

角膜屈光手术后人工晶状体屈光力的计算

郭海科 金海鹰 张洪洋

Calculation of intraocular lens power after corneal refractive surgery

Guo Haike, Jin Haiying, Zhang Hongyang, Department of Ophthalmology, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangzhou 510080, China

Abstract Objective To evaluate the accuracy of different formulas for the calculation of intraocular lens (IOL) power.

Methods Postoperative study was carried out in 18 cataractous eyes after corneal refractive surgery. Cornea topography was measured by Orbscan II Z. Corneal power at 3 mm central cornea was calculated by Total Axial Power (K_T) and Keratometric Axial Power (K_K). An optimized IOL power calculation formula was developed to calculate IOL power and compared with Holladay 2, Holladay, Hoffer Q and SRK/T. Predict postoperative refractions were calculated with different calculating formulas. Prediction error (PE) was calculated by actual postoperative refraction subtracted by predicted refraction calculated by IOL formulas. PE and absolute value of prediction error (AE) from different formulas were evaluated and compared by Bivariate comparisons. Corneal power after IOL implantation was back-calculated using both (K_{back}) and Holladay 2 formula (K_{backH}) using actual postoperative refraction. K_{back} and K_{backH} were compared with K_T and K_K under the Bivariate comparison. **Results** PE by our method and Holladay 2 was $(0.17 \pm 0.51) D$, $(0.20 \pm 0.45) D$ respectively, showing a significantly lower PE than that of Holladay, Hoffer Q and SRK/T ($1.77 \pm 0.83 D$, $0.75 \pm 0.51 D$ and $2.06 \pm 0.86 D$ respectively) ($P < 0.05$). The AE by our method and Holladay 2 was $(0.49 \pm 0.18) D$, $(0.46 \pm 0.16) D$ respectively and lower than that of Holladay, Hoffer Q and SRK/T ($1.77 \pm 0.83 D$, $0.78 \pm 0.47 D$ and $2.06 \pm 0.86 D$, respectively) ($P < 0.05$). K_{back} value ($36.07 \pm 2.15 D$), K_{backH} value ($36.13 \pm 2.06 D$) and K_T value ($36.24 \pm 1.84 D$) were lower than K_K ($37.92 \pm 2.25 D$) ($P < 0.01$). **Conclusion** Our method and Holladay 2 formula provide reliable results for IOL power calculation after corneal refractive surgery. Orbscan can offer reliable corneal refractive power measurement for eyes after corneal refractive surgery. The combination of Orbscan and our formula appear to be a satisfying approach to determination of IOL power in the eye following corneal refractive surgery.

Key words cataract; intraocular lens power; corneal refractive surgery

摘要 目的 探讨角膜屈光手术后不同人工晶状体 (IOL) 屈光力计算公式的准确性及 Orbscan 对角膜屈光力测量准确性和对 IOL 屈光力计算准确性的影响。 **方法** 以 Orbscan II Z 对 18 例角膜屈光手术后白内障患者的角膜屈光力进行检查, 分析角膜中央直径 3 mm 区域的角膜总体屈光力 (K_T) 与角膜地形图屈光力 (K_K); 根据高斯光学理论推导优化的 IOL 屈光力计算公式, 应用 SRK/T、Hoffer Q、Holladay、Holladay 2 与本公式分别计算 IOL 屈光力和 IOL 植入眼屈光状态的预测值 ($RE_{predict}$), 以 IOL 植入眼的实际屈光状态 (RE_{post}) 为标准, $RE_{predict}$ 与 RE_{post} 的差异为预测误差 (PE), PE 的绝对值为绝对预测误差 (AE), 比较不同计算公式的 PE 与 AE 的差异; 将 RE_{post} 分别代入 IOL 屈光力计算公式与 Holladay 2 公式回推计算角膜屈光力的理论值, 比较本公式计算所得角膜屈光力 (K_{back})、Holladay 2 公式的计算值 (K_{backH}) 与 K_T 、 K_K 的差异。 **结果** IOL 屈光力计算公式、Holladay 2 的 PE 值 (D) 均小于 Holladay、Hoffer Q、SRK/T 公式的 PE 和 AE, 均小于其他计算公式 ($P < 0.05$), IOL 屈光力计算公式与 Holladay 2 公式比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。 K_{backH} 值、 K_{back} 值与 K_T 值间的比较差异无统计学意义, 但均小于 K_K 值 ($P < 0.05$)。应用 K_T 计算 IOL 屈光力产生的 AE 小于 K_K 产生的 AE。 **结论** 本公式与 Holladay 2 公式测试角膜屈光手术后 IOL 的屈光力较为准确; Orbscan 分析所得角膜中央直径 3 mm 区域 K_T 可获得较为准确的结果, K_T 联合本公式或 Holladay 2 公式计算 IOL 屈光力可得到较为准确的计算结果。

