

短眼軸長眼の眼内レンズパワー計算式

高良由紀子¹⁾, 西原 仁²⁾, 稲富 誠²⁾, 小出 良平²⁾, 小沢 哲磨³⁾, 金子 雅信⁴⁾

¹⁾浜松医療センター眼科, ²⁾昭和大学医学部眼科学教室,

³⁾横浜通信病院, ⁴⁾株式会社ニコン

要 約

眼軸長 22.5 mm 未満の短眼軸長眼 217 眼における眼内レンズパワー計算式の精度を SRK, SRK II, SRK/T, S-SRK, BINKHORST 式を用いて比較した。その結果, S-SRK 式が予想屈折度の誤差 ± 1 ジオプトリー (D) 未満に 68% の症例が納まり, 最も良好な結果が得られた。眼軸長の範囲を 22 mm 未満 88 眼 (21 mm 未満は 1 眼) とした場合では, 誤差 ± 1 D 未満に納まった症例は 74% となった。S-SRK 式は, 眼軸長 21 mm 以上 22 mm 未満の症例により適応があると考えられた。次に, A 定数の

異なる 3 種の眼内レンズ別に S-SRK 式の精度を比較した。A 定数は前房深度を加味して作られており, 短眼軸長眼では, 光学的に前房深度の違いが屈折度に与える影響が通常の眼軸長に比べ大きいと予想されたが, 今回の検討では, A 定数の違いによる有意差はみられなかった。(日眼会誌 99: 1186—1189, 1995)

キーワード: 短眼軸長眼, 眼内レンズパワー計算式, A 定数

Intraocular Lens Power Calculation for Short Eye

Yukiko Kora¹⁾, Hazime Nishihara²⁾, Makoto Inatomi²⁾,
Ryohei Koide²⁾, Tetsuma Ozawa³⁾ and Masanobu Kaneko⁴⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, Hamamatsu medical center

²⁾Department of Ophthalmology, Showa University School of Medicine

³⁾Yokohama Teishin Hospital

⁴⁾Nikon Corporation

Abstract

The accuracy of intraocular lens power calculation formulas for short eyes was examined. We examined 217 eyes with an axial length of shorter than 22.5 mm, with postoperative visual acuity of 0.5 or more, and postoperative astigmatism of less than ± 2 D. Five formulas were tested for accuracy in prediction for postoperative refraction, the S-SRK, the SRK, the SRK II, the SRK/T, and the Binkhorst formulas. The best results were produced by the S-SRK formula which predicted 74% of the cases within ± 1 D error, if the axial length was shorter than 22 mm. The A-constant was also

examined to study the effect of postoperative refraction. The A-constant takes into consideration the depth of the anterior chamber lens, so that the differences in depth would be influenced for short eyes rather than regular eyes in prediction. However, there was no significant difference among the different A-constant groups. (J Jpn Ophthalmol Soc 99: 1186—1189, 1995)

Key words: Short eye, Intraocular lens power calculation, A-constant

I 緒 言

眼内レンズ挿入が白内障手術後の屈折矯正として一般化した現在, 患者の要求の程度も以前にも増して高いよ

うである。術後屈折度が患者の満足度に影響していることを日常経験することが多い。我々は, これまで, 眼軸長が平均より短い症例について, 眼内レンズパワー計算式の精度を検討してきた。短眼軸長眼においては, SRK 式

別刷請求先: 432 静岡県浜松市富塚町 328 浜松医療センター眼科 高良由紀子
(平成 7 年 3 月 16 日受付, 平成 7 年 7 月 3 日改訂受理)

Reprint requests to: Yukiko Kora, M.D. Department of Ophthalmology, Hamamatsu Medical Center.
328 Tomitsuka-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken 432, Japan

(Received March 16, 1995 and accepted in revised form July 3, 1995)

を使用すると予想より遠視となるので、これを短眼軸長眼に適応するように S-SRK 式($P=A-2.5L-0.9K+1.4-1.45R$, P : 挿入眼内レンズパワー, A : 定数, L : 眼軸長, K : 角膜屈折力, R : 屈折度)を報告¹⁾した。その際、S-SRK 式の短眼軸長の適応範囲についての検討が十分でなかったため、今回これについて検討し、他の計算式との比較も行った。さらに、 A 定数が異なる眼内レンズ別の S-SRK 式の予想屈折度の精度についても検討を行った。

