

基于扫频光学生物测量仪测量的角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角的相关性分析

李仔所, 何子涵, 周洁, 赵剑峰, 罗晓玲, 冯娅丽, 杨晨, 耿宇*

昆明医科大学第一附属医院眼科, 云南昆明, 650031

[中图分类号] R778.1 [文献标志码] A [DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1886.2025.0627

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 李仔所, 何子涵, 周洁, 等. 基于扫频光学生物测量仪测量的角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角的相关性分析[J]. 解放军医学杂志, 2025, 50(9): 1083-1088.

[收稿日期] 2024-11-19 [录用日期] 2025-01-31 [上线日期] 2025-06-27

[摘要] **目的** 采用新型扫频光学生物测量仪探讨健康人眼角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角之间的相关性。**方法** 本研究采用横断面研究方法, 收集2024年6—8月于昆明医科大学第一附属医院就诊的303只健康人眼(右眼148只, 左眼155只)。使用ZW-30扫频光学生物测量仪采集患者的晶状体倾斜角度、角膜映光点到瞳孔中心点的距离(κ 角), 以及角膜白到白(WTW)中心点的距离(α 角)。通过上述测量值与前房深度的比值, 分别计算 α 角和 κ 角的度数($^{\circ}$)及方向。利用Spearman相关分析和线性回归分析角膜 α 角、 κ 角与晶状体倾斜角的大小及方向之间的相关性。**结果** 测得右眼角膜 α 角、 κ 角和晶状体倾斜角大小和方向分别为: (0.54 ± 0.19) mm ($7.81^{\circ}\pm 3.88^{\circ}$), $194.43^{\circ}\pm 39.75^{\circ}$; (0.27 ± 0.23) mm ($4.72^{\circ}\pm 3.90^{\circ}$), $181.07^{\circ}\pm 79.59^{\circ}$; $5.52^{\circ}\pm 1.67^{\circ}$, $188.21^{\circ}\pm 25.73^{\circ}$ 。左眼角膜 α 角、 κ 角和晶状体倾斜角大小和方向分别为: (0.47 ± 0.27) mm ($8.12^{\circ}\pm 5.26^{\circ}$), $336.04^{\circ}\pm 46.64^{\circ}$; (0.26 ± 0.27) mm ($4.45^{\circ}\pm 4.80^{\circ}$), $322.86^{\circ}\pm 107.79^{\circ}$; $5.50^{\circ}\pm 1.61^{\circ}$, $340.65^{\circ}\pm 32.84^{\circ}$ 。Spearman相关性分析结果显示, 右眼角膜 α 角与晶状体倾斜角的相关系数分别为0.609(距离相关)、0.625(角度相关), κ 角为0.559(距离相关)、0.578(角度相关); 左眼角膜 α 角与晶状体倾斜角的相关系数为0.545(距离相关)、0.552(角度相关), κ 角为0.377(距离相关)、0.395(角度相关)。此外, 右眼角膜 α 角方向与晶状体倾斜角方向的相关系数为0.343, κ 角方向为0.284; 左眼角膜 α 角方向与晶状体倾斜角方向的相关系数为0.216, κ 角方向为0.198, 均有统计学意义($P<0.05$)。单因素线性回归分析结果显示, 晶状体倾斜度与角膜 α 角和 κ 角均呈正相关($P<0.05$)。**结论** 双眼角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角高度相关, 其中左、右眼角膜 α 角的相关性均大于 κ 角, 相关性以度数($^{\circ}$)表示优于以距离(mm)表示。在进行术前评估时, 建议参考以度数表示的角膜 α 角和 κ 角。

[关键词] 晶状体; 白内障; 眼视觉; 光学相干断层摄影术

Correlation of corneal α angle and κ angle with lens tilt angle using swept-source optical biometry

Li Zi-Suo, He Zi-Han, Zhou Jie, Zhao Jian-Feng, Luo Xiao-Ling, Feng Ya-Li, Yang Chen, Geng Yu*

Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650031, China

*Corresponding author, E-mail: gengyu@mail2.sysu.edu.cn

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (82360205), and the Reserve Talent Program for Young and Middle-Aged Academic and Technical Leaders(202405AC350057)

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation of corneal α angle and κ angle with lens tilt in normal human eyes using a new swept-source optical biometer. **Methods** A cross-sectional study was conducted, involving 303 healthy eyes (148 right eyes and 155 left eyes) of patients who visited the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University from June to August 2024. ZW-30 swept-source optical biometer was used to collect the lens tilt angle, κ angle (distance from the corneal light reflex to the pupil center), and α angle (distance from corneal light reflex to the corneal geometric center, which is the midpoint of the horizontal white