关键词 白内障; 人工晶状体屈光力; 角膜屈光手术

分类号 R 772 R 776 R 776.1 文献标识码 A 文章编号 1003-0808(2009)02-0144-05

确性降低。Holladay 2 公式是公认的解决该难题的较好方法^[3-4],但其作者仅提供了该公式的商用计算软件,未公布公式的内容。(2)角膜屈光手术改变了角膜的解剖结构,使传统的角膜屈光力检测仪器的准确性降低。国外文献报道了多种校正角膜屈光力测量误差的方法,但这些方法需要屈光手术的相关参数。对于丢失参数的患者目前尚无良好的解决方法。本文针对这些难点提出了相应的解决方案,应用该方案对 18 例角膜屈光手术后白内障患者的 IOL 屈光力进行计算,并对计算误差进行分析,现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

以 2003 年 6 月~2006 年 5 月在我院就诊或外院会诊的 18 例接受过角膜屈光手术的白内障患者为研究对象,男 10 例,女 8 例;年龄 30~57 岁,平均(46.45 ± 9.34)岁。其中接受放射状角膜切开手术(radial keratotomy, RK)6 眼,接受准分子激光屈光性角膜表面切削术(photorefractive keratectomy, PRK)5 眼,接受准分子激光原位角膜磨镶术(laser in situ keratomileusis, LASIK)6 眼,接受 RK 手术后再次行 PRK 手术 1 眼。接受角膜屈光手术至白内障超声乳化手术的时间为 3~18 年,平均(11.39 ± 4.38)年。A 型超声测量眼轴 25.29~29.81 mm,平均(27.41 ± 1.55) mm。所有患者就诊时均未能提供角膜屈光手术前后的眼屈光状态及角膜屈光手术的矫正量。

1.2 角膜屈光力与眼轴的测量

采用 Orbscan II Z 眼前节分析系统测量获得角膜地形图,以 Orbscan II Z 分析程序中的两种方法计算角膜屈光力:(1)角膜地形图屈光力(keratometric axial power, K_k),与传统角膜地形图相同,根据角膜前表面曲率半径计算角膜屈光力($K_k = 337.5/R$, R 为角膜前表面曲率半径);(2)角膜总体屈光力(total axial power K_T),分别测量角膜前后表面的曲率半径,根据高斯光学公式计算角膜的总体屈光力。对 Orbscan II Z 的测量结果进行分析,得出角膜中央直径 3 mm 范围的 K_k 与 K_T ,分别将 K_k 与 K_T 代入不同的公式计算 IOL 的屈光力。以 A 型超声检测仪测量眼轴长度(AL)、前房深度(ACD)与晶状体厚度(LT)。

1.3 IOL 屈光力与各参数的计算

根据高斯光学理论推导出 IOL 屈光力的计算公式(公式 2-1~2-4),根据 Olson 发表的多元回归公式估算人工晶状体有效位置(effective lens position, ELP,即将角膜与 IOL 各作为一薄透镜时,两者间的距

离)^[5](公式 1-1~1-6),推导出根据 IOL 植入手术后眼实际的屈光状态(RE_{post}),回推计算角膜屈光力理论值(K_{back})与 ELP 的理论值(ELP_{back})的计算公式(公式 3-1~3-2,公式 4-1~4-5),该计算方法已编写为计算机软件。将测量参数代入公式计算得出 IOL 的屈光力;并计算手术后人工晶状体眼屈光状态的预测值($RE_{predict}$)。

