

Kappa角在眼科手术中的临床应用及研究进展

李彦青, 李立, 伍先慧

引用: 李彦青, 李立, 伍先慧. Kappa角在眼科手术中的临床应用及研究进展. 国际眼科杂志 2023;23(5):778-782

作者单位: (400010) 中国重庆市, 重庆医科大学附属第二医院眼科

作者简介: 李彦青, 重庆医科大学在读硕士研究生, 研究方向: 晶状体疾病与角膜屈光手术。

通讯作者: 李立, 毕业于重庆医科大学, 硕士, 教授, 硕士研究生导师, 主任医师, 研究方向: 晶状体疾病与角膜屈光手术. 300628@hospital.cqmu.edu.cn

收稿日期: 2022-04-23 修回日期: 2023-03-31

摘要

人眼具有多种轴线和角度, 其中 Kappa 角是反映人眼居中性的重要指标, 在眼科手术中应用广泛。术前正确的评估与应用 Kappa 角, 有利于恢复术后最佳视觉质量。 μ 弦是近几年为了更好地表达 Kappa 角而出现的一个新术语。临床上这两个概念未被很好地理解, 限制了其实用性。因此, 为了更好地理解 Kappa 角和 μ 弦, 本文分别阐述了两者的定义和联系。同时, 总结了 Kappa 角在斜视手术中的应用, 探讨了在角膜屈光手术中补偿大 Kappa 角的方法以及在超声乳化联合多焦点人工晶状体 (MIOL) 植入术中参考 Kappa 角预测术后 MIOL 居中性的临床意义, 以期临床工作提供一定的参考。

关键词: Kappa 角; μ 弦; 斜视手术; 角膜屈光手术; 白内障手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.5.12

Clinical application and research progress of angle Kappa in ophthalmic surgery

Yan-Qing Li, Li Li, Xian-Hui Wu

Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

Correspondence to: Li Li. Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China. 300628@hospital.cqmu.edu.cn

Received: 2022-04-23 Accepted: 2023-03-31

Abstract

• The human eye has various axes and angles, of which the angle Kappa is an important indicator of the centrality of the human eye and is widely used in ophthalmic surgery. Proper preoperative evaluation and application of the angle Kappa facilitated the achievement of optimal

postoperative visual quality. Chord mu is a new term that has emerged recently to better express the angle Kappa. The two concepts are not well understood clinically, limiting their usefulness. Therefore, to better understand the angle Kappa and chord mu, the definitions and connections between them are presented separately in this paper. Meanwhile, the application of angle Kappa in strabismus surgery was summarized, the method for compensating large angle Kappa in corneal refractive surgery and the clinical significance of angle Kappa in predicting postoperative centrality of multifocal intraocular lens (MIOL) in phacoemulsification combined with MIOL implantation were discussed, with a view to providing references for clinical work.

• **KEYWORDS:** angle Kappa; chord mu; strabismus surgery; corneal refractive surgery; cataract surgery

Citation: Li YQ, Li L, Wu XH. Clinical application and research progress of angle Kappa in ophthalmic surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(5):778-782

0 引言

为了研究眼球结构的光学特性, 人们定义了不同的轴线和角度^[1]。其中 Kappa 角是反映人眼居中性的重要指标, 在眼科手术中具有重要的临床意义。目前研究认为 Kappa 角在斜视手术中会影响斜视度的计算以及手术量的设计^[2], 可以指导角膜屈光手术中切削中心的选择^[3], 同时可预测白内障摘除联合多焦点人工晶状体 (MIOL) 植入术后人工晶状体出现偏心倾斜的可能性^[4]。越来越多的研究证据显示: 在眼科手术中, 术前对 Kappa 角进行精准测量并及时进行 Kappa 角补偿可以帮助患者视功能的恢复、提高术后视觉质量^[5-6]。近几年, 为了更好地表达 Kappa 角, 出现了新的术语—— μ 弦^[7], 但在临床中由于不理解这两个术语, 限制了其临床实用性。因此本文就近年来 Kappa 角 (μ 弦) 在眼科手术中的临床应用及研究进展进行综述。