II 実験方法

1. 対象

対象は、昭和大学附属病院眼科で平成 3 年 10 月から平成 5 年 5 月までの間に白内障手術、眼内レンズ挿入を行った眼軸長 22.5 mm 未満の 217 眼である。眼軸長分布を図 1 に示す。眼軸長 21 mm 未満のものは 1 眼であった。術後視力および術後屈折度は最終受診日の値を用いた。症例は、術後矯正視力が 0.5 以上で、かつ、術後乱視 2 ジオプトリー(D)未満のものを選んだ。術後屈折度は等価球面度数で計算した。経過観察期間は 1~43 か月で、平均 10 か月であった。白内障手術に超音波乳化吸引術を用いたものは 208 眼、計画的囊外摘出術を用いたものは 9 眼である。眼内レンズの種類の内訳は、メニコン社製 UV 26 T(以下、メニコン 1)77 眼、メニコン社製 S 105 BN(以下、メニコン 2)46 眼、参天社製 ORC UV 41(以下、ORC)79 眼、HOYA 社製 HOYA MC 10 TF 8 眼、キャノン社製シリコンレンズ AQ 2013 3 眼、アラガン社製 AMO PC 62 CN 2 眼、その他ファルマシ

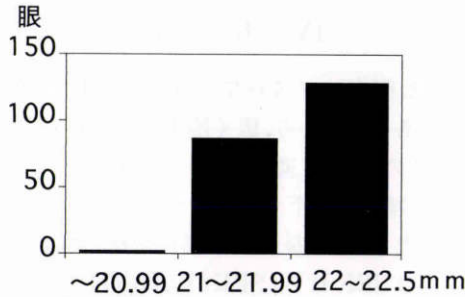


図 1 対象の眼軸長分布を示す。
横軸は眼軸長、縦軸は症例数を示している。

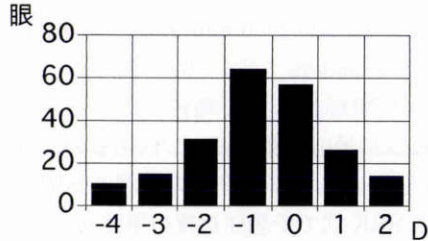


図 2 対象の術後屈折度分布を示す。

ア社製 715 E, IOPTEX 304-01 各 1 眼であった。予想屈折度を求めるために用いた計算式は、SRK²⁾, SRK II³⁾, SRK/T⁴⁾⁵⁾, S-SRK 式¹⁾, BINKHORST 式⁶⁾である。実際に手術に用いた眼内レンズパワーの値は、S-SRK 式で計算した希望する屈折度に近くなるような眼内レンズパワーを用いた。症例の術後屈折度の分布を図 2 に示す。

2. 方法

1) 方法 1

5 つの計算式(SRK²⁾, SRK II³⁾, SRK/T⁴⁾⁵⁾, S-SRK 式¹⁾, BINKHORST 式⁶⁾)を用いて各計算式の予想屈折度の値を計算し、それぞれの術後屈折度との差を求め、これを各計算式の予想屈折度の誤差(術後屈折度-予想屈折度)とした。誤差の平均値((術後屈折度-予想屈折度)/ N , N =症例数)、誤差の標準偏差、および誤差 ± 1 D, ± 2 D に納まった症例の割合(%)を調べた。S-SRK 式の予想屈折度の求め方は、SRK 式の予想屈折度の求め方($R=(A-2.5L-0.9K-P)/(0.0875A-8.55)$ ⁷⁾)を S-SRK 式に用いて、 $R=(A-2.5L-0.9K+1.4-P)/(0.0875A-8.55)$ と計算して求めた。

2) 方法 2

症例全体を眼軸長 22 mm 以上 22.5 mm 未満の 129 眼と 22 mm 未満の 88 眼に 2 グループに分け、各グループにおける 5 つの計算式の予想屈折度の精度を調べた。

