

眼科手術

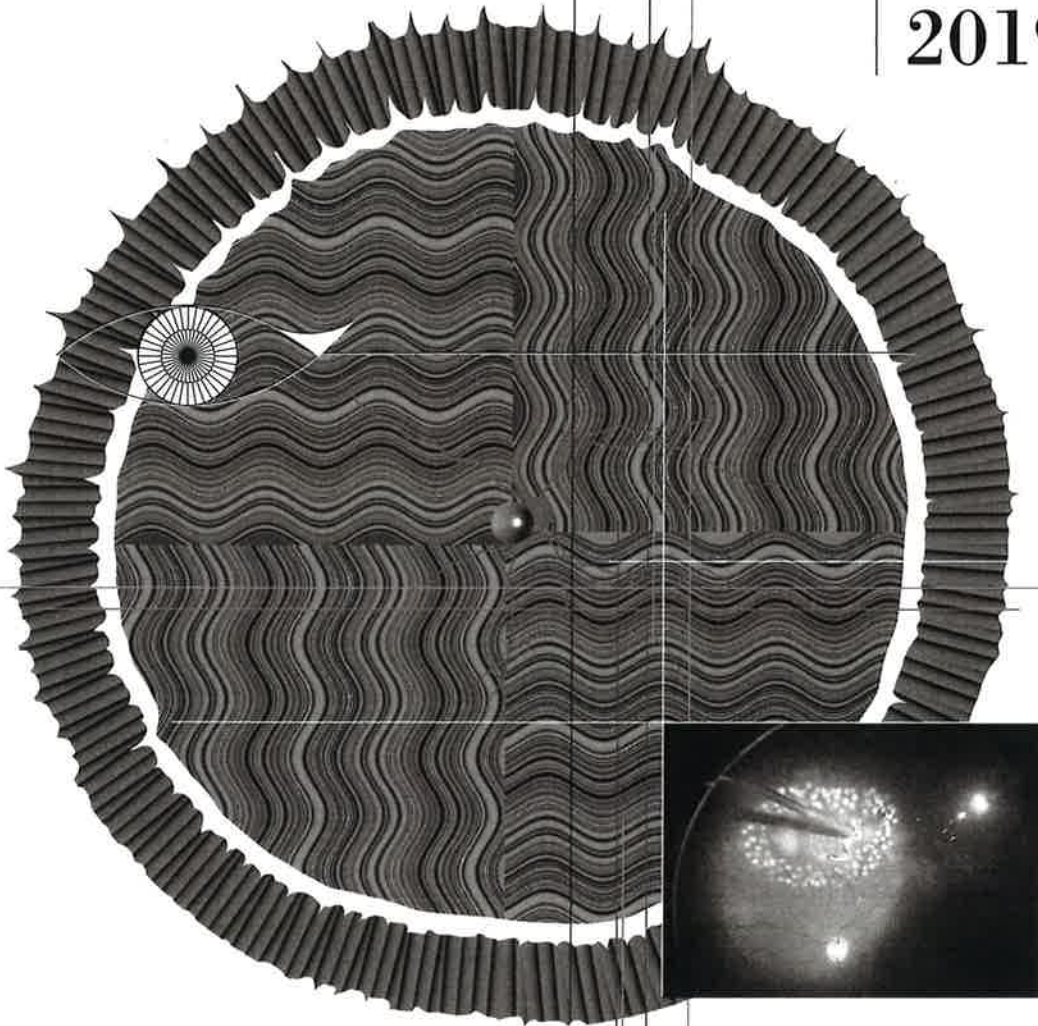
2019年4月30日発行
平成6年8月16日第4種学術刊行物認可

ISSN 0914-6806

日本眼科手術学会誌
Japanese Journal of
Ophthalmic Surgery

No.2
2019

32
Vol.



〔特集〕

眼科の手術教育

涙道手術——大江雅子
白内障手術——國重智之
緑内障手術——前田美智子 他
網膜硝子体手術トレーニングのための
シミュレーターの開発——上田高志 他

〔特集〕

再考！翼状片手術

翼状片手術についてのレビュー——島崎 潤
初発翼状片手術——昌原英隆
再発のリスクが高い翼状片に対する手術
——森 洋斉
再発翼状片に対する羊膜移植併用手術——上松聖典

