

眼軸長の違いによる眼内レンズパワー計算式の精度

貴嶋 孝至¹⁾, 小沢 忠彦¹⁾, 高良由紀子²⁾, 谷口 重雄³⁾
 稲富 誠⁴⁾, 小出 良平⁴⁾, 小澤 哲磨⁵⁾

¹⁾小沢眼科内科病院, ²⁾県西部浜松医療センター眼科, ³⁾昭和大学藤が丘病院眼科
⁴⁾昭和大学医学部眼科学教室, ⁵⁾横浜通信病院眼科

要 約

目 的：眼内レンズパワー計算式の SRK, SRK II, SRK/T, SRK 修正式 (S-SRK, M-SRK, L-SRK), Holladay 式の精度を検討した。

対象と方法：対象は、白内障手術眼内レンズ挿入術を行った 786 眼で、短眼軸長眼、普通眼軸長眼、中等度長眼軸長眼、長眼軸長眼の 4 グループに分けて予想屈折度と実際の術後屈折度の差を求めて比較した。

結 果：短眼軸長眼においては S-SRK 式、普通眼軸長眼では SRK, Holladay 式、中等度長眼軸長眼では Hol-

laday, SRK/T 式、長眼軸長眼では SRK/T, L-SRK 式の結果が良好であった。

結 論：眼軸長の範囲により、眼内レンズパワー計算式を使い分けることで予想屈折度の精度を上げることができる。(日眼会誌 103 : 470—476, 1999)

キーワード：眼内レンズパワー計算式, 眼軸長, 白内障手術

Accuracy of Intraocular Power Calculation Formulas

Takashi Kijima¹⁾, Tadahiko Kozawa¹⁾, Yukiko Kora²⁾, Shigeo Yaguchi³⁾
 Makoto Inatomi⁴⁾, Ryouhei Koide⁴⁾ and Tetsuma Ozawa⁵⁾

¹⁾Kozawa Eye Hospital, ²⁾Department of Ophthalmology, Hamamatsu Medical Center

³⁾Department of Ophthalmology, Showa University Fujigaoka Hospital

⁴⁾Department of Ophthalmology, Showa University School of Medicine

⁵⁾Department of Ophthalmology, Yokohama Teishin Hospital

Abstract

Purpose : We examined the accuracy of intraocular lens power calculation formulas, with special emphasis on the prediction of refraction in different axial lengths.

Material and Methods : 786 cases were subdivided into four groups based on the axial length (short axial length < 22.0 mm, normal axial length = 22 ~ 24.4 mm, mid-range axial length = 24.5 ~ 26.9 mm and long axial length > 27 mm). Seven different formulas (Holladay, SRK, SRK II, SRK/T, S-SRK, M-SRK, L-SRK) were tested for their accuracy in predicting post-operative refraction.

Result : The best results were obtained using the S-SRK formula in the short axial length group (n=

114), The SRK and Holladay formulas in the normal axial length group (n=278), The Holladay and SRK/T formulas in the mid-range axial length group (n=135), and the SRK/T and L-SRK in the long axial length group (n=259).

Conclusion : Our results emphasize the importance of using an intraocular lens formula specific for each range of axial length when calculating the predicted refraction. (J Jpn Ophthalmol Soc 103 : 470—476, 1999)

Key words : Intraocular lens power calculation formula, Axial length, Cataract surgery

I 緒 言

近年、白内障手術の術後の屈折矯正は眼内レンズ挿入が一般的である。適切な眼内レンズパワーを選択するこ

とで希望の屈折度が得られることから、白内障手術は屈折矯正手術としても考えられるようになってきた。近視の人が術後に自動車を運転するため正視を強く希望したり、正視の人が近見視力の向上を希望する場合もあり、眼

別刷請求先：310-0063 水戸市五軒町 2-2-11 小沢眼科内科病院 貴嶋 孝至
 (平成 10 年 9 月 11 日受付, 平成 11 年 1 月 26 日改訂受理)

Reprint requests to: Takashi Kijima, M.D. Kozawa Eye Hospital, 2-2-11 Gokencho, Mito 310-0063, Japan
 (Received September 11, 1998 and accepted in revised form January 26, 1999)

