

## Ray Tracing Error Correction (RTEC) 法による

## IOL 挿入後レンズ位置の計算値

—眼軸長および角膜曲率半径との関連—

柏木 豊彦<sup>1)</sup>, 木下 裕光<sup>2)</sup>, 山中 健一<sup>3)</sup><sup>1)</sup>かしわぎ眼科, <sup>2)</sup>大阪労災病院眼科, <sup>3)</sup>日生病院眼科

## 要 約

眼内レンズ挿入後のレンズ位置(角膜後面頂点とレンズのループ付き根部との距離)を術前の角膜曲率半径, 眼軸長, 眼内レンズ度数, 眼内レンズの shape factor, および術後屈折度を用い, ray tracing error correction (RTEC) 法で計算した. レンズ位置が眼軸長, 角膜曲率半径の一次式で表現されるという仮定の元に, X レンズ 72 眼 (A 病院), Y レンズ 94 眼 (A 病院), Z レンズ 26 眼 (B 病院), W レンズ 32 眼 (B 病院) について解析した. レンズ位置の平均はそれぞれ 3.68, 4.28, 4.29, 4.73 mm, 眼軸長とレンズ位置の回帰係数はそれぞれ 0.291, 0.294, 0.212, 0.189, 角膜曲率半径とレンズ位置の回帰係数はそれぞれ -0.984, -0.921, -0.626, -0.019 であった. 以上より眼内レンズは眼軸長が長くなると深く固定され, 角膜曲率半径が小さくなると深く固定される傾向があることがわかった. またその依存の係数は施設が同一で同一の計測器を用いる限り, ほぼ一定の値と考えると良い事が推測された. (日眼会誌 96: 1014-1021, 1992)

キーワード: 眼内レンズ度数, 術後レンズ位置, 前房深度, RTEC 法, 重回帰分析

Postoperative Lens Location Calculated by Ray Tracing Error Correction (RTEC) in Relation to Axial Length and Corneal Curvature

Toyohiko Kashiwagi<sup>1)</sup>, Hiromitsu Kinoshita<sup>2)</sup> and Kenichi Yamanaka<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>The Eye Clinic, <sup>2)</sup>Eye Clinic, Osaka Rosai Hospital, <sup>3)</sup>Eye Clinic, Nissei Hospital

## Abstract

Postoperative lens location, defined as the distance between the posterior corneal surface and the loop-lens connection, was calculated by ray tracing error correction (RTEC) method. Parameters needed were the anterior corneal curvature and axial length before surgery; IOL power; shape factor; diameter; and postoperative refraction. Under the hypothesis that lens location is a linear function of axial length and corneal curvature, 72 X lenses (A hospital), 94 Y lenses (A hospital), 26 Z lenses (B hospital) and 32 W lenses (B hospital) inserted eyes were analyzed. Mean lens locations were 3.68, 4.28, 4.29 and 4.73 mm, respectively. Regression coefficients of the axial length were 0.291, 0.294, 0.212 and 0.189, respectively. Regression coefficients of the corneal curvature were -0.984, -0.921, -0.626 and -0.019, respectively. These results show that longer axial length or smaller corneal curvature has deeper postoperative lens location, and that the regression coefficients are similar if the hospital is the same and measuring instruments are the same. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 96: 1014-1021, 1992)

Key words: IOL power, Postoperative lens location, Anterior chamber depth, Ray Tracing Error Correction method (RTEC method), Multiple regression analysis

別刷請求先: 591 堺市中百舌鳥町 5-768-1 グランディー-中百舌鳥 102 かしわぎ眼科 柏木 豊彦  
(平成 3 年 10 月 31 日受付, 平成 4 年 3 月 4 日改訂受理)

Reprint requests to: Toyohiko Kashiwagi, M.D. The Eye Clinic. 5-768-1 Nakamozucho, Sakai 591, Japan  
(Received October 31, 1991 and accepted in revised form March 4, 1992)

## I 緒 言

眼内レンズ度数の決定は術前に眼軸長を超音波で測定し、角膜曲率半径を光学的に測定し、理論式や回帰式を用いて計算することが一般的である。計算式に含まれる問題点を除いても、術前の眼軸長測定値の精度と術後の前房深度（あるいはこれと等価な適切な A 定数）の正確な予測は未だに解決されない問題である。

