

超声生物显微镜下两种非球面人工晶状体倾斜度和偏心量的比较

张小宝, 谭 浅, 江海波, 刘 丹, 李彦秀

作者单位: (410008) 中国湖南省长沙市, 中南大学湘雅医院眼科
作者简介: 张小宝, 硕士, 住院医师, 研究方向: 白内障。
通讯作者: 谭浅, 教授, 主任医师, 研究方向: 白内障及青光眼。
Tanqianxy99@163.com
收稿日期: 2014-03-10 修回日期: 2014-05-28

Comparison of tilt and decentration of two aspheric intraocular lens by ultrasonic biomicroscope

Xiao-Bao Zhang, Qian Tan, Hai-Bo Jiang, Dan Liu, Yan-Xiu Li

Department of Ophthalmology, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410008, Hunan Province, China

Correspondence to: Qian Tan. Department of Ophthalmology, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410008, Hunan Province, China. Tanqianxy99@163.com

Received: 2014-03-10 Accepted: 2014-05-28

Abstract

• AIM: To compare the differences of tilt and decentration of two aspheric posterior chamber intraocular lens (PC-IOL) implantation by ultrasonic biomicroscope (UBM).

• METHODS: Thirty-seven patients (45 eyes) underwent cataract surgery were distributed to two groups randomly. Group A was implanted with Akreos AO (Bausch & Lomb; four-haptic) while group B implanted with ZCB00 (Abbott Medical Optics, Inc. AMO; two-haptic). All eyes underwent standard phacoemulsification with intraocular lens implantation. Diameter of capsulotomy was recorded. One month postoperatively, vision, best-corrected visual acuity (BCVA) assessment, slit lamp examination, and anterior chamber depth (ACD) measured by UBM were performed. Tilt and decentration were measured horizontally and vertically, and total tilt and decentration were calculated by geometry method.

• RESULTS: No statistical difference was found in BCVA and diameter of capsulotomy between two groups ($P > 0.05$). The mean ACD of group A and group B were $3.86\text{mm} \pm 0.31\text{mm}$ and $4.14\text{mm} \pm 0.31\text{mm}$ respectively, which showed it had statistically significant difference ($P < 0.05$). Horizontal decentration, vertical decentration and total decentration of group A were $0.15\text{mm} \pm 0.09\text{mm}$, $0.15\text{mm} \pm 0.12\text{mm}$ and $0.22\text{mm} \pm 0.12\text{mm}$ respectively, while it were $0.22\text{mm} \pm 0.21\text{mm}$, $0.14\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$, $0.29\text{mm} \pm 0.22\text{mm}$ for group B. Horizontal tilt, vertical tilt and total tilt of group A were $0.63^\circ \pm 0.62^\circ$, $0.89^\circ \pm 0.85^\circ$ and $1.22^\circ \pm 0.76^\circ$, while it were $1.36^\circ \pm 1.48^\circ$, $1.46^\circ \pm 1.62^\circ$ and $2.21^\circ \pm 1.97^\circ$ for group B. No statistically significance was found in tilt and decentration between group A and group

B, no matter horizontally or vertically or totally ($P > 0.05$).

• CONCLUSION: Two-haptic IOL shows no difference in tilt and decentration with four-haptic IOL postoperatively.

• KEYWORDS: tilt; decentration; ultrasonic biomicroscope; posterior chamber intraocular lens

Citation: Zhang XB, Tan Q, Jiang HB, et al. Comparison of tilt and decentration of two aspheric intraocular lens by ultrasonic biomicroscope. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2014;14(7):1231-1235

摘要

目的: 用超声生物显微镜观察两种非球面人工晶状体在囊袋内植入后倾斜度和偏心量的差异。

方法: 选取白内障患者 37 例 45 眼随机分为两组: A 组植入 Akreos AO 后房型人工晶状体(美国博士伦公司, 四襻型); B 组植入 ZCBOO 后房型人工晶状体(美国眼力健公司, 两襻型)。所有患者均行标准白内障超声乳化吸取联合人工晶状体植入术, 记录手术中的撕囊口直径。术后 1mo 记录视力及最佳矫正视力、行常规裂隙灯检查, 并利用超声生物显微镜测量前房深度, 得到水平方位和垂直方位的倾斜度、偏心量, 并计算人工晶状体总的倾斜度和偏心量。