表 1 欧米での眼内レンズパワー計算式の比較

	Error < ± 1 D (%)			
	L < 22mm (%)	22 ≤ L < 24.5mm (%)	24.5 ≤ L < 26mm (%)	L ≥ 26mm (%)
SRK	38.9	89.2	81.8	73.9
SRK II	72.2	89.2	95.5	82.6
SRK/T	63.9	94.5	93.9	91.3
Holladay	72.2	94.8	97.0	91.3
	n = 36	n = 325	n = 66	n = 23

文献 1 から引用
 Error = (術後屈折度 - 予想屈折度), L: 眼軸長 (mm)
 Error < ± 1 D に収まる症例の割合 (%) を示す。

表 2 SRK 修正式

S-SRK ⁷⁾	$I = A - 2.5L - 0.9K + 1.4 - 1.45R$
M-SRK ⁵⁾	$I = A - 2.5L - 0.9K + 0.71 - 1.25R$
L-SRK ⁶⁾	$I = A - 2.5L - 0.9K + 1.69 - 1.69R$

I: 挿入眼内レンズパワー (D), A: 定数, L: 眼軸長 (mm), K: 角膜屈折力 (D), R: 希望屈折度 (D)

内レンズパワー計算式の精度の重要性は増している。欧米における眼内レンズパワー計算式の予想屈折度の精度は、一般に誤差 ± 1 diopter (D) 未満に 80~90% 前後と高い精度が報告¹⁾²⁾されている (表 1) が、日本の症例では 60~80% 前後と、それほど精度はみられない^{3)~7)}。そこで、より精度の向上のために、これまで我々は SRK 式⁸⁾を修正し (表 2)、その結果を報告^{5)~7)}した。しかし、我々の修正方法は帰法を用いた経験式であり、修正式作成に用いた眼内レンズ挿入眼と最近の症例では、眼内レンズのデザインなどにもやや違いがある。また、SRK/T 式²⁾、Holladay 式⁹⁾、Hoffer Q 式¹⁾などの新しい理論式も欧米で報告されてきているので、日本人の眼にも、より正確な予想屈折度を算出できる眼内レンズパワー計算式が存在する可能性がある。

そこで、最近の白内障手術、眼内レンズ挿入を行った自験例を対象に眼内レンズパワー計算式の予想屈折度の精度を検討した。

II 対象および方法

対象は、1990 年 2 月 1 日から 1997 年 9 月 5 日までに、小沢眼科内科病院、昭和大学病院眼科、県西部浜松医療センター眼科で、超音波水晶体乳化吸引術および眼内レンズ挿入術を施行した 786 眼である。眼軸長測定は、昭和大学眼科と浜松医療センター眼科では TOYO MEDICAL AL 010 を用い、小沢眼科内科病院では Storz 社製 Alpha II Biometric Ruler か CompuScan LTV 2.00、またはニデック社製 Echoscans US-800 を用いた。角膜屈折力測定は Canon Auto Kerato RK 1、または Auto-Keratometer model KM-800 を用いた。術前乱視度が 2 D より大きい

症例は除き、術後視力 0.5 以上、乱視 2 D 未満の症例を対象とした。全例、嚢内固定の症例を選択した。しかし、前嚢が眼内レンズ光学部全体を覆っていない症例も含んでいる。術後屈折度測定は、術後 3 か月以後の他覚的屈折度を参考に自覚的屈折度を等価球面度数で計算した。

全症例を眼軸長の範囲により 4 つに分けた。短眼軸長眼 (眼軸長 22.0 mm 未満) 114 眼 (男性 14 眼、女性 100 眼、平均年齢 71.4 歳)、普通眼軸長眼 (眼軸長 22.0 mm 以上 24.5 mm 未満) 278 眼 (男性 73 眼、女性 205 眼、平均年齢 70.0 歳)、中等度長眼軸長眼 (眼軸長 24.5 mm 以上 27 mm 未満) 135 眼 (男性 74 眼、女性 61 眼、平均年齢 66 歳)、長眼軸長眼 (眼軸長 27 mm 以上) 259 眼 (男性 85 眼、女性 174 眼、平均年齢 63.9 歳) である。