以 Holladay IOL Consultant 人工晶状体计算软件(2.50.3129e)为对照,应用该软件程序中 SRK/T、Hoffer Q、Holladay 和 Holladay 2 公式分别计算 IOL 屈光力与 $RE_{predict}$ 。采用透明角膜切口超声乳化技术摘出白内障,囊袋内植入折叠 IOL,术后随访观察眼屈光状态、视力,随访时间 6 个月以上。手术后眼的屈光状态(RE_{post})与 $RE_{predict}$ 间的差异为预测误差(PE),PE 的绝对值为绝对预测误差(AE)。应用本公式回推计算 K_{back} ,以 Holladay IOL Consultant 软件根据 Holladay 2 公式回推计算角膜屈光力的理论值(K_{backH})。计算步骤如下。

(1) 计算 ELP

$$R_{preOP} = \frac{337.5}{K_{preOP}} \dots\dots\dots \text{公式 1-1}$$

$$D = \frac{1}{2} \times WTW \dots\dots\dots \text{公式 1-2}$$

$$r = D + 10\% \times D \dots\dots\dots \text{公式 1-3}$$

$$H = R_{preOP} - \sqrt{R_{preOP}^2 - r^2} \dots\dots\dots \text{公式 1-4}$$

$$ELP = ACD_{const} + a \cdot ACD + b \cdot AL + c \cdot H + d \cdot LT + e \dots\dots\dots \text{公式 1-5}$$

$$a = 0.5, b = 0.1, c = 0.15, d = 0.2, e = -5.11$$

$$ACD_{const} = \frac{0.5663 \times A_{const} - 65.600 + 3.595^{[6]}}{0.9704} \dots\dots\dots \text{公式 1-6}$$

参数说明:ELP:人工晶状体有效位置; R_{preOP} :屈光手术前角膜前表面曲率半径; K_{preOP} :屈光手术前角膜的屈光力,如 K_{preOP} 无法获得则取角膜屈光力的平均值 43.81 D^[7]。 ACD_{const} :IOL 的前房深度常数,由人工晶状体生产厂家提供,也可根据 IOL 的 A 常数计算(公式 1-6)。 A_{const} :IOL 的 A 常数;WTW:角膜白到白的距离;AL:眼轴长度;ACD:前房深度;LT:晶状体厚度;H:角膜高度;a、b、c、d 为多元回归公式的系数;e:偏移量,在角膜屈光手术后 IOL 计算时为 -5.11,可根据 RE_{post} 进行调整,具体方法见公式 4-1~4-5 与公式 5-1。

(2) IOL 屈光力、IOL 植入术后眼屈光状态的预测值计算

IOL 屈光力计算:

$$K_1 = K + \frac{RE_{target}}{1 - 0.012 \cdot RE_{target}} \dots\dots\dots \text{公式 2-1}$$

$$IOL = \frac{1\ 336(1\ 000\ n_v - AL \cdot K_1)}{(AL - ELP) \cdot (1\ 336 - ELP \cdot K_1)} \dots\dots\dots \text{公式 2-2}$$

人工晶状体眼屈光状态的预测值计算:

$$K_2 = \frac{1\ 336[1\ 000\ n_v - IOL_{implant1}(AL - ELP)]}{1\ 336 \cdot AL - IOL_{implant1} \cdot ELP \cdot (AL - ELP)} \dots\dots\dots \text{公式 2-3}$$

$$RE_{predict} = \frac{K_2 - K}{1 + 0.012(K_2 - K)} \dots\dots\dots \text{公式 2-4}$$

参数说明:K:角膜屈光力;K₁:过程参数;K₂:过程参数;RE_{target}:IOL 植入术后眼的目标屈光状态;n_v:玻璃体的屈光指数,通常为 1.336,在玻璃体腔注入填充物时应为填充物的屈光指数,主要适用于硅油眼;IOL:计算所得 IOL 屈光力;IOL_{implant1}:拟植入 IOL 的屈光力;RE_{predict}:人工晶状体眼屈光状态的预测值。