しかしたとえ術後の正確な前房深度が予測でき理論的に正しく計算しても、眼軸長測定器が持つ測定値のばらつき、測定方法に基づく偏差、白内障の種類に基づく音速の変化、術前後の角膜曲率半径の変化のために、実際の術後屈折度は計算による予測からずれてしまう。さらに術後前房深度の計測は前房深度計や Scheimpflug カメラなど特殊な計測装置が必要なためと、眼内レンズ度数決定には直接必要でないためほとんど行われていない。このように実際の計測の問題と前記の種々の変動要因の為に、解剖学的な前房深度を予測することの臨床上的意義は少ない。

そこで筆者は実際に眼内レンズが挿入された術後の結果から、解剖学的な前房深度ではなく、レンズ位置を計算で求め、そのレンズ位置を用いて眼内レンズ度数を計算する方法を考案した。レンズ位置の計算に必要な変数は術前の眼軸長、角膜曲率半径、眼内レンズの形状、眼内レンズ度数および術後屈折度であり、計算法は ray tracing error correction (RTEC)法<sup>12)</sup>によった。今回この方法の妥当性を検討するため、retrospective に術後のレンズ位置について調べたので報告する。

## II 方 法

今回はレンズ位置として角膜後面頂点とレンズのループ付け根部との距離を用いる。

### 1. レンズ位置を表現する式

本方法ではレンズ位置 FLLC が次の式で表現される。

$$FLLC - FLLCM = \beta (AXL - AXLM) + \gamma (ACC - ACCM) \quad (1)$$

AXL は術前に測定された眼軸長の値に網膜厚 0.2 mm を加えたもの、ACC は術前に測定された角膜曲率半径（強主経線と弱主経線方向の平均、FLLCM、AXLM、ACCM はそれぞれの平均値であり、眼軸長、角膜曲率半径の値が AXLM、ACCM のときにレンズ位置は FLLCM となる。具体的には FLLCM、

AXLM、ACCM はそれぞれ 4.0 mm、23 mm、7.6 mm 付近の値となる。 $\beta$  はレンズ位置の眼軸長への依存を表し、 $\gamma$  はレンズ位置の角膜曲率半径依存性を表す。

### 2. 術後レンズ位置の計算法

術前の角膜曲率半径、眼軸長、挿入された眼内レンズ度数、直径 DIALNS、眼内レンズの shape factor<sup>3)</sup>、術後屈折度から RTEC 法によりレンズ位置を計算する。前房深度 ACD、レンズ位置、ループの先端の位置 FLP、ループ角度 ANGLP、眼内レンズの前面の曲率半径 RA、後面の曲率半径 RP は次のような関係がある（図 1）。

$$FLP = FLLC - C \times \tan(\text{ANGLP})$$

$$FLLC = ACD - RA(1 - \sqrt{1 - \text{DIALNS}^2/RA^2/4}) + \text{THIOL}/2$$

$$\text{THIOL} = \text{THO} - RA(1 - \sqrt{1 - \text{DIALNS}^2/RA^2/4}) + RP(1 - \sqrt{1 - \text{DIALNS}^2/RP^2/4}) \quad (2)$$

ただし C は眼内レンズのループに関連した値（眼内レンズによって異なるが今回はこの定数が不明なので、ループは一切曲がらなると仮定し、7.0 mm を全例に採用した。）、THO は眼内レンズの厚みに関連した値（今回は THO = 0.32 mm）である。

術後屈折度に相当する眼鏡、術前角膜曲率半径（角膜後面の曲率半径は前面の曲率半径から 0.9 mm 引いたものとしておく）、挿入された眼内レンズ度数、眼内レンズの shape factor、術前の眼軸長から光学モデルをコンピュータ内に作り、前房深度を変化させながら

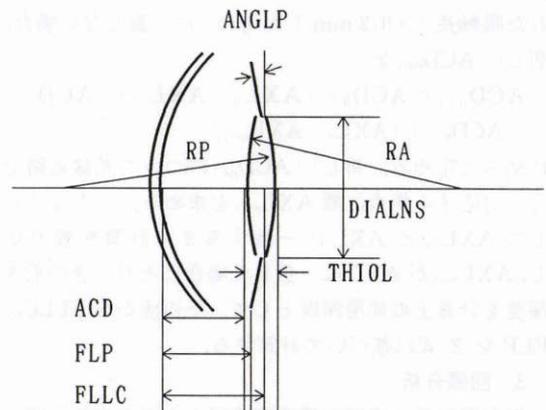


図 1 本文公式(2)中の変数の定義。

FLP=ループ先端位置、FLLC=ループとレンズの交点の位置（今回レンズ位置として用いた。）、ACD=前房深度、RA=IOL 前面曲率半径、RP=IOL 後面曲率半径、THIOL=IOL の中心厚み、DIALNS=IOL の直径、ANGLP=ループの角度。