3) 方法 3

A 定数が異なる眼内レンズ別の S-SRK 式の予想屈折度の精度について、短眼軸長眼において検討した。眼軸長 22 mm 未満の症例について 3 種類の眼内レンズ(メニコン 1: 33 眼, メニコン 2: 20 眼, ORC: 32 眼)別に S-SRK 式の予想屈折度の精度を比べた。

III 結果

1. 眼軸長 22.5 mm 未満の症例における 5 つの計算式の予想屈折度の精度

217 眼における 5 つの計算式の予想屈折度の精度を表 1 に示す。S-SRK 式の予想屈折度の誤差の平均値は -0.1 ± 1.11 D で、 ± 1 D 未満の誤差に 68%, ± 2 D 未満の誤差に 93% と 5 つの計算式の中では、最も多くの症例が

表 1 短眼軸長眼症例全体における 5 つの計算式の予想屈折度の精度

	誤差平均	標準偏差	誤 差	
			n=217	
			< ± 1 D	< ± 2 D
SRK	0.57 D	11.1 D	59%	93%
SRK II	0.93	1.10	52*	87*
SRK/T	0.58	1.17	62	90
S-SRK	-0.10	1.11	68	94
BINKHORST	1.61	1.49	33**	67**

* : S-SRK 式との間に $p<0.05$ で有意差(χ^2 検定)

** : S-SRK 式との間に $p<0.01$ で有意差

表 2 術後経過観察期間 6 か月以上の短眼軸長眼症例全体における 5 つの計算式の予想屈折度の精度

	誤差平均	標準偏差	n=108	
			誤 差	
			< ±1 D	< ±2 D
SRK	0.67 D	1.17 D	58%	92%
SRK II	0.91	0.80	47*	85**
SRK/T	0.63	1.28	60	90
S-SRK	-0.002	1.18	69	92
BINKHORST	1.61	1.58	34**	68**

* : S-SRK 式との間に $p<0.05$ で有意差 (χ^2 検定)
** : S-SRK 式との間に $p<0.01$ で有意差

表 3 眼軸長 22 mm 以上 22.5 mm 未満における各計算式の予想屈折度の精度

	誤差平均	標準偏差	n=129	
			誤 差	
			< ±1 D	< ±2 D
SRK	0.34 D	1.11 D	64%	93%
SRK II	1.00	1.09	47*	85*
SRK/T	0.46	1.19	65	89
S-SRK	-0.34	1.09	64	94
BINKHORST	1.45	1.43	39**	71**

* : S-SRK 式との間に $p<0.05$ で有意差 (χ^2 検定)
** : S-SRK 式との間に $p<0.01$ で有意差

納まっている。S-SRK 式と SRK II, BINKHORST 式の結果の間には、 ± 1 D および ± 2 D 未満に納まった症例の割合に統計学的有意差がみられた ($p<0.05$, χ^2 検定)。

また、経過観察期間 6 か月以上の 108 眼についても同様の検討を行った(表 2)が、結果はほぼ同様であり、S-SRK 式の予想屈折度の誤差 ± 1 D 未満に納まった症例は 69%、 ± 2 D 未満に収まった症例は 92% であった。

2. 眼軸長の範囲の違いによる 5 種類の計算式の予想屈折度の精度

1) 眼軸長 22 mm 以上 22.5 mm 未満

表 3 に、5 つの計算式の結果を示す。S-SRK, SRK, SRK/T 式の 3 つの計算式では、予想屈折度の誤差 ± 1 D 未満に納まった症例は 64~65% と、ほぼ同様となった。SRK II 式では誤差 ± 1 D 未満に納まった症例は 47%、BINKHORST 式では 39% であった。S-SRK 式と SRK II, BINKHORST 式の結果の間には ± 1 D および ± 2 D 未満に納まった症例の割合に統計学的有意差がみられた ($p<0.05$, χ^2 検定)。

2) 眼軸長 22 mm 未満

1 眼を除き、このグループの眼軸長は 21 mm 以上あった。表 4 に、予想屈折度の精度の結果を示す。S-SRK 式の平均誤差は 0.25 ± 1.03 D、予想屈折度の誤差 ± 1 D 未満に納まった症例が 74% と最も多くみられた。S-SRK 式と他の 4 つの計算式(SRK II, BINKHORST, SRK/T, SRK 式)の結果の間には誤差 ± 1 D 未満に納