(3)根据手术后眼的实际屈光状态(RE_{post})回推计算角膜屈光力(K_{back})

$$K_3 = \frac{1\ 336[1\ 000\ n_v - IOL_{implant2}(AL - ELP)]}{1\ 336AL - IOL_{implant2} \cdot ELP \cdot (AL - ELP)} \dots\dots\dots \text{公式 3-1}$$

$$K_{back} = K_3 - \frac{RE_{post}}{1 - 0.012 \cdot RE_{post}} \dots\dots\dots \text{公式 3-2}$$

参数说明:K₃:过程参数;K_{back}:回推计算角膜屈光力的理论值;IOL_{implant2}:实际植入 IOL 的屈光力;RE_{post}:手术后人工晶状体眼的屈光状态。

(4)根据 RE_{post}回推计算 ELP

$$K_4 = K + \frac{RE_{post}}{1 - 0.012 \cdot RE_{post}} \dots\dots\dots \text{公式 4-1}$$

$$A = IOL_{implant2} \cdot K_4 \dots\dots\dots \text{公式 4-2}$$

$$B = -(IOL_{implant2} \cdot AL \cdot K_4 + 1\ 336 \cdot IOL_{implant2}) \dots\dots\dots \text{公式 4-3}$$

$$C = 1\ 336(IOL_{implant2} \cdot AL + AL \cdot K_4 - 1\ 000\ n_v) \dots\dots\dots \text{公式 4-4}$$

$$ELP_{back} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4A \cdot C}}{2A} \dots\dots\dots \text{公式 4-5}$$

参数说明:

K₄、A、B、C 均为过程参数;ELP_{back}:回推计算所得人工晶状体有效位置。

(5)公式的优化

简单优化(计算 ELP 的偏移量 e):

$$e = ELP_{back} - (ACD_{const} + a \cdot ACD + b \cdot AL + c \cdot H + d \cdot LT) \dots\dots\dots \text{公式 5-1}$$

复杂优化:

$$ELP_{back} = ACD_{const} + a \cdot ACD + b \cdot AL + c \cdot H + d \cdot LT + e \dots\dots\dots \text{公式 5-2}$$

根据公式 5-2 对数据进行多元线型回归,分别得出 a、b、c、d、e 的优化值。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 10.0 统计学软件进行统计学分析。采用多因素方差分析比较不同计算公式 PE 与 AE 的差异;采用多因素方差分析比较 K_K、K_T、K_{backH}、K_{back} 的差异;采用配对样本 t 检验比较 K_K、K_T 对不同计算公式 AE 的影响。

2 结果

2.1 不同计算公式计算准确性的比较

白内障手术后眼屈光状态为 -1.25 ~ 0.75 D,平均 -0.36 ± 0.64 D。本公式与 Holladay 2 公式计算产生的 PE(t = -0.78, P = 0.45)与 AE(t = 0.37, P = -0.95)差异无统计学意义,其余各公式比较差异均具有统计学意义,两公式的 PE 与 AE 均小于其他公式(表 1)。

2.2 角膜屈光力测量的准确性

K_T与 K_{backH}、K_{back} 比较差异无统计学意义,K_{back}、K_{backH} 与 K_T 的平均值均小于 K_K,差异具有统计学意义(P < 0.05)(表 2)。

表 1 不同计算公式的 PE 与 AE 的比较

Table 1 Comparison of PE and AE measured by different methods

	PE(D)		AE(D)		Distribution of AE(%)				
	Average	Range	Average	Range	<0.5 D	≥0.5, <1	≥1, <1.5	≥1.5, <2	≥2
SRK/T	2.06 ± 0.86 ^{bc}	0.43 - 3.06	2.06 ± 0.86 ^{bc}	0.43 - 3.06	11.11	0	0	33.33	55.56
Hoffer Q	0.75 ± 0.51 ^{bc}	-0.12 - 1.45	0.78 ± 0.47 ^{bc}	0.12 - 1.45	33.33	33.33	33.33	0	0
Holladay	1.77 ± 0.83 ^{bc}	0.42 - 2.95	1.77 ± 0.83 ^{bc}	0.42 - 2.95	11.11	11.11	11.11	33.33	33.33
Holladay 2	0.20 ± 0.45	-0.50 - 0.76	0.46 ± 0.16	0.21 - 0.76	58.33	41.67	0	0	0
Our method	0.17 ± 0.51	-0.82 - 0.62	0.49 ± 0.18	0.19 - 0.82	41.67	58.33	0	0	0
F	15.70		21.43						
P	<0.01		<0.01						