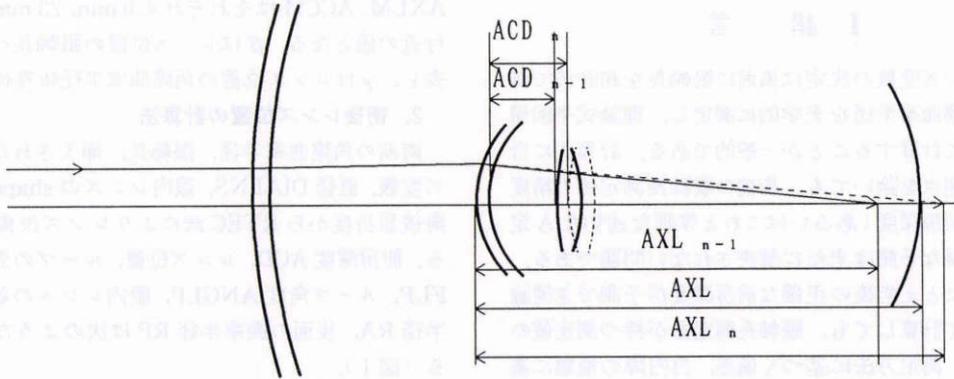


図2 RTEC法で術後前房深度を求めるの図。

眼鏡の曲率半径は術後屈折度と等しくなるよう計算される。角膜前面曲率半径は術前の強主経線と弱主経線方向の平均値。角膜後面曲率半径は前面の曲率半径 $-0.9\text{ mm}$ 。IOLの前面と後面の曲率半径は挿入されたIOLの度数とshape factorより計算。IOLの厚みは(2)式を満足する。眼軸長は術前の測定値 $+0.2\text{ mm}$ (網膜の厚みの補正)。RTEC法を用いて、追跡光線が網膜上で光軸と交わるまで、前房深度を変化させる。追跡光線が網膜上で光軸と交わった時の前房深度が与えられた光学系に適合する計算上の前房深度である。この前房深度から(2)式に従ってループ位置FLP、レンズ位置FLLCを計算する。AXLは術前の眼軸長 $+0.2$ 。ACD $_{n-1}$ 、ACD $_n$ はそれぞれ $n-1$ 番目と $n$ 番目の前房深度。AXL $_{n-1}$ 、AXL $_n$ はそれぞれACD $_{n-1}$ 、ACD $_n$ に対応する計算上の眼軸長。

(このときレンズ全体が前後してFLLC、FLPは同時に同じ量だけ変化する。)光線追跡を行い網膜上に焦点が合う前房深度を求める(図2)。前房深度の変化のさせかたは以下のように行う。2つの異なる前房深度をACD $_{n-1}$ 、ACD $_n$ としてそれに対応する焦点位置をAXL $_{n-1}$ 、AXL $_n$ とするとAXL $_{n-1}$ 、AXL $_n$ ともに測定された眼軸長( $+0.2\text{ mm}$ したもの)に一致しない場合、新しいACD $_{n+1}$ を

$$ACD_{n+1} = ACD_n - (AXL_n - AXL) \times (ACD_n - ACD_{n-1}) / (AXL_n - AXL_{n-1})$$

に従って定める。新しいACD $_{n+1}$ について光線追跡を行い対応する焦点位置AXL $_{n+1}$ を求める。このようにしてAXL $_{n+1}$ がAXLに一致するまで計算を繰り返す。AXL $_{n+1}$ がAXLに一致した場合にそのときの前房深度を計算上の前房深度として、その値からFLLC、FLPを(2)式に基づいて計算する。

### 3. 回帰分析

術前眼軸長、術前角膜曲率半径と上記の方法で得られた術後レンズ位置を3種の変数として(1)式で表された線形モデルに対して、重回帰分析を行い $\beta$ 、 $\gamma$ を求める。同時に眼軸長、角膜曲率半径とレンズ位置との偏相関係数および重相関係数を求める。