1 Kappa角 (μ 弦) 的概述

Kappa 角指的是视轴与瞳孔轴之间的夹角。用点光源照射角膜, 当瞳孔轴和视轴重合, 反射点会位于瞳孔中心处, 为零 Kappa 角。当反射点偏向瞳孔中心的鼻侧, 为正性 Kappa 角; 反射点偏向瞳孔中心的颞侧, 为负性 Kappa 角。在健康人群中该角一般是正性 Kappa 角, 介于 $+1.91^\circ \pm 0.14^\circ \sim +5.73^\circ \pm 0.10^\circ$ ^[8]。温凯等^[9]使用 iTrace 像差仪测量 4815 例中国人的 Kappa 角, 其平均值为 0.47 ± 0.48 mm, 其中小于 0.50 mm 的患者占 70.07%。负性 Kappa 角或者正性 Kappa 角大于 5° 为病理性^[10]。异常的正性大

Kappa 角通常与早产儿视网膜病变、家族性渗出性视网膜病变或其他周边视网膜疾病有关^[11],也曾在眼白化病中被报道^[12]。

临床上有很多光学仪器可以测量 Kappa 角的大小。在斜视手术中,通常用同视机测量患者的 Kappa 角。单眼检查时,通过让患者注视同视机中的特殊画片,使角膜映光点位于角膜中央,得到其 Kappa 角的数值。由于现有光学仪器都无法准确测量视轴,目前通常通过测量非常接近视轴的点来指代视轴。当眼睛注视光源时,光源穿过角膜前表面所形成的反射点称为 Purkinje-1^[13]。若检查者与光源同轴观察眼睛,该点也称为角膜共轴反光点(CSCLR),Pentacam 眼前节分析仪等光学仪器使用角膜顶点的概念表示 CSCLR^[7]。CSCLR 是距离视轴最近的点,因此大多数光学仪器是通过测量瞳孔中心和 Purkinje-1(CSCLR/角膜顶点)之间的矢量距离来估计 Kappa 角的大小^[14]。但此时测出来的 Kappa 角,其实质是与 Kappa 角概念相似的二维笛卡尔位移,并非真正的 Kappa 角^[15]。为了减少混淆,Chang 等^[7]建议将两者之间的矢量位移命名为“ μ 弦”。在不考虑眼轴长度时,1.0mm 的 μ 弦指的是大约 7.5° 的 Kappa 角^[15]。既往人们对 Kappa 角分布及其影响因素进行了很多研究,但关于 μ 弦的研究却很少。在很多关于角膜屈光手术和白内障摘除联合 MIOL 植入术的研究中仍喜欢于使用 Kappa 角的术语,但其实际指的却是 μ 弦。

2 Kappa 角在斜视手术中的应用

普遍认为,Kappa 角和斜视可以同时存在^[10]。Basmak 等^[16]测量了 108 例斜视患者的 Kappa 角,其中内斜组左右眼的平均 Kappa 角分别为 $2.55 \pm 0.42^\circ$ 、 $2.35 \pm 0.41^\circ$,而外斜组左右眼的平均 Kappa 角分别为 $4.38 \pm 0.28^\circ$ 、 $3.83 \pm 0.36^\circ$,表明外斜患者的 Kappa 角比内斜患者更大。同时研究证明斜视手术后患者的 Kappa 角会变小,这也为术后双眼单视功能建立提供了解剖学基础^[2]。值得注意的是,临床上斜视患者斜视度测量首选三棱镜遮盖检查。当患者因年龄较小等原因无法配合时,就会考虑选择使用角膜映光法检查患者斜视度^[17],但该方法测量的斜视度会受到 Kappa 角的影响^[18],从而可能出现错估患者斜视度的情况。所以为了降低其影响,牛玉玲等^[18]推荐可以使用照相相机辅 Hirschberg Test 法检查此类配合度较低患者的斜视度。

在大多数情况下,斜视患者双眼 Kappa 角基本一致。当患者因双眼黄斑-视盘间距不对称导致双眼 Kappa 角大小不对称时,若仅使用 Hirschberg Test 或 Krinsky Test,可能会使正常眼位的眼睛被误诊为斜视^[17]。正性大 Kappa 角($>5^\circ$)可能会导致患者出现假性外斜。而负性大 Kappa 角的患者则可能会出现假性内斜^[10],其角膜反射点会偏向鼻侧,常因为患者鼻根部扁平、内眦间距或赘皮褶皱比较宽、瞳孔距 ≤ 55 mm 等原因^[19]导致颞侧巩膜暴露更多,从而形成斜视的错觉。临床上,若一个外(内)斜视患者,角膜映光反射、同视机检查等均提示外(内)斜视,但交替遮盖未见明显异常,应警惕患者可能是一个异常的正性(负性)大 Kappa 角。若误将假性斜视的患者的眼位进行