[基金项目] 国家自然科学基金(82360205); 云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目(202405AC350057)

[作者简介] 李仔所, 硕士研究生, 主要从事白内障与人工晶状体方面的研究

[通信作者] 耿宇, E-mail: gengyu@mail2.sysu.edu.cn

to white (WTW) diameter). The degrees ($^{\circ}$) and directions of κ angle and α angle were calculated by the ratio of the above measurements to the anterior chamber depth (ACD) respectively. Spearman correlation analysis and linear regression analysis were employed to evaluate the correlations between the magnitude and direction of corneal α angle, κ angle and lens tilt angle. **Results** The magnitude and direction of corneal α angle, κ angle, and lens tilt angle in the right eye were as follows respectively: (0.54 ± 0.19) mm ($7.81^{\circ} \pm 3.88^{\circ}$), $194.43^{\circ} \pm 39.75^{\circ}$; (0.27 ± 0.23) mm ($4.72^{\circ} \pm 3.90^{\circ}$), $181.07^{\circ} \pm 79.59^{\circ}$; $5.52^{\circ} \pm 1.67^{\circ}$, $188.21^{\circ} \pm 25.73^{\circ}$. For the left eye, the corresponding values were: (0.47 ± 0.27) mm ($8.12^{\circ} \pm 5.26^{\circ}$), $336.04^{\circ} \pm 46.64^{\circ}$; (0.26 ± 0.27) mm ($4.45^{\circ} \pm 4.80^{\circ}$), $322.86^{\circ} \pm 107.79^{\circ}$; $5.50^{\circ} \pm 1.61^{\circ}$, $340.65^{\circ} \pm 32.84^{\circ}$. Spearman's correlation analysis showed that the correlation coefficients between corneal α angle and lens tilt angle in the right eye were 0.609 (distance correlation) and 0.625 (angle correlation), while those for κ angle were 0.559 (distance correlation) and 0.578 (angle correlation). In the left eye, the correlation coefficients between corneal α angle and lens tilt angle were 0.545 (distance correlation) and 0.552 (angle correlation), and those for κ angle were 0.377 (distance correlation) and 0.395 (angle correlation). In addition, the correlation coefficient between the direction of corneal α angle and the direction of lens tilt angle in the right eye was 0.343, and that for κ angle direction was 0.284; in the left eye, the correlation coefficients were 0.216 (α angle direction) and 0.198 (κ angle direction), all with statistical significance ($P < 0.05$). Univariate linear regression analysis showed that lens tilt was positively correlated with both corneal α angle and Kappa angle ($P < 0.05$). **Conclusions** Corneal α angle and κ angle are highly correlated with lens tilt angle in both eyes, and the correlation of corneal α angle is stronger than that of κ angle in both left and right eyes. The correlation expressed by degree ($^{\circ}$) is better than that by distance (mm). It is recommended to refer to the corneal α angle and κ angle expressed in degrees during preoperative evaluation.

[Key words] lens tilt; cataract; vision; optical coherence tomography

人眼不是一个完美的光学系统,各光学部件之间存在不同的轴线与角度。临床上将固视点与黄斑中心凹的假想连线定义为视轴,其中角膜、晶状体光轴和瞳孔轴不与视轴完全重合,故产生了角膜 α 角、晶状体倾斜角(又称晶状体 α 角)和 κ 角^[1]。目前临床上多数眼生物学测量仪器只能获取角膜 α 角和 κ 角,晶状体倾斜角难以获取。随着测量仪器的进步和理论研究的深入,准确测量和应用这些眼生物学参数预测术后视觉质量,是精准屈光白内障手术的前提和基础,因此,更为精准的人眼光学轴线和角度越来越受到业界关注^[1]。 α 角是指视轴与光轴(包括角膜和晶状体的光轴)之间的夹角,它的产生可能与眼球旋转及晶状体倾斜等有关^[2-3]。 κ 角是指视轴与瞳孔轴之间的夹角,临床上通常用瞳孔中心在角膜平面上的点到角膜映光点之间的距离来表示,它可代表瞳孔的居中性。而晶状体倾斜角则是晶状体光轴与视轴的夹角^[4],它可代表晶状体及术后人工晶状体位置的居中性;多项研究显示,晶状体倾斜角与患者术后视觉质量密切相关^[5-8]。李姚玲等^[9]及Wang等^[10]均发现,晶状体倾斜度与 α 角呈正相关;但既往研究其 α 角及 κ 角一般以距离表示,实际上未考虑前房深度(anterior chamber depth, ACD)的影响。多项研究显示,晶状体倾斜度与ACD呈负相关,ACD值越大,晶状体倾斜度越小^[10-14]。因此,有必要将 α 角及 κ 角从距离转化为角度,这样可排除前房深度的影响,并观察这两项指标与晶状体倾斜度的相关性。