それぞれのグループの角膜屈折力は、短眼軸長眼は 43.41~50 D にわたり (平均 46.41 D)、普通眼軸長眼は 40.0~48.81 D (平均 44.86 D)、中等度眼軸長眼は 39.63~48.50 D (平均 43.70 D)、長眼軸長眼は 38.81~46.81 D (平均 44.06 D) であった。次に、それぞれのグループの対象に用いた眼内レンズの種類と、使用眼内レンズ計算式を示す。

1. 短眼軸長眼 (22.0 mm 未満)

短眼軸長眼 114 眼に用いた眼内レンズの種類の内訳を次に示す。① スリーピース眼内レンズは 66 眼あり、メニコン UV 26 T (A const.: 117.5) 32 眼、ORC UV 41 (A const.: 116.7) 31 眼、HOYA MC 10 TF (A const.: 116.75) 3 眼であった。② ワンピース眼内レンズは 48 眼あり、メニコン S 105 BN (A const.: 119) 20 眼、ファルマシア 745 A (A const.: 118.2) 20 眼、メニコン UV 2565 BT (A const.: 118.5) 7 眼、アラガン PC 42 ANB (A const.: 117.7) 1 眼である。

比較検討した眼内レンズパワー計算式は、S-SRK⁷⁾、SRK/T²⁾、Holladay⁹⁾、SRK II¹⁰⁾、SRK 式である。Holladay 式の surgeon factor はメーカー推奨値の A 定数から算出した (SF = 0.5663 A - 65.6)¹¹⁾。以下、他のグループにおいても同様に、Holladay 式の surgeon factor を計算した。予想術後屈折度を各計算式を用いて計算し、術後の実

際の屈折度との差を求め、誤差(誤差=術後屈折度-予想屈折度)とした。この誤差の平均値と標準偏差を求めた。

2. 普通眼軸長眼(22.0 mm 以上 24.5 mm 未満)

普通眼軸長眼 278 眼に用いた眼内レンズの種類の内訳は、①スリーピース眼内レンズは 97 眼で、ORC UV 41 (A const.: 116.7)46 眼、メニコン UV 26 T (A const.: 117.5)45 眼、HOYA MC 10 TF (A const.: 116.75)6 眼、②ワンピース眼内レンズは 181 眼で、ファルマシア 745 A (A const.: 118.2)109 眼、アラガン PC42ANB (A const.: 117.7)37 眼、メニコン S 105 BN (A const.: 119)31 眼、アラガン UPB 320 (A const.: 117.9)4 眼である。

眼内レンズ計算式は SRK/T, Holladay, SRK II, SRK 式を用いた。短眼軸長眼グループと同様に、予想屈折度の誤差の平均値、標準偏差を求めた。

3. 中等度長眼軸長眼(24.5 mm 以上 27 mm 未満)

中等度長眼軸長眼 135 眼に用いた眼内レンズの種類の内訳は、①スリーピース眼内レンズは 38 眼で、メニコン UV 26 T (A const.: 117.5)28 眼、ORC UV 41 (A const.: 116.7)10 眼であった。②ワンピース眼内レンズは 97 眼で、ファルマシア 745 A (A const.: 118.2)64 眼、ファルマシア 821 T (A const.: 117.4)15 眼、メニコン NV 11 (A

const.: 118.5)6 眼、アラガン PC 42 ANB (A const.: 117.7)8 眼、ファルマシア 818 C (A const.: 118.8)2 眼、ORC C 455 F (A const.: 119)2 眼である。眼内レンズ計算式は SRK/T, Holladay, SRK II, M-SRK⁵⁾式を用いた。同様に、予想屈折度の誤差の平均値、標準偏差を求めた。

4. 長眼軸長眼(27 mm 以上)

長眼軸長眼 259 眼に用いた眼内レンズの種類の内訳は、①スリーピース眼内レンズは 243 眼で、メニコン UV 26 T (A const.: 117.5)139 眼、ORC UV 41 (A const.: 116.7)66 眼、HOYA MC 10 TF (A const.: 116.75)24 眼、IOPTEX 304 (const.: 116.8)14 眼、②ワンピース眼内レンズは 16 眼で、メニコン S 105 (A const.: 119)15 眼、アラガン PC 42 ANB (A const.: 117.7)1 眼である。用いた眼内レンズ計算式は SRK/T, Holladay, SRK II, SRK, L-SRK⁶⁾式である。同様に、予想屈折度の誤差の平均値、標準偏差を求めた。