手术矫正,可能会导致更加复杂的视功能问题。此外,当外(内)斜视的患者合并负性(正性)Kappa 角,斜视矫正手术可能会使患者从外(内)斜视变成内(外)斜视,卢秀珍等^[10]建议这类患者也不应该行手术治疗。因此,斜视患者在斜视度检查前首先应准确评估单眼 Kappa 角的大小,明确其是否为真性斜视,同时在进行斜视手术设计时应正确考虑 Kappa 角的影响,这有利于患者术后视功能的恢复。

此外,有文献报道:正性大 Kappa 角伴先天性眼球震颤的患者多是眼白化病的临床表现^[12]。由于正性大 Kappa 角的存在,眼白化病伴内斜视的患者,其斜视度可能比测量结果偏小,伴外斜视则可能偏大^[20]。Rateaux 等^[21]在 1 例因持续右眼偏斜而就诊的 6 岁男孩眼中发现了典型的双眼异常正性大 Kappa 角,右眼 Kappa 角为 17.6° ,左眼 Kappa 角为 18.1° 。同时该患儿还伴有分离性垂直偏差、融合发育不良眼球震颤综合征等。在患儿母亲的基因上发现了 GPR143 基因的致病性突变,证实了眼白化病 I 型的诊断,解释了正性大 Kappa 角。这提示若内斜视与正性大 Kappa 角发生相互抵消,也可能导致恒定的“侧视”。

3 Kappa 角(μ 弦)在角膜屈光手术的应用

众所周知,在角膜屈光手术中,角膜切削中心的选择至关重要。既往研究表明若角膜消融中心偏离视轴,容易造成偏中心切削,导致术后高阶像差中球差和彗差的增加,影响术后视觉质量^[3]。由于角膜屈光手术的光学消融区较大(直径一般大于 6mm),小 Kappa 角(μ 弦)患者的视轴与瞳孔轴的偏差较小,轻微的偏中心切削(不超过 0.5mm)对术后视觉质量的影响较小^[4]。而大 Kappa 角(μ 弦)患者的视轴与瞳孔轴的偏差较大,因此应在术中进行适当的 Kappa 角补偿(将角膜消融中心偏向视轴),从而降低发生偏中心切削的风险,减少术后高阶像差的增加^[22]。中国在 2018 年 SMILE 手术规范专家共识^[23]中提到:在 SMILE 手术中,为避免大 Kappa 角(μ 弦)患者的角膜基质透镜偏中心,建议选取角膜顶点为手术的切削中心。

但目前临床上对多大的 μ 弦需要进行 Kappa 角补偿尚未统一标准。Liu 等^[24]通过在眼睛模型上模拟近视激光消融并比较其光学性能,他们认为当 Kappa 角大于 5° 时,选择 CSCLR 作为角膜消融中心更合适。Okamoto 等^[25]则建议当 μ 弦大于 0.25mm 就应使用 CSCLR 作为切削中心。许多临床研究对进行 Kappa 角补偿阈值的选择不同,考虑可能是因为在进行临床设计时研究者倾向于根据自身研究中平均 μ 弦大小进行分组试验,同时其选取的研究对象的性别、种族、屈光状态以及测量 μ 弦的仪器有所不同,从而导致研究结果差异性较大。

在进行 Kappa 角补偿时,定位视轴的常用的方法一般有两种。第一种是选择使用准分子激光术中眼动追踪调整程序记录患者仰卧位时瞳孔中心与 Purkinje-1(CSCLR)的偏移量,自动进行 Kappa 角调整^[26]。第二种是术前根据角膜地形图确定角膜顶点和瞳孔中心之间的瞳孔偏移量(Offset 值),术中使用该 Offset 值定位角膜顶

点的位置,手动进行 Kappa 角调整^[27]。理论上,在保持术前术中瞳孔直径相近的情况下,基于眼动追踪系统调整的切削中心比手动调整的切削中心更准确^[28]。Frings 等^[29]研究发现在远视 LASIK 术中, μ 弦 $\geq 0.25\text{mm}$ 的患者若使用术前测量的 Offset 值指导切削中心的选择可能会导致激光消融区域偏向鼻侧,他们建议此类患者可以根据术中实际偏移量进行中心定位。但也有学者认为单独的眼动追踪系统无法确保准确的切削中心^[30]。Arba 等^[31]建议可以将 Offset 值结合眼动追踪调整程序对患者进行 Kappa 角调整。目前对于这几种定位方式准确性的区别暂无明确定论。但有研究认为不同定位方式在不同术式的角膜屈光手术中均能有效降低偏中心切削的风险^[6]。