### 4. 対象

眼内レンズはAMO PC-11 72眼(A病院)、ORC UV-41 K 94眼(A病院)、メニコンP-2565 26眼(B病院)、UV 80 A 2 32眼(B病院)であった。A病院の眼軸長測定器はStolz社製、角膜曲率半径はCanonオートケラトメータ、B病院の眼軸長測定器はStolz 20/20、ケラトメータはニデックARK-2000であった。眼軸長測定はA病院のPC-11、B病院のP-2565、UV 80 A 2についてはそれぞれの病院について単一の測定者、A病院のUV 41 Kについては複数の測定者であった。術式は計画的嚢外法であり、嚢の切開はカンオープナーであった。レンズの固定はPC-11を除いてほぼ全例術中は嚢内に固定され、特にP-2565は100%嚢内固定であった。術後屈折度は手術後3か月経て測定した。

## III 結 果

表1にp-2565の10例について眼軸長、角膜曲率半径、レンズ位置、計算された前房深度(角膜前面頂点から眼内レンズ前面頂点までの距離)、および実測された術後前房深度、および術後眼軸長を示した。計算された前房深度と実測された前房深度(Stolz 20/20による測定で補正なしの値)との差の平均は $0.66\text{ mm}$ 、標

準偏差は0.561 mm (約1 D)であった。術前の眼軸長と術後の眼軸長との差の平均は0.056 mm, 標準偏差は0.155 mm (約0.4 D)であった。術前と術後の角膜曲率半径の差の平均は-0.01 mm, 標準偏差は0.11 mm (約0.7 D)であった。

PC-11 についてルーブ位置と眼軸長及び角膜曲率半径との関係を図3～図4に示した。眼軸長が長くなるとレンズ位置はより深くなり、角膜曲率半径が小さくなるとレンズ位置はより深くなった。図には示さないが、他の2者のレンズ UV 41 K, P-2565 についても同

様の傾向が見られた。

表2に各レンズについて、ルーブ位置の平均、レンズ位置の平均、20 diopter のレンズの前房深度(角膜前面と眼内レンズ前面との距離)、回帰係数  $\beta$ ,  $\gamma$  および重相関係数を示した。ルーブ位置はA病院がB病院より浅くPC-11 が最も浅かった。B病院の2種のレンズはレンズ位置は異なる値を示したが、ルーブ位置はほぼ同一の値であった。回帰係数  $\beta$  の値はレンズの種類が異なっても近似した値(0.2~0.3)を示し、とくに同一施設ではほとんど同一の値であった(A病院は

表1 P-2565 の計算例および術前後の眼軸長と角膜曲率半径の変化

術前角膜曲率半径 ACC(pre)	術前眼軸長 AXL(pre)	計算ルーブ位置 FLP	計算レンズ位置 FLICM	術後計算前房深度 ACD(cal) + 角膜厚	術後実測前房深度 ACD(mes)	前房深度計算と実測の差 DIFACD	術前後眼軸長測定値の差 DIFAXL	術前後角膜曲率半径の差 DIFACC
7.16	23.04	4.40	5.01	4.66	3.52	1.14	0.20	-0.16
7.18	23.03	4.56	5.17	4.82	3.43	1.39	0.18	-0.22
7.80	22.85	3.36	3.97	3.49	3.43	0.06	-0.10	0.15
7.28	24.15	4.93	5.54	5.29	3.74	1.55	-0.13	-0.02
7.60	23.11	4.16	5.77	4.35	4.32	0.03	0.33	0.10
8.26	25.76	4.35	5.96	4.66	3.96	0.70	-0.02	0.00
8.31	25.23	4.23	5.84	4.48	4.31	0.17	-0.03	-0.02
7.65	23.16	4.17	4.78	4.36	3.46	0.90	-0.05	0.00
7.65	22.85	3.77	4.38	3.94	3.52	0.42	-0.01	0.07
6.98	22.05	3.91	4.52	4.14	3.89	0.25	0.19	-0.00
平均と標準偏差						0.661 ±0.561 (±1 D)	0.056 ±0.155 (±0.4 D)	-0.01 ±0.11 (±0.7 D)