本研究采用扫频光学生物测量仪测量角膜 α 角、 κ 角及晶状体倾斜角,并对角膜 α 角、 κ 角进行线角

转换处理,旨在分析角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角的相关性以及数据线角转换后相关性强弱的变化,为临床术前功能性人工晶状体选择与评估提供参考,以提升术后视觉质量预测的准确性。

1 资料与方法

1.1 研究对象 本研究为横断面研究。选取2024年6—8月就诊于昆明医科大学第一附属医院眼科的303只健康人眼(右眼148只,左眼155只)。根据以下公式计算样本量(n):

$$n = 4 \left[\frac{(u_{\alpha} + u_{\beta})}{1 - r} \right]^2 + 3,$$

置信度为0.95,把握度为0.95;参照既往研究,取相关系数(r)为0.6,得出需要样本量应 ≥ 30 例。纳入标准:(1)双眼无任何外伤、角膜疾病或眼底疾病;(2)双眼晶状体居中性良好,无晶状体脱位等其他器质性疾病;(3)固视良好,能积极配合检查;(4)未佩戴隐形眼镜及应用任何眼药水;(5)视力 ≥ 0.2 。排除标准:(1)仪器扫描图片视轴、黄斑不明者,固视较差;(2)既往眼内手术史;(3)瞳孔直径 ≥ 4 mm;(4)因屈光间质混浊影响ZW-30测量;(5)干眼症患者(经过临床相关检查确诊)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,并获昆明医科大学第一附属医院伦理委员会审批(kmmu20240302),所有研究对象均知情同意。

1.2 检查方法 所有受试者均由同一位眼科医师进行测量,测量仪器选用扫频光学生物测量仪ZW-30(北京图湃医疗科技有限公司)。每位受试者均接受多次测量,取其中最稳定的一组数据纳入统计、处理。

1.3 数据处理

1.3.1 数据处理步骤 (1)将所选中数据导出至Excel

表, 导出内容包括ACD, 角膜 α 角[距离(mm)+极坐标]、 κ 角[距离(mm)+极坐标]和12张扫描图片中各自晶状体倾斜度(lens tilt); (2)提取12张扫描图片中的晶状体倾斜度最大值; (3)根据晶状体倾斜度最大值正负号判断倾斜角的倾斜方向, 采用最大倾斜角值和方向代替实际倾斜角大小和方向; (4)分别将角膜 α 角和 κ 角值除以ACD, 再将其结果转化为度($^{\circ}$)表示, 最终得到转化后的 α 角及 κ 角值; (5)对角膜 α 角、 κ 角、经过线角转换后的 α 角和 κ 角, 与晶状体倾斜角进行相关性分析。

1.3.2 数学原理 ZW-30是一款基于扫频光学相干断层扫描(SS-OCT)原理的生物测量仪。该仪器以角膜地形轴(corneal topography axis, CTA)为中心, 可从 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 、 105° 、 120° 、 135° 、 150° 、 165° 等12个方向对眼球进行扫描^[15](图1A), 最终可得到患者在 0° — 180° 每 15° 方向上共12个晶状体倾斜度, 其正负号代表在每个平面上所倾斜的方向。以 0° — 180° 方向扫描为例, 正角度为倾斜方向在 0° 方向, 而负角度则为倾斜方向在 180° 方向(图1B)。因此, 可利用12张扫描图片中倾斜度最大值, 并根据正负号判断其倾斜方向, 而理论上实际倾斜方向必定位于倾斜最大值 $\pm 7.5^{\circ}$ 以内, 且倾斜

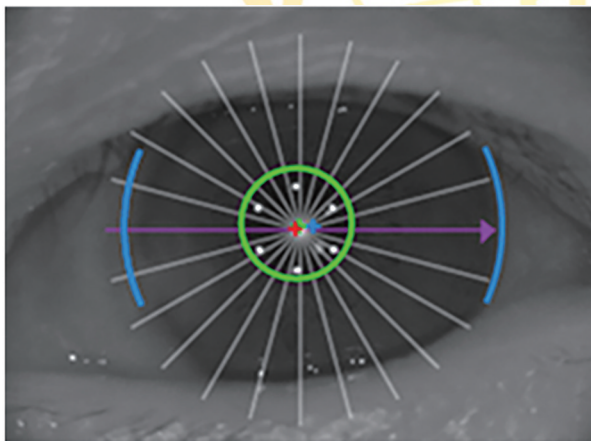
角最大值与实际倾斜角之间差距 $< 1\%$ 。这样便可用倾斜角最大值和方向来代替实际倾斜角大小及方向。详细推导过程见附件(<https://dx.doi.org/10.11855/j.issn.0577-7402.1886.2025.0627FJ>)。