III 結 果

1. 短眼軸長眼

短眼軸長眼グループの結果を表 3 に示す。

今回の対象において、S-SRK 式の結果は、誤差 ± 1 D

表 3 短眼軸長眼(L < 22 mm)における計算式の比較

	誤差の割合				ワンピース n=48 < ± 1 D (%)	スリーピース n=68 < ± 1 D (%)
	< ± 1 D (%)	< ± 2 D (%)	平均誤差 (D)	標準誤差 (D)		
S-SRK	75 *	94	0.16**	1.00	71	75
SRK/T	56	91	0.83	1.01	55	56
Holladay	54	91	0.82	1.05	55	54
SRK II	54	88	0.91	1.07	52	65
SRK	51	89	0.96	1.00	53	56

平均誤差 = (術後屈折度 - 予想屈折度) / n n = 114

* : S-SRK 式はこれ以外のすべての計算式に有意差あり, χ^2 検定, p < 0.01,

** : S-SRK 式はこれ以外のすべての計算式の有意差あり, Student's t-test p < 0.0001

表 4 普通眼軸長眼(22 \leq L < 24.5 mm)における計算式の比較

	誤差の割合				ワンピース n=181 < ± 1 D (%)	スリーピース n=97 < ± 1 D (%)
	< ± 1 D (%)	< ± 2 D (%)	平均誤差 (D)	標準誤差 (D)		
SRK/T	66 *	95	0.55**	0.94	62	73
Holladay	69 *	95	0.51**	0.94	65	77
SRK II	51	89	0.93**	0.97	43	56
SRK	70 *	96	0.32**	0.95	69	71

平均誤差 = (術後屈折度 - 予想屈折度) / n n = 278

* : SRK II 式に対して有意差あり, χ^2 検定, p < 0.05, ** : SRK II 式に対して有

意差あり, Student's t-test p < 0.0001

未滿に 75% と最も良好で、他の計算式では SRK/T 式が 56%, Holladay 式が 54% でこれに次いで良好であったが、統計学的有意差がみられた (χ^2 検定 $p < 0.01$)。S-SRK 式の平均誤差は 0.16 D とほとんどないが、これ以外の 4 つの計算式ではすべて予想より遠視となっており (平均誤差 SRK/T 式が 0.81 D, Holladay 式が 0.79 D), 有意差がみられた (Student's t-test $p < 0.0001$)。

また、ワンピース眼内レンズ (ワンピース群) 48 眼とスリーピース眼内レンズ (スリーピース群) 66 眼に分けて、計算式の精度を比べた結果、S-SRK 式を用いた場合には誤差 ± 1 D 未滿にワンピース群では 71%, スリーピース眼内レンズでは 75% が収まり、眼内レンズのグループによる結果の有意な違いはみられなかった。

2. 普通眼軸長眼

普通眼軸長眼グループにおける同様の分析の結果を表 4 に示す。その結果、SRK, Holladay 式がともに、誤差 ± 1 D 未滿に約 70% の症例が収まったが、SRK II 式は 51% であり、統計学的に有意差がみられた (χ^2 検定 $p < 0.05$)。誤差の平均は SRK 式が 0.32 D と最も小さく、すべての平均誤差に有意差がみられた (Student's t-test $p < 0.0001$)。挿入眼内レンズをワンピース 181 眼、スリーピー

ス 97 眼で分けて比較したところ、ワンピース群では SRK 式が誤差 ± 1 D 未滿に 69% の症例が収まり、Holladay 式が 65%, SRK/T 式が 62% の順であった。スリーピース群では、Holladay 式が 77%, SRK/T 式が 73%, SRK 式が 71% の順であった。

