

専門医のための

眼科診療クオリファイ

◇シリーズ総編集

大鹿哲郎 筑波大学

大橋裕一 愛媛大学

20

眼内レンズの使いかた

◇編集

大鹿哲郎 筑波大学



中山書店

序

1949年に英国のHarold Ridleyが初めて使用した眼内レンズは、水晶体の形状を模した単純なディスク状のpolymethylmethacrylate (PMMA) 製レンズで、直径8.5mm、中心厚2.4mm、23ジオプトリーのものがECCE後に挿入された。当時の眼内レンズは現在よりも8倍も重いものであり、前囊やZinn小帯の支えも十分でなかったことから、硝子体中に落下したものが少なくなかったという。しかし、Ridleyのこの草分け的な仕事を契機とし、世界中で眼内レンズの開発が進められ、今日ではさまざまな機能・付加価値をもった眼内レンズが利用可能となり、完成度の高い白内障手術が行われるようになっている。

シリーズ20冊目となる本巻では、『眼内レンズの使いかた』をとりあげた。わが国だけでも年間120万枚が使用される眼内レンズについて、その最新の情報を提供するとともに、日常的な疑問に答えたいというのが本巻の趣旨である。

まず、眼内レンズの素材や物性、度数計算方法など、基礎的な事柄について説明したあと、最近問題になっているLASIK後眼や角膜形状異常眼における度数計算というトピックスについて解説した。

次に各論として、現在わが国で市販されている主な眼内レンズについて、それぞれ解説と実際の挿入法を詳しく解説した。続いての章は、眼内レンズの付加価値をまとめたもので、具体的には紫外線吸収、着色、非球面、トーリック、多焦点、調節機能などである。また、海外での状況についても、最新の話題について触れてもらった。

次章では術中合併症について、また後段に術後視機能や、術後管理と合併症という章を設け、これまでの成書にない細かな問題点にも焦点をあてた。

特殊な使用方法として、眼内レンズ二次挿入と強膜縫着、また近年話題になっている眼内レンズ強膜内固定術、ピギーバック法、モノビジョン、眼内レンズ交換、人工虹彩についてとりあげた。有水晶体眼内レンズは、わが国ではいまだ広く行われている方法とはいいいがたいが、LASIKの適応とならない強度近視の矯正法として一部で行われていることから、その実際を解説していただいた。

眼内レンズが初めてヒト眼に使用されてから65年、眼内レンズは本当に身近なものとなった。現時点における眼内レンズ手術・診療の実際をまとめた本書が、忙しい眼科医の臨床の一助になれば幸いである。

2014年1月

筑波大学医学医療系眼科／教授
大鹿 哲郎

1 眼内レンズの基礎

眼内レンズの素材	永田豊文	2
眼内レンズの製造法	三友規久夫	7
眼内レンズの滅菌法	三友規久夫	11
素材の物理的特性	永田豊文	14
眼内レンズの光学特性 カコモン読解 22一般 55 22一般 56	川守田拓志, 魚里 博	21

2 眼内レンズと検査

眼内レンズ度数計算	福山 誠	30
SQ 光線追跡法について教えてください	瀬津直久	41
CQ 強度近視眼では、どのくらいの度数を目標にすればよいですか?	瀬津直久	46
CQ 左右の不同視は何 D まで許されますか? カコモン読解 19一般 96	不二門 尚	48
角膜形状異常眼での眼内レンズ度数計算 カコモン読解 23臨床 44	高 静花	50
角膜形状と眼内レンズ選択	植木亮太郎	55

3 各社眼内レンズと挿入法

AF-1™, iSert®, iMics1®, iSert® Micro251 (HOYA)	松島博之	64
アクリソフ® (Alcon) : シングルピース, スリーピース	江口秀一郎	73
テクニス ワンピース, その他 (Abbott Medical Optics)	黒坂大次郎	82
エタニティー® (参天製薬)	常岡 寛	90

カコモン読解 過去の日本眼科学会専門医認定試験から、項目に関連した問題を抽出し解説する“カコモン読解”がついています。(凡例：21 臨床 30→第 21 回臨床実地問題 30 問, 19 一般 73→第 19 回一般問題 73 問)
試験問題は、日本眼科学会の許諾を得て引用転載しています。本書に掲載された模範解答は、実際の認定試験において正解とされたものとは異なる場合があります。ご了承ください。