本研究所选样本包括左、右眼, 在处理倾斜方向及角膜 α 角及 κ 角方向时, 对于右眼来说鼻侧为 0° 、颞侧为 180° , 而左眼则是颞侧为 0° 、鼻侧为 180° 。对于左眼来说, 270° — 359° 的数据和 0° — 90° 的数据实际上倾斜方向均朝向颞侧, 为方便后续数据统计分析, 对于左眼方向为 0° — 90° 的数据, 在进行数据处理时统一加上 360° 。因此, 左眼的部分数据 $> 360^{\circ}$ 。

1.4 统计学处理 采用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量数据采用Shapiro-Wilk检验均符合正态分布, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组间比较采用独立样本 t 检验。采用Spearman相关性分析角膜 α 角和 κ 角与晶状体倾斜角大小及方向的相关性; 单因素线性回归法分析整体样本角膜 α 角和 κ 角与晶体倾斜角的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

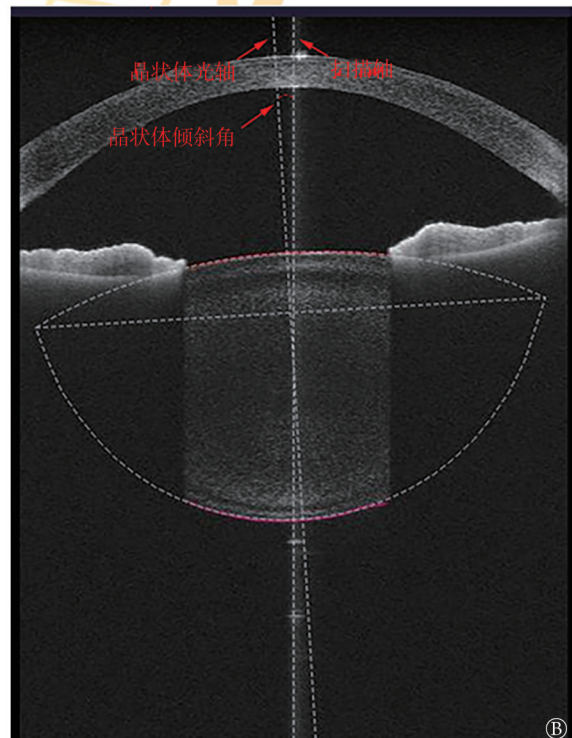
2 结 果

2.1 受试者人群特征 共纳入受试者155名(303眼), 其中男72名(46.5%), 女83名(53.5%); 年龄



瞳孔直径(PD)	3.49 mm
角膜直径(WTW)	11.69 mm
α 角	0.54 mm (9°)
κ 角	0.14 mm (41°)
视轴偏心距($lx, ly/Px, Py$)	(0.54, 0.09)mm/(0.10, 0.09)mm

Ⓐ



Ⓑ

A. ZW-30的角膜 α 角、 κ 角及晶状体12个扫描方位, 红色+表示视轴(固视时角膜6个映光点的几何中心), 同时也是扫描轴所在位置, 绿色+表示瞳孔中点所在位置, 红绿+距离及位置关系代表 κ 角的大小和极坐标值, 蓝色+表示角膜直径(WTW)的中点所在位置, 红蓝+距离及位置关系代表角膜 α 角的大小和极坐标值; 红框中的数据是为了说明 α 角、 κ 角的测量值格式; B. 患者右眼ZW-30的12个扫描方位中 0° — 180° 方位扫描示意图, 在判断倾斜方向时, 倾斜角位于扫描轴左侧, 则仪器输出为负角度, 若倾斜角位于扫描轴右侧, 则仪器输出为正角度

图1 ZW-30测量仪测量角膜 α 角、角膜 κ 角、晶状体12个扫描方位及 0° — 180° 扫描方位示意图

Fig.1 Schematic diagram of 12 scanning directions and 0° — 180° scanning directions of corneal alpha angle, Kappa angle and lens of ZW-30