術後計算前房深度は角膜前面頂点と眼内レンズ前面との距離で示した。

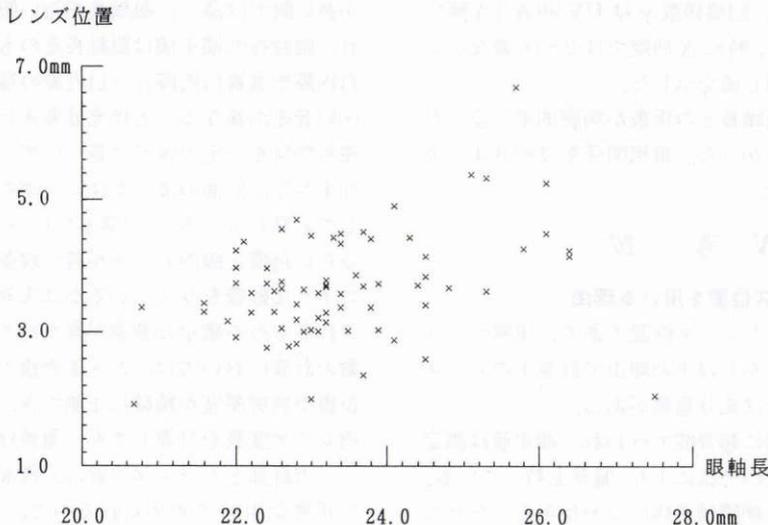


図3 72 眼の PC-11 の眼軸長 (AXL) とレンズ位置 (FLICM) との散布図。正の相関が認められる。

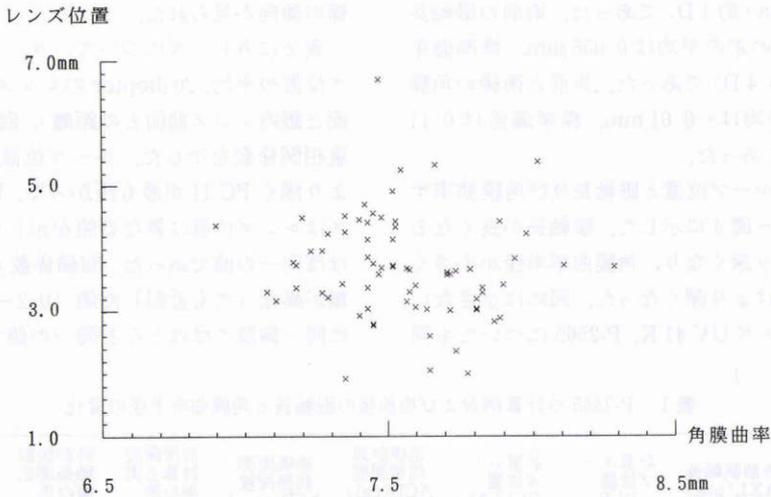


図4 72眼のPC-11の角膜曲率半径 (ACC) とレンズ位置 (FLLC) との散布図。弱い負の相関が認められる。

表2 回帰分析の結果

レンズの種類	施設と症例数	平均眼軸長 AXLM	平均角膜曲率半径 ACCM	平均レンズ位置 FLLCM	平均ループ位置 FLPM	20Dレンズ前房深度 ACD/20	20Dレンズ前房深度角膜前面より	眼軸長の回帰係数 $\beta$	角膜曲率半径の回帰係数	眼軸長とレンズ位置の偏相関係数 CC $\beta$	角膜曲率半径とレンズ位置の偏相関係数 CC $\gamma$	重相関係数 CCM
PC-11	A72	23.44	7.56	3.68	2.45	2.93	3.43	0.292	-0.984	0.438	-0.302	0.449
UV-41K	A94	23.59	7.56	4.28	3.05	3.53	4.03	0.294	-0.921	0.386	-0.285	0.393
P-2569	B26	24.21	7.59	4.29	3.68	3.43	3.93	0.212	-0.626	0.498	-0.279	0.498
UV80A2	B32	23.98	7.71	4.73	3.50	3.75	4.25	0.189	-0.019	0.392	-0.007	0.394

前房深度は角膜前面から眼内レンズ前面までと、角膜後面から眼内レンズ前面までの2種類を示した。

0.2, B病院は0.3)。回帰係数  $\gamma$  はUV 80 A 2を除いて近似した値を示し、特にA病院では2つの異なるレンズに対してほぼ同じ値を示した。

偏相関係数は、眼軸長との係数が角膜曲率半径との偏相関係数より大きかった。重相関係数は約0.4で全体に相関は弱かった。

#### IV 考 按

##### 1. 計算上のレンズ位置を用いる理由

FLLCは計算されたレンズ位置であり、実際のレンズ位置ではない。しかし以下の理由で計算上のレンズ位置を導入することは充分意義がある。

眼軸長測定は術前に超音波で行われ、測定値は測定器のメーカーと測定の方法により、偏差を持っている。超音波による測定は網膜硝子体面での反射をとらえており、光受容細胞層との間には一定の距離があるので、その補正をしなければならない。網膜の厚みは眼軸長