结果: 两组在撕囊口直径及术后最佳矫正视力的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。A 组和 B 组前房深度平均值分别为: ($3.86 \pm 0.31\text{mm}$) 和 ($4.14 \pm 0.31\text{mm}$), 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。A 组在水平方向上的偏心量、垂直方向上的偏心量和总偏心量平均值分别为 ($0.15 \pm 0.09\text{mm}$), ($0.15 \pm 0.12\text{mm}$) 和 ($0.22 \pm 0.12\text{mm}$), 在水平方向上的倾斜度、垂直方向上的倾斜度和总倾斜度平均值分别为 $0.63^\circ \pm 0.62^\circ$, $0.89^\circ \pm 0.85^\circ$ 和 $1.22^\circ \pm 0.76^\circ$; B 组在水平方向上的偏心量、垂直方向上的偏心量和总偏心量平均值分别为 ($0.22 \pm 0.21\text{mm}$), ($0.14 \pm 0.15\text{mm}$) 和 ($0.29 \pm 0.22\text{mm}$), 在水平方向上的倾斜度、垂直方向上的倾斜度和总倾斜度平均值分别为 $1.36^\circ \pm 1.48^\circ$, $1.46^\circ \pm 1.62^\circ$ 和 $2.21^\circ \pm 1.97^\circ$ 。两组人工晶状体水平方向和垂直方向上的偏心量及倾斜度差异无统计学意义, 总的偏心量及倾斜度差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

结论: 两襻设计的人工晶状体和四襻设计的人工晶状体在术后的倾斜度和偏心量无差别。

关键词: 倾斜度; 偏心量; 超声生物显微镜; 后房型人工晶状体

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2014.07.14

引用: 张小宝, 谭浅, 江海波, 等. 超声生物显微镜下两种非球面人工晶状体倾斜度和偏心量的比较. 国际眼科杂志 2014; 14(7): 1231-1235

0 引言

白内障摘除联合人工晶状体植入术发展数十年以来, 手术技术不断改进, 人工晶状体亦得到快速发展, 这一切

表1 两种非球面人工晶状体的参数

分组	IOL 类型	生产厂商	设计	光学部直径(mm)	长度(mm)	形状	襁成角(度)	材料	A 常数	球差值	襁数量
A 组	Akreos AO	美国博士伦公司	一片式	6	10.5~11.0	双凸	0	亲水性丙烯酸酯	118.0	0	4
B 组	ZCBOO	美国 AMO 公司	一片式	6	13	双凸	0	疏水性丙烯酸酯	118.4	-0.27	2

使得传统的白内障手术由防盲手术演变为屈光手术。人们不仅关注白内障术后的视力,同样也关注术后的视觉质量,如全程视力、是否存在眩晕、色觉如何等。人工晶状体倾斜和移位是白内障术后普遍存在的并发症,对越来越先进的人工晶状体发挥最好的视觉效果产生不利影响。术者娴熟的手术技巧当然是影响人工晶状体术后倾斜和偏心的重要因素,而除此之外,人工晶状体的设计及材料同样具有很大影响。研究者们对一片式和三片式人工晶状体^[1]、球面和非球面人工晶状体^[2]、不同的人工晶状体的材料^[3]对人工晶状体术后倾斜和偏心的影响进行了大量的研究。而据我们所知,目前还没有关于对人工晶状体襁数量对人工晶状体术后倾斜度和偏心量影响的研究。本试验通过比较临床上普遍使用的两种非球面人工晶状体来探讨不同襁数量设计的人工晶状体对人工晶状体倾斜和偏心产生的影响。

超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy,UBM)是临床上常用的眼前节检查设备,用其可以得到眼球在任何子午切面上的二维图像,可以用来测量人工晶状体的倾斜度及偏心量。然而,既往利用UBM来测量人工晶状体倾斜度和偏心量的研究均存在一个共同的缺陷,即以切面上的倾斜度和偏心量来代替人工晶状体的倾斜度和偏心量^[4,5],而事实上这样必然会导致较实际值较小的结果^[6]。我们的试验中,通过测量水平切面及垂直切面上的人工晶状体倾斜度及偏心量,并结合几何计算法,得到了人工晶状体在所有切面上的倾斜度和偏心量的最大值,减少了先前UBM研究中的误差。

