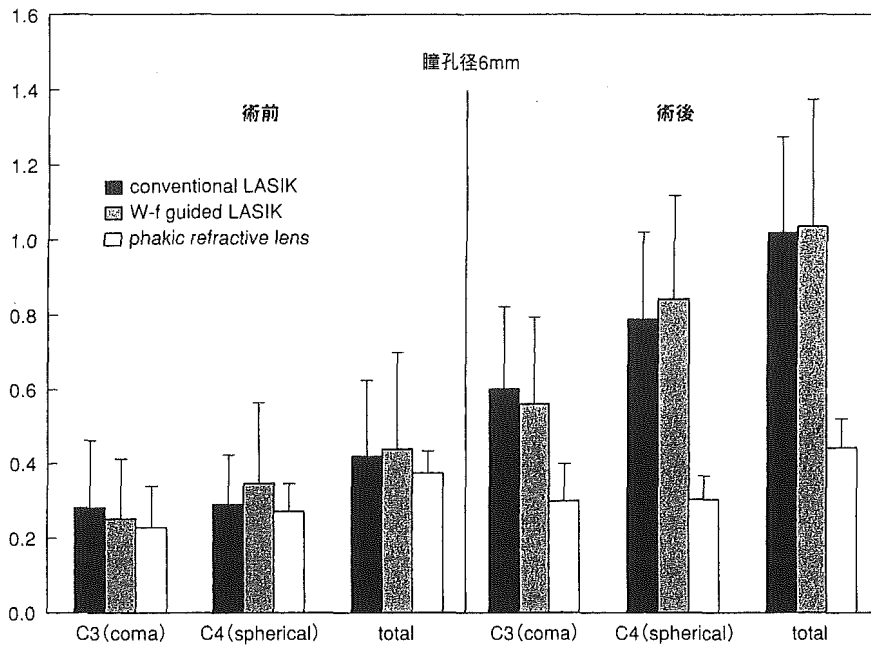


図 9 角膜高次波面収差

それぞれのコマ収差, 球面収差, 全高次収差を解析径 6 mm の術前(左)術後(右)を示す. conventional LASIK および Wavefront-guided LASIK では術後に収差が増加していたが, ICL では収差の増加はほとんどみられなかった.

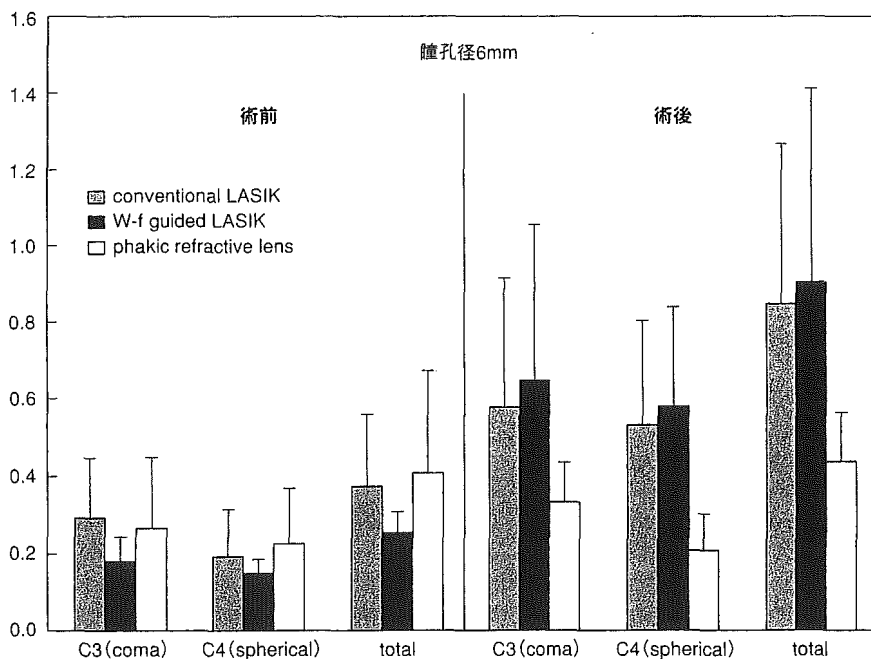


図 10 全眼球高次波面収差

それぞれのコマ収差, 球面収差, 全高次収差を解析径 6 mm の術前(左)術後(右)を示す. conventional LASIK および Wavefront-guided LASIK では術後に収差が増加していたが, ICL では収差の増加はみられなかった.