 [Print this Page for Your Records](#)

[Close Window](#)

**Program#/Poster#:** 4322/B783  
**Abstract Title:** The Effect of Pupil Size on Binocular Summation  
**Presentation Start/End Time:** Wednesday, Apr 28, 2004, 8:30 AM -10:30 AM  
**Location:** Hall BC  
**Reviewing Code:** 244 physiological optics - VI  
**Author Block:** *T.Kawamorita, H.Uozato*. Department of Visual Science, Kitasato Univ Graduate School, Sagamihara, Japan.  
**Keywords:** 643 pupil,432 binocular vision/stereopsis,473 contrast sensitivity,643 pupil,432 binocular vision/stereopsis,473 contrast sensitivity,643 pupil,432 binocular vision/stereopsis,473 contrast sensitivity

**Purpose:** To show how much binocular summation has been overestimated by effects of pupil size.

**Methods:** The nine healthy volunteers (mean age 21.2 years old) took part in this study. Continuous recording of natural pupil diameters under monocular and binocular conditions was performed during each examination; visual acuity at distance and near, contrast sensitivity (CS), refraction. The pupil diameters were measured with an infrared electronic pupillometer FP-10000 (TMS, Japan), which can measure in open-view and real times under examinations of visual performances. Aberrometry measurements were performed. Zernike coefficients were calculated for pupil diameters under the binocular and monocular conditions.

**Results:** The monocular visual acuity (log MAR) at the distance and near were significantly worse than the binocular acuity ( $p < 0.01$ ). Significant differences were found between the monocular log CS and the binocular log CS at the spatial frequencies greater than or equal to 6 c/deg ( $p < 0.05$ ). Therefore, binocular summation ratio significantly heightened with the increase of the spatial frequencies ( $p < 0.05$ ). Then mean pupil diameters under examinations of the monocular conditions significantly increased as compared to binocular conditions ( $p < 0.0001$ ). In proportion to increases in the pupil diameters, the optical aberrations significantly increased ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** This result suggests that the enlargement in pupil diameters from the binocular to the monocular viewing conditions cause for the increase of optical aberration to reduce retinal image quality and decrease of subjective visual performances consequently. We conclude that the effect of pupil size has overestimated in binocular summation.

**Commercial Relationship:** T. Kawamorita, None; H. Uozato, None.

**Grant Identification:** Support: Grand-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU), Support: Grand-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU), Support: Grand-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU)

 [Print this Page for Your Records](#)

[Close Window](#)

**Program#/Poster#:** 1730/B541

**Abstract Title:** Dynamic Measurement of the Implanted Intraocular Lens Position with M-mode Ultrasound Biometry

**Presentation Start/End Time:** Monday, Apr 26, 2004, 8:30 AM -10:30 AM

**Location:** Hall BC

**Reviewing Code:** 101 accommodation & presbyopia - VI

**Author Block:** H.Uozato, T.Kawamorita. Ophthalmology/Visual Sciences, Kitasato Univ Graduate Sch of Medical Sciences, Sagamihara, Japan.

**Keywords:** 541 imaging methods (CT, FA, ICG, MRI, OCT, RTA, SLO, ultrasound),441 cataract,463 clinical research methodology,541 imaging methods (CT, FA, ICG, MRI, OCT, RTA, SLO, ultrasound),441 cataract,463 clinical research methodology,541 imaging methods (CT, FA, ICG, MRI, OCT, RTA, SLO, ultrasound),441 cataract,463 clinical research methodology

**Purpose:** We used M-mode ultrasound biometry modified with A-mode biometry to assess the dynamic movement of the implanted intraocular lens (IOL). Effects of accommodative stimulus on the measurement of anterior chamber depth (ACD) and axial-length (AL) in pseudophakic eyes were analyzed.

**Methods:** M-mode ultrasound biometry device was used for measurement of the axial movement of IOL. A-mode waveforms were continuously recorded before and after accommodation. In pseudophakic eyes, ACD and AL were measured 3 times, respectively. For comparison, ACD and AL were measured with the IOLMaster™ (Zeiss, Germany). We enrolled two eyes of the pseudophakia and ten eyes of normal volunteers (college students) for the subjects.

**Results:** Average changes due to accommodative stimulus were 0.05±/0.04mm (AL), -0.27±/0.13mm (ACD) in pseudophakia. In phakic eyes, -0.01±/0.12mm (AL), -0.39±/0.22mm (ACD) and 0.40±/0.21mm (lens thickness change). Real-time recording of the dynamic movement of the implanted IOL and axial length changes can be obtained in all subjects. ACD was significantly reduced with accommodative stimulus (forward movement). Axial length was slightly elongated during accommodation with a mean 50mm (p<0.05). Estimated dioptric power change due to ACD change was approximately 0.7D and that due to AL elongation was 0.1D.

**Conclusions:** Small elongation of the axial length and significant forward movement of the implanted IOL due to accommodative stimulus can be dynamically detected with M-mode ultrasound biometry. This device can be applied to continuous measurement of axial movement of IOLs, especially accommodating IOLs.

**Commercial Relationship:** H. Uozato, None; T. Kawamorita, None.

**Grant Identification:** Support: Grant-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU), Project Res. Grant of the Kitasato Univ, Support: Grant-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU), Project Res. Grant of the Kitasato Univ, Support: Grant-in-aid for Exploratory Research of JSPS (HU), Project Res. Grant of the Kitasato Univ

# 眼内レンズによるモノビジョン法の視機能評価

嶺井利沙子\*<sup>1</sup> 清水公也\*<sup>1</sup> 新田任里江\*<sup>1</sup> 魚里 博\*<sup>2</sup> 新井田孝裕\*<sup>3</sup> 井上俊洋\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 北里大学医学部眼科学教室 \*<sup>2</sup> 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学 \*<sup>3</sup> 国際医療福祉大学保健学部視機能療法学  
\*<sup>1</sup> 熊本大学医学部眼科学教室

目的：白内障術後の調節機能消失への対策として、眼内レンズによるモノビジョン法が挙げられる。今回、眼内レンズによるモノビジョン法の視機能および満足度の評価を行った。方法：対象は、眼内レンズによるモノビジョン法を施行した69例である。全例、hole in the card testを用い決定した優位眼を遠見、非優位眼を近見に矯正した。視機能評価には、全距離視力、コントラスト感度、近見立体視を用いた。満足度の評価は、術後アンケートで行った。結果：術後平均屈折差は、2.29 (1.5~3.5) Dであった。両眼開放視力は、ほとんどの症例ですべての距離において0.8以上の値を示し、特に0.7および1 mの距離においては、単眼視力より2段階以上の上昇を示した。コントラスト感度では、低~中空間周波数領域のみに両眼加算が認められた。近見立体視では、100秒以下の症例は全体の55%であった。アンケートの結果、全症例の75%に満足が得られ、術後眼鏡使用率は17%と低い値を示した。結論：眼内レンズによるモノビジョン法は、白内障術後の調節機能消失への対策として有用な方法の一つであると考えられた。

## Assessment of Visual Function in Pseudophakic Monovision

Risako Minei<sup>1)</sup>, Kimiya Shimizu<sup>1)</sup>, Marie Nitta<sup>1)</sup>, Hiroshi Uozato<sup>2)</sup>, Takahiro Niida<sup>3)</sup>, Toshihiro Inoue<sup>4)</sup>

Department of Ophthalmology, Kitasato University, School of Medicine<sup>1)</sup>, Department of Orthoptics & Visual Science, Kitasato University, School of Allied Health Sciences<sup>2)</sup>, Department of Orthoptics & Visual Science, International University of Health and Welfare, School of Health Science<sup>3)</sup>, Department of Ophthalmology, Kumamoto University, School of Medicine<sup>4)</sup>

**Purpose** : Recently, monovision correction has been used for the treatment of presbyopia in patients with loss of accommodation after cataract surgery. We investigated visual function and acceptability of pseudophakic monovision in these patients. **Methods** : The study included sixty-nine patients with pseudophakic monovision. Ocular dominance was determined by the "hole in the card test". The dominant eye was corrected to be emmetropic and the non-dominant eye was corrected to be myopic. Visual acuity at various distances, contrast sensitivity and stereoacuity at near were measured. Subjective satisfaction was evaluated by a questionnaire. **Results** : The mean difference in spherical equivalent refractive error between the two eyes was 2.29 D (range 1.5 to 3.5 D). Most patients had a binocular uncorrected visual acuity of 20/25 or better at all distance. In particular, at middle distances (0.7 and 1 m), the binocular visual acuity was two or more lines better than the monocular visual acuity. With contrast sensitivity testing, binocular summation was observed at 0.5 to 2.0 cycles per degree. Stereopsis at near was less than or equal to 100 seconds in 55 % of patients. Satisfaction was obtained in 75 % of patients, and dependence on optical aids after surgery occurred for just 17 % of patients. **Conclusion** : Pseudophakic monovision may be an effective way to manage loss of accommodation after cataract surgery.

