

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.

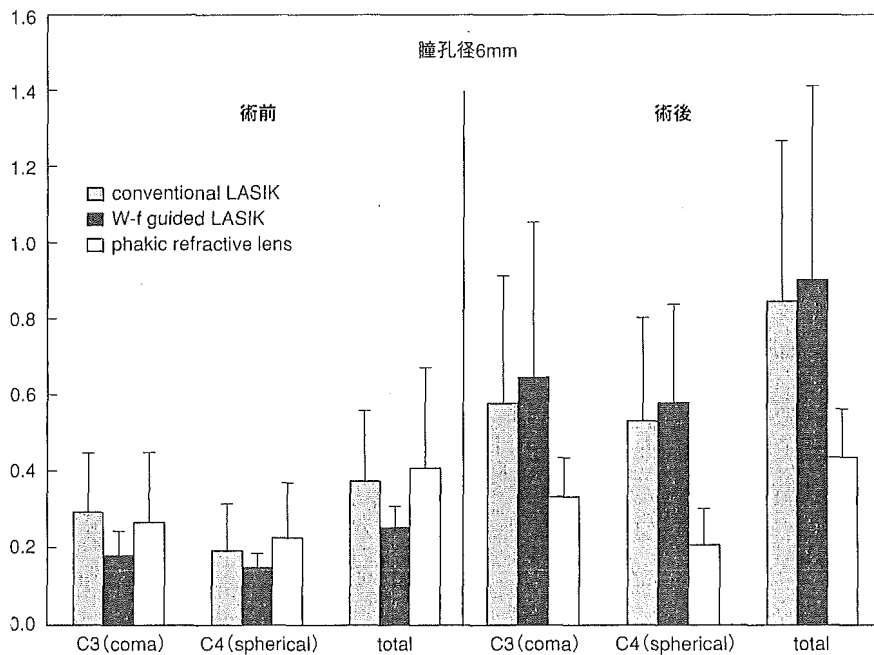


図 10 全眼球高次波面収差

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.

することにより逆向きの球面収差が発生し、ダブルレットレンズのように収差を打ち消しあつたため、全眼球の高次波面収差の増加が抑制されたと考えられた。

ICL の今後

現在の ICL では乱視が矯正できないため、術後に LASIK など、他の屈折矯正手術との組合せ (Bi-optics) により、よりよい裸眼視力を得る方法や、通常の IOL 手術時あるいは術後の矯正追加・補正に対して piggy bag の代りに ICL を使用する方法³⁾などの応用の可能性がある。また、乱視矯正も含めた toric ICL の研究も行われている。

ICL は術後の高次波面収差も少なく、高度屈折

異常眼に対する、新世紀の新しい屈折矯正手術として期待される。

文献

- 1) Aizawa, D. et al. : Clinical outcomes of wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis : 6-months follow up. *J. Cataract. Refract. Surg.*, **29** : 1507-1513, 2003.
- 2) The Implantable Contact Lens in Treatment of Myopia Study Group : U. S. food and drug administration clinical trial of the implantable contact lens for moderate to high myopia. *Ophthalmology*, **110** : 255-266, 2003.
- 3) Hsuan, J. D. et al. : Correction of pseudophakic anisometropia with the Staar Collamer implantable contact lens. *J. Cataract. Refract. Surg.*, **28** : 44-49, 2002.

* * *

consultation section

refractive surgical problem

edited by Thomas Kohnen, MD

A 27-year-old man had bilateral laser in situ keratomileusis (LASIK) 12 months previously. Nine months later, retreatment with flap lift was performed in the left eye. According to the patient, the preoperative refraction was approximately -7.00 to -8.00 diopters (D) in both eyes with a better best corrected visual acuity (BCVA) in the left eye. Now, 3 weeks after the retreatment, the patient still has monocular diplopia in the left eye and glare and halos in both eyes.

The uncorrected visual acuity (UCVA) is 20/40 in both eyes. The BCVA is 20/32 with -0.25 -0.75 x 45 in the right eye and 20/25 with +1.00 -0.50 x 135 in the left eye. Clinical examination shows a nasally hinged flap with multiple striae and minor epithelial ingrowth at the flap edges in both eyes. The flap hinge appears to be located relatively close to the pupil (Figure 1). Topography (Figure 2) shows a very steep area nasally, especially in the left eye, with a gradient of at least 10.00 D over the central 5.0 mm of the cornea.

What is the most probable reason for this unusual appearance after LASIK? How would you treat this case?

■ The challenges in this complicated case are to determine ways to improve BCVA, at a minimum, and preferably UCVA, in both eyes. Several pieces of clinical information are needed before a definitive recommendation can be made: (1) the BCVA potential, which

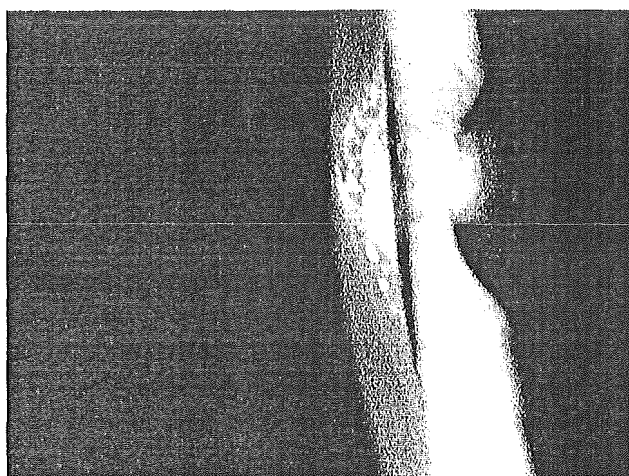


Figure 1. (Kohnen) Slitlamp image of the left eye after LASIK with a nasal hinge and retreatment.

could be obtained from preoperative records or possibly from a hard contact lens refraction; (2) elevation topography maps; (3) wavefront analysis; (4) local occlusion of the suspected areas of irregularity, with determination of the patient's subjective response to blocking the suspected area.

The history does not specify whether the striae are macrostriae or microstriae, nor does it give their orientation. Macrostriae result from flap slippage; microstriae result from deformation of the flap caused by the change in contour, flap drying and manipulations, thinness, and other unidentified factors.

The area of superotemporal steepening in the right eye is suspicious for epithelial ingrowth with deformation of the overlying corneal contour.

Corneal topography of the left eye shows flattening, not steepening, near the nasal hinge. Possible explanations for such flattening are (1) an unprotected hinge exposed to excimer laser ablation; (2) a transected hinge; (3) manual dissection if the microkeratome stopped short of the usual location; (4) stromal melting secondary to epithelial ingrowth. Figure 1 shows haze, suggesting there is epithelial ingrowth (which would be expected to steepen, not flatten, unless stromal melting had occurred) or reactive fibrosis, particularly if there is excessive ablation resulting from failure to mask the hinge.

Treatment of the right eye would be debridement of the area suspicious for ingrowth, represented by the "tongue" of steepening from the superotemporal quadrant. Even though ingrowth of epithelium in this area is not documented clinically, epithelial ingrowth is not always accompanied by a gray or cystic appearance and therefore may be missed. In the absence of a sheet of epithelium in the interface, this sector of steepening may have been caused by a malpositioned flap, in which case it might improve with refloating and perhaps flap suturing.

In the left eye, options are a therapeutic hard contact

lens or deferring treatment until better technology emerges. Wavefront-guided therapeutic "custom" laser enhancement in this case would require wavefront information and the ability to perform hyperopic corrections. Topography-guided ablation would be possible in principal but depends on an elevation map. In this case, such ablation is unlikely to be an option as the trouble zone appears to be depressed rather than elevated. More flattening of the adjacent cornea to achieve a more uniform optical zone would be expected to result in

more hyperopia, which would be even more problematic for the patient.

ROGER F. STEINERT, MD
Boston, Massachusetts, USA

■ This patient has irregular astigmatism in both eyes after LASIK and subsequent enhancement, resulting in monocular diplopia, night glare, halos, and reduced visual acuity. I will limit my comments to the more

