

眼内レンズ

和歌山県立医科大学眼科学教室

宮本 武

Takeshi MIYAMOTO



1. はじめに

眼内レンズは白内障摘出後の無水晶体眼に対する屈折矯正方法として発展してきた。1949年、英国のHarold Ridleyが囊外水晶体摘出術（ECCE）後にポリメチルメタクリレート（PMMA）製眼内レンズを挿入したことに端を発する¹⁾。Ridleyは戦時中の戦闘機パイロットの眼内にPMMAの破片が飛入したが炎症反応が少なかったことから、PMMA製の眼内レンズを用いた。

その後、材質の生体適合性を考慮して形状や素材の改良が重ねられ、円形の光学部とループ状の支持部を持ち、支持部で水晶体嚢内に固定される現在の眼内レンズのような形状に落ち着いた。PMMA製眼内レンズはECCEにおいて現在でも使用されている（図1）。

さらにその後、超音波水晶体乳化吸引術（PEA）の登場によって小切開手術が可能となったことに伴い、より小切開で挿入可能なシリコン製眼内レンズやソフトアクリル製眼内レンズなどが開発されている。また、眼内レンズと生体の球面収差の大きさ、水晶体には透過可能な光の波長、調節力の有無などの相違点があるが、これらに関する付加価値を付けた眼内レンズが開発され、臨床応用されている。現在の最新の眼内レンズに関して詳細を述べる。

2. 小切開対応眼内レンズ

白内障手術の術式は、水晶体嚢を残した状態で水晶体核を丸ごと摘出するECCEから、眼内で水晶体核を超音波で乳化し吸引して摘出するPEAへと移行しており、現在では

ほとんどの症例がPEAで行われている。ECCEでは、創は角膜上方の3分の1～2分の1を切開するため、直径6～7 mmのPMMA製眼内レンズが挿入可能であった。しかし、PEAでは切開創が2～3 mmと小さいため、直径6～7 mmのPMMA製眼内レンズを挿入するには切開創を広げる必要があった。切開創は小さい方が惹起乱視も小さく、術後の外傷にも強いと考えられるため、小切開創から挿入できる眼内レンズが必要であった。

その対策として、光学部を折りたたむことができるシリコン製眼内レンズやソフトアクリル製眼内レンズが開発された。これらの折りたたみ式眼内レンズが登場したことにより、切開創は小さく、しかも無縫合で手術を終わることができるようになった。さらにインジェクターを用いて眼内に挿入することによって、より清潔な状態で眼内レンズを挿入できるようになった（図2）。現在では、1.0 mm強の極小切開創から挿入可能な眼内レンズとして、プレート型のrollable intraocular lens (IOL)がある（本邦未承認）。