[Japanese Journal of Ophthalmic Surgery 17(2) : 223-228, 2004]

### I 緒 言

いわゆる老視とよばれる加齢に伴う調節力の減退は40歳代前半より自覚することが知られており、その要因として、水晶体の硬化や水晶体容積の増大が推察されている<sup>1-3)</sup>。そ

の対処法としては、国内では眼鏡による矯正が一般的であるが、欧米では両眼の屈折度数に差をつけ、一眼を遠見用に、他眼を近見用に矯正するモノビジョン法が古くより行われている。モノビジョン法はコンタクトレンズによる矯正<sup>4-9)</sup>が一般的であるが、近年、屈折矯正手術<sup>10-13)</sup>にも応用される

〔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

ようになってきた。

一方、白内障手術においても、術後の調節機能消失はいまだ避けられない問題であり、筆者らは、白内障手術時にモノビジョン法を取り入れることにより、術後の調節機能消失への対策のほか、今後の老視治療の糸口になると考え、1999年より眼内レンズによるモノビジョン法を施行し、高い満足度を得てきた<sup>14)</sup>。しかし、眼内レンズによるモノビジョン法の視機能についての報告は非常に少ない<sup>14-17)</sup>。

今回、筆者らは眼内レンズによるモノビジョン法の間距離を含む全距離視力、コントラスト感度、両眼視機能などの視機能評価を行ったので報告する。

## II 対象および方法

眼内レンズによるモノビジョン法の適応は、白内障以外の器質的眼疾患を有するまたは発症の可能性のある症例、角膜乱視1.5D以上の症例を除外し、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を図1に示すフローチャートに従い決定した。

眼優位性の検査には、大型弱視鏡用に独自に作成した異質図形（視角1度、コントラスト100%、空間周波数3.0 cpd）を用い、視野闘争を誘発させ、両眼ともほぼ同等に誘発される場合を「眼優位性が弱い」、一眼に抑制がかかる場合を「眼優位性が強い」と判定した。なお、術前の視力に自覚的左右差のある症例では、検眼棒に遮閉膜<sup>18)</sup>（Bangerter filter; Ryser社）を貼り自覚的に左右同一にみえる状態にしたうえで術前の両眼視機能や眼優位性の判定を行った。

白内障手術は、点眼麻酔下、耳側角膜2.6mm切開の超音波乳化吸引術後、同創口よりインジェクターを用い眼内レンズ（AQ-110NV, Canon-Staar）の挿入を行った。その際に、術前にhole in the card testを用いて決定した優位眼<sup>19)</sup>を正視に矯正し、非優位眼を術後屈折が-2~-2.5Dになるように眼内レンズ度数を選択した。

対象は、1999年5月より2002年9月までに北里大学病院で両眼の白内障手術時に眼内レンズによるモノビジョン法を施行した症例のうち、優位眼の遠見裸眼視力が1.0以上、非優位眼の近見裸眼視力が0.6以上、術後3カ月以上経過、術後乱視1.5D未満の条件を満たした男性14例、女性55例の計69例（以下、モノビジョン群）である。モノビジョン群の平均年齢は67歳（29~85歳）、平均観察期間は13カ月（1.6~35カ月）である。

さらに、同時期に両眼の白内障手術を施行し、術後屈折が両眼正視の男性19例、女性23例の計42例（以下、両眼正視群）を比較対象とした。両眼正視群の平均年齢は67歳（44~87歳）、平均観察期間は8カ月（2~13カ月）である。

### 1. 全距離視力の測定

全距離における視力測定は、全視能域・全距離視力測定計

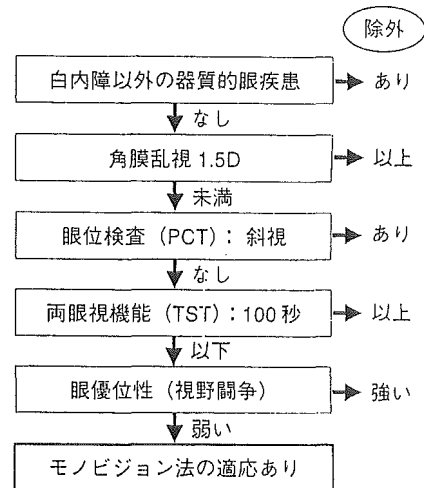


図1 眼内レンズによるモノビジョン法の適応基準

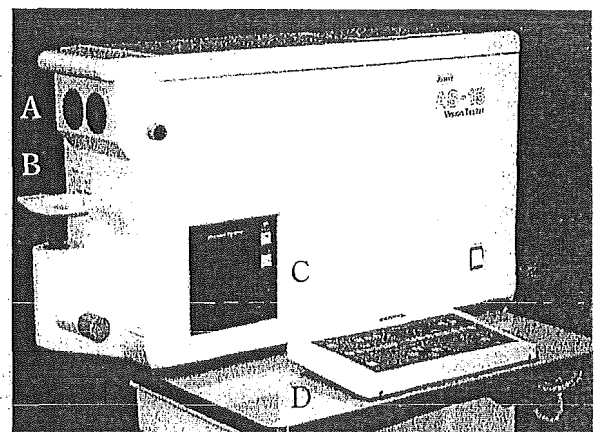


図2 全視能域・全距離視力測定計 (AS-15)  
A: 接眼部, B: 顎台, C: プリンター, D: コントロールパネル。

AS-15（興和社）（図2）を用い、非屈折矯正下で両眼開および単眼視力をそれぞれ、0.3、0.5、0.7、1、3、5 m 6点で行った。平均視力の算出には、log MAR 視力換算値を用いた。

### 2. コントラスト感度の測定

コントラスト感度の測定は、パーソナルコンピューターを用いたコントラスト感度測定装置<sup>20)</sup>を用い、非屈折矯正で両眼開放および優位眼単眼視下で行った。測定は、準暗下、1.27 mの距離で行い、0.5から16 cpdまでの各空間周波数領域のコントラスト閾値をランダムに5回ずつ測定しその平均値を用いた。また、網膜照度や瞳孔径の影響を一にするため、両眼開放下で測定後、5分間の間隔をとり優位眼単眼で測定を行った。

### 3. 近見立体視の測定

近見立体視の検査には、Titmus stereo test (TST) を

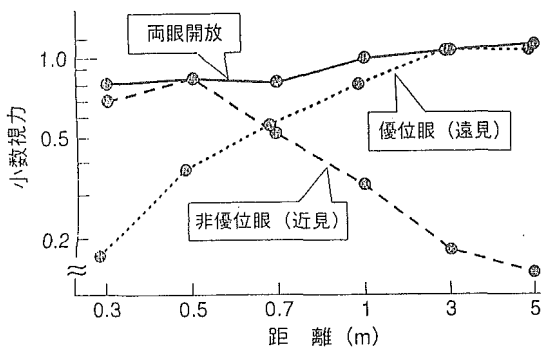


図3 モノビジョン群の全距離視力

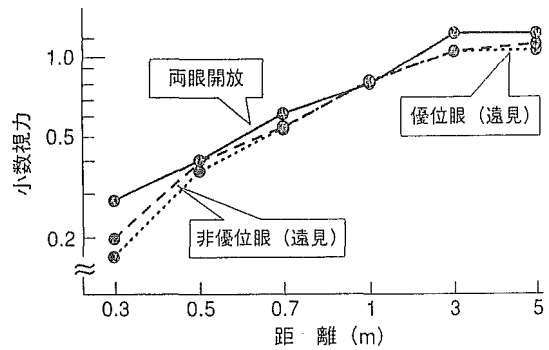


図4 正視群の全距離視力

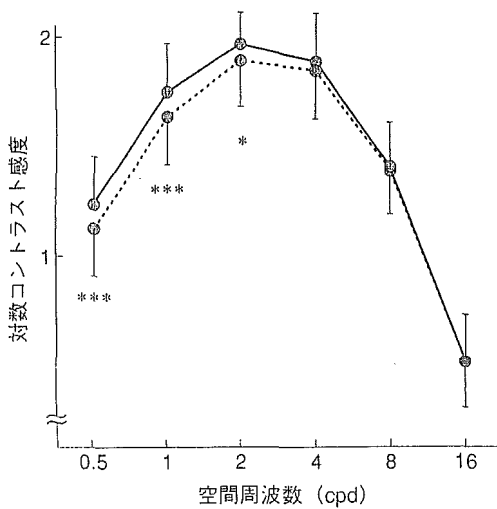


図5 モノビジョン群のコントラスト感度

実線は両眼開放視下，点線は優位眼単眼視下を示す。  
\* :  $p < 0.05$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$ .