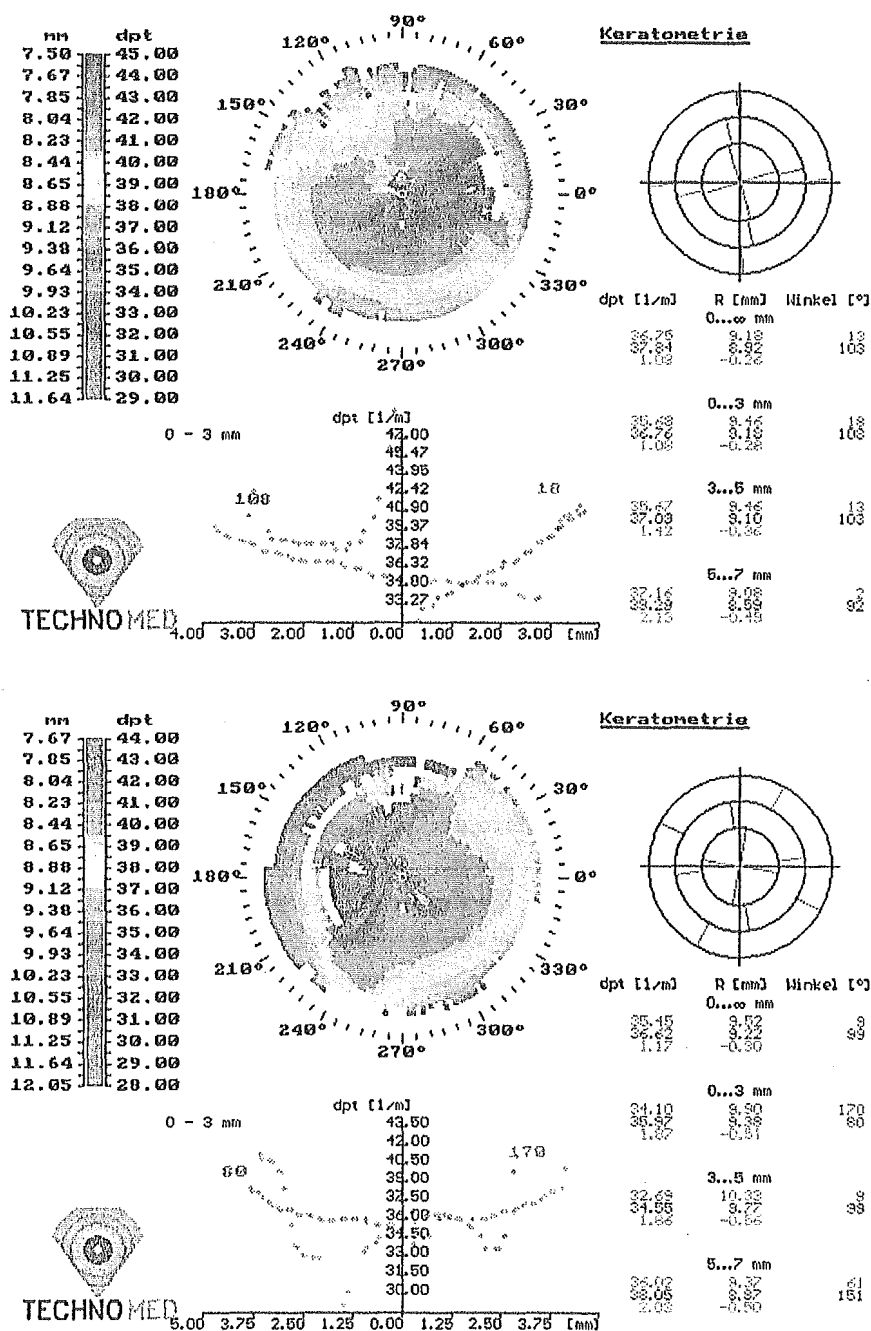


Figure 2. (Kohner) C-scan topography of the right eye (top) and left eye (bottom) 9 months after LASIK with a nasal hinge.

symptomatic left eye. The main issues in this eye are (1) a decentered nasal hinge within or near the visual axis, resulting in incomplete laser ablation nasally; (2) an area of underablation nasally, resulting in irregular astigmatism and a large gradient of power across the visual axis; (3) flap striae, the severity of which is not described; (4) epithelial ingrowth nasally.

There are several possible causes of the decentered hinge and flap. These include misplacement of the keratome suction ring or drift of the globe before suction was achieved. Applying steady pressure with the keratome suction ring for 8 to 10 seconds before initiating vacuum can reduce the latter. A flat cornea may result in a small or incomplete flap. The decentered flap can also result from an incomplete pass of the keratome caused by a mechanical malfunction or premature reversal of the keratome. A loss of suction during the keratome pass can result in a partial flap if the keratome is stopped immediately or a free flap if the keratome keeps moving. The striae are the result of poor flap apposition after the primary or enhancement procedure or of a flap slip. The ingrowth is also a result of poor flap apposition or epithelial defects.

With a partial or significantly decentered flap, laser ablation should be aborted if there is an inadequate unobstructed corneal bed for laser application. In this patient, there was probably an inadequate corneal bed and incomplete nasal bed ablation caused by the hinge blocking the ablation. The ridge of underablated underlying cornea contributes to the 10.0 D range of power across the cornea and the visual disability.

Treatment options for the left eye are limited by the limits of current technology. A rigid gas-permeable (RGP) contact lens is probably the best option. The surgical options are more limited.

I would avoid lifting the flap unless the striae are visually significant, the epithelial ingrowth is progressive, or both. If the striae are deemed visually significant, the flap should be lifted and attempts made to reduce the striae, including suturing the flap. Assuming the ingrowth and striae are not the main issues, the treatment of the irregular astigmatism from the nasal underablation is the major problem. Extending the flap at the hinge by hand would be possible but difficult, and I would probably not attempt it. The area of ingrowth may have caused overlying flap thinning or necrosis,

which can result in flap buttonhole and worsening of the irregular astigmatism.

Modified surface ablation techniques may be beneficial. The abnormalities appear too severe for standard wavefront-guided treatment. Surface ablation techniques should be considered, including topography-guided ablation. Alió and coauthors¹ describe a technique of selective zonal ablation in selected eyes with defined topographic abnormalities. The use of a viscous corneal surface modulator such as sodium hyaluronate 0.25% during surface ablation has also been described,² a technique the authors call ELASHY. Other modulators such as photoablatable lenticular modulator (PALM) techniques that use a modulator and contact lens have been described by Ioannis Pallikaris, MD (<http://www.eyeinstitutecrete.com/palm>). I believe these techniques offer the best chance to smooth the elevated portions of cornea without further ablating the areas that should be untreated. I would also use mitomycin-C 0.02% to prevent corneal haze and scarring. The surgical option of lamellar or full-thickness keratoplasty should be considered a last resort.

NEAL A. SHER, MD
Minneapolis, Minnesota, USA

References

1. Alió JL, Artola A, Rodriguez-Mier FA. Selective zonal ablations with excimer laser for correction of irregular astigmatism induced by refractive surgery. *Ophthalmology* 2000; 107:662-673
2. Alió JL, Belda JI, Shalaby AM. Correction of irregular astigmatism with excimer laser assisted by sodium hyaluronate. *Ophthalmology* 2001; 108:1246-1260

■ This patient presents with severe irregular astigmatism in the left eye after retreatment 9 months after LASIK for a preoperative refraction of -7.00 to -8.00 D. According to the report, postoperative corneal topography of the left eye shows a steep area nasally at the site of the hinge and a flap hinge close to the pupil.

Irregular astigmatism after LASIK can be caused by epithelial ingrowth at the interface, flap displacement with subsequent striae, or scarring after diffuse lamellar keratitis (DLK). Another cause could be a laser ablation after a decentered flap cut (the position of the nasal hinge was described as located close to the pupil) with

ablation of both the bed and the stromal side of the flap. The steep area nasally might suggest a decentered flap caused by advancing the flap protector too far to the center of the pupil. However, no information on ablation zone diameter or perioperative flap complications is given. The slitlamp photograph in Figure 1 appears to show scarring at the hinge, which may be caused by abnormal wound healing related to poor flap alignment with epithelial ingrowth, DLK, and striae formation. The irregular astigmatism over the central 5.0 mm was likely caused by interface scarring (Figure 1) and multiple striae.

In the left eye, there appears to be an area of increased localized flattening between the nasal hinge and center of the cornea that is probably related to flap melting after DLK. However, preoperative and postoperative corneal pachymetry to document changes in corneal thickness are not given. I would treat the monocular diplopia in the left eye by fitting an RGP contact lens with a 12.0 mm diameter, tetra-curved lens. Selection of the back optic zone radius is based on the videotopography values in the transition zone 0.2 mm outside the refractive ablated area.¹

As we do not know the scotopic pupil diameter in either eye, it is unclear whether the glare and halos are caused by the disparity between the ablation zone and pupil size. A trial of pupil-constricting eyedrops in both eyes may be useful to document an eventual beneficial effect on visual performance under dim light conditions.

RUDY NUIJTS, MD, PhD
Maastricht, The Netherlands

Reference

1. Eggink FAGJ, Beekhuis WH, Nuijts RMMA. Rigid gas-permeable contact lens fitting in LASIK patients for the correction of multifocal corneas. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001; 239:361–366

■ The most probable reason for this unusual appearance after LASIK is that the flap hinge was relatively close to the pupil. This close proximity causes a significant problem when the surgeon performs laser ablation, especially in cases of high myopia, as in this patient.

The laser probably ablated the border of the hinge, creating corneal surface irregularity nasally with an extremely steep gradient of 10.0 D in the left eye. In the

right eye, there is an irregular flap surface with irregular astigmatism nasally and superotemporally, with a flat zone nasally and a steep zone superiorly.

Laser treatment can aggravate corneal surface irregularities when there are hinge problems. Monocular diplopia and glare can also worsen the situation after laser retreatment.

The challenge is how to treat this difficult case of surface irregularity in the face of close hinge proximity. I believe there are 2 options: (1) RGP contact lenses and (2) lamellar corneal transplantation or penetrating keratoplasty. Although topography-guided LASIK is an option, I do not think it would yield a good final result as the flap bed area is not large enough for efficient laser treatment. A relaxing incision (arcuate) in the left cornea (nasal periphery) will not solve this complicated problem.

ISRAEL KREMER, MD
Tel Aviv, Israel

■ In this case, the current spherical equivalent after enhancement is slightly myopic in the right eye but hyperopic (+0.75 D) in the left eye. The topography of the right eye is reasonably regular with only a small area of about 33.0 D of irregularity inferiorly that is probably the result of poor precorneal tear film. A small refractive gradient nasally typically represents the hinge area. In contrast, there is a significant refractive step in the nasal part of the left cornea representing an inadequately placed hinge close to the pupil margin.

One possible reason for the problems in the left eye is given in the case report; that is, an inappropriate hinge. Moreover, inadvertent ablation of the flap under-surface near the hinge may have contributed to this appearance. This finding, along with the presence of flap striae, is responsible for the monocular diplopia in the left eye.