3. 中等度長眼軸長眼

中等度長眼軸長眼グループにおける同様の分析の結果を表 5 に示す。その結果、誤差 ± 1 D 未滿に Holladay 式は 72%, SRK/T 式が 70% の症例が収まり最も精度がよく、逆に SRK, M-SRK 式は誤差 ± 1 D 未滿に 51% の症例しか収まらなかった。Holladay, SRK/T 式のどちらも、SRK, M-SRK 式との間に統計学的有意差がみられた (χ^2 検定 $p < 0.01$)。誤差の平均を比べてみると、Holladay, SRK/T, SRK II 式では平均誤差は 0.13~0.17 D と小さく、一方、SRK 式では平均誤差 -0.84 D, M-SRK 式では平均誤差 -0.78 D と予想屈折度より近視になっていた。Holladay, SRK/T 式の誤差の平均値は、他の計算式との間に統計学的有意差がみられた (Student's t-test $p < 0.0001$)。

挿入眼内レンズの違いでは、ワンピース群 (97 眼) は SRK/T, Holladay 式ともに誤差 ± 1 D 未滿に 71% の症例

表 5 中等度長眼軸長眼 ($24.5 \leq L \leq 27$ mm) における計算式の比較

	誤差の割合				ワンピース n = 97 < ± 1 D	スリーピース n = 38 < ± 1 D
	< ± 1 D (%)	< ± 2 D (%)	平均誤差 (D)	標準誤差 (D)		
M-SRK	52	86	-0.78	1.31	62	26
SRK/T	70*	88	0.13**	1.25	71	68
Holladay	72*	87	0.17**	1.25	71	74
SRK II	64	88	0.19	1.31	66	58
SRK	51	87	-0.84	1.26	61	26

平均誤差 = (術後屈折度 - 予想屈折度) / n n = 135

* : M-SRK, SRK 式に有意差あり, χ^2 検定, $p < 0.01$, ** : M-SRK, SRK 式に対して有意差あり, Student's t-test $p < 0.0001$

表 6 長眼軸長眼 ($L \geq 27$ mm) における計算式の比較

	誤差の割合				ワンピース n = 16 < ± 1 D (%)	スリーピース n = 243 < ± 1 D (%)
	< ± 1 D (%)	< ± 2 D (%)	平均誤差 (D)	標準誤差 (D)		
L-SRK	61*	85	-0.02**	1.54	38	63
SRK/T	64*	87	0.23**	1.40	63	64
Holladay	52	84	0.87	1.39	69	51
SRK II	39	68	1.21	1.65	56	38
SRK	45	79	-1.01	1.54	25	46

平均誤差 = (術後屈折度 - 予想屈折度) / n n = 259

* : SRK, SRK II 式に有意差あり, χ^2 検定, $p < 0.05$, ** : 他の計算式に対して有意差あり, Student's t-test $p < 0.0001$

が収まり、スリーピース群(38眼)では、Holladay 式が 74%、SRK/T 式が 68% の順であった。

4. 長眼軸長眼

長眼軸長眼グループにおける結果を表 6 に示す。最も術後屈折度と比べて誤差が少なかったのは SRK/T 式で誤差±1 D 未満に 64%、これに次いで L-SRK 式が 61% であった。その他の計算式ではこれらを大きく下回った。SRK/T, L-SRK 式の結果は、SRK, SRK II 式に対し、統計学に有意差がみられた(χ^2 検定 $p < 0.05$)。今回の予想屈折度の誤差の平均を比べてみると、SRK/T 式では 0.23 D, L-SRK 式では -0.02 D と小さく、一方、SRK 式は -1.01 D と予想屈折度より近視となっており、Holladay 式は 0.87 D, SRK II 式は 1.21 D と予想屈折度より遠視となっていた。L-SRK, SRK/T 式とも他の計算式との間に有意差がみられた(Student's t-test $p < 0.0001$)。挿入眼内レンズでは、ワンピース群(16眼)では誤差±1 D 未満に、SRK/T 式が 63%、Holladay 式が 69%、スリーピース群(243眼)では、SRK/T 式が 64%、L-SRK 式が 63% であった。