^bP < 0.05 vs respective Holladay 2, ^cP < 0.05 vs respective our method (Multiple-way ANOVA, SNK-q test)

表 2 K_K 、 K_T 、 K_{backH} 与 K_{back} 的比较
Table 2 Comparison of K_K , K_T , K_{backH} and K_{back}

	Average (D)	Range (D)
K_K	37.92 ± 2.25	34.25 - 42.50
K_T	36.24 ± 1.84 ^b	33.10 - 39.55
K_{backH}	36.13 ± 2.06 ^b	32.81 - 39.96
K_{back}	36.07 ± 2.15 ^b	32.64 - 39.99
F	35.27	
P	< 0.01	

^bP < 0.05 vs K_K value (One-way ANOVA, SNK-q test)

2.3 不同角膜屈光力分析方法对 IOL 屈光力计算准确性的影响

分别应用 K_K 与 K_T 计算 IOL 屈光力与 AE, 结果显示应用 K_K 计算 IOL 屈光力, 各公式产生的误差高于应用 K_T 产生的误差 (表 3)。

表 3 K_K 、 K_T 对不同计算公式计算准确性的影响 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 The AE of K_K and K_T under the different formulas ($\bar{x} \pm s$)

Average (D)	AE of different methods (D)					
	SRK/T	Hoffer Q	Holladay	Holladay 2	Our method	
K_K	37.92 ± 2.25	3.42 ± 0.80	2.35 ± 0.63	3.21 ± 0.83	1.85 ± 0.62	1.83 ± 0.67
K_T	36.24 ± 1.84	2.06 ± 0.86	0.78 ± 0.47	1.77 ± 0.83	0.46 ± 0.16	0.49 ± 0.18
t	-11.40	11.74	12.20	11.16	10.36	8.08
P	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

(Paired t test)

3 讨论

随着角膜屈光手术的广泛开展, 眼科医师在未来的几年内将面临大量的接受过屈光手术的白内障患者。国外的临床资料显示接受过此手术的患者在 IOL 植入术后常发生显著的远视性屈光误差^[8-11]。屈光手术后 IOL 屈光力计算的误差主要来源于计算公式的误差与角膜屈光力的测量误差。本研究对这两个主要误差进行了分析并提出了相应的解决方案。

3.1 计算公式的误差与解决

尽管对于角膜屈光手术后的白内障患者 IOL 理论计算公式的准确性高于回归公式, 研究表明大多数理论公式的准确性仍然不够理想^[8-11]。理论公式是将角膜与 IOL 各作为一理想的薄透镜推导得出的公式, 其准确性主要取决于对 ELP 估算的准确性。ELP 无法测量得出, 可通过多元回归公式根据眼轴长度 (AL)、前房深度 (ACD)、晶状体厚度 (LT)、人工晶状体的设计因素及眼前节的几何参数 (角膜高度, H) 等估算^[5,12]。现有理论公式的缺点主要有: (1) 对 ELP

估算的准确性低。主要原因有两点, 其一为估算 ELP 所用的参数少, 其二是混淆了角膜中央区屈光力与角膜平均屈光力, 角膜是非球面的几何体, 中央区与周边区角膜的屈光力存在差异, 中央区的角膜屈光力在人工晶状体眼的光学系统中起屈光作用, 角膜的平均屈光力用于估算 ELP (公式 1-4)。屈光手术后角膜中央区与周边区的曲率的差异增加, 如果未将两者区分开, 就会增加 ELP 的计算误差^[13]。(2) 公式表达错误 (如 Holladay 公式^[14])。混淆了角膜屈光力与角膜曲率的概念, 根据 $R = 337.5/K$ 将光学公式中的角膜屈光力 (K) 替换为角膜曲率 (R), 角膜屈光手术后 K 与 R 的换算关系发生改变可引起计算误差。(3) 以常数 1.336 作为玻璃体腔屈光间质的屈光指数, 不能分析玻璃体腔被其他屈光间质如硅油填充后眼屈光状态的变化。(4) 缺少回推计算 ELP 的方案, 无法根据手术后眼实际屈光状态对公式进行优化。(5) 缺少计算 K_{back} 的方案, 由于 K_{back} 是角膜屈光力的理论值, K_{back} 与手术前角膜屈光力的差异是评价角膜屈光力测量方法的重要指标, 因此传统计算公式无法评价角膜屈光力检查方法的准确性。