If there are major striae, a relift with ironing, epithelial debridement, or both can be attempted. Postoperative steroids should be kept at minimum to promote epithelial hyperplasia as the hyperplasia may induce partial regression and anterior corneal surface smoothing. I would wait for approximately 6 months before considering further surgical intervention. In the meantime, an RGP contact lens fitting can be attempted. Transient use of pilocarpine drops might partially aggravate the

symptoms if the contact lens is not well tolerated. I would use pilocarpine over brimonidine because a really small pupil must be achieved to look through the unaffected area. In addition, pharmacologically induced accommodation may partially correct secondary hyperopia.

Whether a third treatment should be performed after the 6-month waiting period depends on the thickness of the remaining residual corneal bed. Because of a deep initial ablation, LASIK retreatment is probably not feasible. If the symptoms are still disturbing and a contact lens is not an option, an experimental treatment with topography-supported ablation on the surface can be attempted. If this option is chosen, I would use adjuvant mitomycin-C and abundant postsurgical steroids.

Should all treatments fail, lamellar sandwich keratoplasty followed by topography-supported ablation is the only remaining option.

WALTER SEKUNDO, MD
Marburg, Germany

■ The right eye has an irregular keratometric pattern with a flat horizontal area in the central cornea that starts from the nasal hinge and a relatively steep area in the upper and lower areas of the flap. This means the flap is attached tightly horizontally in the corneal center but loosely in the upper and lower areas of the flap. Thus, weak attachment of the flap is the main problem in the right eye. The presence of multiple striae and minor epithelial ingrowth should also be considered.

I would treat the right eye by lifting the flap, scraping the flap and bed sides of the ingrowth lesion, and placing a flap suture with several single knots to ensure the flap is tightly attached and stretched against striae.

The left eye has an irregular keratometric pattern with a "flat" nasal area that starts from the nasal side of corneal center and ends at the nasal hinge located relatively close to the pupil. This probably means there is irregular flap thinning in the nasal area caused by the flap ablation over the hinge during the previous laser treatment.

I would perform wavefront-guided refractive surgery in the left eye if wavefront measurement is possible, although the efficacy of this treatment in irregular astigmatism is not established. However, the gradient of the

keratometric reading is relatively large, so wavefront measurement may not be possible. If so, there is no reliable treatment for this eye. A "counteractive," eccentric ablation to the temporal side of the cornea might help moderate the monocular diplopia, with postoperative induced hyperopia and an unpredictable result.

MASA-NOBU SUZUKI, MD
Kanagawa, Japan

■ It appears as though the LASIK flap in both eyes were temporarily eccentric and that the hinges, especially in the left eye, were not protected during ablation. This is evident in Figure 1, in which there appears to be haze denoting that Bowman's membrane was ablated. As the flap was eccentric, the left eye should have been retreated by creating a new flap instead of raising the initial one.

I would treat this case in 2 steps. They would include lifting the flaps to treat the epithelial ingrowth and striae. The second step would include evaluating the eye 6 months later and performing LASIK retreatment with a new flap and wavefront ablation. To avoid irregular astigmatism caused by the initial irregular ablation, the patient could use hard contact lenses between the 2 treatment steps.

DIMITRIOS SIGANOS, MD, PHD
Athens, Greece

■ The most probable reason for this patient's problems is incorrect surgical technique. It is likely that "a short flap" was created during surgery. This occurs when the hinge of the flap is not peripheral enough and is thus close to the pupil. In these cases, surgery must be aborted and a new cut made, but not before 3 months. Failure to do so (as in this case) results in an irregular surface with a significant gradient and associated symptoms (glare, halos, and monocular diplopia).

This case is not easy to manage. I would do a wavefront-guided ablation after creating a new flap. This case shows that laser corneal ablation should only be done when flap conditions are perfect. It is better to abort surgery and do it safely later than to create a difficult situation.

ANTONIO A. MARINHO, MD
Porto, Portugal

特集 老視：そのメカニズムと克服にむけて

老視の治療

清水 公也

北里大学医学部眼科学教室

A Conquest for Presbyopia in Pseudophakia

Kimiya Shimizu

Department of Ophthalmology, Kitasato University School of Medicine, Kanagawa, Japan

要 約

白内障手術後の老視の解決法としては、1. 多焦点眼内レンズ (multi focal IOL : 以下 多焦点 IOL), 2. 調節眼内レンズ (accommodation IOL : 以下 調節 IOL), 3. 単焦点眼内レンズ (mono focal IOL : 以下 単焦点 IOL) を用いたモノビジョン法 (monovision) があり、各々の特徴を述べた。また多焦点 IOL とモノビジョン法の利点を生かした新しい手法として、多焦点 IOL を用いたモノビジョン法 (以下 カスタマイズドモノビジョン) について報告した。対象は北里大学病院にて両眼白内障手術を希望した症例から適宜選択した。結果として多焦点 IOL や調節 IOL 挿入例では近方視力が不十分で近用眼鏡を必要とした。また単焦点 IOL を用いた通常のモノビジョン法では、遠見及び近見とも 0.8 以上と良好であったものの両眼視機能が低下していた。カスタマイズドモノビジョン法では、遠見及び近見ともほぼ 0.8 以上の視力を獲得し、両眼視機能も正常値を維持した。多焦点 IOL を用いたカスタマイズドモノビジョン法は若干のコントラスト感度の低下があるものの、遠見及び近見視力のバランスが良く、両眼視機能も良好で白内障手術後における老視の克服に有用な手法と考えられた。

(神眼 21 : 29 ~ 36, 2004)

Abstract

Purpose: To examine conquest methods used for presbyopia postoperative cataract surgeries. Multi-focal IOLs, accommodation IOLs, monovision though mono-focal IOL use, and a new technique referred to as, "customized monovision by multi-focal IOLs" are discussed. **Cases:** Patient were selected if they had these types of IOLs implanted in both eyes after cataract surgery in our hospital. **Results:** Almost all patients implanted with multi-focal IOLs or accommodation IOLs needed glasses for near vision. All patients that had monovision from mono-focal IOLs achieved far vision of over 20/25. However in this group, the binocular functional vision was much worse. The patients with customized monovision achieved near and distance vision of over 20/25, and their binocular function remained normal. **Conclusion:** Customized monovision possesses advantages for both multi-focal IOLs and monovision through use of mono-focal IOLs. This method is an excellent way to achieve a conquest of presbyopia in pseudophakia.

(*Neuro-ophthalmol Jpn* 21: 29 ~ 36, 2004)

Key Words: presbyopia, multi-focal IOL, accommodation IOL, monovision, customized monovision

別刷請求宛先：清水公也 〒228-8555 神奈川県相模原市北里1-15-1 北里大学医学部眼科学教室 / Reprint
Requests to: Kimiya Shimizu, Department of Ophthalmology, Kitasato University School of Medicine, 1-15-1
Kitasato, Sagami-hara, Kanagawa 228-8555, Japan

緒言

加齢による調節力低下が主原因となって、近見困難という視機能低下を発現することが老視(presbyopia), いわゆる老眼である。調節力低下の原因は加齢に伴うものであるが、大別すると以下のとおりである。

1. 集光組織(水晶体/角膜)の加齢変化

- ・水晶体の弾力性低下により屈折の可変域が狭小化する
- ・角膜/水晶体の収差のバランスが悪く、全収差増加により光学性能が低下する

2. 調節機能を仲介する組織の加齢変化

- ・毛様体筋の機能低下により水晶体の屈折可変性が減少する
- ・チン小体の減少により毛様体筋の応力の伝達効率が減少する

3. 認識系の加齢変化

- ・網膜や視細胞など受光機能が低下する
- ・脳の認識能が低下する

一般に調節力は10歳代の10数Dをピークに加齢と共に減少し、40歳代でほぼ3D程度に低下すると言われている。したがって正視ではこの年代から近見時に不自由を感じ始め、老眼鏡の装用が必要となってくる。また遠視眼では老眼鏡の装用はさらに早期に必要となる。近視では調節力の低下は同様に起こるが、遠点が有限前方のため理論的には-3D程度の近視では、眼鏡を外せば近見用の眼鏡は別途必要ではないこととなる。しかし眼鏡を外した状態では遠見が困難となる。このように老視は主に壮年以降の問題ではあるが、一方、加齢による視機能へのもう1つの大きな問題として白内障の罹患率増加が挙げられる。近年、白内障の手術時期は以前に比較して、より早期に行なわれている傾向がある。すなわち近年では高齢者でも自動車の運転を始め活動的な生活を希望する場合が多く、ま

た手術もより早期に行なうことで良好な術後成績が得られることによる。白内障の薬物療法は現時点で事実上困難であり、根治療法として白内障摘出術+眼内レンズ(以下 IOL)挿入術が一般となっており、生体の老化の直接的な防止である老視自体の治療は困難であっても、白内障手術におけるIOLの選択などで一定の視力の質(以下 QOL)は得られるのではと考えられる。すなわち健常者の老視を完全に治療する方法はまだ開発されていないが、白内障手術後の偽水晶体眼における老視は様々な工夫をすれば克服することも可能となってきた。筆者が考える白内障手術後の老視克服としての指標は、

1. 裸眼で遠方から近方まで0.8以上の視力が得られること
2. 正常な両眼視機能が維持されること
3. コントラスト感度が維持されることである。

これらを考慮した上で、偽水晶体眼における老視に対する幾つかの手法を試みた。偽水晶体眼における老視の治療法には、1. 多焦点IOL, 2. 調節IOL, 3. 単焦点IOLを用いたモノビジョンが考えられる。また多焦点IOLとモノビジョンの利点を併せ、新しい手法としてのカスタマイズドモノビジョン法について報告する。

