

- [5] SIADAT F, MANSOOR M, HES O, et al. Kidney tumors: New and emerging kidney tumor entities[J]. Clin Lab Med, 2023, 43(2): 275-298.
- [6] KARATAY H, OZLUK Y, ALI DOGAN M, et al. Immunoeexpression of SDHB, FH, and CK20 among eosinophilic renal tumors: A tissue microarray study[J]. Ann Diagn Pathol, 2021, 54: 151788.
- [7] MUNARI E, SETTANNI G, CALIN A, et al. TSC loss is a clonal event in eosinophilic solid and cystic renal cell carcinoma: A multiregional tumor sampling study[J]. Mod Pathol, 2022, 35(3): 376-385.
- [8] TRPKOV K, HES O, BONERT M, et al. Eosinophilic, solid, and cystic renal cell carcinoma: Clinicopathologic study of 16 unique, sporadic neoplasms occurring in women[J]. Am J Surg Pathol, 2016, 40(1): 60-71.
- [9] XIA Q Y, WANG X T, ZHAO M, et al. TSC/MTOR-associated eosinophilic renal tumors exhibit a heterogeneous clinicopathologic spectrum[J]. Am J Surg Pathol, 2022, 46(11): 1562-1576.
- [10] 沈棋, 胡帅, 李峻, 等. 15 例 Xp11.2 易位/TFE3 基因融合相关性肾癌的临床病理特点分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2020, 14(2): 105-109.
- [11] 杨薇, 肖芹, 朱长仁, 等. Xp11.2 易位/TFE3 基因融合相关性肾细胞癌临床病理分析[J]. 肿瘤研究与临床, 2021, 33(10): 779-782.
- [12] GUO J, TRETIAKOVA M S, TROXELL M L, et al. Tuberous sclerosis-associated renal cell carcinoma: A clinicopathologic study of 57 separate carcinomas in 18 patients[J]. Am J Surg Pathol, 2014, 38(11): 1457-1467.

收稿日期: 2024-01-19

(本文编辑: 钟美春)

应用 iTrace 视功能分析仪测量白内障人群高阶像差的研究

潘苏琦, 姚红艳, 袁建树, 王云, 马蓉

【关键词】 白内障; iTrace; 高阶像差; Kappa 角; Alpha 角

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2024.06.028

【中图分类号】 R776.1 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2024)06-0800-04

白内障是世界上首位致盲性眼病^[1], 目前手术是唯一有效的根本解决办法。目前, 随着生活水平的提高, 白内障手术已经从复明手术转变为屈光性手术。在临床工作中, 常会有患者要求选择非球面人工晶体、散光人工晶体以及多焦点人工晶体(MIOL)。而这些多功能人工晶体往往要求临床医师对患者眼睛的高阶像差要有较好的掌握, 因此, 全面了解白内障人群角膜高阶像差的分布, 对白内障手术设计和术后视力质量评估具有重要意义。

通过使用波前像差分析仪, 临床医师可以获得更准确的高阶波前像差参数。由于使用的原理不同, 不同原理设备测量的波前像差值是不同的, 且像差仪的重复性在测量过程中可能受到调节微波动、泪膜不稳定性和眼球运动的影响, 而 iTrace 对角膜像差的重复性较好^[2]。故本研究使用 iTrace 视功能分析仪测量中国人群白内障的角膜散光、平均角膜曲率、Kappa 角、

Alpha 角、角膜及全眼球差 (Z_4^0)、彗差 (Z_3^{+1})、三叶草像差 (Z_3^{+3})、四叶草像差 (Z_4^{+4})、4 阶散光 (Z_4^{+2}) 等数据, 探讨分布规律及其之间的相关性, 为临床选择人工晶体提供重要的参考, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集 2018 年 4 月至 2020 年 1 月在宁波市眼科医院就诊的白内障患者 294 例共 541 眼, 其中男 146 例 265 眼, 女 149 例 276 眼; 年龄 39 ~ 94 岁, 中位数 64 岁。纳入标准: (1) 诊断为白内障患者, 且符合白内障手术适应证; (2) 术前最佳矫正视力 (BCVA) 均在 0.3 及以上。排除标准: (1) 患有其他眼部疾病, 如睑内翻倒睫、翼状胬肉、角膜病、晶状体脱位、糖尿病视网膜病变、黄斑变性、青光眼、弱视等; (2) 眼部既往有外伤史及手术史; (3) 患者配合差, 反复测量, 测量质量较差的数据; (4) 泪膜功能不稳定患者。本研究获得宁波市眼科医院医学伦理委员会批准, 所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2 方法 受检者在自然瞳孔状态下, 由同一位操