针对以上的不足, 作者推导得出新的计算公式并进行了如下改进: (1) 以 Olson 等^[5]报道的多元回归公式估算 ELP, 提高了 ELP 计算的准确性。(2) Aramberri^[13]、Wang 等^[15]的研究均表明, 双 K 值法 (double-K method) 可提高角膜屈光手术后 IOL 屈光力计算的准确性。本公式亦采用了双 K 值法 (公式 1-1 ~ 公式 1-4), 减少了应用角膜曲率估算角膜高度引起的误差。(3) 根据几何光学重新推导计算公式, 在光学公式中以 K 取代 R, 以可变的常数 n_1 取代玻璃体屈光指数 1.336, 可计算玻璃体腔屈光间质改变对 IOL 屈光力计算的影响。(4) 建立了计算 ELP_{back} 与 K_{back} 的方案, 可对公式进行优化。我们已将该公式编写为计算机软件, 使计算过程更为简便。

研究表明对于角膜屈光手术后的白内障患者, 该方法产生的 PE 与 AE 均低于除 Holladay 2 以外的其他计算公式。国外的研究表明, Holladay 2 公式对于计算角膜屈光手术后 IOL 的屈光力较为准确, Packer 等^[3]以 Holladay 2 公式对 20 例角膜屈光手术后白内障 IOL 进行了计算, 80% 患者术后眼屈光状态在 ±0.5 D 以内, Argento 等^[4]以 Holladay 2 公式对 7 例 RK 手术后 IOL 屈光力进行了计算, 手术后眼屈光状

态平均为(0.19 ± 1.01) D。本公式与 Holladay 2 公式比较无显著性差异。两公式产生 AE 均分布在 1.0 D 以内,进一步表明该公式具有较好的准确性。

角膜屈光手术后白内障患者尚不多见^[3-4,11,15], 本研究的 18 个病例样本的研究结果均较理想,作者希望本公式在发表后得到更多的临床验证。

3.2 角膜屈光力的检测误差与解决方法

角膜屈光手术后角膜屈光力的检测误差主要源于角膜前后表面曲率关系的改变(激光角膜屈光手术)与角膜中央与周边曲率差异的增大(RK 手术)^[1]。基于反射原理检测角膜屈光力的仪器(角膜地形图与角膜曲率计)是根据前表面曲率估算后表面的曲率,无法检查角膜后表面曲率,因此测量准确性降低。国外文献报道了根据角膜屈光手术前后的临床数据对角膜地形图检查结果进行调整,可得到较为准确的结果,但这些方法的应用受到屈光回退、晶状体密度改变引起的眼屈光改变等诸多因素的限制^[10-11,16-20]。且本研究的患者就诊时均无法提供屈光手术的相关资料,给计算带来了困难。Orbscan 利用了裂隙灯的工作原理,取角膜光学切面进行计算机三维重建,根据角膜前后表面的曲率计算角膜的屈光力,是解决屈光手术后角膜屈光力测量的好方法。

本研究确定角膜屈光力的方法为分析 Orbscan 测量所得的角膜地形图,采用角膜中央区直径 3 mm 的总体屈光力(K_T),主要原因有:(1)角膜中央直径 3 mm 的区域为角膜的光学区,曲率较为均匀。(2) K_T 是 Orbscan 测量角膜前后表面曲率分析得出的结果,克服了常规角膜地形图(K_K)仅能分析角膜前表面曲率的缺点。Sonego-Krone 等^[19]与 Srivannaboon 等^[20]报道了应用 Orbscan 分析屈光手术后角膜的屈光力,结果较为准确。本研究将 Orbscan 对角膜屈光力的分析结果应用于 IOL 屈光力计算,显示 K_T 与公式回推计算得出的角膜屈光力的理论值(K_{back-H} 、 K_{back})无显著性差异,而 K_K 高于其他测量或计算所得结果,进一步研究表明应用 K_T 计算 IOL 的误差小于应用 K_K 产生的计算误差。