が長い眼では薄く、眼軸長が短い眼では厚いと考えられ、眼軸長の補正値は眼軸長そのものに依存する。核白内障や皮質白内障など白内障の種類に応じて水晶体中の音速が異なることは充分考えられる。角膜後面の屈折効果を一定の仮定に基づいて（本方法では後面の曲率半径は前面の曲率半径に一定の値を加えたものとして計算している。）計算しているため誤差が生じる。さらに角膜と眼内レンズが持つ収差が術後屈折度にどのような影響を与えているかは未知である。以上のように多くの不確定な要素が含まれている眼内レンズ度数の計算においては、たとえ術後の解剖学的なレンズ位置や前房深度が正確に予測でき、その値を用いて眼内レンズ度数を計算しても、偏差はまぬがれない。

一方計算上のレンズ位置は、術前の計測値と術後の屈折度を用いて求められるので、その値には前記の種々の変動要因がすべて含まれており、計算上の値を用いる場合それらの変動要因を含めた眼内レンズ度数

計算が可能である。また前房深度ではなくレンズ位置を用いた理由は、例えループ固定位置やレンズ位置が全く同一であっても、前房深度はレンズの shape factor, 度数, 直径によって変化するからである。

## 2. ループ位置 FLP を用いるか, レンズのループ付け根位置 FLLC を用いるか

FLLCM に対応する FLPM が(2)式より求まる。この値はループの先端の固定位置であり、水晶体囊の解剖学的位置によってほぼ決まるものと考えられる。従って(2)式の定数 C が判ればすべてのレンズに対して同一の FLPM を用いて眼内レンズ度数を計算することができる。この時 FLP は

$$\text{FLP} - \text{FLPM} = \beta (\text{AXL} - \text{AXLM}) + \gamma (\text{ACC} - \text{ACCM}) \quad (3)$$

にもとづいて計算される。しかし定数 C の値が現在のところ不明であり、またループ先端位置が水晶体囊の解剖学的位置のみで決まるとは言い切れない。ループの先端はレンズ部が後囊から圧迫されている場合などではループの角度, 長さ, 弾性に依りて多少変化すると考えられるからである。将来はループ先端がレンズの固定位置として用いられる可能性はあるが現状ではレンズのループ付け根部をレンズ位置として用いざるを得ない。

## 3. レンズ位置の回帰式を用いる方法と SRK 式などの回帰式を用いる方法との比較

FLLCM はレンズ毎に異なる基準のレンズ位置であり、ちょうど SRK 式の A 定数と類似した値となる。しかし SRK 式などの回帰式と比較して、FLLCM を用いる方法は以下に述べるメリットを持っている。

SRK 式<sup>4)</sup>では眼内レンズの種類が異なると異なる A 定数を用いる。この点は FLLCM が眼内レンズごとに異なることと同様である。しかし SRK 式では眼軸長が極端に短い場合や長い場合 A 定数を変更したり、式の係数そのものを変更しなくてはならない。SRK II 式<sup>5)</sup>では眼軸長が短い場合は A 定数に一定の値を加え、眼軸長が長くなると度合いに応じて一定の定数を引いて補正している。これは眼軸長が長くなると眼内レンズ度数が小さくてすみ、その分レンズの厚みが薄く前房深度が浅くなるためと、ループの固定位置が眼軸長が長くなると深くなる為と考えられる。しかし平凸のレンズでは眼内レンズ度数が変化しても後面の曲率半径が変化するだけで、前面の曲率半径は一定である。よって SRK II 式の A 定数の補正は平凸レンズについてのみ正しい式であり、両凸や平凸の場合には適

応できない。眼軸長が長い眼に対して回帰式を完全に作り直している方法<sup>6)</sup>もあるが、それらの式も特定のレンズ形状にしか適応できない。また現在の一般の回帰式に共通して言えることは角膜曲率半径が極端に小さい場合や大きい場合についての対応が欠如していることである。

レンズ位置の回帰式を用いる場合では、眼軸長と角膜曲率半径が平均的な値からずれても FLLCM の値は変更されず、 $\beta$  と  $\gamma$  がそれらの効果を表現する。 $\beta$  と  $\gamma$  は同一測定器, 同一の測定法, 同一の手術法では理論的に同じ値となる。また shape factor の違うレンズでも同一のループ形状であれば同一の FLLCM を用いて RTEC 法で計算される。