〔編集・発行〕日本眼科手術学会

〔発売〕メディカル葵出版

多焦点眼内レンズ挿入眼の硝子体手術

森井香織*

はじめに

わが国における白内障手術での多焦点眼内レンズ (intraocular lens : IOL) の使用は, 1995年にAMO社の屈折型2焦点IOLであるArrayの挿入から始まった¹⁾. その後, しばらくは広く普及しない時期もあったが, 2008年に多焦点IOLを使用した水晶体再建術が高度先進医療に指定されると, 一般に広く使用されるようになった. また, 多焦点IOLの種類も増え, 保険診療で挿入できるextended depth of focus (EDOF) レンズの発売も本年4月に控え, 今後, 挿入症例は増加していくと考えられる.

多焦点IOLの適応の一つとして, 網膜疾患がないことがあげられる²⁾. 多焦点IOLを挿入する時点では網膜疾患がなくても, その後の経過で黄斑前膜, 黄斑円孔などの黄斑疾患や, 裂孔原性網膜剝離を発症することがあり, 症例によっては硝子体手術が必要となりうる.

多焦点IOLを挿入されている症例での硝子体手術は, 単焦点IOL挿入症例とは異なり, 眼底視認性が問題となる. 眼底視認性は, 多焦点IOLの種類や加入度数によっても異なり, また, 眼底観察系によっても視認性は異なる. それぞれについて解説し, 多焦点IOL挿入症例における硝子体手術のコツについて述べる.

I 眼底視認性に影響する要素

硝子体手術時, 眼底を観察するには何らかの前置レンズを眼球前に設置する必要がある³⁾. 角膜上に硝子体観察用フローティングレンズを設置する方法と, 接触型あるいは非接触型の広角観察システムを用いる方法とがある. フローティングレンズは高~中屈折率の凹レンズで

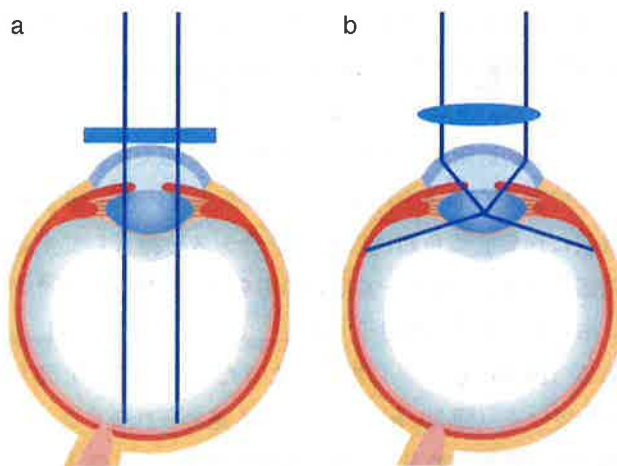


図1 硝子体手術時の眼底観察方法

a: フローティングレンズによる観察. b: 広角観察システムによる観察.





あり, レンズを通して眼底を観察する場合, 図1のように前置レンズとIOL全体を通した像を観察することになる⁴⁾. 中屈折率素材のフローティングレンズは, 拡大率も大きく立体的な奥行もあり, 後極部の膜処理などに適している³⁾.

広角観察システムは, 倒像レンズを用いることで広い視野を獲得できる. 瞳孔中央部付近で集光させ, その倒像を観察する (図1b). 小瞳孔でも広範囲の眼底視認性が得られるが, 拡大率は角膜と倒像レンズの距離で決まるが, フローティングレンズには劣り, 観察像は小さい. 接触型広角観察レンズは倒像を観察しながらの手術となるが, 非接触型では倒像インバーターを用いて, 直像に変換することにより, 直像下で手術が可能である. フローティングレンズを用いる方法と広角観察システム

*Kaori Morii: あさぎり病院眼科

〔別刷請求先〕 森井香織: 〒673-0852 兵庫県明石市朝霧台1120-2 あさぎり病院眼科

表1 おもな回折型多焦点 IOL

名称	ReSTORE など (Alcon)	Tecnis Multifocal など (AMO)	Finevision (Physiol)	AT シリーズ (Zeiss)
				