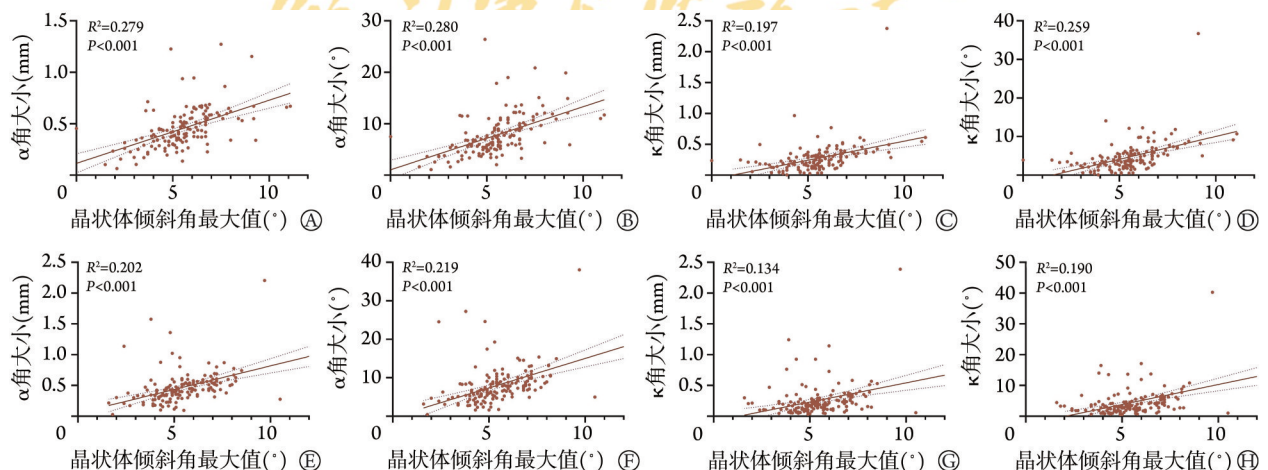
(40.5±26.9)岁;右眼148只(男70名,女78名),左眼155只(男72名,女83名)。

2.2 角膜α角、κ角及晶状体倾斜角的分布情况 纳入研究人群的右、左眼角膜α角、κ角及晶状体倾斜角方向分布均朝颞下。右眼角膜α角、κ角及晶状体倾斜角分别为:194.43°±39.75°、181.07°±79.59°、188.21°±25.73°(右眼180°~270°为颞下);左眼角膜α角、κ角及晶状体倾斜角分别为:336.04°±46.64°、322.86°±107.79°、340.65°±32.84°(左眼270°~360°度为颞下)。

2.3 角膜α角、κ角和晶状体倾斜角的大小情况 右眼及左眼角膜α角、κ角和晶状体倾斜度的大小相近,呈镜像对称分布。右眼角膜α角、κ角及晶状体倾斜角分别为(0.54±0.19)mm(7.81°±3.88°)、(0.27±0.23)mm(4.72°±3.90°)、5.52°±1.67°;左眼角膜α角、κ角及晶状体倾斜角分别为(0.47±0.27)mm(8.12°±5.26°)、(0.26±0.27)mm(4.45°±4.80°)、5.50°±1.61°。

2.4 角膜α角、κ角与晶状体倾斜角及方向的相关性分析 Spearman相关分析结果显示,右眼角膜α角、κ角与晶状体倾斜角的相关系数分别为0.609(距离值相关)、0.625(角度值相关)和0.559(距离值相关)、0.578(角度值相关);左眼角膜α角、κ角与晶状体倾斜角的相关系数分别为0.545(距离值相关)、0.552(角度值相关)和0.377(距离值相关)、0.395(角度值相关)。角膜α角和κ角方向与晶状体倾斜角方向均呈正相关,其中无论是距离值还是角度值相比,角膜α角与晶状体倾斜角的相关性均优于κ角。线角转换后角膜α角及κ角与晶状体倾斜角的相关性均有提高,差异均有统计学意义($P<0.05$)。

Spearman相关分析结果还显示,右眼及左眼角



A. 线角转换前的右眼角膜α角与晶状体倾斜角; B. 右眼角膜α角与晶状体倾斜角; C. 线角转换前的右眼κ角与晶状体倾斜角; D. 右眼κ角与晶状体倾斜角; E. 线角转换前的左眼角膜α角与晶状体倾斜角; F. 左眼角膜α角与晶状体倾斜角; G. 线角转换前的左眼κ角与晶状体倾斜角; H. 左眼κ角与晶状体倾斜角

图2 右、左眼角膜α角和κ角与晶状体倾斜角的线性回归分析结果

Fig.2 Linear regression analysis of corneal α angle, κ angle size and lens tilt angle in the right and left eye