白内障手術後の老視対策を目的としたIOLの選択

白内障手術後の老視の対策としては、前述したように多焦点IOL, 調節IOL, 単焦点IOLでのモノビジョン, カスタマイズドモノビジョンがある。各々に長所及び問題点があるが自験例を元に概要を以下に述べる。

1. 多焦点IOL

現在、本邦で薬事承認されている折り畳み可能な(foldable)多焦点IOLは、唯一AMO社

製Arrayがある(図1)。本IOLは直径6mmのシリコン製の光学部とPMMA製の支持部から成る3ピースで、光学部は中心部から周辺部に向かって同心円上に遠用・近用が交互に5つのゾーンで構成され、中間距離でも視力が得られるように設計されているが、明所の自然瞳孔径は4mm以上必要となる¹⁻⁶⁾。また遠方視と近方視時で光の分光が起り、網膜には同時に両映像が映るために、分解能すなわちコントラスト感度の低下という問題がある。網膜に同時に映った遠近の像をどのように認知するかということについては、通常、

ヒトの脳では17野より高次中枢において必要な映像を任意に選択し不必要な映像を抑制するという働きがあり⁷⁾、多焦点IOLでも同様な処理がなされているとされている。

当科において両眼に多焦点IOLを挿入した症例の両眼開放視力は、眼前1mまで0.8以上の視力が維持されていたが、眼前30cmでは0.56と低下し(図2a)、約1/3の症例が近用眼鏡を使用している(図3)。また立体視についてTitmus stereo testを用いて検討したところ、全例が正常値(100seconds)を維持していたが、コントラスト感度は全体的に低下していた。

多焦点IOLでは近方視力が一番大きな問題と言われている。すなわち遠方視力が非常に良好な場合でも近用眼鏡を使用する症例は多く、またコントラスト感度については低下が認められる。また光学設計上、瞳孔運動に適応条件がある他、高次中枢の認識系が良好であることが必要のため、一般に若年者の方が高齢者よりも満足度が高い傾向が認められている。

AMO社製多焦点foldable IOL Arrayの写真

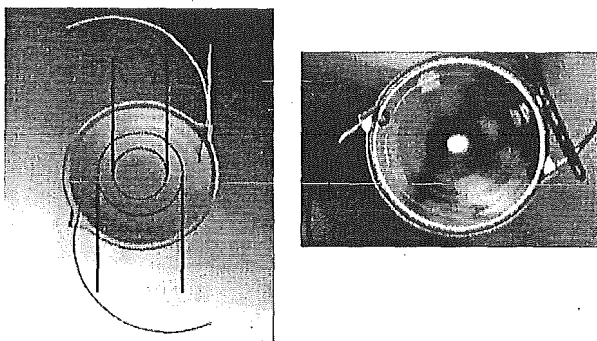


図1 多焦点foldable IOL(3ピースシリコンIOL)AMO社製Array®

2. 調節IOL

調節IOLは米国では治験中であるが⁸⁾、欧

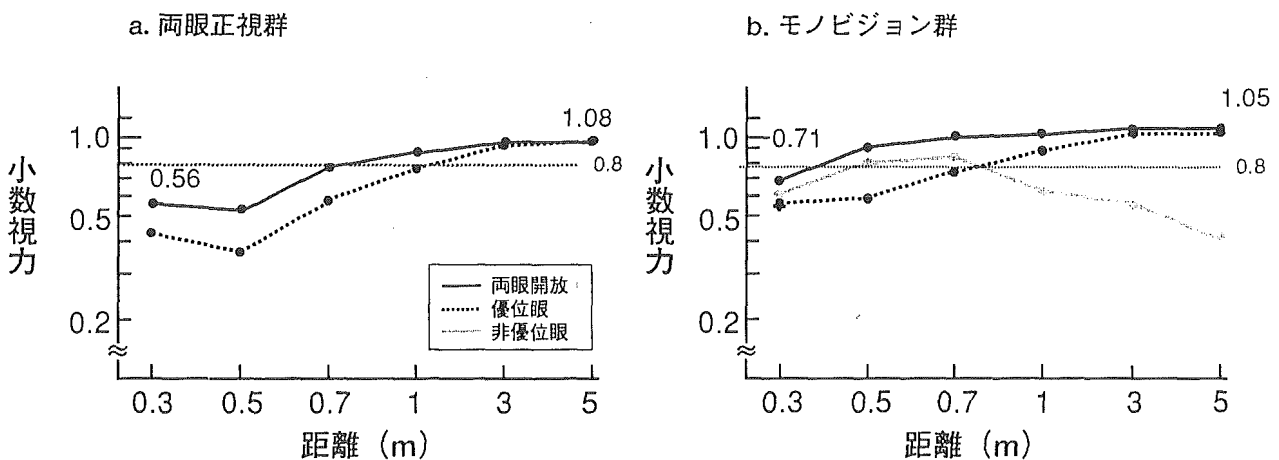


図2 多焦点IOLの全距離視力両眼正視群は、眼前0.7mまでは0.8以上の両眼開放視力が維持されたが、0.3mでは0.56まで低下した(N=44)。一方、カスタマイズドモノビジョンでは、全距離において約0.8の両眼開放視力が維持され、視力の累加も認められた(N=17)。

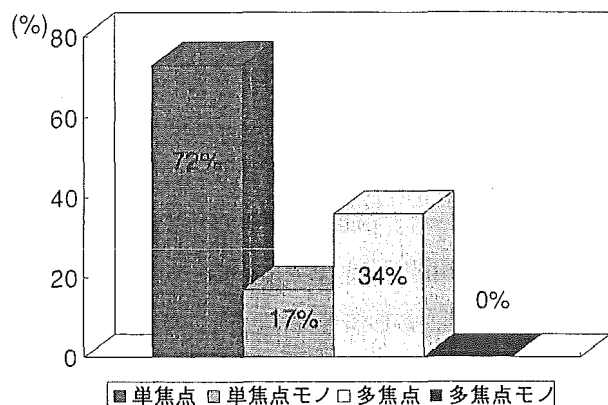


図3 眼鏡使用率：単焦点IOLでの両眼正視群では術後72%の症例が眼鏡を必要とし、モノビジョン群では17%であった。多焦点IOLでの両眼正視群では術後34%の症例が眼鏡を必要とし、カスタマイズドモノビジョンでは0%であった。

州では既にCEマークを取得し販売が許可されている。本邦での薬事承認を取得したIOLは現在のところ未だ1つもない。米国で治験が行なわれているもので有望視されているものとしてはEyeonics社(旧名.C&C社)がある(図4)。光学部(直径4.5mm)や可撓部を含め全てシリコンエラストマーから成るため軽量で可動性が非常に高いと言われている。術後、前囊によって光学部の可動性が制限されないように、通常の白内障手術の場合よりも切囊径をレンズ光学部より大きくする必要があり。本IOLを北里大学の倫理委員会で承認を得た後、患者に対して十分なインフォームドコンセントを行ない、同意が得られた症例を対象に挿入した⁹⁾。両眼に調節IOL挿入した症例の遠方視力は、全例で1.0以上の矯正視力が得られたが、遠方矯正下における近方視力は、約1/4の症例で0.6以上であった(図5)。なお調節時のIOLの動きを捉えようと様々な方法を試みたが困難であった。見かけ上の屈折値の変化は平均0.5Dであった。

Eyeonics社製(旧C&C社)調節IOL AT-45の写真

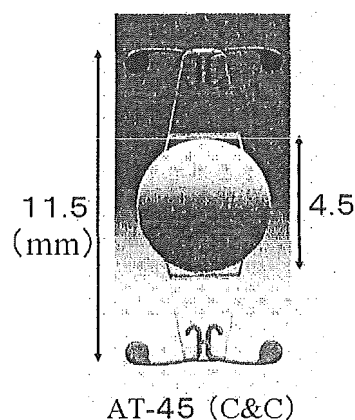


図4 調節IOL Eyeonics社製(旧社名C&C) CrystaLens AT-45®

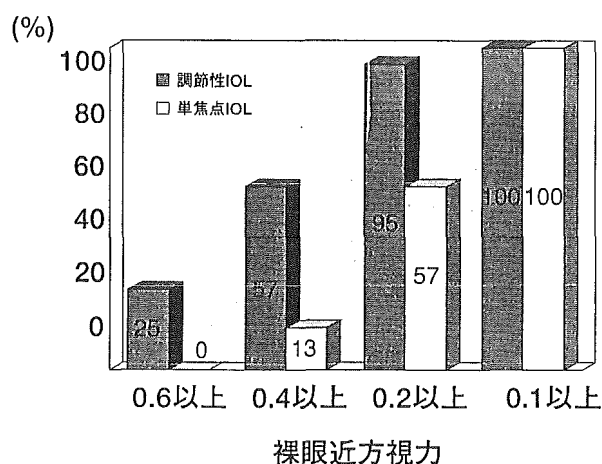


図5 調節IOL挿入例の近方視力：単焦点IOL挿入例(N=16)での裸眼近方視力が0.4以上得られた症例は13%，0.6以上は0%であったのに対し，調節IOL挿入例(N=54)では0.4以上は57%，0.6以上は25%と近方視力の向上を認めた。