IV 考 按

眼内レンズパワー計算式は、適切な眼内レンズパワーを決めるために作成された。その歴史的な流れとしては、Fyodorov ら¹²⁾や Binkhorst¹³⁾の理論式から始まり、SRK 式に代表される経験式、そして第 3 世代の SRK/T 式や Holladay 式などの理論式が最近欧米では用いられることが多い。これまで計算式はいずれも欧米で作られ、欧米の症例で評価されてきた。欧米における眼内レンズパワー計算式の報告を調べてみると、予想屈折度誤差±1 D 未満に 90% 前後の症例が収まり、極めて良い結果が報告されている(表 1)。欧米の症例と日本の症例の間に大きな違いはあるのだろうか。

母集団の違いという点から対象症例を検討してみると、我々の症例は欧米よりも長眼軸長眼の症例の割合がかなり多いと思われる。Hoffer¹⁴⁾は 1980 年にアメリカ人の眼球について生体計測を行っているが、長眼軸長眼の割合は 7,500 眼における眼軸長 26 mm 以上の症例の割合は、全体の僅か 3% であった。1980 年までの昭和大学病院における長眼軸長眼の白内障手術の割合を Ochi¹⁵⁾が報告しているが、昭和大学病院で行った白内障手術全体に対する、症例の比率は全体の 9% であった。現在では、白内障がほとんどないような症例でも、屈折矯正の意味から白内障手術が行われることもあるので、これよりも強度近視眼の症例の比率は高い可能性がある。しかし、この当時は、強度近視の屈折矯正という意味では白内障手術が行われていなかったことを考えると、ある程度、日本の白内障人口における強度近視眼の割合を反映していると思われる。このように、母集団の構成をみても、日本人と欧米人には違いがみられ、また、我々もこれまで計算式を自験例に当てはめて評価してきたが、長短眼軸長眼

では特に計算式の精度が低下することを報告⁶⁾⁷⁾した。そこで、我々は SRK 式を自験例から修正を行い、用いてきた^{5)~7)}。このとき修正式を作成した母集団の対象はすべてスリーピース眼内レンズであった。しかし、我々が SRK 式から修正式を作成したところと比べ、眼内レンズの素材はスリーピース眼内レンズからワンピース眼内レンズ、さらにシリコンレンズやアクリルレンズなどの新素材の眼内レンズ、デザインも convex-plano から biconvex が主流となり変化している。

手術方法も、前囊切開が can opener から continuous circular capsulorhexis (CCC) へ変化がみられる。したがって、現在では対象症例が異なってきたと考えなければならない。また、最近の欧米の報告では第 3 世代理論式の眼内レンズパワー計算式が、長短眼軸長眼でもよい結果を得たと報告¹⁾²⁾⁹⁾されている。

そこで、最近の症例を対象に、経験式である SRK, SRK II, SRK 修正式、理論式である SRK/T, Holladay 式を用いて、改めて予想屈折度と術後屈折度の差について検討した。

今回の対象では、眼軸長の違いにより対象の数が異なっていた。対象を、短眼軸長、普通眼軸長眼、中等度長眼軸長、長眼軸長眼の 4 グループに分けて検討を行ったのは、グループ分けをしないで比較すると、母集団の小さいグループの結果が母集団の大きなグループの結果に影響されると考えたからである。

今回対象の使用眼内レンズの内訳を調べてみると、普通眼軸長眼では、以前と比べワンピース IOL の占める割合が多くなっており、この傾向は短眼軸長眼、中等度長眼軸長眼でも同様で、普通眼軸長眼と中等度長眼軸長眼で使われていた眼内レンズの種類は大体同じであった。長眼軸長眼ではローパワーの眼内レンズの種類が市場に少ないこともあり、依然としてスリーピース眼内レンズの占める割合は大きかった。また、小切開用のソフトマテリアルの眼内レンズは、今回の対象の中では症例数が少なく除外した。

以上のような対象に対し、眼内レンズパワー計算式で挿入した眼内レンズパワーから予想される屈折度を計算し、実際の術後屈折度を比較した。A 定数はメーカー推奨値を用いた。メーカー推奨値が必ずしもパーソナル A 定数(施設、術式、術者別に眼内レンズ別に求めた A 定数)と一致するわけではない。しかし、対象は 3 施設であり、使用眼内レンズも多岐にわたっていたため、パーソナル A 定数を求めるために同条件の多症例を集めるのは困難であり、広く一般に使用されているメーカー推奨の A 定数を採用した。短眼軸長眼のグループでは、S-SRK 式では予想屈折度の誤差±1 D 未満に 75% と最も良好であった。また、各計算式の平均誤差と標準偏差についても比較したが(表 3)、S-SRK 式以外の計算式では予想より遠視となっていた。これらの結果は、S-SRK 式を作成