SQ “サイエンティフィック・クエスチョン”は、臨床に直結する基礎知見を、ポイントを押さえて解説する項目です。

CQ “クリニカル・クエスチョン”は、診断や治療を進めていくうえでの疑問や悩みについて、解決や決断に至るまでの考え方、アドバイスを解説する項目です。

アバンシィ™ (興和)	太田一郎	98
Nex-Acri® AA (ニデック)	藤田善史	103
KS-Ni (AQ-Ni), KS-SP (NS-60YG) / (スター・ジャパン)	清水公也	108

4 眼内レンズの付加機能

紫外線吸収機能	市川一夫	114
着色眼内レンズ	市川一夫	117
SQ 着色眼内レンズによる網膜保護効果はあるのでしょうか?	柳 靖雄	124
非球面眼内レンズ	大谷伸一郎	127
CQ レンズの収差について教えてください カコモン読解 20一般15 23一般3	大沼一彦	132
トーリック眼内レンズ カコモン読解 23一般89	小川智一郎	139
CQ 乱視眼の視機能について教えてください	長谷川優実	150
CQ トーリック眼内レンズと LRI の効果はどう違いますか?	大内雅之	154
多焦点眼内レンズ カコモン読解 22一般93 23一般90	鳥居秀成	158
CQ 多焦点眼内レンズが不満となる症例を教えてください	柴 琢也	172
CQ 多焦点眼内レンズの+3.0D と+4.0D の使い分けを教えてください	藤澤邦俊	174
CQ 多焦点眼内レンズと LRI の併用手術について教えてください	大内雅之	177
海外で発売されている多焦点眼内レンズ	荒井宏幸	181
CQ 追加型多焦点眼内レンズ (Add-On) について教えてください	杉田 達	190
調節眼内レンズ	根岸一乃	193

5 術中合併症

光学部と支持部の固着	葛城良昌, 松浦豊明	198
眼内レンズの破損	石井 清	203
後囊破損眼への眼内レンズ挿入	須藤史子	208
CQ 囊外固定となる場合, 囊内固定用レンズの度数を何 D 変更すれば よいですか? カコモン読解 18一般66	須藤史子	216

6 眼内レンズの特殊な使用法

眼内レンズ二次挿入	松島博之	220
眼内レンズ強膜縫着術 カコモン読解 18一般96 21一般93	井上 康	225
眼内レンズ強膜内固定術	太田俊彦	233
ビギーバック法 (primary, secondary)	稲村幹夫	240

モノビジョン法	天野理恵	246
眼内レンズ交換	江口秀一郎	252
CQ スパイラルカットによる眼内レンズ摘出法について教えてください	郡司久人	257
人工虹彩	永本敏之	260

7 有水晶体眼内レンズ

後房型有水晶体眼内レンズ	稗田 牧	266
CQ 円錐角膜眼は有水晶体眼内レンズの適応になりますか？	山村 陽	273
虹彩支持型有水晶体眼内レンズ	福岡佐知子	277

8 術後視機能

色覚異常	三戸岡克哉	288
コントラスト感度、グレア	戸田良太郎, 木内良明	293
偽調節	大鹿哲郎	298

9 術後管理と合併症

屈折誤差	坪井俊児	302
眼内レンズ傾斜 カコモン読解 21一般 58 24一般 90	竹谷 太	308
眼内レンズ偏位・脱臼 カコモン読解 22一般 92	國方彦志	314
小児眼内レンズ挿入眼の術後管理	黒坂次次郎	320
後発白内障 カコモン読解 23一般 37 23臨床 45	永田万由美	324
SQ 眼内レンズ挿入眼における水晶体上皮細胞の挙動について 教えてください カコモン読解 20臨床 45	永田万由美, 松島博之	330
液状後発白内障 カコモン読解 18臨床 41 22臨床 18	太田一郎	333
眼内レンズへのピット	柴 琢也	338
CQ 前房眼内レンズの合併症について教えてください カコモン読解 22一般 94	木村 亘, 木村 格	340
虹彩捕捉 カコモン読解 18臨床 47	池田恒彦	345
前嚢収縮 カコモン読解 20一般 92 21臨床 43	瀧本峰洋	349
眼内レンズ挿入眼の眼底観察	野田 徹	355
眼内レンズ挿入眼の硝子体手術	井上 真	362
グリスニング	宮田 章	367
表面散乱 (SSNG)	松永次郎, 宮田和典	371
カルシウム沈着	小早川信一郎	375