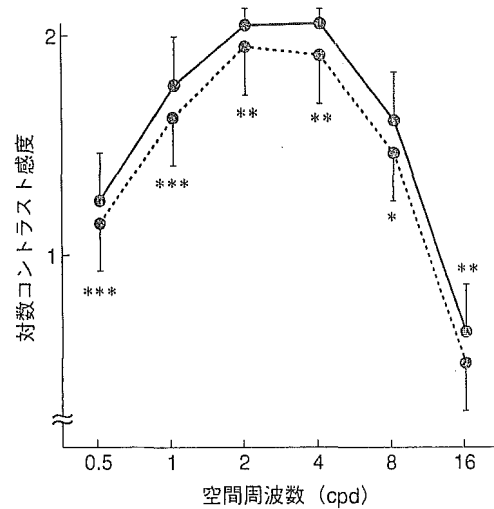


図6 正視群のコントラスト感度

実線は両眼開放視下，点線は優位眼単眼視下を示す。  
\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$ .

い、評価には Titmus circle test の結果を採用した。測定は両眼非屈折矯正下および近見完全矯正下で距離 40 cm で行った。

#### 4. 術後満足度の評価法

満足度の評価を「左右のバランスについての違和感」「駅の時時刻表や運転時などの遠方の見え方」「足元やテレビなどの中間距離の見え方」「読書など近方の見え方」「術後眼精疲労の出現」「眼鏡の使用の有無」の項目につき、アンケート形式で行った。その回答より、まったく不都合のない症例を「高満足」、1項目でも強い不都合を感じるまたは2項目以上の軽度の不都合を感じる症例を「不満足」、その他を「満足」の3段階に評価した。さらに、術前の屈折を±0.50 D 以下を正視とし、術前の左右眼の屈折と満足度の関係につき検討した。

### III 結 果

モノビジョン群の術後平均屈折は、優位眼では0.13 D (—

0.50~1.00 D)、非優位眼では-2.18 D (-1.5~-3.75 D)、屈折差は2.29 D (1.5~3.5 D)であった。

#### 1. 全距離視力

両群の結果を図3および図4に示した。モノビジョン群では、両眼開放裸眼視力の平均は、いずれの距離においても0.8以上であり、特に中間距離(0.7, 1 m)においては単眼視力より2段階以上の良好な視力が得られた。両眼正視群との比較では近方から中間距離で明確な差を認めた。

#### 2. コントラスト感度

両群のコントラスト感度の結果を図5および図6に示した。正視群では、全空間周波数領域において両眼加算(binocular summation)が認められたのに対し、モノビジョン群では、0.5~2 cpdの低~中空間周波数領域のみに両眼加算が認められ、4 cpd以上の高空間周波数領域では両眼加算は認められなかった。

#### 3. 近見立体視

近見立体視は、両眼非屈折矯正下では中央値は80秒であ

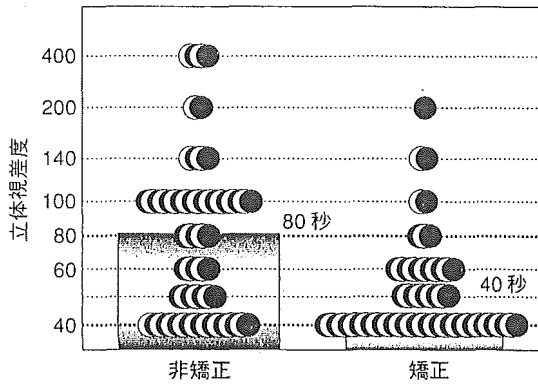


図7 モノビジョン群の近見立体視  
バーは中央値、●は実測値の分布を示す。

り、全体の55% (38例) は100秒以下であった。両眼近見完全矯正下では、中央値は40秒であり、100秒以下の症例は全体の95% (59例) であった (図7)。

#### 4. 術後満足度

術後アンケートの結果は、高満足45% (32例)、満足30% (20例)、不満足25% (17例) であった (図8)。不満足であった症例の回答内訳を表1に示した。眼鏡使用率においては、正視群では全体の74% (18例) の症例で遠方、近方のいずれかまたは両方の眼鏡が必要であったが、モノビジョン群では眼鏡を必要とした症例は全体の17% (9例) のみと両群の差は明らかであった (図9)。また、満足であった症例の術前の屈折の組み合わせは、正視と近視または遠視と近視が最も多く、術前に屈折差が少ない症例の割合は低かった (図10)。

### IV 考 按

初期老視を対象としたコンタクトレンズや屈折矯正手術によるモノビジョン法では、残余調節力があるため必要な屈折差は約1~2Dである<sup>13)</sup>。しかし、眼内レンズによるモノビジョン法では、残余調節力がないため、遠方から近方まで良好な視力を得るには、より大きな屈折差 (2~2.5D) が必要であり<sup>14)</sup>、屈折度数の変更も容易ではない。そのため、眼内レンズによるモノビジョン法ではより適応を慎重に選択しなければならない。

今回の対象は、十分なインフォームド・コンセントが得られ、白内障手術時に眼内レンズによるモノビジョン法を選択した症例である。インフォームド・コンセントには、眼鏡装用なしで遠見から近見までの良好な視力が期待されるが、術後屈折誤差を生じた場合は遠方から近方まで十分な視力が得られないこと、意図的に左右眼に屈折差をつけるため不同視による違和感や両眼視機能の低下を起こす場合があることも説明する必要がある。具体的には、テニスなどのスポーツの際に遠近感がとりにくくなることや夜間の対向車のヘッドラ

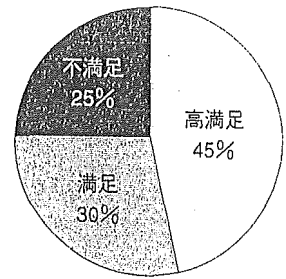


図8 術後アンケートによる満足度

表1 不満足症例の術後アンケート結果 (n=17)

● 近方視不良	10 (59%)	● 違和感	7 (41%)
● 術後眼精疲労	10 (59%)	● 遠方視不良	7 (41%)
● 眼鏡使用	9 (53%)	● 中間視不良	6 (35%)

複数回答である。

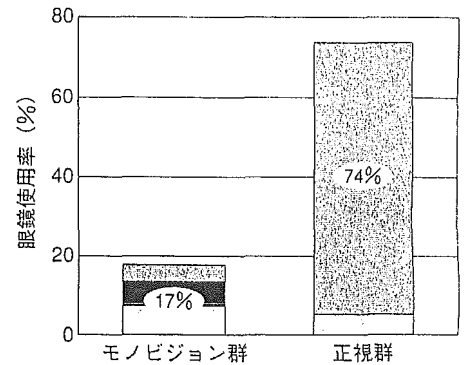


図9 術後眼鏡使用率 (モノビジョン群 vs 正視群)

■: 近方, ■: 遠方, □: 両用。

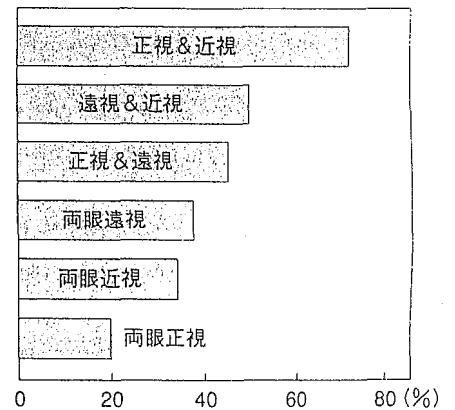


図10 術前屈折と術後満足度

イトなどは見えにくいため、夜間の運転には支障が生じることがあることを説明している。また、このように適応した症例に対しては、眼鏡装用以外に眼内レンズ交換やレーザーによる追加屈折矯正手術などの手段があることをあ