1 对象和方法

1.1 对象 选取2013-06/12在湘雅医院眼科行白内障超声乳化吸取联合人工晶状体植入术的年龄相关性白内障患者37例45眼,其中男23例25眼,女14例20眼,年龄59~89(平均72.8)岁。排除标准:(1)并发性白内障;(2)外伤所致的白内障;(3)既往有内眼手术史;(4)术中发生囊膜撕裂者;(5)术后并发视网膜脉络膜脱离者;(6)无法充分平卧行UBM检查的患者。两种人工晶状体的参数见表1。

1.2 方法

1.2.1 分组 运用随机数字表方法将所有试验对象分为两组:A组植入Akreos AO(美国博士伦公司)后房型人工晶状体,共计17例22眼;B组植入ZCBOO(美国眼力健公司)后房型人工晶状体,共计20例23眼。

1.2.2 手术方法 手术均由同一操作熟练的医师完成。术前30min用复方托比卡胺滴眼液扩大瞳孔,4g/L奥布卡因表面麻醉3次,11:00位行3.0mm透明角膜切口,2:00位侧切刀行穿刺口,前房内注入玻璃酸钠(博士伦公司,爱维),连续环形撕囊,量取并记录撕囊口直径,水分离、分层,美国AMO公司超声乳化仪行超声乳化晶状体核,1/A抽吸晶状体皮质,自11:00位用推注器植入可折叠人工晶状体于囊袋内,1/A冲洗前房内残余玻璃酸钠。术后术眼常规使用妥布霉素地塞米松滴眼液(4次/d)、妥布霉素地塞米松眼膏(1次/晚)、普拉洛芬滴眼液(3次/d)。

1.2.3 检测方法 术后1mo行常规裂隙灯检查,记录视力

表2 两组人工晶状体撕囊口直径及前房深度的比较

分组	n	撕囊口直径	前房深度
A 组	22	6.07±0.36	3.86±0.31
B 组	23	6.28±0.50	4.14±0.31
Z		-1.29	-2.88
P		0.20	0.00

及最佳矫正视力,利用超声生物显微镜检查,测量前房深度、倾斜度和偏心量。UBM检查过程:患者取仰卧位,4g/L奥布卡因表面麻醉后植入合适大小的眼杯,杯子内倒入生理盐水,分别扫描水平方位和垂直方位,获取多张两个方位的二维图像。两个方位上各选取一张清晰的瞳孔为最大时的图像进行测量和计算,并各测量3次取平均值。前房深度为角膜后表面顶点至人工晶状体前表面的距离。以虹膜内皮层为参考线,分别测量人工晶状体主轴的两个端点至参考线的距离。以此得出人工晶状体在水平方向和垂直方向上的倾斜度和偏心量,并计算出人工晶状体平面的倾斜度和偏心量,见图1。其具体计算方法如下:在水平方向上,人工晶状体主轴长度记为 $E_{水平}$,其两个端点到参考线的距离分别为a,b;在垂直方向上,人工晶状体主轴长度记为 $E_{垂直}$,其两个端点到参考线的距离分别为c,d;水平方向和垂直方向的倾斜度分别记为 $\Phi_{水平}$ 、 $\Phi_{垂直}$,则由几何关系可得: $\sin\Phi_{水平} = \frac{a-b}{E_{水平}}$; $\sin\Phi_{垂直} = \frac{c-d}{E_{垂直}}$ 。人工晶状体的倾斜度为人工晶状体平面与虹膜平面的夹角,见图2。其计算方法如下: $\sin\alpha = \frac{AE}{E_{水平}}$; $\sin\Phi = \frac{b}{BC} = \frac{a}{AD}$,由此可得

$$E_{水平} \cdot \sin\alpha + \frac{b}{\sin\Phi} = \frac{a}{\sin\Phi}; \sin\alpha = \frac{a-b}{\sin\Phi \cdot E_{水平}} \text{①}$$

同理可以得出 $\sin(90^\circ - \alpha) = \frac{c-d}{\sin\Phi \cdot E_{垂直}} \text{②}$,由①②可以得出 $\sin\Phi = \frac{\sqrt{(a-b)^2 \cdot E_{垂直}^2 + (c-d)^2 \cdot E_{水平}^2}}{E_{水平}^2 \cdot E_{垂直}^2}$ 。人工晶状体的偏心量是其在水平方向和垂直方向的偏心量的平方和的算术平方根(图3),即 $D = \sqrt{D_{水平}^2 + D_{垂直}^2}$ 。