基金项目: 宁波市鄞州区农业和社会发展科技项目

作者单位: 315100 宁波, 宁波市眼科医院

通信作者: 袁建树, Email: nb6yyk@163.com

作熟练的医师应用 iTrace 视觉功能分析仪测量眼前节生物学参数,检查前未接受任何眼部药物,测量时多次瞬目后睁眼,尽量避免眼睑对角膜的遮挡及因泪膜不稳定造成的测量误差,仪器测量 3 次后取平均值或取重复性较好的数据。记录角膜散光、中央平均角膜曲率、Kappa 角、Alpha 角,中央 3 mm 光学区域及 6 mm 光学区域的角膜及全眼的波前像差值,高阶像差数值采用均方根值记录。

1.3 统计方法 采用 SPSS 26.0 统计软件进行分析,对所有测量结果均进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示,对于非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,采用 Mann-Whitney 秩和检验;相关性分析采用 Pearson 相关分析法。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般情况 患者瞳孔大小范围为 1.574 ~ 9.006 mm, 中位数为 4.530 mm。角膜中央散光度 0.051 ~ 4.839 D, 中位数 0.763 (0.417, 1.180) D。中央平均角膜曲率 40.047 ~ 50.080D, 中位数 43.808 (42.921, 44.887) D。Kappa 角大小 0.010 ~ 2.810 mm, 中位数为 0.246 (0.162, 0.347) mm, Alpha 角大小 0.001 ~ 1.034 mm, 中位数为 0.351 (0.211, 0.494) mm。

2.2 中央 3 mm 光学区大小角膜及全眼各项高阶像差比较 中央 3 mm 光学区范围内,角膜和全眼的高阶像差以慧差和三叶草像差为主,两组各项高阶像差差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

2.3 中央 6 mm 光学区大小角膜及全眼各项高阶像差比较 中央 6 mm 光学区范围内,角膜高阶像差以球差、慧差、三叶草像差为主,全眼高阶像差以慧差和三叶草像差为主,角膜球差明显高于全眼球差,两组各项高阶像差差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 2。

2.4 年龄与高阶像差及眼数据的相关性 年龄与 6 mm 光学区全眼球差呈弱负相关性,但与角膜球差不相关。除角膜球差外,年龄与大部分角膜高阶像差呈正相关,但年龄与大部分全眼高阶像差不相关。年龄与 Kappa 角和 Alpha 角均呈正相关,角膜散光与平均角膜曲率及大部分角膜像差呈正相关,见表 3。

3 讨论

由于人眼角膜和晶状体等屈光介质的微小不规则,当光线通过瞳孔不同部位时会产生相应的波前像差。人眼存在的像差有低阶像差和高阶像差。低阶像差包括近视、远视及散光,球差、彗差、三叶草像差、不规则散光等是高阶像差的主要成分。不同的年龄、屈光状态、眼部条件都会较大影响角膜的高阶

表 1 中央 3 mm 光学区大小角膜及全眼各项高阶像差比较

3 mm 高阶像差	角膜组($n=541$)	全眼组($n=541$)	U 值	P 值
$Z4^0$ 球差	0.018(0.013, 0.025)	0.025(0.010, 0.046)	116.59	< 0.05
$Z3^{+1}$ 慧差 0°	0.030(0.016, 0.053)	0.047(0.020, 0.095)	111.24	< 0.05
$Z3^{-1}$ 慧差 90°	0.018(0.009, 0.029)	0.034(0.014, 0.065)	93.05	< 0.05
$Z3^{+3}$ 三叶草 0°	0.032(0.015, 0.057)	0.045(0.019, 0.087)	119.05	< 0.05
$Z3^{-3}$ 三叶草 30°	0.018(0.008, 0.034)	0.034(0.017, 0.068)	95.27	< 0.05
$Z4^{+4}$ 四叶草 0°	0.006(0.003, 0.013)	0.018(0.007, 0.032)	75.09	< 0.05
$Z4^{-4}$ 四叶草 22.5°	0.006(0.003, 0.012)	0.020(0.008, 0.042)	70.66	< 0.05
$Z4^{+2}$ 4 阶散光 0°	0.004(0.002, 0.008)	0.014(0.006, 0.032)	65.46	< 0.05
$Z4^{-2}$ 4 阶散光 45°	0.007(0.003, 0.013)	0.019(0.008, 0.042)	77.35	< 0.05