综上所述,角膜屈光手术后 IOL 计算准确性主要取决于两个因素:IOL 计算公式的准确性与角膜屈光力的测量准确性。表 3 显示了各因素对 IOL 计算准确性的影响,任一因素的误差增加均可导致 IOL 计算准确性降低,且各因素的误差可产生“叠加”效应,例如,选择 SRK/T 公式与角膜地形图测量结果,平均预测误差可达(3.42 ± 0.80) D。只有选择正确的计算公式与正确的角膜屈光力测量方法才可得到较为理想的计算结果。

参考文献

- 1 金海鹰,郭海科.有角膜屈光手术史患者的白内障手术[J].国外医学·眼科学分册,2002,26:42-45
- 2 Awwad ST,Dwarakanathan S,Bowman RW, et al. Intraocular lens power calculation after radial keratotomy:estimating the refractive corneal power [J]. J Cataract Refract Surg,2007,33:1045-1050
- 3 Packer M, Brown LK, Hoffman RS, et al. Intraocular lens power calculation after incisional and thermal keratorefractive surgery [J]. J Cataract Refract Surg,2004,30:1430-1434
- 4 Argento C, Cosentino MJ, Badoza D. Intraocular lens power calculation after refractive surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29 : 1346-1351
- 5 Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm [J]. J Cataract Refract Surg,1995,21(3):313-319
- 6 Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations [J]. J Cataract Refract Surg, 1997,23:1356-1370
- 7 Hoffer KJ. Biometry of 7500 cataract eyes [J]. Am J Ophthalmol,1980, 90:360-368
- 8 Koch DD, Liu JF, Hyde LL, et al. Refractive complications of cataract surgery after radial keratotomy [J]. Am J Ophthalmol, 1989, 108 : 676-682
- 9 Howard G, Sun R, Geoffrey BK. Refractive error in cataract surgery after previous refractive surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2000, 26 : 142-144
- 10 Seitz B, Langenbacher A, Nguyen NX, et al. Underestimation of intraocular lens power for cataract surgery after myopic photorefractive keratectomy [J]. Ophthalmology, 1999,106:693-702
- 11 Gimbel HV, Sun R. Accuracy and predictability of intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis [J]. J Cataract Refract Surg, 2001,27:571-576
- 12 Haigis W. The Haigis formula. // Shammam HJ. Intraocular lens power calculations [M]. Thorofare:SLACK,2003:41-57
- 13 Aramberri J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: Double-K method [J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29 : 2063-2068
- 14 Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculations [J]. J Cataract Refract Surg, 1988,14:17-24
- 15 Wang L, Booth MA, Koch DD. Comparison of intraocular lens power calculation methods in eyes that have undergone LASIK [J]. Ophthalmology,2004,111:1825-1831
- 16 Hamed AM, Wang L, Misra M, et al. A comparative analysis of five methods of determining corneal refractive power in eyes that have undergone myopic laser in situ keratomileusis [J]. Ophthalmology,2002, 109:651-658
- 17 Zeh WG, Koch DD. Comparison of contact lens overrefraction and standard keratometry for measuring corneal curvature in eyes with lenticular opacity [J]. J Cataract Refract Surg,1999,25:898-903
- 18 Mandell RB. Corneal power correction factor for photorefractive keratectomy [J]. J Refract Corn Surg,1994,10:125-128
- 19 Sonego-Krone S, Lopez-Moreno G, Beaujon-Balbi OV, et al. A direct method to measure the power of the central cornea after myopic laser in situ keratomileusis [J]. Arch Ophthalmol,2004,122:159-166
- 20 Srivannaboon S, Reinstein DZ, Sutton HF, et al. Accuracy of Orbscan total optical power maps in detecting refractive change after myopic laser in situ keratomileusis [J]. J Cataract Refract Surg,1999,25:1596-1599

(收稿:2007-10-17 修回:2008-08-20)

(本文编辑:高红)