回折デザイン	Not full diffractive (周辺部は遠方単焦点) Apodised PanOptics は 3 焦点	Full Diffractive Non apodised	Full diffractive Apodised 3 焦点	Full diffractive Non apodised AT LISA Tri, AT LARA は 3 焦点
近方加入度数	+3.0 +2.5 (Active Focus) +3.25/+1.08 (PanOptics)	+4.0 +3.25 +2.75 +1.5 (Symphony)	+3.5/+1.75	+3.33/+1.66 (AT LISA Tri) +1.9/+0.95 (AT LARA)

どの IOL も中央の 0 次領域の周囲に回折構造を有する。近方加入度数が強いと回折幅は狭くなり、円環数は増える。

ではこのように光学設計が異なり、その結果視認性に違いが生じる。

また、眼底視認性に影響する要素として、IOL も大きく関与する。IOL に多焦点性をもたせるために、多焦点 IOL は単焦点 IOL とは異なる光学設計が用いられる。多焦点 IOL には回折型、屈折型、それに加えて焦点深度を深めるために開口径を小さくした IOL も登場した。多焦点 IOL はレンズによって光学設計が異なり、そのため眼底視認性は異なる。また、加入度数によっても眼底視認性は異なる。

眼底観察系と多焦点 IOL の光学設計の組み合わせの眼底視認性について解説する。

1. 回折型多焦点 IOL

日本で承認されている IOL としては、Tecnis シリーズ (AMO 社)、ReSTORE シリーズ (Alcon 社) がある。また、未承認であるが、3 焦点 IOL の FineVision (PhysIOL 社)、AT シリーズ (Zeiss 社) なども回折構造である (表 1)。

回折型多焦点 IOL は、回折格子を用いて光を異なる焦点に分ける¹⁾。回折格子を通り入射した光は、次数に応じて回折する角度が異なる。0 次光は直進し、1 次、2 次と次数が大きくなると回折角度は大きくなる。回折型

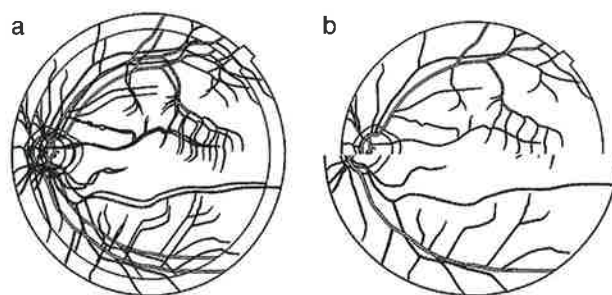


図2 フローティングレンズ下の眼底視認性の考え方

a: 回折型多焦点 IOL. 異なる焦点の像がともに存在し常に重なり合い視認性が悪くなる。中心付近はずれの度合いは小さく、中心から離れるほどずれが大きくなる。b: 屈折型多焦点 IOL. 各領域内は像のひずみがないが、屈折が変化する境目で像のひずみが生じる (イラストは分節型をイメージ)。

IOL は任意の次数に光を集中させるために回折格子の間を斜めにする方法 (ブレード回折格子) が用いられ、回折型 IOL はこの方法で焦点を作製している。また、回折幅は加入度数を、回折高は次数を決定する。加入度数が大きいと回折幅は狭くなる。異なる二つの 2 焦点回折 IOL を融合させることで 3 焦点 IOL も作製できる。回折型多焦点 IOL ではこのように光を分け、同時に網膜に異なる像を投影している。