统计学分析:使用SPSS 19.0统计软件进行数据分析。两组间的视力的比较采用卡方检验,撕囊口直径、前房深度、倾斜度和偏心量采用两独立样本的Wilcoxon符号秩检验, $P < 0.05$ 视为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组术后最佳矫正视力 A组和B组术后1mo最佳矫正视力 ≥ 0.8 的眼数分别为17眼(77.2%)和19眼(82.6%),两组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 两组前房深度及撕囊口直径的比较 A组和B组的平均撕囊口直径和标准差分别为 $6.07 \pm 0.36\text{mm}$ 和 $6.28 \pm 0.50\text{mm}$,差异无统计学意义($P > 0.05$)。A组、B组前房深度平均值分别为 $3.86 \pm 0.31\text{mm}$ 和 $4.14 \pm 0.31\text{mm}$,差异有统计学意义($P < 0.05$,表2)。

表3 两组人工晶状体偏心量、倾斜度的比较

 $\bar{x} \pm s$

分组	n	$D_{\text{水平}}$ (mm)	$D_{\text{垂直}}$ (mm)	D (mm)	$\Phi_{\text{水平}}$ (度)	$\Phi_{\text{垂直}}$ (度)	Φ (度)
A组	22	0.15±0.09	0.15±0.12	0.22±0.12	0.63±0.62	0.89±0.85	1.22±0.76
B组	23	0.22±0.21	0.14±0.15	0.29±0.22	1.36±1.48	1.46±1.62	2.21±1.97
Z		-1.16	-0.26	-0.72	-1.86	-1.36	-1.68
P		0.25	0.79	0.47	0.06	0.17	0.09

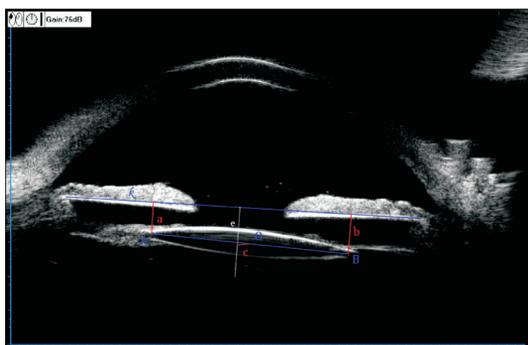


图1 UBM扫描图 直线k为经过虹膜色素上皮层的直线,作为参考线;AB为人工晶状体光学部直径的连线,其两个端点到参考线k的距离分别为a,b;线段e为k的垂直平分线;O为AB的中点,其到线段e的距离c即为人工晶状体的偏心量。

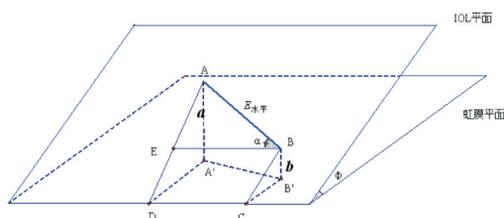


图2 UBM图像水平方向的示意图 上方的IOL平面和下方的虹膜平面的夹角 Φ 即为人工晶状体的倾斜角度,AB代表人工晶状体主轴,其两个端点到虹膜平面的距离分别为a,b, α 角为AB与两个平面相交线的夹角。