10 眼内レンズ定数一覧

眼内レンズ定数一覧 須藤史子, 渡辺逸美 382

文献* 385

索引 403

* “文献” は、各項目でとりあげられる引用文献、参考文献の一覧です。

後発白内障

概要

後発白内障は、水晶体囊内に残存した水晶体上皮細胞 (lens epithelial cell ; LEC) が再増殖することで起こる後囊混濁であり、白内障術後に最も多く生じる合併症である。後発白内障が進行すると、術後の視機能を低下させるが、Nd : YAG (neodymium : yttrium-aluminum-garnet) レーザーによる後囊切開が奏効する。新しい光学機能をもった眼内レンズ (intraocular lens ; IOL) には軽度の後囊混濁でも視機能に影響すると考えられるため、後発白内障を抑制するためのさまざまな研究が進んでいるが、完全に予防する方法は現時点ではない。

発生メカニズムと種類 (図1)

白内障手術を施行し IOL を挿入すると創傷治癒反応が生じる¹⁾。水晶体囊内には LEC が残存しており、創傷治癒反応によって生じた transforming growth factor- β (TGF- β) や basic fibroblast growth factor (bFGF) などのさまざまなサイトカインによって、筋線維芽細胞様へ形質転換される。この反応を上皮間葉系移行といい、筋線維芽細胞は LEC と性質が異なるために細胞の収縮が起こり、前囊収縮や後囊の線維性混濁を生じる。この反応は通常、術後早期に生じるが、程度は軽度であり、視機能に影響することは少ない。水晶体囊と IOL が接着するようになると、創傷治癒反応は鎮静化するが、術後 1 年以上経過すると水晶体囊周辺に残存している LEC が再び分化増殖するようになり、水晶体囊赤道部に小さい水晶体様の水晶体線維細胞塊を形成する。この細胞塊を Soemmering's ring と呼ぶ。その後、増殖した LEC が IOL 光学部まで進展増殖すると Elschning's pearls と呼ばれる真珠の粒状の後囊混濁となり、後囊中央部まで進展すると視機能が低下する (図2)。特殊な後発白内障として、水晶体後囊と IOL との間に乳白色の液体物が貯留する液状後発白内障 (図3) が知られている。

文献は p.398 参照。

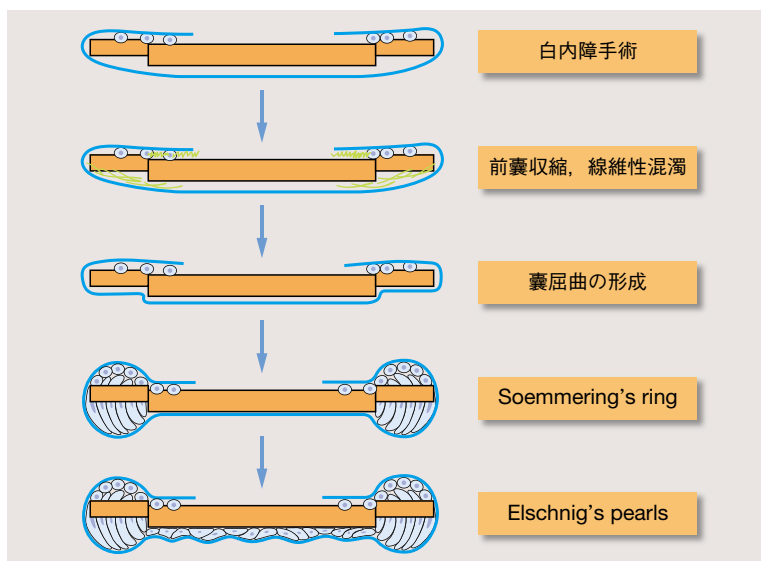
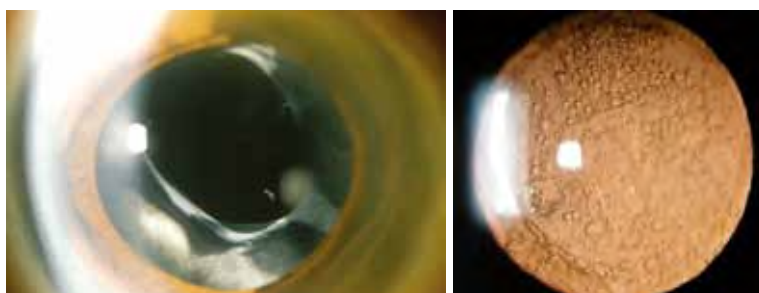