膜α角方向与κ角方向与晶状体倾斜角方向呈现弱相关性,其中角膜α角方向与晶状体倾斜角方向的相关性依然强于κ角,分别为右眼0.343 vs. 0.284,左眼0.216 vs. 0.198($P<0.05$)。

2.5 角膜α角和κ角与晶状体倾斜角的单因素线性回归分析 左、右眼角膜α角和κ角与晶状体倾斜角的大小均呈正相关差异均有统计学意义($P<0.001$) (图2)。

3 讨论

对屈光白内障术后患者视觉质量的评估显示,植入人工晶状体后,人工晶状体的倾斜通常会降低其光学性能,影响患者术后视觉质量^[16-17]。研究显示,人工晶体的倾斜通常与术前患者晶状体的倾斜和偏心有关^[18]。因此,充分了解术前晶状体倾斜的正常值与角膜、瞳孔之间的关系,有利于选择更加合适的人工晶状体和术后视觉质量的评估^[19]。

在临床上,角膜α角和κ角通常被用作评估角膜中心点、瞳孔中心点与视轴偏离的重要指标,也是屈光白内障手术中选择功能性人工晶状体的重要参考依据^[20]。视轴是人眼在注视物体时,注视目标与黄斑中心凹之间经过各种屈光间质后的连线^[21-23];这是一条假想的线,真实存在却无法测量,在实际运用中测得的视轴实际上是视线^[21,24]。因此,在临床中,常以注视固视灯后,角膜前表面反射的Purkinje I像^[21](角膜映光点)作为参考点,标记为临床测量的实际视轴位置。而在眼球屈光系统中,角膜和晶状体是两个重要的屈光间质。任何屈光部件均有一条垂直穿过其几何中心的直线,这条直线即为光轴。如果所有屈光部件的光轴完美重合,就能

发挥最佳的光学性能。由于人眼并非完美的光学系统，角膜光轴和晶状体光轴并不与视轴完全重合，从而产生夹角，即 α 角。理论上人眼存在两个 α 角，一个是角膜光轴与视轴的夹角，即角膜 α 角，而目前临床上所有仪器测得的 α 角均是此角；另一个则是晶状体光轴与视轴间的夹角，称为晶状体倾斜角^[4]。同时，瞳孔也具有其自身的中心垂直线，该垂直线与视轴之间也存在夹角，被定义为 κ 角。除晶状体倾斜角外，其余两个角的测量方式在临床上是相同的，角膜 α 角是测量角膜缘中心与角膜映光点(视轴)的距离来表示；而 κ 角是测量自然瞳孔的中心与角膜映光点(视轴)的距离来表示^[9,25]。这种测量方法完全忽略了前房深度对于实际 α 角(角度)及 κ 角(角度)的影响，因此，有必要对 α 角及 κ 角进行线角转换，以更加准确地揭示 α 角及 κ 角与其他生物指标的相关性。至于晶状体倾斜角，ZW-30仪器能得到12个方向上晶状体的倾斜角；虽然目前该仪器还难以得到实际的倾斜角大小及方向，但是本研究根据该仪器测量出的最大值结果进行数学验证，结果显示其最大值与实际倾斜角度值非常接近，这为后续研究提供了客观基础。

目前，在对功能性人工晶状体进行植入评估时，使用较多的是 κ 角^[20,26]；而更重要的代表光学居中性的 α 角仅用角膜 α 角作为参考，而晶状体倾斜常被忽略。多项研究显示，术前晶状体位置可预测术后人工晶状体的位置^[10,18,27]；亦有学者发现，角膜位置实际上不能很好地反映晶状体的位置^[28]。虽然已有研究报道晶状体倾斜和角膜 α 角存在相关性，但是在既往研究中， α 角和 κ 角结果实际上均受到前房深度的影响^[9-10]。同时，在测量 α 角及 κ 角时，检查技师的经验和患者的配合也对结果有一定影响。测量时将光轴在角膜的对应点定义为角膜中心，因此，角膜直径的测量差别也会直接影响 κ 角测量结果。另外，瞳孔直径是 κ 角的重要影响因素，瞳孔大小的改变会造成 κ 角的值发生改变^[29]。

本研究分别测量左眼和右眼的角膜 α 角和 κ 角，并与晶状体的倾斜程度进行相关性分析，结果显示，双眼角膜 α 角、 κ 角值均与晶状体倾斜角值呈正相关，且角膜 α 角与晶状体倾斜角值的相关系数比 κ 角更大；而双眼角膜 α 角与 κ 角的方向与晶状体倾斜角方向均呈正相关，且角膜 α 角方向与晶状体倾斜角方向的相关系数更大。这些结果提示，相比于 κ 角，角膜 α 角更能够反映晶状体的位置，且经过线角转换后，两个角相关性均有所增强。李姚玲等^[9]使用CASIA2研究晶状体倾斜的影响因素，结果显示，晶状体倾斜角与角膜 α 角呈正相关；Wang等^[10]采用IOLMaster 700测量晶状体倾斜角，结果也显