じめ十分に説明している。白内障以外の器質的眼疾患を有する症例や発症の可能性のある症例は、単眼での十分な視力や良好な両眼視機能が得られないためあらかじめ適応から除外した。また、特に遠方に矯正した優位眼の斜乱視は著しく両眼開放視力を低下させることから<sup>5)</sup>、強度角膜炎を有する症例も適応から除外し、惹起乱視に十分留意し手術を行っている<sup>21)</sup>。

さらに、適応決定のための術前検査として、眼位検査(Hirschberg法、プリズム遮閉試験)、両眼視機能検査(TST)、眼優位性判定(視野闘争)を行った。

眼優位性(ocular dominance)を構成するさまざまな要素は、sensory, sighting, acuityの3つに大別することができる<sup>21)</sup>。眼優位性の定性には視野闘争を用いて、「より長く知覚する眼」(sensory dominance)で評価した。モノビジョン法の成功には、一眼のボケの抑制(blur suppression)の良否が重要となるが<sup>6~8)</sup>、眼優位性(sensory dominance)の強い症例では、このボケの抑制が十分に機能しないことから<sup>4,8)</sup>、モノビジョン法には不適応と考え適応から除外した。また、優位眼を遠見矯正にする方法が一般的であり<sup>4)</sup>、当教室における正常者にコンタクトレンズを用いて行ったモノビジョン法の基礎研究でも、優位眼遠見矯正のほうが非優位眼遠見矯正に比較して、近見立体視やコントラスト感度の両眼加算が良好であったことより、hole in the card testを用いて決定した優位眼<sup>19)</sup>、つまり単眼視を強いる条件下で習慣的に使用する眼(sighting dominance)を遠見矯正とした。

全距離視力測定に用いた視力計は、Badal optometerとして知られる原理を利用している。この装置では、光学的に遠方像をつくり、内部視標(Landolt環)を近方へ動かした数カ所のポイントで測定を行っているため、わずか50 cm程度の距離で無限遠から近方までの視力測定を可能にしている。モノビジョン群では、特に中間距離で視力の両眼加算が認められたのが特徴であった。中間距離では、両眼ともdefocusの状態になっているが、ほとんどの症例で全距離において良好な両眼視力が得られたのは、ボケの抑制(blur suppression)および両眼加算がうまく行われていたと考えられ、先に述べたように、眼優位性の判定を慎重に行った結果と考えた。このことから、モノビジョン法では、遠近で単に交代視を行っているのではなく、ボケの抑制および両眼加算がバランスよく行われることにより、いずれの距離においても良好な視力を得ることができると推察した。

コントラスト感度の結果では、両眼正視群では全空間周波数領域で両眼加算が認められた。これは、両眼開放下では、単眼視下のコントラスト感度に比べ約1.4倍の上昇(両眼加算)を示すという、これまでの報告<sup>23,24)</sup>と矛盾しない結果であった。一方、モノビジョン群では低~中空間周波数領域のみでしか両眼加算は認められず、これまでのコンタクトレ

ンズによる方法とほぼ一致した結果<sup>9)</sup>であった。コントラスト感度の測定は、1.27 mの中間距離で行っており、視力測定結果(図3)からわかるように、その距離においては両眼ともdefocusの状態である。刺激がdefocusな場合、高空間周波数成分は失われるため、この周波数領域で両眼加算が認められなかったものと考えられる<sup>9,25)</sup>。明室とほぼ同じ条件下で、背景とのコントラスト差が大きいLandolt環を用いて測定している全距離視力に対し、準暗室でのコントラスト閾値の検査では刺激の性質のみならず、照度の違いにより順応レベルや瞳孔径も異なっていると考えられる。夜間運転時の対向車のヘッドライトのように暗所視で背景とのコントラスト比の高い視対象ではボケの抑制は十分に機能しないことが報告されている<sup>6)</sup>。通常、われわれが眼にする物体は、低~中空間周波数領域の刺激が多いため、モノビジョン法でも日常生活へのコントラスト感度の影響はそれほど大きくはないと考えたが、夜間の室内など低照度で精密作業を必要とする場合には適応を慎重に行うべきである。

立体視については、加齢に伴う視力などの視機能が影響する可能性のほか<sup>26,27)</sup>、近年では、立体の認識には注意(attention)が重要な役割を担っている可能性も示唆されている<sup>28)</sup>。これまで、60~70歳代半ばまでは良好な立体視が保たれていると報告されており<sup>29~31)</sup>、国内においても、60歳以上の高齢者を対象とした報告では、8割以上の症例がTSTによる近見立体視は100秒以下であることが報告されている<sup>32)</sup>。このことから、本研究の対象年齢を考えると、立体視の評価には、注意力や融像幅などの個人差のほか、一部は加齢による変化を考慮しなければならない。立体視は、Titmus circle testに代表される精密な立体視とfly testに代表される粗い立体視に大別され、両者の情報処理系は異なると推察されているが<sup>28)</sup>、本研究ではTitmus circle testを用いた。その結果、モノビジョン群の近見立体視は、近見完全矯正下よりは軽度低下していたが、中央値は80秒と比較的保たれていた。コンタクトレンズによるモノビジョン法でも、近見立体視は両眼視の状態から約36秒低下するが、平均50~100秒であったと報告<sup>4)</sup>されており、本結果とほぼ一致した。従来より、立体視は視力の左右差により低下することが知られており<sup>33)</sup>、本結果はこれに起因するものと考えられるが、日常われわれが得られる立体感は、両眼視差によるものだけではなく、陰影や運動視差などの単眼奥行き知覚によるものも含まれる。このため、本結果が高齢者の日常生活にどれほど影響があるのかは、他の両眼視機能検査法を含め、今後の課題である。

アンケートによる満足度評価では全体の75%で満足な結果が得られた。これまでに報告されているコンタクトレンズによるモノビジョン法での満足度は平均76%であり<sup>4)</sup>、ほぼ同じ結果が得られた。本結果には、白内障手術による視力

向上への満足感や個人の生活環境も含まれるため、単純に評価することはむずかしいが、多くの症例で満足が得られたのは、眼鏡装用の煩わしさから開放されたことが最も大きな要因と考えられる。また、満足症例では、術前に屈折差がある症例の割合が高いことがわかった。今回の検討では、実際の不同視量や眼軸長の検討は行っておらず、今後の検討課題の一つである。さらに、モノビジョン法の成功には、屈折差、眼優位性、両眼視機能に加え、瞳孔径、融像、psychogenicな要素など多くの因子が関与していると示唆されており、今後、不適症例の要因を詳細に分析することにより、眼内レンズによるモノビジョン法の成功率をさらに向上させることが重要であると考えている。

今回、筆者らが施行した眼内レンズによるモノビジョン法は、遠方から近方まで良好な視力と高い満足度が得られ、白内障術後の調節機能消失に対して有用な治療法の一つであると確信しているが、両眼視機能への影響や適応の決定については、基礎実験も含めて、さらに慎重に検討を行っていく必要がある。