図1 後発白内障のメカニズムと種類

後発白内障には、術後早期（約6か月）に生じる上皮間葉系移行に伴う線維性混濁、また術後晩期（術後1年以上）に残存水晶体上皮細胞の増殖が徐々に進むことで発症する Soemmering's ring, Elschnig's pearls がある。



a. Soemmering's ring

b. Elschnig's pearls

図2 後発白内障の典型例

IOL 周辺にドーナツ状の細胞塊をつくると Soemmering's ring (a) を形成する。IOL 周辺で増殖した細胞が IOL 光学部を乗り越えて後方に回り増殖すると、Elschnig's pearls (b) と呼ばれる真珠の粒状の後嚢混濁を形成する。

頻度

後発白内障は術後1年で約10%、3年で約20%、5年で約30%の症例に発症するといわれている²⁾。糖尿病網膜症、ぶどう膜炎、アトピー性白内障、落屑症候群、高度近視、網膜色素変性症で術後後発白内障が発生しやすいことが報告されている³⁾。

治療法

周辺部の後嚢混濁は視機能に影響しにくいですが、後嚢混濁が後嚢中

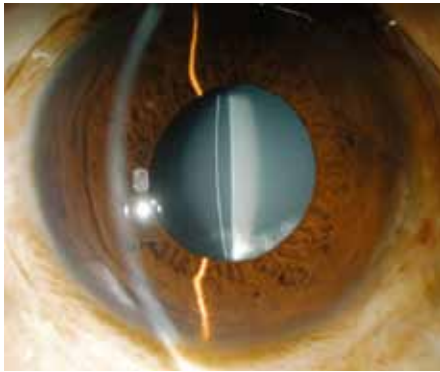


図3 液状後発白内障

全体像は IOL が混濁しているかのようにみえるが、スリット像でみると IOL と後囊の間に乳白色の液状物の貯留を認める。

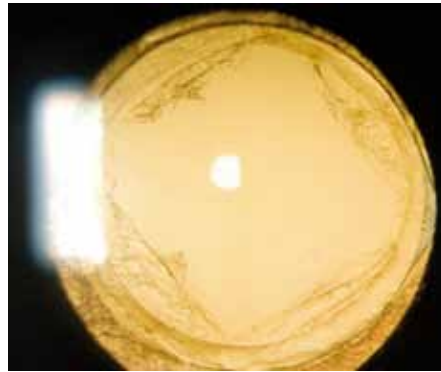


図4 十字切開術後

十字切開は手技が簡易で少ない照射数で施行可能だが、光学部中央付近に傷ができる可能性がある。

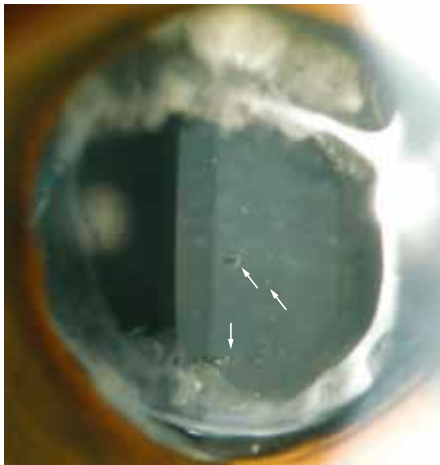


図5 アクリル IOL に生じた crack

光学部を Nd : YAG レーザーで誤照射すると crack と呼ばれる傷 (矢印) が入る。少数であれば、視機能には影響しない。

中央まで進行すると視機能低下が生じる。進行した後発白内障には Nd : YAG レーザーによる後囊切開術を行う。また、視力が良好でも霧視や羞明などの訴えがある症例やコントラスト感度、グレア難視度が低下している症例は施行を検討する。