調節IOLは若干の調節機能を有するが十分な近方視力は得られず、囊が収縮すると次第にその調節力は少なくなり、最終的には期待されるほどの調節効果は得られないという結論が得られた。なお光学部が小さいため憂慮されたグレアやハローの訴えはなかった。

3. 単焦点IOLを用いたモノビジョン
モノビジョンはコンタクトレンズにおいて

約30年以上の歴史があり、優位眼の屈折を遠方に合わせ、僚眼(劣位眼)を近方に合わせる方法である¹⁰⁻¹¹⁾。つまり遠方視時は優位眼を使用し、近方視時へ移行する過程で眼優位性が変化し、近方視時は劣位眼を使用することを期待している。この機構は多焦点IOLの場合と異なり、外側膝状体もしくは17野と言われている^{12,13)}。モノビジョンでは左右眼に屈折差を設けるため、眼位や両眼視機能への影響が問題となる¹⁴⁻¹⁶⁾。術前には適応の判断も含め、左右の視力が同等になるようにして眼位、両眼視機能、眼優位性、融像幅等について詳細に検討した。矯正視力0.3以下の症例に対する判定は困難であった。

モノビジョンの適応基準の一つに「眼優位性の弱い症例」であることが挙げられる。これまでは大型弱視鏡用の視野闘争スライドを用いて眼優位性の判定(定性)を行ってきたが、さらに眼優位性を定量することを目的とした装置を作成した¹⁷⁾。本装置も視野闘争を利用しており、患者に対して右眼と左眼に同時に縞の格子を見せて、一方の縞のコントラストを徐々に落とし、眼優位性を定量化する

ものである。多くの場合、優位眼のコントラストを60%に落とした時点で劣位眼優位に移行した。つまりコントラスト60%以上の高コントラストで優位眼より劣位眼優位に移行するならば眼優位性が低く、20%までコントラストを落としてもまだ優位眼で見える場合は眼優位性が強いと判断できる。

今回、単焦点IOLを正視となるように両眼へ挿入した場合、眼前1mまでは0.8以上の視力が維持されたが、眼前0.3mでは0.3に低下し近用眼鏡を必要とした(図6a)。しかしモノビジョンでは中間距離で累加効果が認められ、遠方から近方まで0.8以上の視力が獲得された(図6b)。両眼視機能の検討は位置の立体視についてはTitmus stereo test、運動の立体視は三杆法を用いた。位置の立体視は約2/3の症例で正常値を維持した(図7)。しかし運動の立体視は約1/3の症例が正常値(48.1秒以内)を示したのみであった(図8)。単焦点IOLで両眼正視とした場合でも正常値を示す症例は約85%であったことから、この正常値に関しては年齢的な要素も考慮しなければならないと考えられる。コントラスト感度

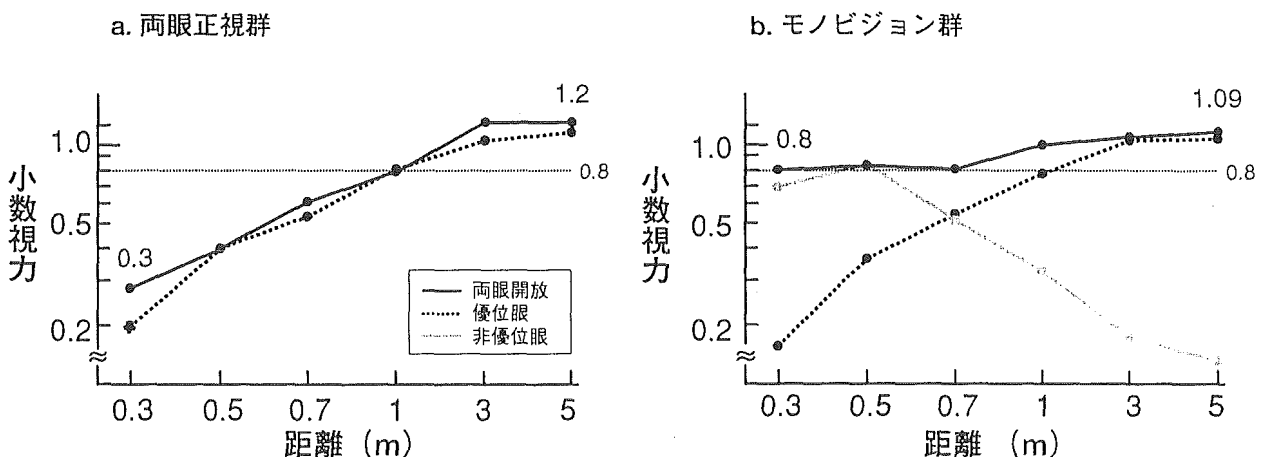


図6 単焦点IOLの全距離視力：両眼正視群は、眼前1.0mまでは0.8以上の両眼開放視力が維持されたが、0.3mでは0.3まで低下した(N=19)。一方、モノビジョン群では、全距離において0.8以上の両眼開放視力が得られ、中間距離(0.7・1.0m)では、視力の累加が認められた(N=39)。

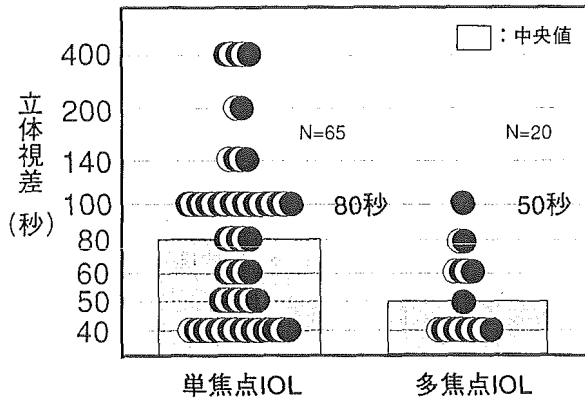


図7 モノビジョンの近方立体視機能：●は各症例の値，□は中央値を示す。単焦点IOLモノビジョンは中央値80secであった。カスタマイズドモノビジョンは中央値50secであり，全例正常値(100sec)以内を示した。

a. 両眼正視群 (N=14) b. モノビジョン群 (N=39)

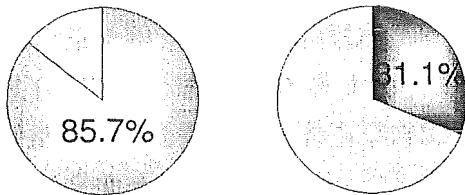


図8 単焦点IOLの遠方立体視機能：両眼正視群では正常値(48.1sec)以内の症例が85.7%であったのに対し，モノビジョン群では31.1%と有意に低かった(P<0.01: χ^2 検定)。

は低～中空間周波数領域で両眼加算を認めた^{21, 22)}。さらに両眼視機能を維持した群と低下した群で比較すると，維持した群では屈折差が約2D以内であり，低下した群は2.5D以上であったと報告されている¹⁴⁾。つまり両眼視機能の維持は屈折差の影響が大きいと考えられる。またモノビジョンを施行した約71%の症例に満足が得られている。

単焦点IOLによるモノビジョンの問題点は，近方視力と両眼視機能の同時維持である。良好な近方視力を得るためには2.5D以上の

屈折差をつけることが不可欠であるが，両眼視機能を考えるならば2.0D以下の屈折差にする必要がある。つまり左右眼の屈折差を1.5D以内に抑え，全距離において0.8以上の裸眼視力を獲得し，両眼視機能，コントラスト感度ともに正常値を維持し，高い満足が得られる方法が必要となる。

4. 多焦点IOLを用いたカスタマイズドモノビジョン

多焦点IOLの遠近の有効度数差は約2Dと考えられ，理論上は優位眼の屈折を0Dとした場合，劣位眼は0～約-2Dまでの間で両眼視することが可能となる。そして劣位眼の屈折を1D加減することにより，-1～-3Dまで明視可能となると考えられる。つまり両眼開放下で3Dの付加と同様の効果が得られ，左右の屈折差を1D程度に抑えることが可能となり，近方視力の向上と両眼視機能の維持が期待できる。このような理論に基づき，多焦点IOLを用いたモノビジョンが「カスタマイズドモノビジョン」法である。従来のモノビジョンの適応基準に加え，多焦点IOLの構造から明所での自然瞳孔径4mm以上の症例が適応となる。

当科でのカスタマイズドモノビジョンでは，中間距離で累加効果が認められ，遠方1.08，近方0.76とほぼ全距離に良好な視力が得られた(図2b)。また位置の立体視は全症例が正常値を維持した(図9)。コントラスト感度は低下したが，これまでのところ重篤な不満は出ていない。しかし個人によって満足度は異なるため，今後は適応について十分な検討が必要である。

考察

前述した4つの手法を比較すると，カスタマイズドモノビジョンは全距離視力，両眼視機能で老視の克服に優れた方法と考えられ

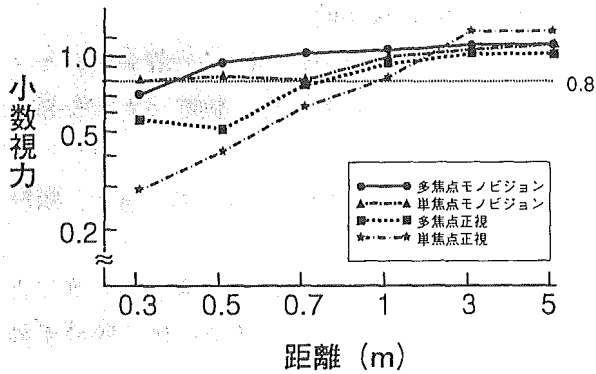


図9 カスタマイズドモノビジョンでの位置の立体視：全症例が正常値を維持した。

る。しかし現在の問題点として、屈折型多焦点IOLの機能が瞳孔径に依存することと、コントラスト感度の低下を引き起こすことが挙げられる。回折型多焦点IOLは構造上、瞳孔径に影響を受けないので、コントラスト感度の低下がない光学設計が実現されれば、临床上、有用である可能性が高いと考えられる。