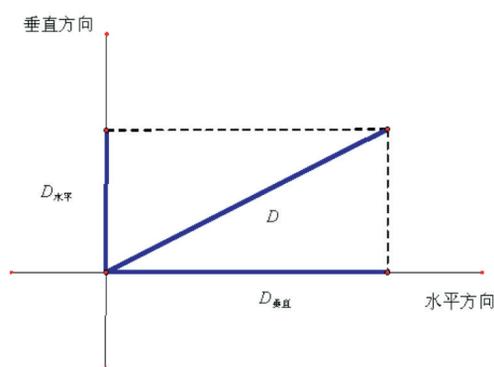


图3 偏心示意图 $D_{\text{水平}}$ 和 $D_{\text{垂直}}$ 分别代表水平方位和垂直方位的偏心量, D 为总偏心量)。

2.3 两组非球面晶状体的倾斜度、偏心量的比较 两组人工晶状体在水平方向和垂直方向上的偏心量及倾斜度差异无统计学意义,总的偏心量及倾斜度差异无统计学意义($P>0.05$,表3)。 $D_{\text{水平}}$ 、 $D_{\text{垂直}}$ 分别为人工晶状体水平方向和垂直方向上的偏心量, D 代表计算后总的偏心量; $\Phi_{\text{水平}}$ 、 $\Phi_{\text{垂直}}$ 分别为人工晶状体水平方向和垂直方向上的倾斜度, Φ 代表计算后的总倾斜度。

3 讨论

人工晶状体的倾斜是指人工晶状体光学部直径所在的平面与视轴的垂面所成的夹角,而人工晶状体的偏心量是指人工晶状体的光学部直径所在平面的圆心到视轴的距离。而事实上,这两个量为矢量,即不仅存在大小还存在方向。虽然目前我们可以利用 Purkinje 图像系统、超声生物显微镜等方法来测量人工晶状体的倾斜度和偏心量。但是利用这些方法,我们所直接得到的并不是实际意义上的人工晶状体的倾斜度和偏心量,只是某一个或几个切面上的倾斜度和偏心量^[7,8],而且无法准确得到倾斜和偏心的方向,以此来代替人工晶状体的倾斜度和偏心量具有一定的局限性,容易得出比实际值偏小的数据^[6]。而通过利用三维重建技术对前节相干光断层扫描图像进行三维重建,Wang等^[6]成功地得到可靠的人工晶状体的倾斜度和偏心量。前节OCT较UBM有许多优势,非接触性且能提供更高分辨率的图像,但其价格昂贵,在很多医疗机构尚无法普及,而UBM是临床普遍使用的眼前节检查设备。本研究利用UBM对人工晶状体水平方向和垂直方向进行扫描和数据测量,再通过几何计算,得到了类似基于眼前节OCT的三维重建的两平面的倾斜度及偏心量,为临床上利用UBM得到比较可靠的人工晶状体的倾斜度和偏心量提供了方法和依据。

影响人工晶状体倾斜和偏心的因素很多,其中最重要的是人工晶状体的放置方式和撕囊的方式及完整性。对于不对称放置的人工晶状体较对称放置的人工晶状体具有更大的偏斜和移位^[9]。在连续环形撕囊、信封式撕囊和开罐式撕囊中,连续环形撕囊在术后引起人工晶状体倾斜和偏心最少^[10]。完整居中的撕囊是人工晶状体正位性的必要条件,而当囊膜撕裂或囊袋支撑不完整时,人工晶状体更容易发生倾斜和偏心,Loya等^[5]的研究表明,在发生后囊膜撕裂后,56%眼发生了人工晶状体倾斜。通过利用飞秒激光行前囊膜撕囊,Szigeti等^[11]研究发现,6.0mm组在垂直和水平方向上人工晶状体的偏斜均高于5.5mm组。由此可见,不仅撕囊方式,撕囊口直径同样影响着术后人工晶状体的位置。本研究中,所有对象均采用连续环形撕囊,并将发生囊膜撕裂的情况时研究对象排除,且所有研究对象人工晶状体均放置于囊袋内,两组间的撕囊口大小差异无统计学意义,尽量减少除人工晶状体之外的因素对研究的影响。