理论上,术中进行 100% Kappa 角补偿(将切削中心定位于 CSCLR),消融中心更接近视轴,但不少研究发现术后实际视觉质量与预期视觉质量仍有差距^[26]。虽然 CSCLR 是距离视轴最近的点,平均距离为 0.02mm ^[32],但两者距离的标准差(SD)为 0.17mm ,相当于瞳孔中心与 CSCLR 之间距离(0.36mm)的 47.2% ^[33]。赵景华等^[34]发现主视眼也会影响 CSCLR 的分布。为减少“手术源性”的偏心切削,他建议主视眼的 Kappa 角调整百分比应小于非主视眼 Kappa 角调整百分比。因此,对于部分患者,CSCLR 可能不是最佳角膜消融中心。Kermani 等^[35]提出选取瞳孔中心与 CSCLR 之间作为角膜消融的参考中心。通过个性化调整 Kappa 角补偿矢量百分比,找到离视轴最近的切削中心点。Chang 等^[33]将 114 例近视患者的两只眼睛分别在术中选择 100%Kappa 角补偿和 80% Kappa 角补偿,通过观察患者术后 3mo 的屈光状态。他们发现 80%Kappa 角补偿组术后残余散光度和欠矫比例比 100% Kappa 角补偿组更少。Ru 等^[26]选取了拟行 LASIK 手术的中度近视患者 254 例,根据其平均 Kappa 角(μ 弦)大小(0.220mm)将所有的研究对象分为小 Kappa 角和大 Kappa 角组。每组再分为两组,分别进行 50%和 100% Kappa 角补偿。研究显示小 Kappa 角组,两种补偿方式对术后视觉质量的影响未见明显差异。而大 Kappa 角组,50% Kappa 角调整会比 100% Kappa 角调整术后残余散光度和高阶像差更低、对比敏感度和视觉质量更好。

4 Kappa 角(μ 弦)在白内障摘除联合 MIOL 植入术中的应用

MIOL 以光的折射或衍射为基础,物体的光线透过其产生 2 个或多个焦点^[36],在一定程度上满足了患者远、中、近视力的要求。但一些患者常抱怨术后出现更多的光晕、眩光等不良光现象^[37]。目前研究认为术后不良光现象的发生可能与大 Kappa 角(μ 弦)或大 Alpha 角有关^[37-38]。理想情况下,悬韧带和囊袋保持完整,MIOL 植入后,人工晶状体的光学中心与囊袋的中心重合^[39],不一定恰好位于视轴或光轴上。大 Kappa 角或大 Alpha 角则可能会使人工晶状体的光学中心更加偏离视轴,导致术后人工晶状体偏心^[37]。此时视轴会通过周边衍射环而非中央的折射光学区,进而增加人工晶状体眼的高阶像差和屈光不正,加剧夜间视觉干扰,降低术后视觉质量^[40]。目前临床上是参考 Kappa 角(μ 弦)还是 Alpha 角来预测 MIOL

术后人工晶状体居中性带来的视觉质量影响仍存在一定争议。

Holladay 等^[41]通过光线追踪技术发现远视、大 Kappa 角、小瞳孔是白内障术后出现负性视力障碍的主要危险因素。Fu 等^[42]研究认为 MIOL 植入术后视觉质量与 μ 弦相关,而与小于 0.5mm 的 Alpha 角无关。当 μ 弦大于 0.4mm 时,眩光和光晕的发生率增加;当大于 0.5mm 时,患者术后视觉质量会下降^[40]。中华医学会在 2019 年将 Kappa 角(μ 弦)小于 0.5mm 或小于中央折射光学区直径的 $1/2$ 纳入 MIOL 植入手术适应证中^[36]。但 Kappa 角是不稳定的,容易受到瞳孔中心变化的影响。有研究发现在光线强度、散瞳等影响下,明显的瞳孔中心偏移与 MIOL 植入术后不良光现象的产生有关,从明到暗,瞳孔中心偏移的平均距离为 $0.14 \pm 0.1 (0.01 \sim 0.46)\text{mm}$ ^[43]。Fischinger 等^[44]不建议瞳孔中心偏移较大的患者植入 MIOL。可能是因为大 Kappa 角(μ 弦)的患者在 MIOL 植入后,同一个衍射环内每个方向进入的光线量不同,视网膜上光分布不平衡。在暗环境下,瞳孔放大,当瞳孔中心发生明显偏移时,Kappa 角会发生明显变化,此时视网膜上光分布会更加不平衡,从而导致患者夜间视觉质量下降^[42]。这意味着 Kappa 角(μ 弦)在预测 MIOL 术后夜间视觉质量上可能会受瞳孔中心偏移的影响,具有不确定性。