フローティングレンズを用いた眼底観察像は IOL 全

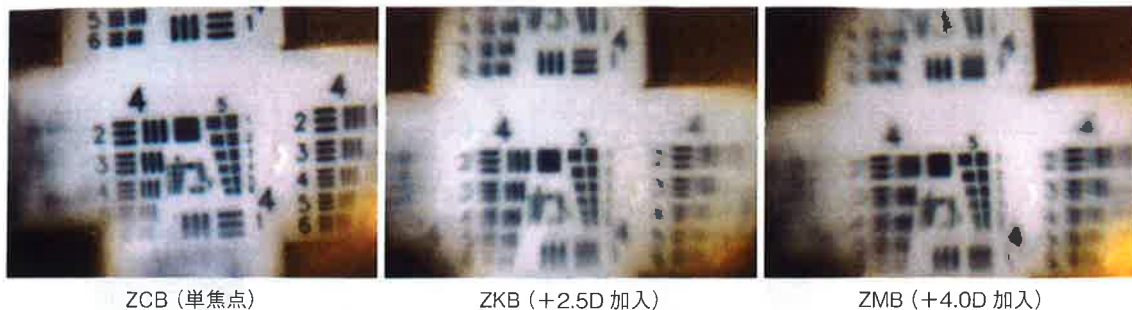


図3 回折型多焦点 IOL の眼底視認性

フローティングレンズ（メニスカス）下での視認像。加入度数が強くなるにつれ、眼底視認性が悪くなる。（杏林大学 井上 真先生の模型眼を使用して撮影）

表2 おもな屈折型多焦点 IOL

名称	iSii (HOYA)	Lentis M plus (Oculentis)	Miniwell (SIFI)
屈折デザイン	同心円型 中央 2.3 mm 径：遠方 2.3~3.24 mm 径：近方 3.24~6 mm 径：遠方	分節型 上方：遠方 下方：近方	同心円型 中央 2 mm 径：近方 (球面成分変化あり) 2~6 mm：遠方
近方加入度数	+3.0	+3.0 +2.0 +1.5 (Lentis Comfort：2019年 4月より参天から発売予定)	+2.0

レンズの種類により、遠方、近方領域の配置が異なる。

体を透過した光で眼底を観察するため、回折構造の部分では複数の像が重なり網膜像コントラストは低下する(図2)。IOL 全面に回折構造が設計されている full diffractive multifocal intraocular lens (MIOL) ほどその影響は大きい。また、加入度数が大きくなるほど網膜像の大きさに差が発生するので、さらに眼底像のコントラストは低下する(図3)。

回折型多焦点 IOL は、IOL 中心に 0 次光の遠方焦点領域をもち、その周囲に同心円状に回折溝が作製されているため、瞳孔中心付近に集光する広角観察システムでは、回折構造の影響を受けない(図1)⁵⁻⁷⁾。網膜剝離など網膜全体を俯瞰的に観察する手術では問題がないであろう。後極観察用の前置レンズ(たとえば Zeiss 社の

Resight なら +60D) を用いれば、後極部の観察も可能であるが、角膜のひずみや乾燥、拡大率や立体視などに問題が残る。改善方法として、前置レンズ(60D) にフローティングレンズを併用する方法などが考案されている⁸⁾。

2. 屈折型 MIOL

日本で承認されている IOL として、iSii (HOYA)、Lentis シリーズ (Oculentis 社) (Lentis Comfort +1.5D 加入タイプ、2019 年 4 月参天製薬から発売予定)、未承認のものでは Miniwell (SIFI 社) などがある(表2)。

屈折型 IOL は、光学径内に異なる二つの屈折領域を作製することで、複数の焦点を作製する。iSii は同心円状に中央が遠方、その周辺に近方、またその周辺に遠方



図4 焦点深度拡張型 IOL
IC-8 (AcuFocus 社). 単焦点 IOL に
アパチャーを作製し、開口径を小さく
することで焦点深度を深くする。

ゾーンをもつ。Lentis は IOL 上半分が遠方、下方が近方領域であり、下方の近方領域の加入度数の違いで数種類発売されている。Miniwell は中央 2mm が球面成分に変化をもたせた近方領域、2mm から周辺が遠方領域となっている。

広角観察システムでは、屈折型 MIOL でも瞳孔中心付近に集光する広角観察システムでは影響を受けにくい^{5~7)}。フローティングレンズを用いた眼底観察像は、屈折構造の影響を受ける (図 1)。屈折度数の境目の部分で観察像の大きさにずれが生じるため、視認性は低下する (図 2)。屈折型 MIOL は種類によって屈折領域が異なるので、その屈折度数の境目に注意が必要である。また、加入度数が強いものほど、境目の視認性が悪くなる。加入度数の小さく、分節型である Lentis Comfort は、境目の像のひずみも少なく視認性への影響は少ないと思われる。しかし、硝子体手術でガスやシリコンオイル・タンポナーデには注意を必要とする⁹⁾。

3. 開口径による MIOL

開口径を小さくすることで焦点深度の幅を広げる。「焦点深度が深い」のはこの構造の IOL である。IC-8 (AcuFocus 社) がこれにあたる (図 4)。角膜インレイと同様の構造であり、単焦点 IOL にアパチャーを作製しているが、このアパチャーには無数の小孔が作製されているため、網膜には視認に必要な光が届いているとされる。これは IOL 中央の開口径は 2mm であり、また単焦点 IOL であるため、角膜インレイの報告と同様に