表 4 眼軸長 22 mm 未満における各計算式の予想屈折度の精度

	誤差平均	標準偏差	n=88	
			誤 差	
			< ±1 D	< ±2 D
SRK	0.90 D	1.02 D	52**%	92%
SRK II	0.83	1.09	58*	89
SRK/T	0.75	1.13	57*	91
S-SRK	0.25	1.03	74	93
BINKHORST	1.84	1.54	25**	63**

* : S-SRK 式との間に $p<0.05$ で有意差 (χ^2 検定)
** : S-SRK 式との間に $p<0.01$ で有意差

表 5 眼内レンズ別の S-SRK 式の精度

	n	A 定数	誤差平均	標準偏差	誤 差	
					< ±1 D < ±2 D	
					< ±1 D	< ±2 D
メニコン 1	33	117.5	-0.23 D	0.81 D	85%	94%
メニコン 2	20	119.0	0.65	0.83	65	95
ORC	32	116.7	0.32	1.12	72	91

まった症例の割合に統計学的有意差がみられた ($p<0.05$, χ^2 検定)。

3. A 定数の異なる眼内レンズ別の S-SRK 式の精度 (表 5)

眼軸長 22 mm 未満の症例の中からメニコン 1 : 33 眼、メニコン 2 : 20 眼、ORC : 32 眼の眼内レンズ別に S-SRK 式の予想屈折度の精度を比較した。誤差 ± 2 D 未満に納まったものは 3 つの眼内レンズのグループにおいて、いずれも 90% 以上の症例が納まっている。誤差 ± 1 D 未満に納まった症例は、メニコン 1 が最も多く 85% であったが、3 グループの間に統計学的有意差はない ($p>0.05$, χ^2 検定)。

IV 考 按

SRK 式は、眼内レンズパワー計算式として、簡便で精度が良好であることから、広く臨床に用いられてきた。しかし、回帰式の性質上、通常より長い眼軸長や短い眼軸長の症例では、精度が低下することが指摘されてきた。その欠点を補うため、眼軸長が短い場合や長い場合にも適応できるような SRK II 式、SRK/T 式が新しい改良式として発表された。我々もまた、術後屈折度と挿入眼内レンズパワーから回帰法を用いて SRK 式を修正し、長眼軸長眼のための L-SRK 式⁸⁾、短眼軸長眼のための S-SRK 式¹⁾を報告した。

S-SRK 式は眼軸長 22.5 mm 未満の症例を対象として作製したが¹⁾、Sanders ら³⁾は SRK II 式の中で眼軸長 22 mm 以下を短眼軸長として報告している。そこで、今回は、S-SRK 式の適応範囲をどこで区切るのが適切かを含めて検討を行った。まず、全体の症例を SRK, SRK II, SRK/T, S-SRK 式で予想屈折度の精度を比較した。前回の報告と同様に¹⁾S-SRK 式で計算した予想屈折度で

は、 ± 1 D 未満の誤差に 68%, ± 2 D 未満の誤差に 94% と最も多くの症例が納まり、SRK II, BINKHORST 式の結果との間には統計学的有意差がみられた ($p < 0.05$, χ^2 検定)。今回の対象は、術後経過観察期間が 1~43 か月とばらつきがあり、術後最終受診日の屈折度を術後屈折度として用いて計算した。経過観察期間が長期間の症例群と、症例全体の間には異なる結果が生じる可能性がある。そこで、術後経過観察期間 6 か月以上の症例 108 眼について同様の検討を行ったが、5 つの計算式の結果にはほぼ同じで (表 1, 2), S-SRK 式と SRK II 式, BINKHORST 式との間に有意差がみられたことも同様であった。次に、この同じ症例を眼軸長 22 mm 未満と 22 mm 以上 22.5 mm 未満の 2 つのグループに分けた。そうすると、眼軸長 22 mm 未満の症例では、S-SRK 式が誤差 ± 1 D 未満に 74% とやはり最も多くの症例が納まった。