したときのものとは変わっていない⁷⁾。また、以前のデータでは検討されていなかったワンピース眼内レンズを用いた結果も同様に良好であった。S-SRK 式は、いまのところ、眼軸長 21~22 mm では最も勧められる計算式であるといえる。

普通眼軸長眼のグループでは、SRK, Holladay 式とも予想屈折度の誤差±1 D 未満に 70% の症例が収まった。また、普通眼軸長眼のグループにおける予想屈折度の誤差の平均は、SRK, Holladay 式ともに小さい。これまでの報告と同様¹⁾、もともと症例数の多い領域であるので、経験式はもとより、経験値を用いている第 3 世代の理論式でも誤差が少ないと考えられる。眼内レンズの種類をワンピース眼内レンズ、スリーピース眼内レンズで分けてそれぞれの群でも同様の検討を行ったが、SRK, Holladay, SRK/T 式の精度の有意差はみられなかった。SRK II 式以外のどの計算式を用いても、最も安心して計算できる区域であろう。

中等度眼軸長眼では、Holladay, SRK/T 式の結果が最もよく、誤差±1 D 未満に Holladay 式 72%, SRK/T 式は 70% であった。一方、SRK, M-SRK 式の結果は 51~52% と精度は低下した。この原因は、各計算式の平均誤差を比べてみると、Holladay, SRK/T, SRK II 式は誤差がほとんどないのに対し、SRK, M-SRK 式は予想より -1 D 位近視となっている。このことが結果に反映したものと考えられる。今回の結果は、以前の M-SRK 式を作成したときは誤差±1 D 未満に 71% の症例が収まっていた結果とは大きく異なる⁵⁾。以前の検討のときの対象はスリーピース眼内レンズが挿入されていたので、今回の症例でもスリーピース群 (38 眼) だけを調べたところ、M-SRK 式は誤差±1 D 未満に収まった症例の割合は 26% であり、予想屈折度の精度は、さらに不良であった。今回のスリーピース眼内レンズの症例数が比較するには少ないという問題もあるが、M-SRK 式は L-SRK 式や S-SRK 式と同時期に同じ施設、同じような種類の眼内レンズ、同じ術者によって手術され、同様の方法で SRK 式から修正された。S-SRK, L-SRK 式は今回の対象でも良い結果が得られたのに、M-SRK 式の精度だけが極端に低下した理由は不明である。考えられることとしては、修正式を求める方法は、眼軸長、角膜屈折度、術後屈折度から一次回帰を行った単純な方法であるため、① M-SRK 式： $I = A - 2.5L - 0.9K + 0.71 - 1.25R$ (A: 眼内レンズ固有の定数, L: 眼軸長, K: 角膜屈折力, R: 希望屈折度) の中の、SRK 式修正部分である $0.71 - 1.25R$ の係数が妥当でなかった、② M-SRK 式は 609 眼を対象に作られ、母集団としては十分大きい、一次回帰で修正する方法がこの眼軸長領域では無理があった、などが推察される。

しかし、今回のスリーピース眼内レンズ 40 眼だけで結果を出すのは不十分と思われる、さらに追加の検討を行う

必要がある。挿入眼内レンズの種類をワンピース眼内レンズ、スリーピース眼内レンズで分けると、ワンピース群では Holladay, SRK/T 式ともに誤差±1 D 未満に 71% の症例が収まり、スリーピース群では Holladay 式 74%, SRK/T 式 68% と眼内レンズの種類によらず良好であった。眼内レンズの種類がワンピース眼内レンズ、スリーピース眼内レンズによらず、中等度眼軸長眼については Holladay, SRK/T 式の使用が勧められる。