本研究の一部は平成14年度文部科学省、科学研究費(基盤研究(C)(2)14571686)の補助を受けた。

#### 【文 献】

- 1) Glasser A, Cambell MCW : Presbyopia and the optical change in the human crystalline lens with age. *Vision Res*, 38 : 209-229, 1998
- 2) Glasser A, Cambell MCW : Biometric optical change in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Res*, 39 : 1991-2015, 1999
- 3) Schachar RA, Bax AJ : Mechanism of human accommodation as analyzed by finite elemental analysis. *Compr Ther*, 27 : 122-132, 2001
- 4) Jain S, Arora I, Azar DT : Success of monovision in presbyopes : review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol*, 40 : 491-499, 1996
- 5) Collins M, Goode A, Brown B : Distance visual acuity and monovision. *Optom Vis Sci*, 70 : 723-728, 1993
- 6) Schor C, Landsman L, Erickson P : Ocular dominance and the interocular suppression of blur in monovision. *Am J Optom Physiol Opt*, 64 : 723-730, 1987
- 7) Harris MG, Sheedy JE, Gan CM : Vision and task performance with monovision and diffractive bifocal contact lenses. *Optom Vis Sci*, 69 : 609-614, 1992
- 8) Collins A, Goode A : Interocular blur suppression and monovision. *Acta Ophthalmol*, 72 : 376-380, 1994
- 9) Loshin DS, Loshin MS, Cornear G : Binocular summation with monovision contact lens correction for presbyopia. *Int Contact Lens Clin*, 9 : 161-173, 1982
- 10) Fawcett SL, Herman WK, Alfieri CD, et al : Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *AAPOS*, 5 : 342-347, 2001
- 11) Jain S, Ou R, Azar DT : Monovision outcomes in presopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmol*, 108 : 1430-1433, 2001
- 12) Sipple KC, Jain S, Azar DT : Monovision achieved with excimer laser refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin*, 41 : 91-101, 2001
- 13) Wright KW, Guemes A, Kapadia MS, et al : Binocular function and patient satisfaction after monovision induced myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refr Surg*, 25 : 177-182, 1999
- 14) 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
- 15) Greenbaum S : Monovision pseudophakia. *J Cataract Refr Surg*, 28 : 1439-1443, 2002
- 16) Boerner CF, Thrasher BH : Results of monovision correction in bilateral pseudophakes. *J Am Int Ocular Imp S*, 10 : 49-50, 1984
- 17) 魚里 博 : モノビジョン. *眼科診療プラクティス*, 83 : 93, 2002
- 18) Bangerter A : Die Okklusion in der Pleoptik und Orthoptik. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 136 : 305-331, 1960
- 19) Walls GL : A theory of ocular dominance. *Arch Ophthalmol*, 45 : 387-412, 1951
- 20) 鶴飼一彦, 石川 哲 : パーソナルコンピューターとビデオフレームメモリーを利用したコントラスト感度測定装置試作. *あたらしい眼科*, 5 : 1037-1039, 1988
- 21) 清水公也 : 角膜耳側切開白内障手術. *眼科*, 37 : 323-33, 1995
- 22) Porac C, Coren S : The dominant eye. *Psychological Bulletin*, 83 : 880-897, 1976
- 23) Campbell FW, Green DG : Monocular versus binocular visual acuity. *Nature*, 208 : 191-192, 1965
- 24) Legge GE : Binocular contrast summation. *Vision Res*, 24 : 373-383, 1984
- 25) Pardhan S, Gilchrist J : The effect of monocular defocus on binocular contrast sensitivity. *Ophthalm Physiol Opt*, 10 : 33-36, 1990
- 26) Gittings NS, Fozard JL : Age related changes in visual acuity. *Experimental Gerontology*, 21 : 423-433, 1986
- 27) Levy NS, Glick EB : Stereoscopic perception and Snellen visual acuity. *Am J Ophthalmol*, 78 : 722-724, 1974
- 28) 不二門 尚 : 両眼視の基礎と臨床. *日本の眼科*, 71 : 118-1188, 2000
- 29) Rubin GS, West SK, Munoz B, et al : A Comprehensive assessment of visual impairment in a population of old American. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 38 : 557-568, 1997
- 30) Brown B, Yap MK, Fran WC : Decrease in stereoacuity the seventh decade of life. *Ophthalm Physiol Opt*, 13 : 13-142, 1993
- 31) Wright LA, Wormald RP : Stereopsis and ageing. *Eye*, 6 : 473-476, 1992
- 32) 野村秀樹, 佐藤美保, 佐藤寿一ほか : 高齢者における立視機能と他の視機能との関連. *臨眼*, 94 : 539-542, 2000
- 33) 平井陽子, 栗屋 忍 : 視力と立体視の研究. *眼紀*, 36 : 1524-1531, 1985



# LASIK 術後の薄暮視の検討

小手川泰枝\*<sup>1</sup> 加藤美枝\*<sup>2</sup> 大野晃司\*<sup>2</sup> 魚里 博\*<sup>1,3</sup> 向野和雄\*<sup>1,3</sup> 清水公也\*<sup>1,4</sup>

\*<sup>1</sup> 北里大学大学院医療系研究科 \*<sup>2</sup> 神奈川歯科大学附属横浜クリニック \*<sup>3</sup> 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学  
\*<sup>4</sup> 北里大学医学部眼科学教室

## Night Vision Following Laser *In Situ* Keratomileusis

Yasue Kotegawa<sup>1)</sup>, Mie Katou<sup>2)</sup>, Kouji Ono<sup>2)</sup>, Hiroshi Uozato<sup>1,3)</sup>, Kazuo Mukuno<sup>1,3)</sup> and Kimiya Shimizu<sup>1,4)</sup>  
*Kitasato University Graduate School of Medical Science<sup>1)</sup>, Kanagawa Dental College School of Yokohama Clinic<sup>2)</sup>,  
Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University, School of Allied Health Sciences<sup>3)</sup>,  
Department of Ophthalmology, Kitasato University, School of Medicine<sup>4)</sup>*

Plano scan laser *in situ* keratomileusis (LASIK) と wavefront-guided LASIK 術後の昼間視・薄暮視の低コントラスト視力と高次収差について検討を行った。対象は、plano scan LASIK を施行した 10 眼と wavefront-guided LASIK を施行した 11 眼である。術前・術後 1 カ月・3 カ月に CAT-2000<sup>TM</sup> (メニコン社製) を用い、昼間視・薄暮視の低コントラスト視力を測定した。収差測定は Zywave (ボシユロム社製) を用いた。Wavefront-guided LASIK は、薄暮視下の低コントラスト領域の視機能を維持できることが示唆された。

After plano scan laser *in situ* keratomileusis (LASIK) and wavefront-guided LASIK, we examined low contrast visual acuity of day and night vision, and investigated higher order aberrations. Subjects comprised 10 eyes after plano scan LASIK and 11 eyes after wavefront-guided LASIK. Using CAT-2000<sup>TM</sup>, we measured low contrast visual acuity of day and night vision before and at 1 and 3 months after surgery. We suggest that wavefront-guided LASIK can maintain low contrast visual function in night vision.

(Atarashii Ganka (Journal of the Eye) 21(4) : 519~522, 2004)

Key words : wavefront-guided LASIK, 薄暮視, 高次収差, 低コントラスト視力, CAT-2000<sup>TM</sup>, wavefront-guided LASIK, night vision, higher order aberrations, low contrast visual acuity, CAT-2000<sup>TM</sup>.

### はじめに

LASIK (laser *in situ* keratomileusis) が広く施行されるようになり、裸眼視力の向上のみならず術後の視機能が重要となってきた。屈折矯正手術後に比較的良好な裸眼視力であっても、日常特に夜間での見えにくさを訴える場合では視力検査だけでは十分とは言いがたい。このような場合では、夜間のコントラスト感度が低下している可能性がある<sup>1)</sup>。LASIK 術後の夜間視機能の低下は、瞳孔径拡大による高次収差の増加が影響していると報告されている<sup>2)</sup>。また、LASIK 術後は術前正常者に比べて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る<sup>3)</sup>。今回検討した wavefront-guided LASIK は、不正乱視や高次収差の治療が可能とされる術式である。そこで、収差を加味しない球面および円柱のみの plano scan LASIK と収差まで

加味した wavefront-guided LASIK 術前術後の昼間視・薄暮視の低コントラスト視力<sup>4)</sup>を測定し、その変化と高次収差について検討を行った。

### I 対象および方法

#### 1. 対 象

対象は、神奈川歯科大学附属横浜クリニックにて plano scan LASIK を施行した中等度および高度近視症例 8 名 10 眼 (男性 2 名, 女性 6 名), 平均年齢 36.8 ± 2.8 歳 (33~44 歳; 以下, Plano 群とする) と、同施設にて wavefront-guided LASIK を施行した中等度および高度近視症例 7 名 11 眼 (男性 2 名, 女性 5 名), 平均年齢 36.8 ± 2.8 歳 (33~44 歳; 以下, WF 群とする) である。エキシマレーザーは Technolas 217z (ボシユロム社製) を用いた。

〔別刷請求先〕 小手川泰枝 : 〒228-8555 相模原市北里 1-15-1 北里大学大学院医療系研究科

Reprint requests : Yasue Kotegawa, Kitasato University Graduate School of Medical Science, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara 228-8555, JAPAN