全体の症例の中では、誤差 ± 1 D 未満に納まった症例の割合の統計学的有意差は SRK II, BINKHORST 式の間のみで有意差がみられたのに対し、眼軸長 22 mm 未満では、他の 4 つの計算式すべてに対し、有意に良好な成績が得られた。眼軸長 22 mm 以上の症例では、SRK, SRK/T, S-SRK 式の精度は誤差 ± 1 D 未満にいずれも 64~65% の症例が納まり、差はみられなかった。この 3 つの式の中で、SRK/T 式は複雑な理論式であるので、臨床に簡便に使用しにくいのが欠点である。ところで、今回の対象となった症例は、一例を除き眼軸長 21 mm 以上の症例ばかりである。これは、21 mm 未満の症例は、症例数が少ないことに加え、生来の強度遠視のためか、術後視力が不良な場合が多く、対象症例として矯正視力 0.5 以上の条件を満たせなかったことも一因としている。したがって、S-SRK 式の適応範囲として、現時点では 21 mm 以上 22 mm 未満が妥当と考える。今後症例数が増加すれば、さらに 21 mm 未満の症例について検討が必要である。

以上のことから、計算式を臨床に用いるときに、従来の SRK 式を眼軸長 22 mm 以上の症例に用い、22 mm 未満の症例で S-SRK 式を使用すると、簡便で良い結果が得られると思われる。

計算式が算出する予想屈折度をより正確なものとするためには、一連の SRK 式に用いられている A 定数の精度も重要である。今回特に、A 定数の異なる眼内レンズ別に、S-SRK 式の予想屈折度および誤差を短眼軸長眼で調べた理由は、図 3 に示すように光線追跡法で計算すると、理論的には眼軸長が短いほど前房深度が屈折度と与える影響が大きい。A 定数は、眼内レンズの形状から予想される前房深度を加味して決められているので、短眼軸長眼では A 定数の違いが予想屈折度に影響しやすい

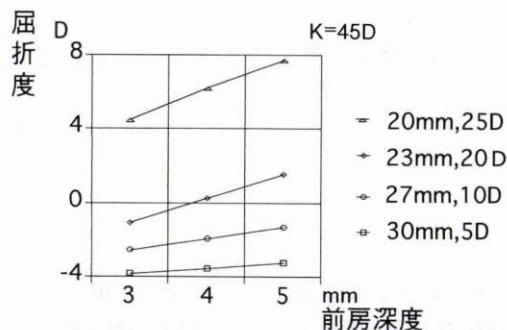


図3 眼軸長の違いによる前房深度と屈折度の関係。

1) 眼軸長 20 mm, 眼内レンズパワー 25 D (ジオプリー), 2) 眼軸長 23 mm, 眼内レンズパワー 20 D, 3) 眼軸長 27 mm, 眼内レンズパワー 10 D, 4) 眼軸長 30 mm 眼内レンズパワー 5 D の条件で、前房深度と光線追跡法で計算した予想屈折度の関係を示す。角膜屈折力は 45 D で計算している。

のではないかと考えた。しかし、結果 3 にみられるように、眼内レンズの違いにより予想屈折度の精度は有意な差はみられなかった。今回の症例は、短眼軸長眼の症例で、症例数も少ないので、単純に各社の A 定数の妥当性を述べることはできない。A 定数の精度と短眼軸長眼との関係については、今後症例数を増加させてさらに検討をする必要があると考える。

文 献

- 1) 高野 馨, 高良由紀子, 大倉理恵, 谷口重雄, 稲富誠, 深道義尚, 他: 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.
- 2) Sanders DR, Kraff MC: Improvement of intraocular lens power calculation using empirical data. AIOIS J 6: 263—267, 1980.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC: Lens implant power calculation, a manual for ophthalmologists & biometrists. SLACK, New Jersey 33: 27—34, 1990.
- 6) Binkhorst RD: The optical design of intracocular lens implants. Ophthalmic Surg 6: 17—31, 1975.
- 7) Ewan JM: IOLSTAT—a program for comprehensive intraocular lens equation comparison with statistical analysis. J Cataract Refract Surg 12: 543—547, 1986.
- 8) 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.