示，晶状体倾斜角与角膜 α 角呈正相关。虽然这些研究通过不同的仪器得出相似的结果，但均未对左右眼进行分开检测，也未对角膜 α 角方向与晶状体倾斜方向的相关性进行分析。本研究将前房深度与测量所得的角膜 α 角和 κ 角进行线角转换，减少了前房深度对测量距离的影响，所得到的角度大小更能反映三者之间的关系。既往研究显示，术前 κ 角越大，多焦人工晶状体植入术后眩光、夜间视物困难等不良视觉体验较单焦点人工晶状体有所增加^[30]。本研究结果显示，在角膜 α 角和 κ 角较大的眼中，晶状体倾斜度更大，且角膜 α 角与晶状体倾斜相关性更强；因此，在临床中可参考角膜 α 角初步预测晶状体的倾斜程度，从而预测人工晶状体植入后是否会与视轴夹角过大，带来较大高阶像差导致视觉质量下降。在屈光白内障术前，可根据角膜 α 角初步判断是否可选择功能型人工晶状体。本研究结果提示，目前临床上参考角膜 α 角来预测植入人工晶状体的 α 角是否过大或过小，有一定可行性。但是，通过线角转换后，利用角度的大小和方向而不是长度和方向去衡量术后人工晶状体的倾斜，可能更有参考价值。本研究对角膜 α 角和 κ 角进行线角转换尚属首次，在其他相关研究未查见同样的做法。

综上所述，本研究采用ZW-30仪器观察了健康人眼角膜 α 角、 κ 角和晶状体倾斜度的大小和分布情况，可为白内障患者术前眼生物学参数评估提供基线数据。《中国多焦点人工晶状体临床应用专家共识》推荐在功能性人工晶状体植入术前的评估采用 κ 角大小^[20]。本研究结果显示，角膜 α 角和 κ 角越大，晶状体倾斜越大，而角膜 α 角可更好地反映晶状体的位置，在屈光白内障手术前预测植入人工晶状体倾斜导致不良视觉现象的准确度可能更高；将角膜 α 角和 κ 角转化为角度大小值后，其相关性更强，对于预测术后人工晶状体的倾斜、辅助人工晶状体选择和预估术后视觉质量价值更大。

本研究尚存在一定的局限性。首先，确定晶状体的倾斜方向及大小仅仅采用了一个近似的方法，并非准确测出倾斜度大小及方向，期待未来采用更加精密的测量仪器进行验证；其次，本研究仅测量了受试者术前自然晶状体倾斜角与角膜 α 角和 κ 角之间的关系，并未对白内障术后植入的人工晶状体的位置和倾斜进一步研究。因此，术前晶状体倾斜角度与术后人工晶状体倾斜之间的关系是后续研究需要关注的方向，以期为屈光白内障患者提供更为精准和个性化的治疗方案。