## 4. FLPM および FLLCM の結果について

FLPM はループの先端位置である。表 2 によれば PC-11, UV-41 K, P-2565, UV 80 A 2 についてそれぞれ 2.45, 3.05, 3.68, 3.50 mm であった。A 病院は B 病院より 0.5 mm 以上ループが深く固定されている。しかし眼軸長測定器の偏差がこの違いに含まれているので、単純にループ固定位置の違いと結論できない。また B 病院では 2 つのレンズ位置は異なるが、ループ位置が近似した値を示しているのは、ループ固定位置がレンズによらず一定であることを示唆して興味深い。前房深度 (角膜前面と眼内レンズ前面との距離) を計算すると、20 D のレンズで PC-11, UV 41 K, P-2569, UV 80 A 2 それぞれについて 3.43, 4.03, 3.93, 4.24 (表 2) であった。後 3 者はいわゆる推奨前房深度に近く値も似かよっている。PC-11 のループ固定位置も前房深度もともに浅いのは 4 者の中で手術時期が最も早期で、確実に in the bag に入る症例が少なく毛様溝固定のためレンズ位置が前方になったためかと考えられる。また P-2569 と UV 80 A 2 の両者のループ位置と前房深度位置の前後が逆転しているのは、ループ角度が UV 80 A 2 では大きいためである。

## 5. 眼軸長の変化のレンズ位置に与える影響について ( $\beta$ 値)

眼軸長とレンズ位置との間には正の相関が認められる (図 3)。表 2 より眼軸長とレンズ位置との偏相関係数は PC-11, UV 41 K, P 2565, UV 80 A 2 についてそれぞれ 0.438, 0.386, 0.498, 0.392 である。また(1)の回帰モデルによる回帰係数の値  $\beta$  は 0.2~0.3 程度であり、良く近似している。また同一施設ではほぼ等しい値を示している。これは同一施設では同じ眼軸長測定器で測定しているためと考える。 $\beta$  の信頼区間は

大きいので、同様の解析を他のレンズについて行い $\beta$ の値が一定の値となるかを確認する必要がある。

眼軸長の長短が計算上のレンズ位置に与える影響の原因を少し推察しておく。第一は水晶体囊の位置が眼軸長が長くなると、より網膜側であるかも知れないと言うこと。第二は眼軸長の長い眼では硝子体が液化しており、後囊がより後方に移動するのではないかと言うこと。第三は術前の眼軸長測定値が硝子体の音速の設定などにより、眼軸長が長い眼では術前の眼軸長がより長く（あるいは短く）測定されるのではないか。第四は網膜の厚みが眼軸長が長いと薄く、眼軸長の長い眼では短い眼に比べて、眼軸長を相対的に長く測定するのではないか。以上の効果などが考えられる。

Retzlaff<sup>4)</sup>らは眼軸長が長くなると前房深度は深くなると述べており、その係数は約0.3 mm/(眼軸長1 mm)である。先に述べたように眼軸長の長い眼では眼内レンズ度数は小さく、眼内レンズ中心厚みは薄くなる。そのため凸平レンズでは眼軸長1 mmについて前房深度は約0.1 mm深くなる。この効果を考慮するとRetzlaffらの解析ではレンズ位置の眼軸長依存性は約0.2となる。これは今回の結果と近似している。

#### 6. 角膜曲率半径のレンズ位置に与える影響について ( $\gamma$ 値)

角膜曲率半径が大きくなると、PC-11, ORC UV 41-K, P 2569ともにレンズ位置は浅くなる。角膜曲率半径とレンズ位置の関係はばらつきが大きい(図4)。偏相関係数は $-0.302, -0.285, -0.279, -0.007$ であり、眼軸長ほど相関は良くない。これは角膜曲率半径の術前後の差のばらつきの方が、眼軸長の術前後の差のばらつきより大きいためであると考えられる(表1)。 $\gamma$ 値はそれぞれ $-0.984, -0.921, -0.626, -0.019$ であり、UV 80 A 2を除いて近似している。A病院での2つの値が近似し、B病院の値と異なるのは測定器の偏差によるものと考えられる。またB病院のUV 80 A 2が極端に離れた値をしめしているのは、UV 80 A 2のデータが全体にばらつきが大きいためと考えられる。角膜曲率半径に依存してレンズ位置が変化する機序は、角膜曲率半径が小さくなると毛様体の輪の半径が小さく、そのため眼内レンズがより後方で固定されるため、あるいは今回計算に用いた角膜後面の屈折力の仮定による誤差が影響を与えている可能性もある。