表 2 中央 6 mm 光学区大小角膜及全眼各项高阶像差比较

6 mm 高阶像差	角膜组($n=541$)	全眼组($n=541$)	U 值	P 值
$Z4^0$ 球差	0.248(0.191, 0.302)	0.034(0.014, 0.079)	267.98	< 0.05
$Z3^{+1}$ 慧差 0°	0.142(0.060, 0.265)	0.062(0.027, 0.130)	200.49	< 0.05
$Z3^{-1}$ 慧差 90°	0.146(0.074, 0.224)	0.059(0.022, 0.125)	220.21	< 0.05
$Z3^{+3}$ 三叶草 0°	0.182(0.094, 0.313)	0.045(0.019, 0.087)	224.49	< 0.05
$Z3^{-3}$ 三叶草 30°	0.100(0.045, 0.190)	0.044(0.020, 0.094)	199.07	< 0.05
$Z4^{+4}$ 四叶草 0°	0.049(0.023, 0.094)	0.024(0.010, 0.052)	194.59	< 0.05
$Z4^{-4}$ 四叶草 22.5°	0.056(0.021, 0.105)	0.027(0.011, 0.059)	190.37	< 0.05
$Z4^{+2}$ 4 阶散光 0°	0.036(0.018, 0.062)	0.017(0.006, 0.042)	188.68	< 0.05
$Z4^{-2}$ 4 阶散光 45°	0.053(0.023, 0.090)	0.027(0.011, 0.062)	187.79	< 0.05

表3 年龄与高阶像差及眼数据的相关性

年龄	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	年龄	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
3 mm 角膜球差	0.062	> 0.05	3 mm 全眼球差	-0.029	> 0.05
3 mm 角膜慧差 0°	0.126	< 0.05	3 mm 全眼慧差 0°	0.015	> 0.05
3 mm 角膜慧差 90°	0.191	< 0.05	3 mm 全眼慧差 90°	0.019	> 0.05
3 mm 角膜三叶草 0°	0.247	< 0.05	3 mm 全眼三叶草 0°	0.065	> 0.05
3 mm 角膜三叶草 30°	0.116	< 0.05	3 mm 全眼三叶草 30°	0.098	< 0.05
3 mm 角膜四叶草 0°	0.242	< 0.05	3 mm 全眼四叶草 0°	0.102	< 0.05
3 mm 角膜四叶草 22.5°	0.158	< 0.05	3 mm 全眼四叶草 22.5°	0.052	> 0.05
3 mm 角膜 4 阶散光 0°	0.140	< 0.05	3 mm 全眼 4 阶散光 0°	0.120	< 0.05
3 mm 角膜 4 阶散光 45°	0.160	< 0.05	3 mm 全眼 4 阶散光 45°	0.069	> 0.05
6 mm 角膜球差	0.046	> 0.05	6 mm 全眼球差	-0.124	< 0.05
6 mm 角膜慧差 0°	0.048	> 0.05	6 mm 全眼慧差 0°	-0.079	< 0.05
6 mm 角膜慧差 90°	0.220	< 0.05	6 mm 全眼慧差 90°	-0.073	> 0.05
6 mm 角膜三叶草 0°	0.275	< 0.05	6 mm 全眼三叶草 0°	0.015	> 0.05
6 mm 角膜三叶草 30°	0.146	< 0.05	6 mm 全眼三叶草 30°	0.027	> 0.05
6 mm 角膜四叶草 0°	0.249	< 0.05	6 mm 全眼四叶草 0°	0.038	> 0.05
6 mm 角膜四叶草 22.5°	0.181	< 0.05	6 mm 全眼四叶草 22.5°	-0.024	> 0.05
6 mm 角膜 4 阶散光 0°	0.118	< 0.05	6 mm 全眼 4 阶散光 0°	0.068	> 0.05
6 mm 角膜 4 阶散光 45°	0.152	< 0.05	6 mm 全眼 4 阶散光 45°	-0.036	> 0.05
角膜散光度	0.003	> 0.05	Kappa 角	0.104	< 0.05
中央平均角膜曲率	0.045	> 0.05	Alpha 角	0.089	< 0.05