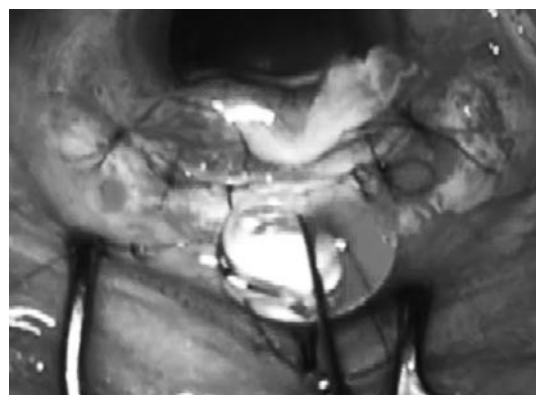


図1 囊外水晶体摘出時のPMMA製眼内レンズ挿入
強角膜創は大きく開けられており、そこから挿入する。

■ 著者連絡先

和歌山県立医科大学眼科学教室
(〒641-8509 和歌山市紀三井寺811-1)
E-mail. tmiyam@wakayama-med.ac.jp

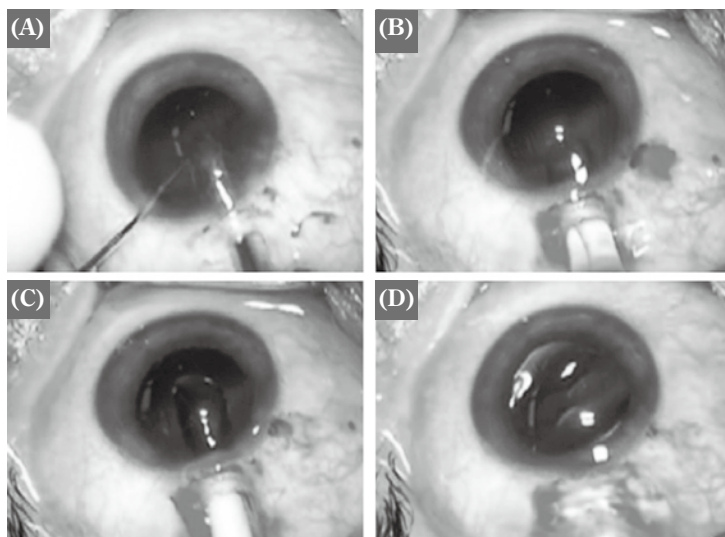


図2 超音波水晶体乳化吸引術でのアクリル製眼内レンズ挿入

- (A) 超音波水晶体乳化吸引中。
- (B) インジェクターを強角膜創から挿入し、
- (C) 眼内に眼内レンズを挿入、
- (D) 水晶体嚢内に固定する。

3. 非球面眼内レンズ

従来の球面眼内レンズでは球面収差が生じ、グレアやハローが生じると言われている。この球面収差を軽減するために開発されたのが非球面眼内レンズである。眼内レンズ前面を非球面の形状にすることによって球面収差を軽減するとグレアやハローが軽減されるため、光源を見た際の視認性が向上する。特に夜間の自動車運転時などではより安全に運転ができるとのことで、米国FDA (Food and Drug Administration) では夜間の運転を行う患者にはこの非球面眼内レンズを使うことを推奨している。

4. 着色眼内レンズ

従来の眼内レンズは透明な光学部を有する。しかし、水晶体は元来完全に透明ではなく、高波長の光は透過しない。また、白内障が進行するにつれて水晶体は徐々に黄色～褐色に変色していく。そして白内障を手術し透明な眼内レンズを挿入すると、術後患者は「青く見える」と訴えることがある。「青視症」と呼ばれているこの症状を軽減するため、わずかに黄色に着色した眼内レンズが開発されている。着色することによって光の透過性を成人水晶体に近づけることができるため、青視症を軽減できる可能性がある。また、黄斑変性症や網膜色素変性症を合併している患者に関しては光毒性を軽減できる可能性が示唆されている。

5. 多焦点眼内レンズと調節可能型眼内レンズ

従来の眼内レンズは単焦点である。単焦点眼内レンズを挿入された患者は少なからず眼鏡での矯正が必要となる。しかし、若年者の水晶体には調節力があるため、眼鏡によ

る矯正は必ずしも必要ではなく、白内障手術後にその状態に持っていけることが理想である。この問題を解決すべく開発されたのが多焦点眼内レンズ(図3)と調節可能型眼内レンズである。多焦点眼内レンズには屈折型と回折型の2種類の方式がある。屈折型は、同心円状に屈折度数を変化させた光学部を作ることによって遠方と近方に焦点を結ぶことができる。このため中間距離には焦点が合いにくい部分ができるが、遠近共に焦点が合うようになる。ただし、広く光学部を使う必要があるため、瞳孔径が小さい患者では効果が不十分となることがある。回折型は、光の回折現象を利用して光学部に同心円状の回折輪を作成し、焦点を遠方と近方に合うように設計されたものである。このレンズは瞳孔径には左右されないため、瞳孔径の小さな患者にも十分な効果が期待される。しかし、多焦点レンズでは単焦点レンズと比べるとグレアやハローがやや強く生じることが知られている。多焦点眼内レンズは現在、厚生労働省に承認された一部の医療機関で先進医療として治療を受けることができる。