Alpha 角是光轴和视轴之间的夹角。Cervantes-Coste 等^[38]观察到在植入 Liberty 677MY MIOL 后,患者术后高阶像差值、视力等与 Alpha 角相关,而与 μ 弦无关。Miháltz 等^[45]研究认为 Alpha 角越大,MIOL 植入后患者术后视觉质量越差。同时,Wang 等^[46]发现白内障手术前后, μ 弦的大小存在差异,而 Alpha 角的大小和方向未见明显变化,且在一定程度上指示了囊袋中心与视轴之间的距离。因此他提出 Alpha 角可能才是反映术后 MIOL 居中性更可靠的指标。但临床上,多是基于角膜缘中心与晶状体中心相同的假设,通过测量角膜缘中心与瞳孔中心之间的距离进行估测 Alpha 角的大小。实际上角膜缘中心与晶状体中心并不一致,存在自然的倾斜偏心^[47]。所以用角膜缘中心估测 Alpha 角可能是不准确的。目前所有比较 Alpha 角与 Kappa 角带来的术后视觉质量影响的文献中,由于研究中对两者的定义、使用的测量仪器、MIOL 型号存在差异,因此研究结论各有不同。但考虑到 Kappa 角和 Alpha 角对术后 MIOL 偏心的可能影响,仍然建议在术前同时评估两者的大小,当 μ 弦或 Alpha 角大于 0.5mm 时,慎重考虑植入 MIOL。

虽然目前无法确定大 Kappa 角是否是导致 MIOL 偏心的直接原因,但 Bonaque-González 等^[5]通过对非对称 MIOL 进行光学模拟,发现在术前计算定制最佳眼内方向时考虑到 Kappa 角的大小,可以补偿其负面影响。临床上最常用于补偿大 Kappa 角的方法是故意将 MIOL 中心定位在患者的视轴上^[39]。Thompson^[48]报道了一种新的撕囊瞄准方法,术者可沿着患者的视轴建立同轴瞄准,并使用 PPC 设备以 Purkinje-1 为中心,精确建立以视轴为中心的 PPC 囊切开术,将 MIOL 定位在视轴上。此外,研究人员通过不断改进 MIOL 的光学部设计以弥补大 Kappa 角的

影响。Garzón 等^[49]观察到在植入衍射 FineVision POD F 人工晶状体后,大 μ 弦($>0.3\text{mm}$)的眼睛与小 μ 弦的眼睛相比,其屈光状态和视觉质量未见明显差异。该晶状体对较大的 Kappa 角具有包容性,考虑可能是因为该晶状体第一个衍射环的直径为 1.125mm ,比大多数 MIOL 衍射环的直径更大。但未来需要更多研究比较各种衍射 MIOL 模型证实这种假设。

5 总结与展望

综上所述,Kappa 角在眼科手术中应用十分广泛。在斜视手术中,术前精确测量和考虑 Kappa 角可以减少斜视患者在诊疗过程中出现风险和并发症。无论远视患者还是近视患者,在不同术式的角膜屈光手术中针对不同大小的 Kappa 角,未来还需要继续探索发现进行 Kappa 角补偿的阈值,并个性化选择 Kappa 角补偿矢量百分比,有利于术后恢复良好的屈光状态和视觉质量。随着白内障手术发展,实现其最佳视觉质量已成为医患的共同目标,术前参考 Kappa 角还是 Alpha 角来预测术后 MIOL 居中性还存在争议。目前 μ 弦这个术语在国内还未得到广泛理解和应用,仍需继续探索 μ 弦在角膜屈光手术及白内障摘除联合 MIOL 植入术中的临床意义。相信未来随着 Kappa 角临床理论体系的不断完善,Kappa 角(μ 弦)在眼科手术中的临床价值会越来越突出。