このレンズでも瞳孔中心付近に集光する広角観察システムでは影響を受けない。しかし、フローティングレンズによる観察では、アパチャーが観察像内に邪魔になり、視認性は大きく低下する^{10,11)}。

II 網膜硝子体手術の前に

後極部操作を必要とする硝子体手術では、現在ではフローティングレンズを使用する術者が多いと思われる。しかし、多焦点 IOL 挿入眼患者では、フローティングレンズによる後極部操作には視認性に影響がある。挿入されている多焦点 IOL がどの光学構造であるかを事前に確認し、どのような影響があるかを予測して手術に臨む必要がある。広角観察システムでは、どのタイプの多焦点 IOL でも視認性は確保できる。黄斑疾患の処理の場合も、フローティングレンズ下では非常に視認性が悪く、操作時に影響があるが、広角観察システム下では視認性に問題はない (動画)。そのため広角観察システムのレンズを用いることで、フローティングレンズでの観察像には拡大率などは劣るが、多焦点 IOL の構造に影響されない観察像は確保できるため、普段から慣れておくことで多焦点 IOL 挿入症例にも対応できるのではないだろうか (動画)。

III 白内障手術の前に

白内障術者は、白内障手術で MIOL 挿入を患者が希望された場合に、その時点で眼底に疾患がなくとも、将来的に硝子体手術が必要な疾患の発症の可能性は否定できないこと、単焦点 IOL 挿入眼よりも多焦点 IOL 挿入眼では眼底視認性が低下し、手術に影響がある可能性も伝えておく必要がある。また、眼底視認性に影響が大きく、硝子体手術に支障が大きい場合は、摘出、交換も必要であると説明しておく。

多焦点 IOL は、眼鏡必要度の低下は図られるが、単焦点 IOL より患者本人の網膜コントラスト像は低下し、そして硝子体術者の眼底視認性にも影響を与える。その点も十分理解したうえで挿入をする必要があると考える。

謝辞：杏林大学の井上 真先生に眼底観察用模型眼をお貸しいただき撮影を行いました。この場を借りてお礼

を申し上げます。

動画タイトル：ZMB00 (+4.0D 加入回折型多焦点 IOL) 挿入眼の黄斑前膜手術

《動画閲覧のご案内》

本稿の本文中に青字で動画と書かれている内容は、学会ホームページの「眼科手術」誌 Vol.32, No.2 (2019 年 4 月号) に添付されており閲覧することができます。

学会ホームページアドレス <http://www.jsos.jp/>
(閲覧するためには会員ページへのログインが必要です)

【文 献】

- 1) 森井香織：3 焦点眼内レンズ. 眼科手術 **31** : 383-387, 2018
- 2) Braga-Mele R, Chang D, Dewey S et al : ASCRS Cataract Clinical Committee : Multifocal intraocular lenses : relative indications and contraindications for implantation. *J Cataract Refract Surg* **40** : 313-322, 2014
- 3) 川村 肇, 大路正人 : 硝子体手術の観察系. 眼科プラクティス **17** : 62-67, 2007

- 4) 井上 真 : 多焦点眼内レンズと眼底視認性. 眼科手術 **23** : 502-506, 2010
- 5) Inoue M, Noda T, Mihashi T et al : Quality of image of grating target placed in model of human eye with corneal aberrations as observed through multifocal intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* **151** : 644-652, 2011
- 6) Inoue M, Noda T, Ohnuma K et al : Quality of image of grating target placed in vitreous of isolated pig eyes photographed through different implanted multifocal intraocular lenses. *Acta Ophthalmol* **89** : e561-562, 2011
- 7) Oshima Y : Choices of wide-angle viewing systems for modern vitreoretinal surgery. *Retina Today* **9** : 37-42, 2010
- 8) 井上 真 : 最新の硝子体手術環境. あたらしい眼科 **32** : 175-179, 2015
- 9) Bompastor-Ramos P, Póvoa J, Lobo C et al : Late postoperative opacification of a hydrophilic-hydrophobic acrylic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* **42** : 1324-1331, 2016
- 10) H. Burkhard Dick : A Study in Small (Apertures). The Ophthalmologist Magazine - February 2016
- 11) Casas-Llera P, Ruiz-Moreno JM, Alió JL : Retinal imaging after corneal inlay implantation. *J Cataract Refract Surg* **37** : 1729-1731, 2011