## 2. 方 法

各検査は、術前、術後1カ月、3カ月に測定を行った。

### a. 屈折検査・視力検査

屈折測定は、RK-FI<sup>TM</sup> (キヤノン社製) を用い普通瞳孔にて測定した。屈折検査後に5 m 遠見視力表<sup>TM</sup> (TAKAGI社製) にて視力測定を行った。術後平均矯正視力/術前平均矯正視力で安全係数 (safety index) を、術後平均裸眼視力/術前平均矯正視力で有効係数 (efficacy index) を算出した。視力値はすべて log MAR 値とした。

### b. 昼間視・薄暮視測定

CAT-2000<sup>TM</sup> (メニコン社製) を用い測定を行った (図1)。比較暗室に5分間順応させた後、視力検査にて被検者の最高視力が得られた矯正レンズを用い、屈折矯正下にて測定を行った。オートモードで薄暮視、昼間視の順で片眼ずつ測定を行い、3回視標を提示し2回正答を Pass とした。視力値はすべて log MAR 値で、平均値および標準偏差を算出した。検定方法は、Wilcoxon 符号付順位和検定と Mann-Whitney の U 検定を用い、危険率 0.05 以下を有意とした。

### c. 収差測定

Zywave V3.21<sup>TM</sup> (ボシュロム社製) を用い 5 lx の暗室にて測定を行った。普通瞳孔で3回測定を行い、解析瞳孔径 5.5 mm とした。Zernike 多項式 3次から5次までを高次収差とし、各成分の3回平均値 (RMS 値) を収差測定値として用いた。検定方法は Mann-Whitney の U 検定を用い、危険率 0.05 以下を有意とした。

### d. 薄暮視時瞳孔径測定

測定が可能であった10眼を対象に、イリスコーダー C7364<sup>TM</sup> (浜松ホトニクス社製) を装着し、比較暗室にて右眼・左眼の順で CAT-2000<sup>TM</sup> の薄暮視測定を行った。1分間

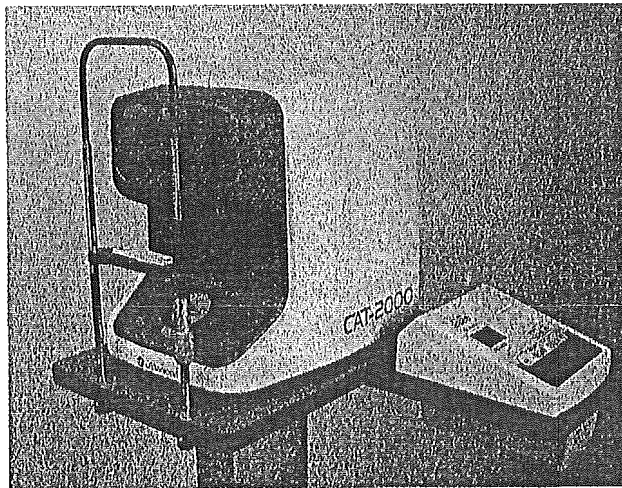


図1 CAT-2000<sup>TM</sup> 本体

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。

初期瞳孔径を測定した後、続けて薄暮視の測定を行った。初期瞳孔径を100%としたときの、薄暮視測定開始直後、薄暮視測定終了時、検査終了10秒後の瞳孔径を変化率 (%) で表した。検定方法は、Wilcoxon 符号付順位和検定を用い、危険率 0.05 以下を有意とした。

## II 結 果

### I. 視 力

Plano 群は、術前矯正視力は log MAR 値で  $0.12 \pm 0.0$  (小数視力 1.4)、平均球面度数  $-5.25 \pm 1.10D$  ( $-3.5 \sim -6.75D$ )、平均円柱度数  $-0.78 \pm 0.23D$  ( $0 \sim -1.50D$ )、平均等価球面度数  $-5.56 \pm 1.16D$  ( $-4 \sim -7.25D$ ) であった。術後平均矯正視力は log MAR 値で  $0.12 \pm 0.05$  (小数視力 1.4)、平均球面度数  $0.03 \pm 0.03D$  ( $-0.50 \sim 0.75D$ )、平均円柱度数  $-0.50 \pm 0.00D$  ( $0.00 \sim -0.50D$ )、平均等価球面度数  $0.08 \pm 0.21D$ 、safety index 1.01、efficacy index 0.9 であった。WF 群では、術前矯正視力は log MAR 値で  $0.14 \pm 0.04$  (小数視力 1.4)、平均球面度数  $-6.66 \pm 1.10D$  ( $-3.5 \sim -8.75D$ )、平均円柱度数  $-1.23 \pm 0.48D$  ( $-0.2 \sim -2.50D$ )、平均等価球面度数  $-7.27 \pm 1.07D$  ( $-4.7 \sim -9.00D$ ) であった。術後平均矯正視力は log MAR 値で  $0.14 \pm 0.04$  (小数視力 1.4)、平均球面度数  $0.18 \pm 0.33D$  ( $-0.25 \sim 0.75D$ )、平均円柱度数  $-0.88 \pm 0.40D$  ( $0.00 \sim -1.50D$ )、平均等価球面度数  $-0.24 \pm 0.26D$ 、safety index 0.99、efficacy index 0.79 であった (表1, 2)。術前後の Plano 群と WF 群の各項目に有意差は認めなかった。

表1 術前視力および術前屈折値

	Plano 群	WF 群
術前裸眼視力 (log MAR 値)	$1.33 \pm 0.02$	$1.43 \pm 0.03$
術前矯正視力 (log MAR 値)	$-0.12 \pm 0.05$	$-0.14 \pm 0.04$
術前平均球面度数	$-5.25 \pm 1.10D$	$-6.66 \pm 1.10D$
術前平均円柱度数	$-0.78 \pm 0.23D$	$-1.23 \pm 0.48D$
術前平均等価球面度数	$-5.56 \pm 1.16D$	$-7.27 \pm 1.07D$

表2 術後視力および術後屈折値と各 index

	Plano 群	WF 群
術後裸眼視力 (log MAR 値)	$-0.12 \pm 0.04$	$-0.06 \pm 0.02$
術後矯正視力 (log MAR 値)	$-0.12 \pm 0.05$	$-0.14 \pm 0.04$
術後平均球面度数	$0.33 \pm 0.33D$	$0.18 \pm 0.14D$
術後平均円柱度数	$-0.50 \pm 0.00D$	$-0.88 \pm 0.40D$
術後平均等価球面度数	$0.07 \pm 0.21D$	$-0.24 \pm 0.26D$
Safety index	$1.01 \pm 0.09$	$1.00 \pm 0.1$
Efficacy index	$0.99 \pm 0.1$	$0.84 \pm 0.09$

## 2. 昼間視・薄暮視測定

### a. 昼間視力・薄暮視力

術前昼間視力は、両群間に有意差を認めなかった。Plano群は、術前術後に有意差は認めなかったが、術後視力は各コントラスト領域で、低下傾向を示した。WF群は、術前術後に有意差は認めなかったが、術後視力は各コントラスト領域で向上傾向を示した(図2)。

術前薄暮視は、両群間に有意差を認めなかった。Plano群は、術前と術後3カ月の間にコントラスト25%と10%で有意差( $p < 0.05$ )を認めた。WF群は、術前と術後には有意差を認めなかった(図3)。

### b. Plano群とWF群の比較

昼間視、薄暮視ともに、術前と術後1カ月では両群間に有

意差を認めなかった。術後3カ月でWF群はPlano群に比べ視力は良好であり、昼間視ではコントラスト25%・10%で、薄暮視ではコントラスト100%・25%・10%で有意差( $p < 0.05$ )を認めた(図4)。

### 3. 高次収差

Plano群とWF群との間には術前・術後1カ月に有意差を認めなかった。術後3カ月に3次収差は、WF群でPlano群に比べて有意に減少を認めた(図5)。4次・5次収差は、術前、術後1カ月、3カ月ともPlano群とWF群の間には有意差を認めなかった。