像差。高阶像差可能是影响白内障术后视觉质量恢复的因素之一^[3]。越来越多的医师及患者开始关注白内障术后视觉质量恢复的问题,所以,针对术后像差的研究越多,对测量的精度要求也越高。本研究利用 iTrace 视觉质量分析仪测量中央 3 mm 光学区范围和中央 6 mm 光学区范围的角膜及全眼的像差数据,并进行了分析。

当周边光线通过屈光介质后的折射程度与中央区域不同时,球面像差便因此而产生,有研究表明对于术后视觉质量影响最关键的是球面像差^[4]。在本研究中,中央 6 mm 光学区范围,角膜高阶像差中,球差中值为 0.248 μm (范围为 0.006 ~ 1.081 μm),与部分研究结果类似^[5-6]。但全眼的球差明显小于角膜球差,应是眼内晶状体等将总眼球差进行平衡的结果。Artal 等^[7]研究表明,随着年龄增长,角膜球差会稍有增加,但本研究结果显示角膜球差随着年龄增长变化不明显,不存在相关性($P > 0.05$),但年龄与全眼球差存在较弱的负相关性($P < 0.05$)。这说明随着年龄增长,内眼的改变往负球差缓慢变化,可能跟晶状体混浊进展有关,有待进一步研究。本研究结果显示角膜球差与角膜散光、平均角膜曲率也存在相关性,这可能是因为角膜散光及曲率增加,增加了光线的不规则折射,导致球差增加。

临床实践中,白内障手术医师可能会选择非球面人工晶体来中和术后角膜球差,从而提高对比敏感度和视觉质量^[8]。有研究表明,白内障术后残余约+0.1μm 对于术后的视觉质量更好^[9-10]。白内障术后眼内球差的主要来源为角膜,故白内障术后选择-0.20 ~ -0.15 负球差非球面人工晶体,术后残余部分正球差,可提高视觉质量。在没有条件测量角膜球差的情况下,以上球差的数值可作为参考,但角膜球差的个体差异性较大,在有条件测量时,建议需要按照球差个性化来选择非球面人工晶体的类型。

本研究结果显示,慧差、三叶草像差也是角膜及全眼高阶像差的重要组成部分,高阶像差在角膜及全眼差异有统计学意义($P < 0.05$)。在中央 6 mm 光学区中,角膜高阶像差明显大于全眼,由此表明内眼如晶状体等重要部位,在中和角膜高阶像差中起了重要的作用。但白内障手术晶状体摘除后,球差可通过人工晶体进行矫正,但其他高阶像差目前尚无有效办法进行矫正,这也是很多患者在行白内障术后视觉质量差的原因之一。若其他高阶像差较大,要关注患者视觉质量,并进行有效沟通,且慎重考虑 MIOL 植入。

由于多种因素的影响,角膜及眼内的高阶像差是不断变化的。本研究结果显示年龄与大部分除球差外的角膜高阶像差存在正相关性,但仅与小部分

全眼高阶像差存在正相关性。角膜散光与平均角膜曲率增加,也较易影响角膜及全眼的高阶像差值。像差的影响因素除了年龄,还有眼轴^[11]、屈光不正^[12]、角膜Q值^[13]等。由于影响因素较多,无法做出较为准确的预测,只能根据现有的规律进行推测。目前可预估如存在高龄、高散光或高角膜曲率者,高阶像差值相应偏大,白内障术后视觉质量会受到较大影响,此类患者应慎重考虑MIOL。