Nd : YAG レーザーは 3 種類 (yttrium, aluminum, garnet) の結晶にネオジウム (Nd) を混ぜたものを発振素子としたレーザーである。波長は 1,064 nm であり、このレーザー光がある一点に収束したときに発生するプラズマによる衝撃波によって組織を破壊するため、レーザー光周辺組織への影響が少ない。

後囊切開法には、十字切開法と円形切開法がある。十字切開 (図 4) は円形切開より少ない照射数で後囊切開が可能であるが、光学部中央付近を切開するときに視軸上の crack (クラック、裂け目) や pit (ピット、点状の傷) を生じる可能性がある (図 5)。少数の crack

や pit は視機能に影響しないが⁴⁾、グレア、ハローや収差が生じるという報告もあり、注意を要する。十字切開は簡易で有効であるが、線維性混濁などの症例では十字切開を行っても後嚢切開が拡大しにくい場合がある。この場合は、円形切開が有効である。円形切開は12時から開始し6時の部位は切開せず、切開した後嚢が後方に倒れるようにする。後嚢切開術後に一過性の飛蚊症を訴えることが多く、術前に説明しておくことが好ましい。

液状後発白内障は混濁が軽度でも視機能低下を生じやすい。Nd : YAG レーザーが奏効する^{*1}が、液状物が障害となって、後嚢に焦点が合わず、後嚢切開が困難になることがある。IOL 下方周辺部の液状物が少ない領域に Nd : YAG レーザーを行うと貯留した液状物が硝子体側に流出し、残りの後嚢切開が行いやすくなる。

Nd : YAG レーザー後嚢切開術は安全な手技であるが、虹彩炎、眼圧上昇、網膜剥離などの合併症の報告がある。後嚢切開術後の虹彩炎は必発であるが、通常数日で消退する。虹彩炎に伴い、一過性眼圧上昇が術後3時間以内に25～60%で出現する。術後炎症に対し、アブラクロニジン塩酸塩（アイオピジン UD[®]）やステロイドの点眼薬を処方する。後嚢切開によって、硝子体の液化、後部硝子体剥離が惹起され、網膜の牽引が生じ、網膜剥離が誘発される可能性がある。発症頻度は0.82～3.68%とされ、長眼軸眼や若年者への照射がリスクファクターとされる。

抑制方法

IOL 材質と形状：過去の報告では疎水性アクリルが最も後発白内障の発生が低いとされていたが、近年シリコン素材でも後発白内障が少ないことが報告されている。IOL 材質の接着性が高いと後嚢と強く接着し、LEC の侵入を防御して後嚢混濁を抑制すると考えられている。

光学部エッジ形状がシャープな IOL では後発白内障の発生頻度が少ないことはよく知られている^{5,6)}。光学部エッジがシャープであると、術後に水晶体嚢が収縮する過程において、嚢が IOL 光学部エッジで折れ曲がり嚢屈曲を形成する。嚢屈曲が形成されると、残存した LEC が増殖しても折れた部分から先に進展しにくくなり、結果的に後発白内障が抑制される（図6）。近年は、材質よりも IOL 形状のほうが後発白内障抑制に重要視されている。

シャープエッジ以外の IOL 形状も後発白内障の発生に関与する。

***1** Nd : YAG レーザーによる後嚢切開が困難な症例

シリコンオイル注入眼における後発白内障では、Nd : YAG レーザーによる後嚢切開が困難である。網膜疾患が落ち着いたところで、オイル抜去後に硝子体カッターで後嚢切開をする。また、IOL と後嚢の癒着が強い線維性混濁の症例や、小児や高齢者で顎台への顔の固定が困難な症例では、手術室にて硝子体カッターによる切開が必要となる。

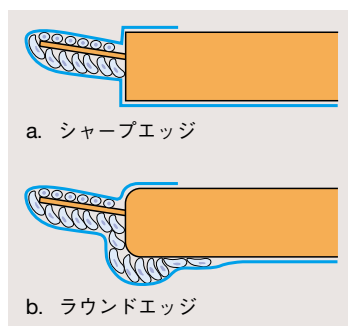


図6 IOL エッジ形状と後発白内障

光学部エッジがシャープであると、術後に水晶体嚢がIOLのエッジで折れ曲がり（嚢屈曲）、残存したLECが増殖しても進展しにくい、ラウンドエッジでは嚢屈曲が形成されないため、容易にLECが進展してしまい後発白内障が進行する。