#### 7. 散布図のばらつきの原因とその意義について

散布図を見ると判るように、今回のデータはばらつ

きが大きく信頼性の高い $\beta$ 値や $\gamma$ 値は得られなかった。ばらつきの原因は、術前の眼軸長測定のみならず、手術による角膜曲率半径の変化、手術後のレンズ位置のみならず、レンズの偏位と傾きのばらつきが関与していると考えられる。それらのばらつきが小さくなると相関がより明瞭になると考えられる。眼軸長の測定のみならずは主に偏相関係数 $CC\beta$ に影響を与え、手術による角膜曲率半径の変化のみならずは主に偏相関係数 $CC\gamma$ に影響を与える。また手術後のレンズ位置などの変動は $CC\beta$ と $CC\gamma$ の双方に影響を与える。表2をみるとわかるように $CC\beta$ の方が $CC\gamma$ より値が大きい。これは眼軸長測定よりは手術による角膜曲率半径の変化のみならずの方が大きいことを示唆している。表1も同様のことを示している。表1で術前後の眼軸長の変化のばらつきは0.4 Dであるが、角膜曲率半径のばらつき0.7 Dであり約2倍である。またA病院では $CC\beta$ の値がPC-11の方がUV 41 Kより大きいのは、PC-11では単一の測定者が測定しているのに対して、UV 41 Kでは複数の測定者が測定しているためと考えられる。B病院では2種のレンズとも同一の測定者が測定しており、P-2565の $CC\beta$ の値が高いのは測定が安定して行われていることを表している。UV 80 A 2の $CC\gamma$ の値が小さいのは手術による角膜曲率半径の変化が大きいためかと推測される。このように $CC\beta$ や $CC\gamma$ 値は測定を含めた眼内レンズ挿入手術後の屈折度のばらつきの主因の解析に有用である。さらに重相関係数は測定と手術を含めた眼内レンズ挿入手術の屈折に関するquality controlの指標となりえる。

#### 文 献

- 1) 柏木豊彦, 真鍋禮三: 新しい眼内レンズパワー決定法. 眼光学 7: 93-98, 1986.
- 2) 柏木豊彦: 光線追跡法の眼光学への新しい応用法. 日眼会誌 93: 569-574, 1989.
- 3) Atchison DA: Optical design of intraocular lenses. I. On-Axis performance. Optometry Vis Sci 66: 492-506, 1989.
- 4) Retzlaff J: A new intraocular lens calculation formula. Am Intra-ocular Implant Soc J 6: 148-152, 1980.
- 5) Retzlaff J, Sanders DR, Kraff M: A Manual of Implant Power Calculation (2nd ed). Oregon, Medford, 1-21, 1988.
- 6) Thompson JT, Maumenee AE, Baker CC: A new posterior chamber intraocular lens formula for axial myopes. Ophthalmology 91: 484-488,

1984.  
 7) 高良由紀子, 鈴木庸一, 小出良平, 他: 強度近視眼における眼内レンズパワー計算式. 眼科 32: 53-60, 1990.

8) Retzlaff J, Sanders DR, Kraff M: Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 16: 333-340, 1990.

Retinal Detachment in the Macular Area Before and After the Posterior Buckling Procedure

Abstract

Retzlaff J, Sanders DR, Kraff M, et al. Retinal detachment in the macular area before and after the posterior buckling procedure. J Cataract Refract Surg 1991; 17: 1022-1027.

Abstract

In 100 consecutive eyes with successful repair for rhegmatogenous retinal detachment, a posterior flap was performed for retinal detachment in the macula after its removal before and after retinal buckling surgery. The postoperative prevalence of the macular detachment was 23% in the eyes with macula on detachment, although not feasible in the eyes with postoperative macula-off. After surgery, retinal detachments were revealed in 23%, and macular detachments associated with retinal detachment were observed in 5%. Approximately half of the eyes without a posterior flap before surgery developed a postoperative retinal detachment, suggesting that the postoperative macular detachment, which has been considered to be a variant of the macula center, was not always necessary for the development of postoperative retinal detachment. (J Cataract Refract Surg 1991; 17: 1022-1027)

Retinal detachment in the macular area before and after the posterior buckling procedure. Retinal detachment

Retinal detachment in the macular area before and after the posterior buckling procedure. Retinal detachment

Retinal detachment in the macular area before and after the posterior buckling procedure. Retinal detachment