2001年の日本の総人口は約1億2500万人であり、老視人口はそのうちの約46%とされている。また老視人口の約74%が何らかの不自由さから眼鏡を使用し、その約43%は遠近の累進多焦点眼鏡を使用していると推測されている。老視とは近方の見えにくさによって自覚される調節力の減衰であり、調節を司る要素には1. 毛様筋, 2. チン小体, 3. 水晶体がある。Strenkら¹⁸⁾はMRIを用いた検討で、調節力減衰の主な原因は水晶体の硬化であると報告している。Saundersら¹⁹⁾はヒトの屈折変化は20代までは近視化へ、また30代以降は遠視化の方向へ移行すると報告している。またBrownら²⁰⁾は加齢に伴って水晶体の厚みや曲率が増加し、屈折率の分布に変化が生じると報告している。加齢に伴う水晶体の変化による収差の増加も老視に影響すると考えられるが、収差増加の原因は水晶体起因によるものだけであるかは明確ではない。伊藤ら²¹⁾は健康眼の眼球光学系全体と角膜収差

を年代別に検討し、加齢による角膜の収差変動は僅かであるが、眼球光学系全体の収差の増加は明らかであると報告している。またArtalら²²⁾は年代による収差特性をより明瞭に評価することを目的として、補償因子[compensation factor = 1 - (眼球収差 / 角膜収差)]を定義している。これらの報告によれば伊藤らが46.2歳、Artalらが45歳を境に収差特性に変化が生ずることになり、臨床的に老視出現時期と一致する変化であった。このように今後は白内障手術においても、加齢による水晶体の変化を考慮する必要があると考えられる。なお近年、中～強度近視を対象とした屈折矯正手術においては、術後のQOVを高めることを目的として高次収差を低減するためのWave-front guided refractive surgeryが既に行なわれている。

結語

多焦点IOLを用いたカスタマイズドモノビジョンでは、遠見及び近見ともほぼ0.8以上の視力を獲得し、両眼視機能も正常値を維持した。カスタマイズドモノビジョン法は遠見及び近見視力のバランスが良く、両眼視機能も良好で白内障手術後における老視の克服に有用な手法と考えられた。

文 献

- 1) 庄司信行, 清水公也: AMO社製ARRAY屈折型シリコン多焦点レンズの使用経験. *IOL*, 8: 156-162, 1994
- 2) Vaquero-Ruano M, Encinas JL, et al: AMO Array multifocal versus monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 24: 118-123, 1998
- 3) 庄司信行, 清水公也: 屈折型多焦点眼内レンズと瞳孔径. *IOL*, 8: 163-168, 1994
- 4) 清水公也, 庄司信行: 多焦点眼内レンズ. *眼科* 38: 695-702, 1996

- 5) 庄司信行, 清水公也: 屈折型多焦点眼内レンズの術後成績と適応. 臨眼 53: 259-263, 1999
- 6) Hayashi K, Hayashi H, et al: Correlation between pupillary size and intraocular lens decentration and visual acuity of a zonal-progressive multifocal lens and a monofocal lens. *Ophthalmol* 208: 2011-2017, 2001
- 7) Wilson FAW, Scalaidhe SPO, et al: Dissociation of object, spatial processing domains in primate prefrontal cortex. *Science* 260: 1955-1958, 1993
- 8) Cumming JS, Slade SG, et al: Clinical evaluation of the Model AT-45 silicone accommodating intraocular lens. *Ophthalmol* 108: 2005-2010, 2001
- 9) 嶺井利沙子, 清水公也, 他: 調節性眼内レンズの初期経過. 眼科手術 17: 79-82, 2004
- 10) Gauthier CA, Holden BA, et al: Interest of presbyopes in contact lens correction and their success with monovision. *Optom Vis Sci* 69: 858-862, 1992
- 11) Jain S, Arora I, et al: Success of monovision in presbyopes: Review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Survey Ophthalmol* 40: 491-498, 1996
- 12) 福田 淳, 澤井 元, 他: 外側膝状体の機能分化. 神経進歩 32: 411-428, 1988
- 13) Howard IP, Roger BJ: Binocular Vision and Stereopsis. *Oxford university press, New York*: 327-348, 1995
- 14) 井上俊洋, 清水公也, 他: 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) 清水公也, 嶺井利沙子: モノビジョン. 眼科手術 16: 481-484, 2003
- 16) 嶺井利沙子, 清水公也, 他: 眼内レンズによるモノビジョン法の視機能評価. 眼科手術 17, 2004 (投稿中)
- 17) Handa T, Uosato H, et al: The effects of dominant and nondominant eye in binocular rivalry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 44: S2777, 2003
- 18) Strenk SA, Semmlow JL, et al: Age-related change in human ciliary muscle & lens: A magnetic resonance imaging study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 40: 1162-1169, 1999
- 19) Saunders H: Age-dependence of human refractive errors. *Ophthal Physiol Opt* 1: 159-174, 1981
- 20) Brown N: The change in lens curvature with age. *Exp Eye Res* 19: 175-183, 1974
- 21) 伊藤美沙絵, 大野晃司, 他: 健常眼における高次波面収差の定量解析. 臨眼 57: 1203-1207, 2003
- 22) Artal P, Berrio E, et al: Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A* 19: 137-142, 2002

総説

白内障術後における老視の克服

清水 公也*

目的：各種眼内レンズ（IOL）を用いた白内障手術後の老視の解決法の比較検討。

方法：北里大学病院でインフォームドコンセントが得られ、それぞれ適応基準を満たした症例に対し、両眼の白内障手術時に、1. 多焦点IOL, 2. 調節性IOL, 3. 単焦点IOL monoを用いたモノビジョン法, 4. 多焦点IOLとモノビジョン法の利点を生かした新しい手法としての多焦点IOLを用いたモノビジョン法（カスタマイズドモノビジョン）のIOL, による白内障手術後の老視の解決法を行った。

結果：多焦点IOLや調節性IOL挿入例では近方視力が不十分で近用眼鏡を必要とした。また単焦点IOLを用いたモノビジョン法では、遠見から近見までほとんどの症例で0.8以上の良好な視力を得ることができたが、両眼視機能は低下していた。カスタマイズドモノビジョン法では、遠見から近見までほぼ0.8以上の視力を獲得し、更に両眼視機能も正常値を維持した。

結論：多焦点IOLを用いたカスタマイズドモノビジョン法は遠見および近見視力のバランスがよく、両眼視機能も良好で白内障手術後における老視の克服に有用な手法と考えられた。ただし、各種の方法において、利点・欠点がそれぞれ存在し、症例に応じた手術方法の選択が必要と考えられた。

〈キーワード〉

- ・老視
- ・多焦点眼内レンズ
- ・調節性眼内レンズ
- ・モノビジョン法
- ・カスタマイズドモノビジョン法

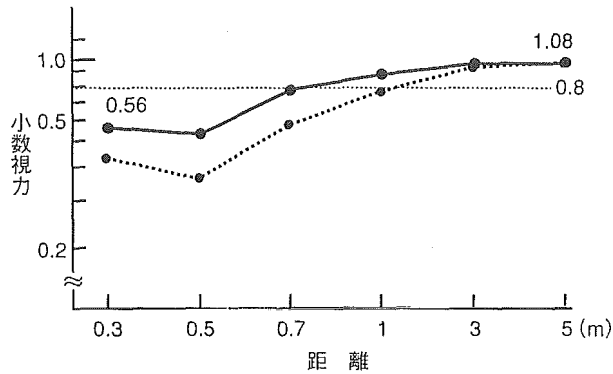
1. 緒言

2001年の日本の総人口は1億2500万人であり、老視人口はそのうちの約46%といわれている。また老視人口の約74%がなんらかの不自由さから眼鏡を使用し、その約43%は遠近の累進多焦点眼鏡を使用していると推測されている。老視とは、近方の見えにくさによっ

て自覚される調節力の減衰であり、調節を司る要素には、1. 毛様筋、2. チン小体、3. 水晶体がある。Strenkら¹⁾はmagnetic resonance imaging (MRI)を用い、調節力減衰の主な原因は水晶体の硬化であると報告している。Saunders²⁾はヒトの屈折変化は20歳代までは近視化へ、30歳代以降は遠視化の方向へ移行すると報告している。またBrown³⁾は、加齢に伴って水晶体の厚みや曲率が増加し、屈折率の分布に変化が生じると報告している³⁾。これらのため水晶体の遠視化や光の透過率の低下から収差の増加が引き起こされ、

*北里大学医学部眼科学講座
2003年11月17日受付

a: 両眼正視群



b: モノビジョン群

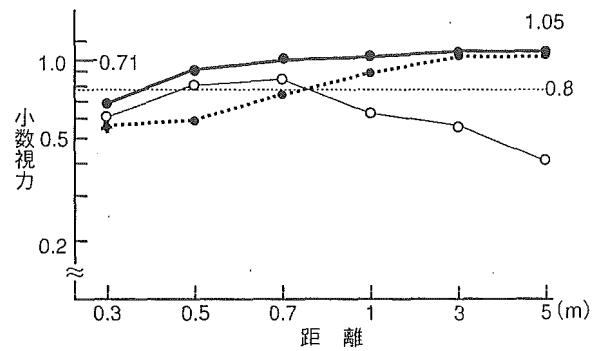


図1 多焦点眼内レンズ (IOL) の全距離視力

多焦点IOLの全距離視力両眼正視群は、眼前0.7mまでは0.8以上の両眼開放視力が維持されたが、0.3mでは0.56まで低下した (N=44)。一方、モノビジョン群 (カスタマイズドモノビジョン) では、全距離において約0.8近い両眼開放視力が維持され、視力の累加も認められた (N=17)。