参考文献

- 1 李帅飞, 张晓山, 游昌涛, 等. 浅析人眼的多种轴线和角度及其在屈光性手术中的应用. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2020;22(8):637-640
- 2 岳红云, 张丽, 高清焱, 等. 斜视手术对 kappa 角影响及临床意义. 中华眼外伤职业眼病杂志 2013;35(8):583-585
- 3 Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ. Coaxially sighted corneal light reflex versus entrance pupil center centration of moderate to high hyperopic corneal ablations in eyes with small and large angle kappa. *J Refract Surg* 2013;29(8):518-525
- 4 Karhanová M, Marešová K, Pluháček F, et al. Význam úhlu kappa pro centraci multifokálních nitroočních čoček [The importance of angle kappa for centration of multifocal intraocular lenses]. *Cesk Slov Oftalmol* 2013;69(2):64-68
- 5 Bonaque -González S, Jaskulski MT, Carmona -Ballester D, et al. Influence of angle Kappa on the optimal intraocular orientation of asymmetric multifocal intraocular lenses. *J Optom* 2021;14(1):78-85
- 6 余绍林娜, 樊利敏, 刘胜旭, 等. SMILE 与 FS-LASIK 治疗低中度近视的偏心情况. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2019;21(9):698-702
- 7 Chang DH, Waring GO. The subject-fixated coaxially sighted corneal light reflex; a clinical marker for centration of refractive treatments and devices. *Am J Ophthalmol* 2014;158(5):863-874
- 8 Basmak H, Sahin A, Yildirim N, et al. Measurement of angle kappa with synoptophore and Orbscan II in a normal population. *J Refract Surg* 2007;23(5):456-460
- 9 温凯, 张红, 孙靖, 等. kappa 角在人群中的分布: 基于 iTrace 像差仪的研究. 眼科新进展 2018;38(3):265-268
- 10 卢秀珍, 毕宏生, 潘雪梅, 等. 大 kappa 角成因的分析. 中国实用眼科杂志 2010;28(2):130-132
- 11 Fabian ID, Spierer A, Berger Y, et al. Abnormal vertical angle kappa caused by ectopic fovea. *J AAPOS* 2012;16(6):575-576

- 12 Brodsky MC, Fray KJ. Positive angle kappa: a sign of albinism in patients with congenital nystagmus. *Am J Ophthalmol* 2004;137(4):625-629
- 13 Arba Mosquera S, Verma S, McAlinden C. Centration axis in refractive surgery. *Eye Vis (Lond)* 2015;2:4
- 14 Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, Pérez-Vives C, et al. Measurement of angle Kappa with Orbscan II and Galilei G4: effect of accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014;252(2):249-255
- 15 Holladay JT. Apparent chord mu and actual chord mu and their clinical value. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(8):1198-1199
- 16 Basmak H, Sahin A, Yildirim N, et al. The angle kappa in strabismic individuals. *Strabismus* 2007;15(4):193-196
- 17 Irsch K. Optical issues in measuring strabismus. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2015;22(3):265
- 18 牛玉玲, 叶茹珊, 金玲, 等. 照相机辅助测量在测定共同性斜视斜视角中的应用. 国际眼科杂志 2019;19(8):1381-1384
- 19 陈文莉, 陈遐. 横切纵缝法缩小内眦间距矫正假性内斜视. 中国美容医学 2012;21(13):1728-1730
- 20 Summers CG. Albinism: classification, clinical characteristics, and recent findings. *Optom Vis Sci* 2009;86(6):659-662
- 21 Rateaux M, Espinasse-Berrod MA, Couret C, et al. Pseudo-gaze deviation resulting from positive angle kappa and esotropia. *J Neuroophthalmol* 2021;41(2):e234-e236
- 22 Shao T, Wang Y, Ng ALK, et al. The effect of intraoperative angle kappa adjustment on higher-order aberrations before and after small incision lenticule extraction. *Cornea* 2020;39(5):609-614
- 23 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 我国飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术规范专家共识(2018年). 中华眼科杂志 2018;54(10):729-736
- 24 Liu YJ, Wang Y. Optical quality comparison between laser ablated myopic eyes with centration on coaxially sighted corneal light reflex and on entrance pupil center. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2019;36(4):B103-B109
- 25 Okamoto S, Kimura K, Funakura M, et al. Comparison of wavefront-guided aspheric laser *in situ* keratomileusis for myopia; coaxially sighted corneal-light-reflex versus line-of-sight centration. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):1951-1960
- 26 Ru XY, Li ZR, Li CL, et al. Correlation analysis of refractive and visual quality after wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis for 50% and 100% angle kappa compensation. *J Ophthalmol* 2020;2020:1-7
- 27 张亚丽, 邵婷, 郑南南, 等. 经上皮准分子激光角膜切削术与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术后偏中心的比较. 中华眼外伤职业眼病杂志 2021;43(4):314-320
- 28 El Bahrawy M, Alió JL. Excimer laser 6(th) generation: state of the art and refractive surgical outcomes. *Eye Vis (Lond)* 2015;2:6
- 29 Frings A, Druchkiv V, Pose LM, et al. Analysis of excimer laser treatment outcomes and corresponding angle κ in hyperopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(7):952-958
- 30 Tsai YY, Lin JM. Ablation centration after active eye-tracker-assisted photorefractive keratectomy and laser *in situ* keratomileusis I. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(1):28-34
- 31 Arba MS, Ewering T. New asymmetric centration strategy combining pupil and corneal vertex information for ablation procedures in refractive surgery: theoretical background. *J Refract Surg* 2012;28(8):567-573
- 32 Pande M, Hillman JS. Optical zone centration in keratorefractive