为了指导临床选择及更好的人工晶状体设计,研究者们对人工晶状体的材料和设计对术后倾斜和偏心的影响

做了大量的研究。Hayashi 等^[3]研究表明,由原先 38% 的含水量减少为 18% 含水量的水凝胶材质的人工晶状体术后更不易发生人工晶状体倾斜和偏心,他还发现一片式和三片式丙烯酸人工晶状体在术后人工晶状体倾斜和偏心无差异^[1]。对于球面和非球面设计,以及单焦点设计和多焦点设计的人工晶状体,研究发现其在术后人工晶状体倾斜和偏心的差异无统计学意义^[2, 12]。Iwase 等^[13]的研究表明,虽然疏水性丙烯酸人工晶状体较亲水性丙烯酸人工晶状体更能抑制术后后发性白内障的发生,但两者在术后人工晶状体倾斜和偏心方面无差异。本研究结果显示,四个襻设计的 Akreos AO 人工晶状体与两个襻设计的 ZCBOO 人工晶状体在术后表现出相似的倾斜度和偏心量,其差异没有统计学意义。对于人工晶状体的材料及设计,之前的多数研究发现其对人工晶状体术后的倾斜度和偏心量影响较小。本研究的结果体现出了相似的结论。但是从图 4 的箱式图可以看出,不论是对倾斜度还是偏心量,ZCBOO 组较 Akreos AO 组表现出更多更大的离群值,可见 ZCBOO 人工晶状体比 Akreos AO 人工晶状体更容易发生较大的倾斜和偏心,这可能与四襻设计的 Akreos AO 较两襻设计的 ZCBOO 与囊袋拥有更多的接触面积有关。

本研究的结果还表明,术后 1mo 时 ZCBOO 组的前房深度比 Akreos AO 组的前房深度大,差异具有统计学意义。这个结果与之前的研究相吻合^[14]。研究表明,人工晶状体的 A 常数越大与术后的前房深存在线性相关,A 常数越大则术后前房深度越大。再者,疏水性材料相对于亲水性材料,其与后囊膜贴附会更加紧密,这可能也是 ZCBOO 组比 Akreos AO 组的前房深度更大的原因之一。

值得一提的是不管哪种方法测量倾斜和偏心,我们需要注意到各种方法均存在测量误差,如 Rosales 等^[15]利用 purkinje 图像系统在人工晶状体和正常的晶状体观察到了相似的倾斜和移位。因此,对术后人工晶状体倾斜和移位的测量数据分析中,轻度的倾斜和移位可能只是因为测量方法本身带来的误差,不应该看作是人工晶状体的不正位。本研究的误差主要来自于两个方面,其一是测量方法本身的误差:我们在计算总倾斜度和偏心量的前提是得到水平和垂直方向上的图像,而利用 UBM 得到的二维图像必然与实际上两个方向上的图像有偏差,并且扫描的图像是否经过瞳孔正中心也存在偏差。其二是,检查者主观上带来的误差:对扫描的图像进行测量时,由于对参考线、人工晶状体主轴等的选择上主观性较强,不同的检查者对同一张图像可能得到不同的数据,另外测量过程涉及到做垂线、中线等,其中也存在误差。在对所得到的的图像进行实际的测量操作中,我们可以发现,对偏心量的测量需要更多的测量步骤,并且所测的偏心量绝大多数都在 1mm 以下,而 UBM 对距离的测量精确度有限,因此对偏心量的测量容易造成更大的人为误差。本研究所有对象在两个方向均多次扫描,并选取最清晰瞳孔最大时的图像进行测量和计算,且采用多次测量取平均值的方法来尽量减少这方面的误差。

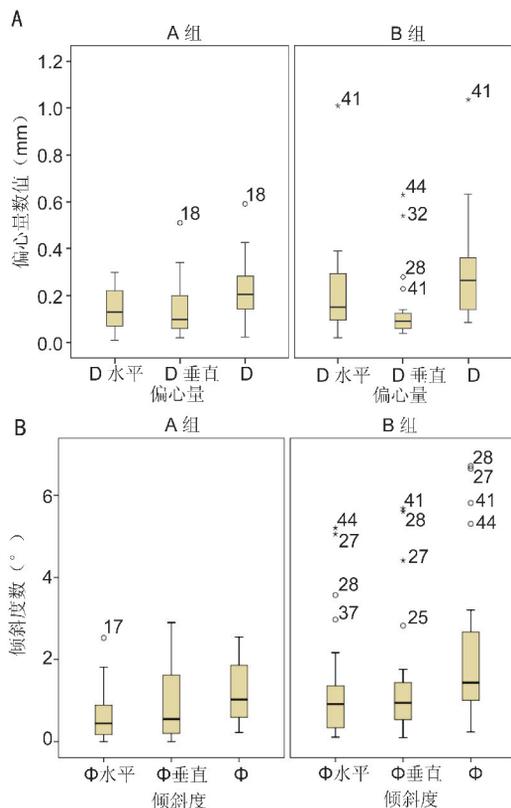


图 4 A: 两组人工晶状体偏心量箱式图; B: 两组人工晶状体倾斜度的箱式图。箱子的两端分别是上四分位数和下四分位数,中间横线是中位数,两端连线分别是出离群值外的最大值和最小值,圆圈代表 1.5 至 3 倍四分位数间距之间的异常值,实星代表大于三倍四分位数间距的异常值,数字为对象编号。