有研究表明,Kappa角被认为会导致MIOL植入术后出现光晕和眩光现象,甚至可以将Kappa角作为患者选择的决定性因素^[14]。Alpha角可能对术后视力产生重要影响,尤其是近视力^[15],近视力影响多焦点人工晶体的效果。本研究有部分眼睛Kappa角值、Alpha角值超过0.3 mm,对于MIOL植入术后的影响会较大,且Kappa角数值和Alpha角数值与年龄存在弱相关(均 $P < 0.05$)。这提示如患者年龄较轻但Kappa角数值和Alpha角数值已然较大,需考虑到患者年龄增长后会继续增加,故需要慎重考虑MIOL。

总之,波前像差分析是评价眼部光学质量的重要工具,在白内障手术日益精进的时代,指导人工晶体的选择,已不可或缺。本研究通过测量以上数据,研究数据之间的关系,阐述了白内障患者全眼及角膜高阶像差的分布规律。根据分布规律及变化规律可以指导白内障摘除后人工晶体的选择,对提升术后视力恢复及视觉质量有重要意义。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 高华,陈秀念,史伟云.我国盲的患病率及主要致盲性疾病状况分析[J].中华眼科杂志,2019,55(8):625-628.
- [2] WEI S, SONG H, TANG X. Correlation of anterior corneal higher-order aberrations with age: A comprehensive investigation[J]. Cornea, 2014, 33(5): 490-496.
- [3] KURODA T, FUJIKADO T, MAEDA N, et al. Wavefront analysis of higher-order aberrations in patients with cataract[J]. J Cataract Refract Surg, 2002, 28(3): 438-444.
- [4] YOON G, MACRAE S, WILLIAMS DR, et al. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery[J]. J Cataract Refract Surg, 2005, 31(1): 127-135.
- [5] BEIKO G H, HAIGIS W, STEINMUELLER A. Distribution of corneal spherical aberration in a comprehensive ophthalmology practice and whether keratometry can predict aberration values[J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(5): 848-858.
- [6] ZHOU S, CHEN X, ORTEGA-USOBIAGA J, et al. Characteristics and influencing factors of corneal higher-order aberrations in patients with cataract[J]. BMC Ophthalmol, 2023, 23(1): 313.
- [7] ARTAL P, BERRIO E, GUIRAO A, et al. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age[J]. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2002, 19(1): 137-143.
- [8] SANTHIAGO M R, NETTO M V, BARRETO J, et al. Wavefront analysis, contrast sensitivity, and depth of focus after cataract surgery with aspherical intraocular lens implantation[J]. Am J Ophthalmol, 2010, 149(3): 383-389.e2.
- [9] FERRER-BLASCO T. Effect of partial and full correction of corneal spherical aberration on visual acuity and contrast sensitivity[J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(5): 949-951.
- [10] BEIKO G H. Personalized correction of spherical aberration in cataract surgery[J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(8): 1455-1460.
- [11] SHIMOZONO M, UEMURA A, HIRAMI Y, et al. Corneal spherical aberration of eyes with cataract in a Japanese population[J]. J Refract Surg, 2010, 26(6): 457-459.
- [12] LLORENTE L, BARBERO S, CANO D, et al. Myopic versus hyperopic eyes: Axial length, corneal shape and optical aberrations[J]. J Vis, 2004, 4(4): 288-298.
- [13] ARBA MOSQUERA S, DE ORTUETA D. Correlation among ocular spherical aberration, corneal spherical aberration, and corneal asphericity before and after LASIK for myopic astigmatism with the SCHWIND AMARIS platform[J]. J Refract Surg, 2011, 27(6): 434-443.
- [14] QI Y Y, LIN J, LENG L, et al. Role of angle κ in visual quality in patients with a trifocal diffractive intraocular lens[J]. J Cataract Refract Surg, 2018, 44(8): 949-954.
- [15] CERVANTES-COSTE G, TAPIA A, CORREDOR-ORTEGA C, et al. The influence of angle alpha, angle kappa, and optical aberrations on visual outcomes after the implantation of a high-addition trifocal IOL[J]. J Clin Med, 2022, 11(3): 896.

收稿日期:2024-01-17

(本文编辑:陈志翔)