- surgery. Entrance pupil center, visual axis, coaxially sighted corneal reflex, or geometric corneal center? *Ophthalmology* 1993;100(8):1230-1237
- 33 Chang JSM, Law AKP, Ng JCM, *et al.* Comparison of refractive and visual outcomes with centration points 80% and 100% from pupil center toward the coaxially sighted corneal light reflex. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(3):412-419
- 34 赵景华, 贾寓洁, 林淑华, 等. 近视患者优势眼与非优势眼的Kappa角, 瞳孔大小及中心位置的动态变化. *眼科新进展* 2022;42(2):142-144
- 35 Kermani O, Oberheide U, Schmiedt K, *et al.* Outcomes of hyperopic LASIK with the NIDEK NAVEX platform centered on the visual axis or line of sight. *J Refract Surg* 2009;25(1 Suppl):S98-S103
- 36 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). *中华眼科杂志* 2019;55(7):491-494
- 37 Prakash G, Prakash DR, Agarwal A, *et al.* Predictive factor and kappa angle analysis for visual satisfactions in patients with multifocal IOL implantation. *Eye (Lond)* 2011;25(9):1187-1193
- 38 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 Clin Med* 2022;11(3):896
- 39 Roop P. Optimizing optical outcomes of intraocular lens implantation by achieving centration on visual axis. *Indian J Ophthalmol* 2017;65(12):1425-1427
- 40 Qi Y, Lin J, Leng L, *et al.* Role of angle κ in visual quality in patients with a trifocal diffractive intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(8):949-954
- 41 Holladay JT, Simpson MJ. Negative Dysphopsia: causes and rationale for prevention and treatment. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(2):263-275
- 42 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 Cataract Refract Surg* 2019;45(9):1258-1264
- 43 Tchah H, Nam K, Yoo A. Predictive factors for photic phenomena after refractive, rotationally asymmetric, multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol* 2017;10(2):241-245
- 44 Fischinger I, Seiler TG, Schmidinger G, *et al.* Verschiebung des pupillenzentroids. *Ophthalmologe* 2015;112(8):661-664
- 45 Miháltz K, Vécsei-Marlovits PV. The impact of visual axis position on the optical quality after implantation of multifocal intraocular lenses with different asphericity values. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021;259(3):673-683
- 46 Wang R, Long T, Gu X, *et al.* Changes in angle kappa and angle alpha before and after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(3):365-371
- 47 Dong J, Wang XL, Deng MH, *et al.* Three - dimensional reconstruction and swept - source optical coherence tomography for crystalline lens tilt and decentration relative to the corneal vertex. *Transl Vis Sci Technol* 2021;10(9):13
- 48 Thompson V. Streamlined method for anchoring cataract surgery and intraocular lens centration on the patient's visual axis. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(5):528-533
- 49 Garzón N, García-Montero M, López-Artero E, *et al.* Influence of angle κ on visual and refractive outcomes after implantation of a diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(5):721-727