調節可能型眼内レンズは米国FDAの承認を取れたものがあるが、本邦では未認可である。その調節機能が長期にわたって機能できるのかどうかが課題となる。

6. トーリック眼内レンズ

トーリック眼内レンズは乱視を軽減するための眼内レンズである。いわゆる乱視には角膜乱視と水晶体乱視がある。白内障手術では水晶体を摘出してしまうため水晶体乱視は術後軽減されるが、角膜乱視は残存する。その残存する角膜乱視を軽減するために開発されたものがトーリック眼内レンズである。

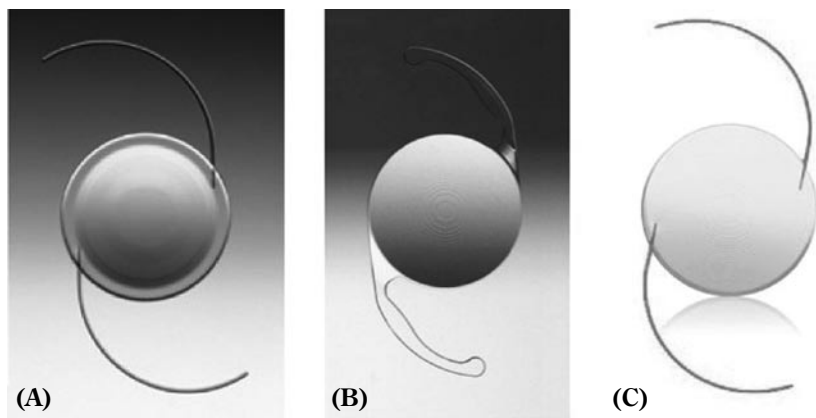


図3 多焦点眼内レンズ

(A) AMO社製屈折型多焦点眼内レンズReZoom®
 (B) Alcon社製回折型多焦点眼内レンズReSTOR®
 (C) AMO社製回折型多焦点眼内レンズTECNIS® Multi
 屈折型多焦点眼内レンズは同心円状に屈折が異なる部分を持つ。回折型多焦点眼内レンズには回折輪がみられる。

7. 有水晶体眼内レンズ

眼内レンズは元来、白内障手術後の屈折異常を矯正するために眼内に埋植するために開発されたものであるが、この有水晶体眼内レンズは近視矯正など屈折矯正手術を目的としたものであり、水晶体は摘出せずに眼内に挿入する。有水晶体眼内レンズには隅角支持型、虹彩支持型、後房型の3種類が開発されている。Laser *in situ* keratomileusis (LASIK) などの角膜屈折矯正手術の適応外となる患者に適応となると考えられる。しかし、水晶体との接触や房水の流れの変化により白内障が進行する可能性が懸念されている。

8. まとめ

白内障手術の進歩に伴い、より小切開で手術ができるようになったため、日帰りでも安心して白内障手術を行うことが可能となった。眼内レンズの素材はその生体適合性について様々な研究がなされている²⁾。さらに現在では、眼内レンズは白内障手術後の単なる矯正の目的だけでなく、より正常な水晶体に近い眼内レンズが開発されている。

前述したような付加価値のあるレンズや、それらを組み合わせ、さらに付加価値を高めたようなレンズが臨床応用されているが、まだまだ正常な水晶体と比べると調節力がないことが欠点である。多焦点眼内レンズがあるとは言え、中間距離での視認性はやや劣るため、実際は「多焦点」と言うよりは「遠近両用眼内レンズ」と言った方が正しいのかもしれない。水晶体嚢をできるだけ温存し、その中にシリコーンオイルなどを満たしてレンズの役割をさせる「水晶体リフィリング」といった方法も一部では研究されている。完全に調節力を得られる方法、すなわち若年者の水晶体に匹敵する調節力を持った眼内レンズが理想である。今後、このような理想により近い眼内レンズが開発されることを切に願う。

文 献

- 1) Alpar JJ, Fechner PU: フェヒナー眼内レンズ. 山中昭夫監訳, メディカル葵出版, 東京, 1987, 6-23
- 2) Saika S, Miyamoto T, Ohnishi Y: Histology of anterior capsule opacification with a polyHEMA/HOHEXMA hydrophilic hydrogel intraocular lens compared to poly(methyl methacrylate), silicone, and acrylic lenses. *J Cataract Refract Surg* **29**: 1198-203, 2003