図7 前嚢切開と後発白内障

前嚢切開が光学部を覆うと嚢屈曲を形成しやすいが、大きすぎてIOL光学部エッジを覆うことができないと、前嚢切開がはずれている部分から後発白内障が発生する。

支持部角度が大きく、IOL全長が長く、光学部サイズが大きいIOLで後発白内障が少ないと報告されている⁷⁾。1ピースIOLは3ピースIOLよりも後発白内障が多いとされ、1ピースIOLでは支持部付着部のシャープエッジ形状がないことが原因とされている^{8)*2}。

手術手技：白内障手術手技も後発白内障の発生に関連し、特に前嚢切開は重要な要因である。continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) がIOL光学部を覆うコンプリートカバーでは嚢屈曲が形成されやすく後発白内障の抑制効果が得られるが、CCCが完全でない場合や前嚢切開が大きすぎるとIOL光学部エッジを覆うことができず嚢屈曲が不完全となり、この部位から後発白内障が進行する(図7)⁹⁾。後発白内障を抑制するためには、ていねいな手術手技により完全なCCCを作製することが重要である。

その他：後発白内障の抑制のため、その他にもさまざまな試みがなされている。房水のLEC増殖抑制作用を利用して房水を嚢内に灌流させてLECの増殖を抑制する方法、水晶体嚢内へのドラッグデリバリーIOL、IOL表面処理をしてIOLと嚢の接着性を高める方法、嚢拡張リングを嚢内に挿入し前後嚢の接着を抑制する方法なども報告されている。

白内障術後長期にわたりIOL光学部機能を有効に活用するために、後発白内障の抑制は重要な研究課題である。

***2** 現在、臨床使用されているIOLは、ほとんどすべての光学部がシャープエッジ構造をもっている。しかし、実際に拡大してみると、その構造は各社さまざまであり、エッジの角度が鋭角であることが、後発白内障抑制には重要である。

カコモン読解 第23回 一般問題 37

後発白内障で正しいのはどれか。2つ選べ。

- a 糖尿病患者で発症率が低い。 b 水晶体上皮細胞の増殖である。
c アルゴンレーザーで切開を行う。 d 通常は術後1か月以内に発生する。
e 眼内レンズのエッジの形状が発症率に影響する。

解説

- a. 後発白内障は、糖尿病など、術後炎症が生じやすく、いわゆる blood-aqueous barrier（血液房水関門）が破綻する症例で発生率が増加すると報告されている。
- b. 水晶体前囊に残存した水晶体上皮細胞が再増殖することで起こる後囊混濁である。
- c. Nd : YAG (neodymium : yttrium-aluminum-garnet) レーザーを使用する。
- d. 後発白内障には、術後早期（約6か月）に生じる線維性混濁、また術後晩期（術後1年以上）に発症する Soemmering's ring, Elschnig's pearls がある。
- e. シャープエッジ形状をもつ IOL では、後発白内障の頻度が少ないことが報告されている。

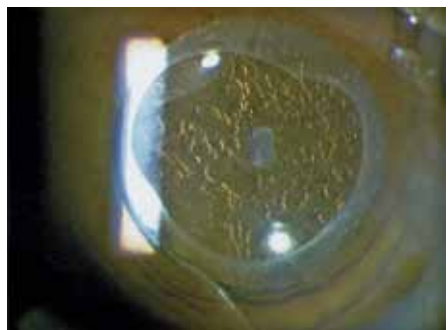
模範解答

b, e

カコモン読解 第23回 臨床実地問題 45

80歳の女性。左眼の視力低下を主訴に来院した。5年前に左眼の白内障手術を受けている。左眼前眼部写真を図に示す。適切な対応はどれか。

- a 経過観察
b 硝子体手術
c 眼内レンズ摘出
d 抗菌薬硝子体内注射
e Nd : YAG レーザー後囊切開

**解説**

写真の症例では Elschnig's pearls と呼ばれる真珠の粒状の後囊混濁、後発白内障が観察される。視力低下を認めることから、Nd : YAG レーザーによる後囊切開を施行する。

模範解答

e

（永田万由美）