### 4. 瞳孔変化率

初期瞳孔径は、平均 $6.29 \pm 0.56$  mmであった。測定開始

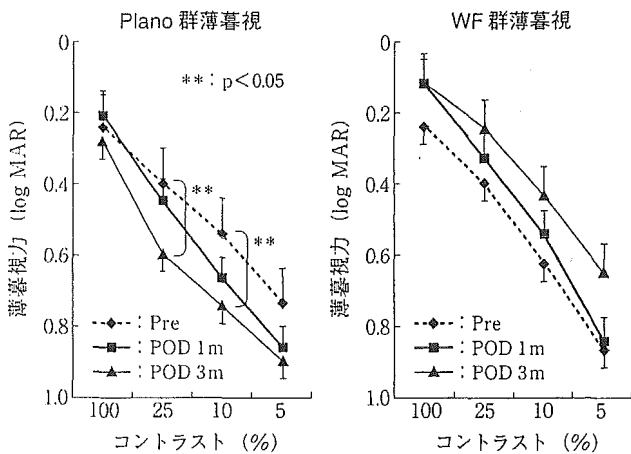


図2 Plano群とWF群の薄暮視視力変化

術後3カ月で術前に比して、コントラスト25%と10%に有意な視力低下を認めた。

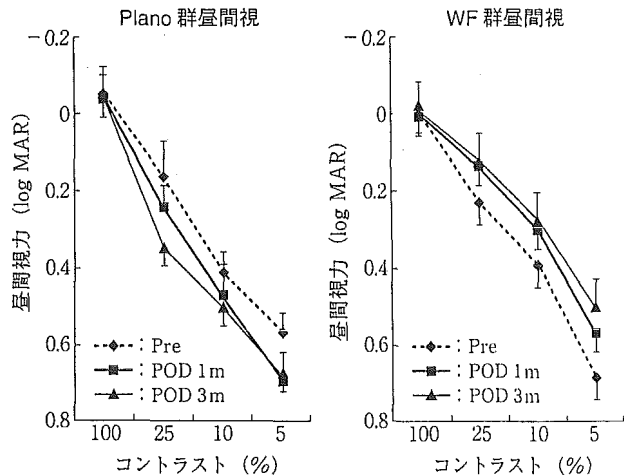


図3 Plano群とWF群の昼間視力変化

Plano群、WF群ともに各コントラスト視力には有意差は認めなかった。

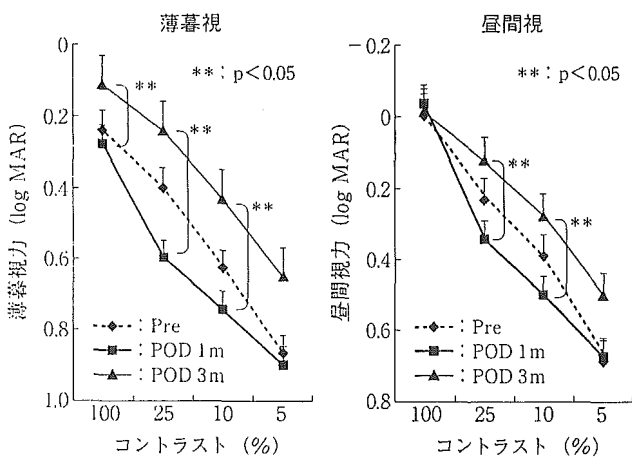


図4 Plano群とWF群との比較

薄暮視では、術後Plano群よりWF群のほうがコントラスト100・25・10%において有意に視力良好であった。昼間視では、術後Plano群よりWF群のほうがコントラスト25・10%において有意に視力良好であった。

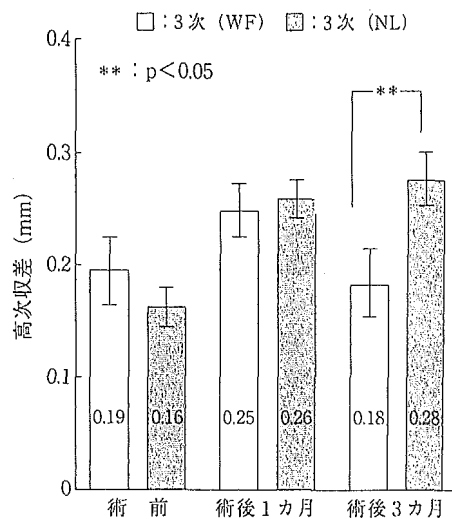


図5 3次収差の術後変化

術後3カ月でPlano群とWF群に有意差を認めた。

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<sup>1,6)</sup>。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-2000<sup>TM5)</sup> 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<sup>2</sup>、薄暮視時 5 cd/m<sup>2</sup> 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<sup>7)</sup>。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<sup>3)</sup>、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<sup>8-10)</sup>。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<sup>2)</sup>。イリスコーター C7364<sup>TM</sup> 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、瞳孔径の時間的变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) Rochen 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\*<sup>1</sup> 清水公也\*<sup>1</sup> 魚里 博\*<sup>2</sup> 疋田朋子\*<sup>1</sup> 新田任里江\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 北里大学医学部眼科学教室 \*<sup>2</sup> 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<sup>®</sup>, 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、単焦点眼内レンズに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 Minei<sup>1)</sup>, Kimiya Shimizu<sup>1)</sup>, Hiroshi Uozato<sup>2)</sup>, Tomoko Hikita<sup>1)</sup>, Marie Nitta<sup>1)</sup>

Department of Ophthalmology, Kitasato University, School of Medicine<sup>1)</sup>, Department of Orthoptics & Visual Science, Kitasato University, School of Allied Health Sciences<sup>2)</sup>

**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<sup>®</sup>, 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 0.5 D. 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<sup>1~4)</sup>や眼軸長測

定精度の向上<sup>5~7)</sup>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

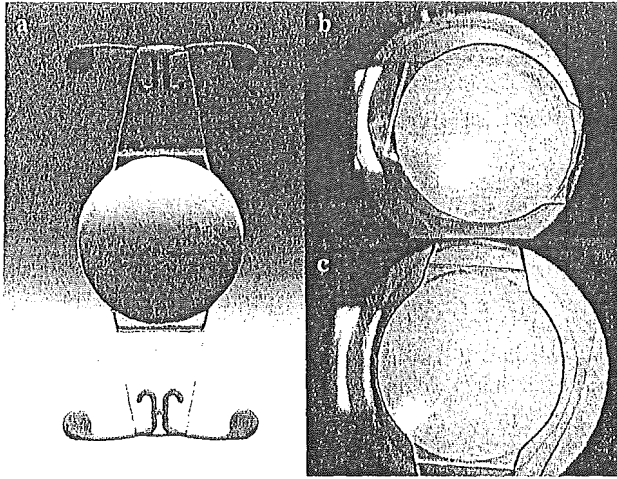


図1 調節性眼内レンズ

- 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<sup>®</sup>, 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<sup>™</sup> (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<sup>®</sup>, 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)

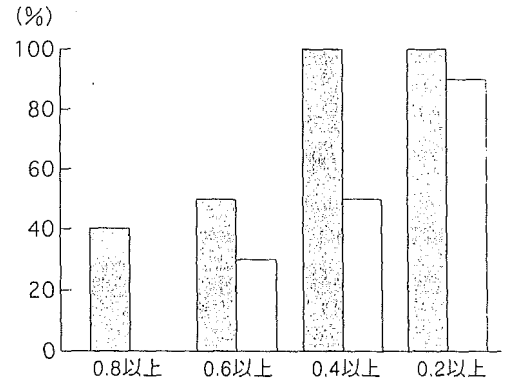


図2 遠方矯正下における近方視力の割合 (術後1カ月 vs 術後5カ月)

- : 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。

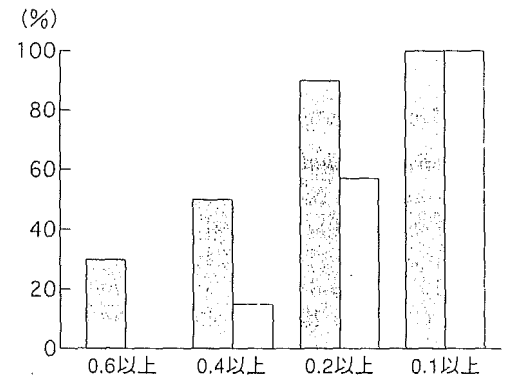


図3 遠方矯正下における近方視力の割合 (術後5カ月 vs 単焦点眼内レンズ)