長眼軸長眼では SRK/T 式の結果が最もよく、誤差±1 D 未満に 64%, L-SRK 式は 61% とこれに次いだ。各計算式の平均誤差を比べてみると、SRK/T, L-SRK 式は SRK/T 0.23 D, L-SRK -0.02 D であるのに比べ、Holladay 式は 0.87 D, SRK II 式は 1.21 D と予想より遠視、SRK 式は -1.01 D で近視となっている。長眼軸長眼における結果は、これまでの結果と大きな違いはない⁶⁾。ただ、L-SRK 式作成当時は正式な SRK/T 式が発表されていなかったため、このときには SRK/T 式の検討はしておらず、今回 SRK/T 式は長眼軸長眼に適した眼内レンズパワー計算式であることがわかった。また、眼内レンズの種類をワンピース、スリーピースに分けたところ、スリーピース群では SRK/T, L-SRK 式では誤差±1 D 未満に 64% と 63% とほとんど差がなかった。ワンピース群は 17 眼と少ないので検討するには不十分であるが、L-SRK 式を用いた場合、誤差±1 D 未満に 38% と極端に精度が低下した。今後、さらに症例数を増加させて検討する必要がある。

以上の結果をまとめると、① 各眼内レンズパワー計算式の精度は眼軸長の範囲により異なる。② 短眼軸長眼で S-SRK 式、普通眼軸長眼では SRK, Holladay, SRK/T 式、中等度眼軸長眼では Holladay, SRK/T 式、長眼軸長眼でスリーピース眼内レンズ使用の場合は SRK/T, L-SRK 式のどちらでもよいが、ワンピース眼内レンズの場合は SRK/T 式が勧められる。

今後も、眼内レンズ計算式の重要性は高まると思われ、今回の検討では行わなかったが、ソフトマテリアルの素材の眼内レンズについても、同様の検討が必要と思われる。

文 献

- 1) Hoffer KJ: The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 19: 700-712, 1993.
- 2) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC: Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 16: 333-340, 1990.
- 3) 平田 昭, 小林 博, 石郷岡均, 安淵幸雄, 上野聡樹, 山元力雄: 眼内レンズパワー決定における SRK 式の精度について. 眼臨 80: 2171-2175, 1986.
- 4) 柏木豊彦, 大路 正, 切通 彰, 木下 茂, 真鍋禮三: RTEC 法による眼内レンズパワー計算. 臨眼 41:

- 133—135, 1987.
- 5) **Kora Y, Totsuka N, Fukado Y, Marumori M, Yaguchi S**: Modified SRK formula for axial myopia (24.5 mm \leq axial length < 27 mm). *Ophthalmic Surg* 23: 603—607, 1992.
 - 6) **Kora Y, Suzuki Y, Inatomi M, Fukado Y, Ozawa T**: A simple modified SRK formula for severely myopic eyes. *Ophthalmic Surg* 21: 266—271, 1990.
 - 7) **高野 馨, 高良由紀子, 大倉理恵, 谷口重雄, 稲富誠, 深道義尚**: SRK 式の精度—特に短眼軸長眼における誤差の検討. *IOL* 5: 308—314, 1991.
 - 8) **Sanders DR, Kraff MC**: Improvement of intraocular lens power calculation using empirical data. *Am Intraocular Implant Soc J* 6: 263—267, 1980.
 - 9) **Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, Musgrove KH, John WL, Ruiz RS**: A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 14: 17—24, 1988.
 - 10) **Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC**: Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas. *J Cataract Refract Surg* 14: 136—141, 1988.
 - 11) **Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff M**: *Lens Implant Power Calculation (a manual for ophthalmologists & biometrists-third edition)*: 21, SLACK, New Jersey, 1990.
 - 12) **Fyodorov SN, Galin MA, Linksz A**: Calculation of the optical power of intraocular lens. *Invest Ophthalmol* 14: 625—628, 1975.
 - 13) **Binkhorst RD**: The optical design of intraocular lens implants. *Ophthalmic Surg* 6: 17—31, 1975.
 - 14) **Hoffer KJ**: Biometry of 7500 cataractous eyes. *Am J Ophthalmol* 90: 360—368, 1980.
 - 15) **Ochi T, Gon A, Kora Y, Kawai K, Fukado Y**: Intraocular lens implantation and high myopia. *J Cataract Refract Surg* 14: 403—408, 1988.
-