随着人们对白内障术后视觉质量预期的不断提高,白内障手术技术特别是人工晶状体的设计不断改进,非球面设计的人工晶状体因为能部分矫正角膜的正球差而被广泛引用于临床,另一批旨在为白内障患者术后提高最佳的视觉体验的人工晶状体,如多焦点人工晶状体、矫正角膜彗差的人工晶状体、光调节人工晶状体等被设计开发出来,并且逐渐应用于临床。然而,越是设计高端的人工晶状体,其对人工晶状体倾斜和偏心越敏感,有研究表明当移位超过 0.5mm 时,非球面人工晶状体和球面人工晶状体的视觉表现没有差别^[16],而对于矫正角膜散光的有晶状体眼人工晶状体,其位置的准确性尤其重要。因此未来可能需要对人工晶状体倾斜和偏心更加准确的测量方法,而且还能对倾斜和偏心的方向进行测量,并在此基础上研究其对视觉质量的影响。

参考文献

- Hayashi K, Hayashi H. Comparison of the stability of 1-piece and 3-piece acrylic intraocular lenses in the lens capsule. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(2):337-342
- Ohtani S, Miyata K, Samejima T, et al. Intraindividual comparison of aspherical and spherical intraocular lenses of same material and platform. *Ophthalmology* 2009;116(5):896-901
- Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, et al. Anterior capsule contraction and intraocular lens decentration and tilt after hydrogel lens implantation. *Br J Ophthalmol* 2001;85(11):1294-1297

- 4 Kumar DA, Agarwal A, Packialakshmi S, *et al.* In vivo analysis of glued intraocular lens position with ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(7):1017-1022
- 5 Loya N, Lichter H, Barash D, *et al.* Posterior chamber intraocular lens implantation after capsular tear: ultrasound biomicroscopy evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(9):1423-1427
- 6 Wang X, Dong J, Wang X, *et al.* IOL tilt and decentration estimation from 3 dimensional reconstruction of OCT image. *PLoS One* 2013; 8(3):e59109
- 7 Ang GS, Duncan L, Atta HR. Ultrasound biomicroscopic study of the stability of intraocular lens implants after phacoemulsification cataract surgery. *Acta Ophthalmol* 2012;90(2):168-172
- 8 Rosales P, De Castro A, Jimenez-Alfaro I, *et al.* Intraocular lens alignment from purkinje and Scheimpflug imaging. *Clin Exp Optom* 2010;93(6):400-408
- 9 Akkin C, Ozler SA, Mentis J. Tilt and decentration of bag-fixed intraocular lenses: a comparative study between capsulorhexis and envelope techniques. *Doc Ophthalmol* 1994;87(3):199-209
- 10 Oner FH, Durak I, Soylev M, *et al.* Long-term results of various anterior capsulotomies and radial tears on intraocular lens centration. *Ophthalmic Surg Lasers* 2001;32(2):118-123
- 11 Szigeti A, Kranitz K, Takacs AI, *et al.* Comparison of long-term visual outcome and IOL position with a single-optic accommodating IOL After 5.5- or 6.0-mm Femtosecond laser capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28(9):609-613
- 12 Dick HB, Schwenn O, Krummenauer F, *et al.* Refraction, anterior chamber depth, decentration and tilt after implantation of monofocal and multifocal silicone lenses. *Ophthalmologie* 2001;98(4):380-386
- 13 Iwase T, Nishi Y, Oveson BC, *et al.* Hydrophobic versus double-square-edged hydrophilic foldable acrylic intraocular lens: effect on posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(6):1060-1068
- 14 汤萍,张惠颖,王红. 人工晶状体植入术后前房深度的变化分析. *中华眼科杂志* 2006;1:32-36
- 15 Rosales P, Marcos S. Phakometry and lens tilt and decentration using a custom-developed Purkinje imaging apparatus: validation and measurements. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2006;23(3):509-520
- 16 Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Perez-Vives C, *et al.* Visual simulation through different intraocular lenses using adaptive optics: effect of tilt and decentration. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(6):947-958