— : 両眼開放, ... : 優位眼, ---- : 非優位眼

老視となると考えられるが、収差の増加の原因が水晶体起因によるものだけであるか否かは明確ではない。伊藤ら⁴⁾は健常眼の眼球光学系全体と角膜収差を年代別に検討し、加齢による角膜の収差変動はわずかであるが、眼球光学系全体の収差の増加は明らかであると報告している。またArtalら⁴⁾は、年代による収差特性をより明瞭に評価することを目的として

$$[\text{補償因子: compensation factor} = 1 - \frac{\text{眼球収差}}{\text{角膜収差}}]$$

を定義している。これらの報告によれば、伊藤らが46.2歳、Artalらが45歳を境に収差特性に変化が生ずることになり、臨床的に老視出現時期と一致する変化であった。

我々の考える老視の克服とは、1) 裸眼で遠方から近方まで0.8以上の視力が得られること、2) 正常な両眼視機能が維持されること、3) コントラスト感度が維持されること、である。これらを考慮した上で、老視に対するいくつかの治療法を施行してきた。収差に対しては近年、wave-front guided refractive surgeryが行われているが、加齢により水晶体の屈折率は変化し、収差も増加するため永久的な治療効果が得られないのが現状である。そこで、偽水晶体眼における老視の治療法には、(1) 多焦点眼内レンズ (以下 IOL)、(2) 調節性IOL、(3) モノビジョン法が考えられる。各々の治療法と結果について考察を加え、これらの方法の欠点・利点を考慮した新しいカスタマイズドモノビジョン法について報告する。

2. 多焦点IOL

屈折型多焦点IOLの光学部は、中心から同心円状に遠用・近用の順に五つのゾーンからなり、中間距離でも視力が得られるように設計されているため、我々の自験例では、遠方矯正下で良好な近方視力が得られた群の平均瞳孔径は $4.01 \pm 0.55\text{mm}$ に対して、得られなかった群は $3.05 \pm 0.73\text{mm}$ であった。また、眼鏡なしで良好な遠近裸眼視力の得られた群の90%の症例では、屈折ずれが $\pm 0.75\text{D}$ かつ角膜乱視の絶対値が $\pm 1.75\text{D}$ 未満であった⁶⁻¹¹⁾。また、遠方視と近方視時で光の分光が起こるが、網膜には同時に両映像が映るために分解能の低下という問題が生じる。網膜に同時に映った遠近の像をどのように認知するかということについては、通常、ヒトの脳では17野より高次中枢において必要な映像を任意に選択し不必要な映像を抑制するという働きがあり¹²⁾、多焦点IOLでも同様な処理がなされていると考えられる。今回、両眼に多焦点IOLを挿入した症例の両眼開放視力は、眼前1mまで0.8以上の視力が維持され、眼前30cmでは0.56と低下した (図1a)。約1/3の症例が近用眼鏡を使用している (図2)。位置の立体視についてTitmus stereo testを用いて検討した結果、全例が正常値 (100second) を維持した。しかし、コントラスト感度は全体的に低下していた。

多焦点IOLでは近方視力の低下が一番大きな問題といわれている。実際に遠方視力が非常に良好な場合でも1/3の症例は近用眼鏡を使用し、コントラスト感度については低下が認められる。また以上のことより、

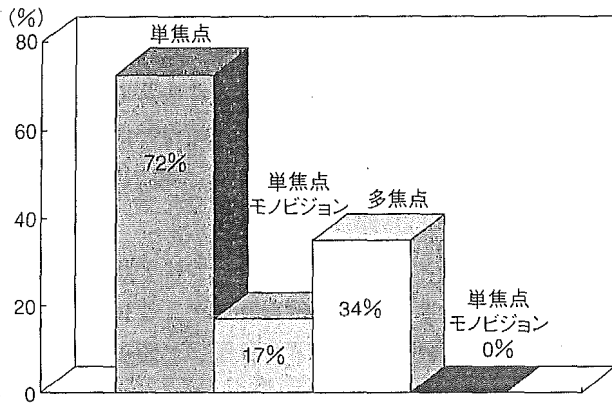


図2 眼鏡使用率
単焦点IOLの両眼正視群では、術後72%の症例が眼鏡を必要とし、モノビジョン群では17%であった。多焦点IOLの両眼正視群では、術後34%の症例が眼鏡を必要とし、モノビジョン群（カスタマイズドモノビジョン）では術後3カ月の短期観察においては0%であった。

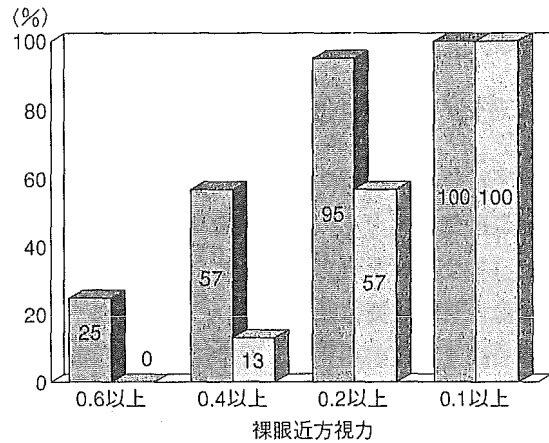
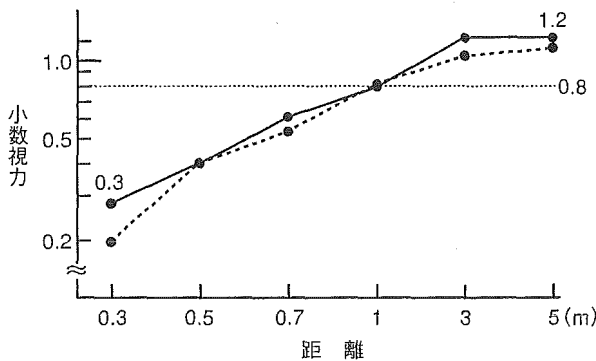


図3 調節性IOL挿入時の近方視力
単焦点IOL (N=16) 挿入時は0.4以上の裸眼近方視力が得られた症例が13%、0.6以上得られた症例は0%であったのに対し、調節性IOL (N=54) 挿入時は0.4以上の裸眼近方視力が得られた症例が57%、0.6以上得られた症例は25%と、近方視力の向上を認めた。
■：調節IOL, □：単焦点IOL

a: 両眼正視群



b: モノビジョン群

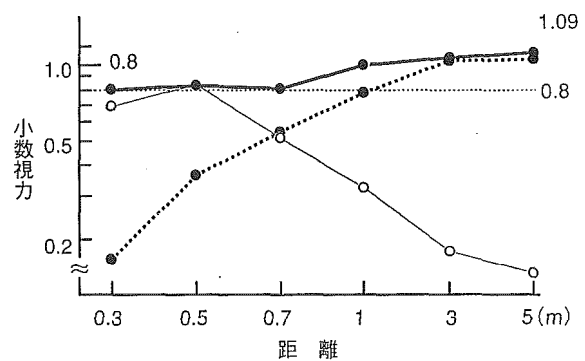


図4 単焦点IOLの全距離視力

両眼正視群 (a) は、眼前1.0mまでは0.8以上の両眼開放視力が維持されたが、0.3mでは0.3まで低下した (N=19)。一方、モノビジョン群 (b) では、全距離において0.8以上の両眼開放視力が得られ、中間距離 (0.7m・1.0m) では視力の累加が認められた (N=39)。
—：両眼開放, ...：優位眼, ----：非優位眼

多焦点IOLのよい適応は年齢では60歳代以下で、瞳孔径や矯正精度および角膜乱視に適応条件があることがわかってきた。

3. 調節性IOL

調節性IOLはアメリカで治験中である¹⁴⁾が、欧州ではすでにCEマークを取得し販売が許可されている。光学部（直径4.5mm）や可撓部を含めすべてシリコンエラストマーからなるため、軽量で可動性が非常に高い。術後、前囊によって光学部の可動性が制限されないように、通常の白内障手術の場合よりも切嚢径をレンズ光学部より大きくする必要がある。本レンズは北里大学の倫理委員会にて承認を得た後、患者に対して十

分なインフォームドコンセントを行い、同意が得られた症例を対象に挿入した。

両眼に調節性IOLを挿入した症例の遠方視力は、全例で1.0以上の矯正視力が得られたが、遠方矯正下における近方視力は、約3/4の症例で0.6以上であった (図3)。また、近方視時のレンズの動きを捉えるため様々な方法を試みたが、動きを捉えることは困難であった。唯一認められたのは球面度数における見掛け上の屈折値の変化であり、平均は0.5diopter (D)であった。

調節性IOLは若干の調節機能を有するが十分な近方視力は得られず、術後3~6ヵ月経過後、嚢が収縮すると次第にその調節力は少なくなり、最終的には期待されるほどの調節効果は得られないという結論が得られ