【参考文献】

- [1] 温凯,孙靖,田芳,等.关于眼球轴线和角度的研究进展[J].国

- 际眼科纵览, 2017, 41(5): 341-345.
- [2] Dunne MC, Barnes DA. Modelling angle alpha[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1989, 9(3): 338-339.
- [3] Dunne MC, Misson GP, White EK, *et al.* Peripheral astigmatic asymmetry and angle alpha[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1993, 13(3): 303-305.
- [4] Holladay JT, Calogero D, Hilmantel G, *et al.* Special report: American Academy of Ophthalmology Task Force summary statement for measurement of tilt, decentration, and chord length [J]. *Ophthalmology*, 2017, 124(1): 144-146.
- [5] 柴茜楠, 张斌, 耿玉欣, 等. Hwey-Lan Liou 模型眼复曲面人工晶状体偏心及旋转对成像质量的影响[J]. *中华实验眼科杂志*, 2017, 35(11): 1003-1008.
- [6] He W, Qiu X, Zhang S, *et al.* Comparison of long-term decentration and tilt in two types of multifocal intraocular lenses with OPD-Scan III aberrometer[J]. *Eye (Lond)*, 2018, 32(7): 1237-1243.
- [7] Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, *et al.* A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes[J]. *J Refract Surg*, 2002, 18(6): 683-691.
- [8] Miháltz K, Lasta M, Burgmüller M, *et al.* Comparison of two toric IOLs with different haptic design: optical quality after 1 year[J]. *J Ophthalmol*, 2018, 2018: 4064369.
- [9] 李姚玲, 林松, 蔡洋, 等. 年龄相关性白内障患者晶状体倾斜和偏心及其影响因素——基于 CASIA2 的研究[J]. *眼科新进展*, 2022, 42(9): 731-735.
- [10] Wang L, Guimaraes de Souza R, Weikert MP, *et al.* Evaluation of crystalline lens and intraocular lens tilt using a swept-source optical coherence tomography biometer[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(1): 35-40.
- [11] Shen L, Yang W, Li D, *et al.* Crystalline lens decentration and tilt in eyes with different axial lengths and their associated factors[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2023, 71(3): 763-767.
- [12] Wu YF, Tu RX, Zhang Y, *et al.* Influence of ocular biometric parameters on intraocular lens position: a prospective cohort study [J]. *J Refract Surg*, 2024, 40(7): e438-e444.
- [13] Zhao HY, Zhang JS, Li M, *et al.* Tilt and decentration of the crystalline lens in ultra-high myopia with cataract and its influencing factors: a study based on CASIA2[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2025, 35(2): 524-530.
- [14] 祁晓君, 明春平, 杨卫国, 等. 飞秒激光小切口透镜取出术治疗近视临床效果观察[J]. *临床军医杂志*, 2023, 51(4): 401-403, 407.
- [15] Yu J, Lin X, Huang X, *et al.* Evaluation of a new dynamic real-time visualization 25 kHz swept-source optical coherence tomography based biometer[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2024, 11(1): 9.
- [16] Lawu T, Mukai K, Matsushima H, *et al.* Effects of decentration and tilt on the optical performance of 6 aspheric intraocular lens designs in a model eye[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(5): 662-668.
- [17] 李玲, 孙立新. 白内障超声乳化吸除、人工晶状体植入联合前玻璃体切除术治疗先天性白内障患儿临床效果观察[J]. *临床军医杂志*, 2024, 52(4): 415-417.
- [18] Goto S, Maeda N, Koh S, *et al.* Prediction of postoperative intraocular lens position with angle-to-angle depth using anterior segment optical coherence tomography[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(12): 2474-2480.
- [19] 吴雪蓉, 王金华. 2型糖尿病性白内障超声乳化摘除术后干眼临床研究新进展[J]. *临床军医杂志*, 2024, 52(3): 327-330.
- [20] 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 中国多焦点人工晶状体临床应用专家共识(2019年)[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(7): 491-494.
- [21] Arba Mosquera S, Verma S, Mcalinden C. Centration axis in refractive surgery[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2015, 2: 4.
- [22] Hashemi H, Khabazkhoob M, Yazdani K, *et al.* Distribution of angle kappa measurements with Orbscan II in a population-based survey [J]. *J Refract Surg*, 2010, 26(12): 966-971.
- [23] Solomon R, Barsam A, Voldman A, *et al.* Argon laser iridoplasty to improve visual function following multifocal intraocular lens implantation[J]. *J Refract Surg*, 2012, 28(4): 281-283.
- [24] Chang DH, Waring GOT. The subject-fixated coaxially sighted corneal light reflex: a clinical marker for centration of refractive treatments and devices[J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 158(5): 863-874.
- [25] 梁健恒, 冯希, 许雅利, 等. 视觉功能分析仪和扫频光学生物测量仪测量白内障患者 α 角与 κ 角的比较[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021, 23(2): 98-103.
- [26] Fu Y, Kou J, Chen D, *et al.* Influence of angle kappa and angle alpha on visual quality after implantation of multifocal intraocular lenses [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(9): 1258-1264.
- [27] Gu X, Chen X, Yang G, *et al.* Determinants of intraocular lens tilt and decentration after cataract surgery[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(15): 921.
- [28] Dong J, Wang X L, Deng M, *et al.* Three-dimensional reconstruction and swept-source optical coherence tomography for crystalline lens tilt and decentration relative to the corneal vertex[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2021, 10(9): 13.
- [29] 李孟琼, 毛祖红, 张广斌. 白内障患者 α 角特点及明暗状态下的变化[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019, 21(7): 499-506.
- [30] Prakash G, Prakash DR, Agarwal A, *et al.* Predictive factor and kappa angle analysis for visual satisfactions in patients with multifocal IOL implantation[J]. *Eye (Lond)*, 2011, 25(9): 1187-1193.

(责任编辑: 蒋铭敏)