- : 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。

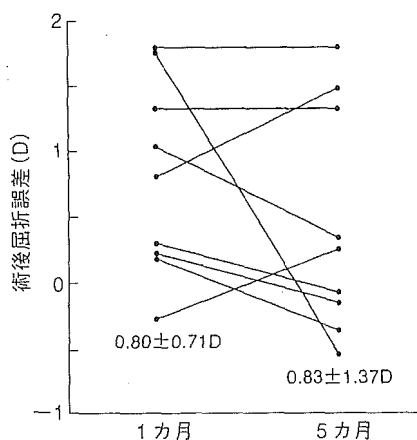


図4 術後屈折誤差（術後1カ月 vs 術後5カ月）

であり、その平均値は  $0.54 \pm 0.26$  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  $-0.15 \pm 0.6$  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<sup>8-10)</sup>、多焦点眼内レンズ<sup>11-14)</sup>、眼内レンズによるモノビジョン法<sup>15,16)</sup>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<sup>11-16)</sup>、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、従来の超音波や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<sup>17-19)</sup>、今回は、遠方矯正下における近方視力および検影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。検影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0.56D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1.3Dの屈折変動（真の調節）が期待される<sup>20)</sup>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<sup>20-23)</sup>。

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3.0Dと報告<sup>19,21)</sup>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<sup>15)</sup>。

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、さらに広がると考えられる。

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、囊の収縮に伴い囊内容積が減少し、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<sup>24)</sup>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<sup>10)</sup>、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 theoretical 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) Wallace 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 A1 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 : 白内障術後のモニ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. *臨眼*, 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



# 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

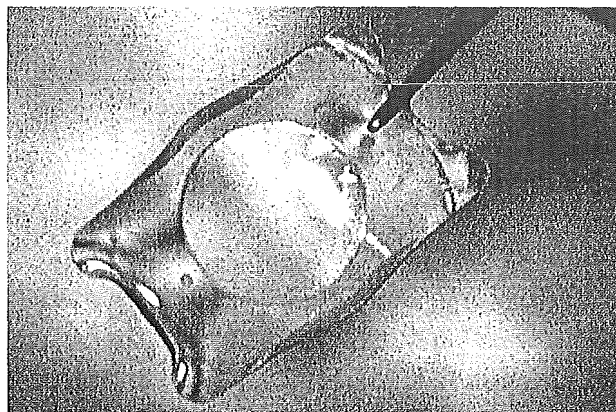


図 1 ICL の全体像

中央部に光学部があり，プレート型ハブ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・プレートハブティック型 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<sup>1)</sup>。

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)。

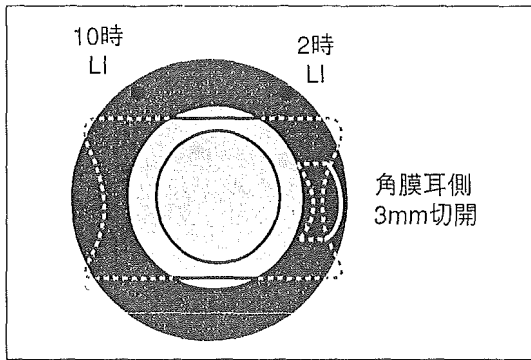


図 2 ICL 挿入のシエマ

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。

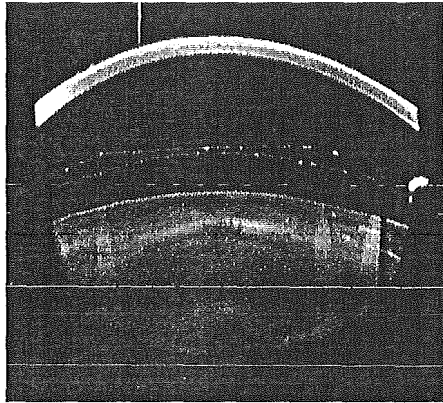


図 4 ICL 挿入眼 EAS-1000 像

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。

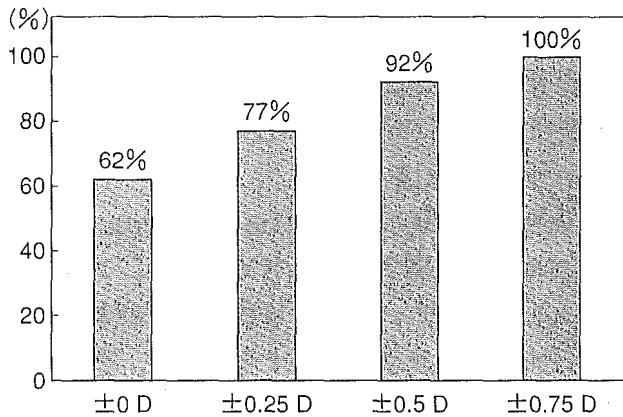


図 6 矯正精度 (3M)

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。

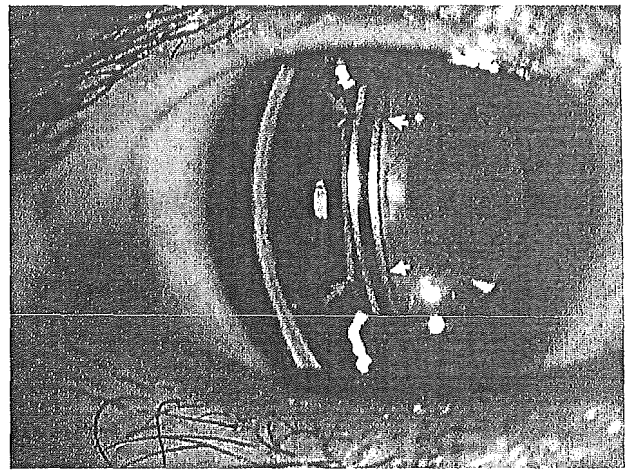


図 3 ICL 挿入眼細隙灯像

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。

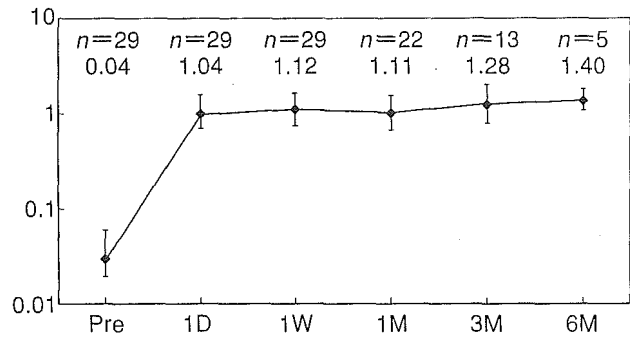


図 5 裸眼視力

術翌日から良好な結果が得られた。

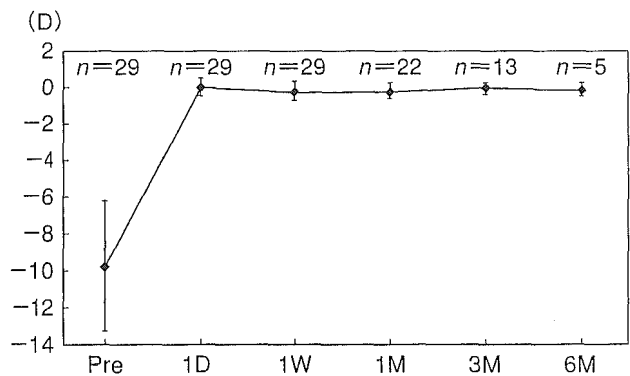


図 7 屈折安定性

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<sup>2)</sup>。

またこれまでの経過観察期間においては白内障

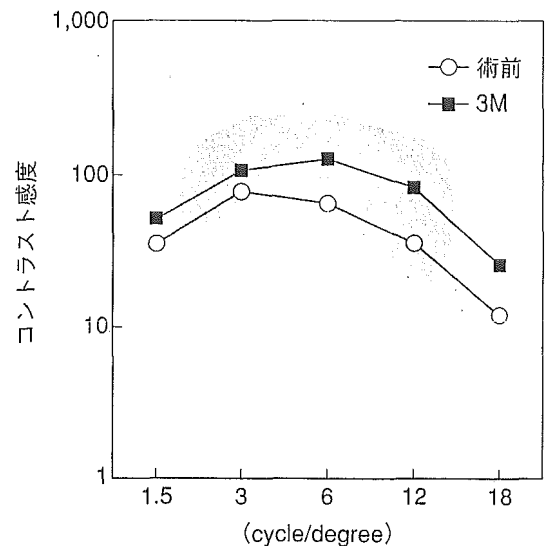


図8 コントラスト感度  
全周波数領域で術前を上まわる結果であった。

や他の合併症はみられなかった。しかし、アメリカの治験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的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。