た。なお、光学部が小さいために憂慮されたグレアやハローの訴えはなかった。

4. モノビジョン法

モノビジョン法はコンタクトレンズにおいて約30年以上の歴史があり、一眼（優位眼）を遠方に合わせ、僚眼（劣位眼）を近方に合わせる方法である¹⁴⁻¹⁶。つまり遠方視時は優位眼を使用し、近方視時へ移行する過程で眼優位性が変化し、近方視時は劣位眼を使用することを期待している。この機構は多焦点IOLの場合と異なり、外側膝状体もしくは17野といわれている¹⁷⁻¹⁸。

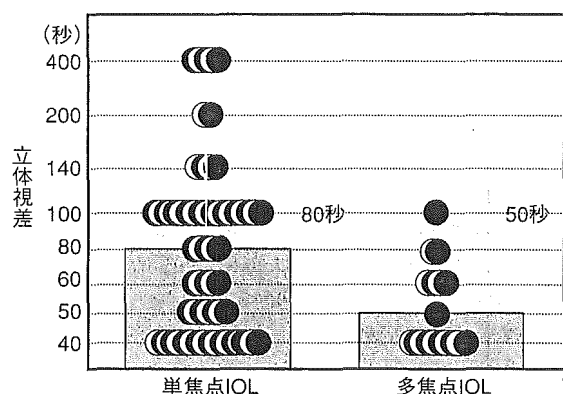


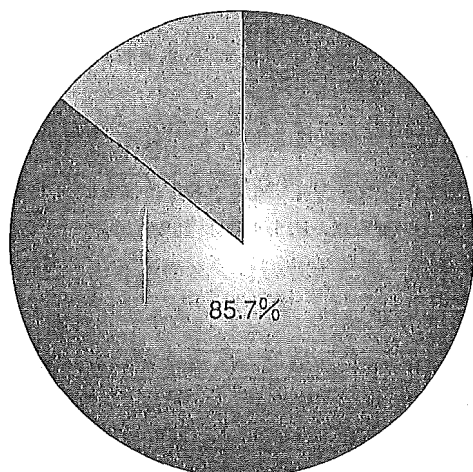
図5 モノビジョン法の近方立体視機能
○は各症例の値、■は中央値を示す。単焦点IOLモノビジョンは中央値80secであった (N=65)。多焦点IOLモノビジョン (カスタマイズドモノビジョン) は中央値50secであり (N=20)、全例正常値 (100sec) 以内を示した (新田ら: 第57回日本弱視斜視学会より改変)。

モノビジョン法は左右に屈折差をつけるため、眼位や両眼視機能への影響が問題となる¹⁶⁻¹⁹。術前には適応の判断も含め、左右の視力が平等になるようにして眼位、両眼視機能、眼優位性、融像幅などについて詳細に検討した。しかし、術前矯正遠方視力が0.3以下の症例に対する判定は困難であった。

モノビジョン法の適応基準の一つに「眼優位性の弱い症例」であることが挙げられる¹⁹。これまでは大型弱視鏡用の視野闘争スライドを用いて眼優位性の定性を行ってきたが、更に眼優位性を定量することを目的とした装置を作成した²⁰。本装置も視野闘争を利用している。患者に対して右眼と左眼に同時に縞の格子を見せて、一方の縞のコントラストを徐々に落とし、眼優位性を定量化するものである。多くの場合、優位眼のコントラストを60%に落とした時点で劣位眼優位に移行した。つまり、コントラスト60%以上の高コントラストで優位眼より劣位眼優位に移行するならば眼優位性が低く、20%までコントラストを落としてもまだ優位眼で見える場合は眼優位性が強いと判断できる。

今回、単焦点IOLを正視となるように両眼へ挿入した場合、眼前1mまでは0.8以上の視力が維持されたが、眼前0.3mでは0.3に低下し近用眼鏡を必要とした (図4a)。しかし、モノビジョン法では中間距離で累加効果が認められ、遠方から近方まで0.8以上の視力が獲得された (図4b)。両眼視機能については位置の立体視はTitmus stereo test、運動の立体視は三杆法を用い

a. 両眼正視群 (N=14)



b. モノビジョン群 (N=39)

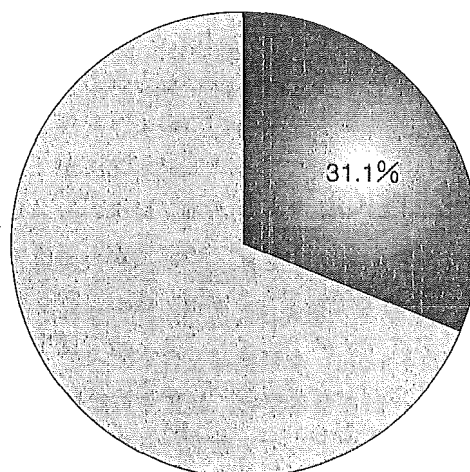


図6 単焦点IOLの遠方立体視機能
両眼正視群では正常値 (48.1sec) 以内の症例が85.7%であったのに対し、モノビジョン群では31.1%と有意に低かった (χ^2 検定 $p < 0.01$)。

て検討した。位置の立体視は約2/3の症例で正常値を維持した(図5)。しかし、運動の立体視は約1/3の症例が正常値(48.1second以内)を示したのみであった(図6)。単焦点IOLで両眼正視とした場合でも正常値を示す症例は約85%であったことから、この正常値に関しては年齢的な要素も考慮しなければならないと考えられる。コントラスト感度は低～中間周波数領域で両眼加算を認めた¹⁹⁾。更に、両眼視機能を維持した群と低下した群と比較すると、維持した群では屈折差が約2D以内であり、低下した群は2.5D以上であったと報告されている¹⁶⁾。つまり、両眼視機能の維持は屈折差の影響が大きいと考えられる。また、モノビジョン法を施行した約71%の症例に満足が得られている。

単焦点IOLによるモノビジョン法の問題点は、近方視力と両眼視機能の同時維持である。良好な近方視力を得るためには2.5D以上の屈折差をつけることが不可欠であるが、両眼視機能を考えるならば2.0D以下の屈折差にする必要がある。つまり左右眼の屈折差を1.5D以内に抑え、全距離において0.8以上の裸眼視力を獲得し、両眼視機能、コントラスト感度ともに正常値を維持し、高い満足が得られる方法が必要となる。

5. カスタマイズドモノビジョン法

多焦点IOLの遠近の有効度数差は約2Dと考えられ、理論上は優位眼を0に合わせた場合、劣位眼は0～約-2Dまでの間で両眼視することが可能となる。そして劣位眼の屈折を1D加減することにより、-1～-3Dまで明視可能となると考えられる。つまり両眼開放下で3Dの付加と同様の効果が得られ、左右の屈折差を1D程度に抑えることが可能となり、近方視力の向上と両眼視機能の維持が期待できる。このような理論に基づき、多焦点IOLを使用したモノビジョン法が「カスタマイズドモノビジョン法」である。従来のモノビジョン法の適応基準に加え、レンズの構造から明所の自然瞳孔径が4mm以上確保できる症例が適応である。

今回、カスタマイズドモノビジョン法では中間距離で累加効果がみられ、遠方1.08、近方0.76とほぼ全距離に良好な視力が得られた(図1b)。また位置の立体視は全症例が正常値を維持した(図5)。コントラスト感度は低下したが、これまでのところ重篤な不満は出ていない。しかし個人によって満足度は異なるため、

今後は適応について十分な検討が必要である。

6. 結 論

前述した四つの手法を比較すると、カスタマイズドモノビジョン法は全距離視力、両眼視機能で老視の克服に優れた方法と考えられる。しかし現在の問題点として、屈折型多焦点IOLの機能が瞳孔径に依存することと、コントラスト感度の低下を引き起こすことが挙げられる。回折型多焦点IOLは構造上、瞳孔径に影響を受けないので、コントラスト感度の低下がない光学設計が実現できれば、臨床上、有用である可能性が高いと考えられる。

■文 献

- 1) Strenk SA, Semmlow JL, Strenk LM, et al: Age-related change in human ciliary muscle and lens: A magnetic resonance imaging study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, **40**:1162-1169, 1999.
- 2) Saunders H: Age-dependence of human refractive errors. *Ophthalm Physiol Opt*, **1**:159-174, 1981.
- 3) Brown N: The change in lens curvature with age. *Exp Eye Res*, **19**:175-183, 1974.
- 4) 伊藤美沙絵, 大野晃司, 清水公也, 他: 健常眼の高次波面収差の定量解析. *臨眼*, **7**:1203-1207, 2003.
- 5) Artal P, Berrio E & Guirao A: Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A*, **19**:137-142, 2002.
- 6) 庄司信行, 清水公也: AMO社製ARRAY屈折型シリコン多焦点レンズの使用経験. *IOL*, **8**:156-162, 1994.
- 7) Vaquero-Ruano M, Encinas JL, Millan I, et al: AMO Array multifocal versus monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, **24**:118-123, 1998.
- 8) 庄司信行, 清水公也: 屈折型多焦点眼内レンズと瞳孔径. *IOL*, **8**:163-168, 1994.
- 9) 清水公也, 庄司信行: 多焦点眼内レンズ. *眼科*, **38**:695-702, 1996.
- 10) 庄司信行, 清水公也: 屈折型多焦点眼内レンズの術後成績と適応. *臨眼*, **53**:259-263, 1999.
- 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*, **208**:2011-2017, 2001.
- 12) Wilson FAW, Scalaidhe SPO & Goldman-Rakic PS: Dissociation of object, spatial processing domains in primate prefrontal cortex. *Science*, **260**:1955-1958, 1993.