

# 硅油眼人工晶状体度数测量方法的进展

肖阳艳, 郭小健

作者单位: (410011) 中国湖南省长沙市, 湘雅二医院眼科  
作者简介: 肖阳艳, 毕业于中南大学湘雅二医院, 硕士, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 郭小健, 毕业于中南大学湘雅医学院, 博士, 教授, 副主任, 研究方向: 眼底病. gxjgj2003@163.com

收稿日期: 2013-06-19 修回日期: 2013-10-23

## Progress on measuring methods of intraocular lens degree in silicone oil - filled eyes

Yang-Yan Xiao, Xiao-Jian Guo

Department of Ophthalmology, the Second Xiangya Hospital, Changsha 410011, Hunan Province, China

Correspondence to: Xiao-Jian Guo. Department of Ophthalmology, the Second Xiangya Hospital, Changsha 410011, Hunan Province, China. gxjgj2003@163.com

Received: 2013-06-19 Accepted: 2013-10-23

### Abstract

• With the development of vitreous surgery technology, patient's expectation of postoperative visual function has been raised. Therefore, the accurate measurement of intraocular lens degree in silicone oil - filled eyes has become an increasingly important factor influencing the prognosis of patients. This article offers a review of the present situation and prospect in this study field.

• KEYWORDS: silicone oil - filled eyes; axial length; intraocular lens degree

Citation: Xiao YY, Guo XJ. Progress on measuring methods of intraocular lens degree in silicone oil-filled eyes. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(11):2223-2226

### 摘要

随玻璃体手术不断发展, 患者对术后视功能的期待也不断提高。因此对硅油眼人工晶状体度数的准确计算成为了影响患者预后的一个越来越重要的因素。本文就该研究领域现状及前景作一简要综述。

关键词: 硅油眼; 眼轴; 人工晶状体度数

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2013.11.17

引用: 肖阳艳, 郭小健. 硅油眼人工晶状体度数测量方法的进展. *国际眼科杂志* 2013;13(11):2223-2226

### 0 引言

随着玻璃体视网膜手术不断发展, 眼内填充的应用越来越普遍。从 1986 年以来硅油因其具有良好的透光性和生物稳定性, 成为了一种有效的长期玻璃体替代物, 复杂

性视网膜病变往往需要通过硅油填充以提高手术成功率<sup>[1]</sup>。但是长期眼内硅油填充会导致一系列并发症如角膜带状变性或角膜失代偿、白内障、继发性青光眼或低眼压、硅油乳化、视网膜毒性等, 其中白内障的发生率为 100%<sup>[2,3]</sup>。不仅硅油填充时白内障发展加速而且单纯硅油取出并不能阻止白内障的继续发展<sup>[4]</sup>。因此常规待视网膜神经上皮复位约 3 ~ 6mo 后行第二期手术——眼内硅油取出术时, 为了减少手术次数常常对晶状体混浊患者同时行白内障摘除术联合人工晶状体植入术。此外也有部分患者在行玻璃体切除术时晶状体太混浊影响手术视野而已行摘除。这些患者需要行硅油取出术联合二期人工晶状体植入。在视网膜功能恢复良好的基础对硅油眼人工晶状体度数的准确预测成为术后患者视功能的关键因素。

### 1 硅油的理化性质

硅油属于聚二甲硅氧烷 (PDMS) 系列, 其无色, 无味, 性质稳定, 屈光指数为 1.375 ~ 1.4035, 比重 0.76 ~ 1.24 (临床常用 0.97), 黏度 1000 ~ 12 500 厘斯 (centistokes, cs; 临床常用 1 000 ~ 5 000cs); 表面张力 (油/液界面) 50erg/cm<sup>2</sup>, 比气体稍低 (70 erg/cm<sup>2</sup>), 但是足以用来顶压封闭裂孔而不易进入视网膜下。它在眼内不易吸收是一种较为理想的眼内填充材料。近年来出现了与氟化硅油混合而得的硅油——重硅油。它同样为透明均质的液状物, 比重为 1.02g/cm<sup>3</sup> (大于水的比重 1g/cm<sup>3</sup>), 黏滞度 3000 ~ 4000cs, 屈光度 1.40, 表面张力 44.9erg/cm<sup>2</sup>, 性质稳定但对温度有依赖性, 低温下保存易分解, 温度升高后恢复稳定并可使用 (Densiron-68 临界温度为 2℃, Oxane Hd 为 15℃)。

### 2 计算公式选择

为了预测人工晶状体 (intraocular lens, IOL) 屈光度数, 通常是通过仪器对眼球进行生物学测量, 再把结果带入人工晶状体度数计算公式从而算得结果。从 1967 年 Fedrow 推导出的计算公式, 后 1980 年他通过实际计算得到了第一代用于临床的公式:  $P = A - 2.5AL - 0.9K$  ( $A = A$  常数,  $AL =$  眼轴长,  $K =$  角膜屈光力)。实际使用它时发现眼轴的长短影响着  $A$  值的变化, 因此产生了第二代经验公式 (SRK-II) 为一线性回归方程, 它将眼轴以 20, 21, 22, 24.5mm 为界分为五个区间, 按不同区间对  $A$  常数进行修正 ( $A$  常数决定于 IOL 设计时根据晶状体轴的倾角, 为前房深度及人工晶状体接点的回归常数)。20 世纪 90 年代, Holladay 将角膜曲率引入前房深度 (anterior chamber depth, ACD) 计算公式, 率先推出了第三代理论公式 Hoffer-Q 公式等亦在各自原先公式的基础上加以改进。第三代公式重点关注优化、个体化计算术后有效人工晶状体位置 (effective IOL position, ELP 指角膜前表面顶点与植入 IOL 之间的距离, 同一只眼屈光状态不变时, ELP 变小即植入 IOL 前移, 则需要的 IOL 屈光度变小, 反之需要更大屈光度 IOL), 从而使第三代理论公式预测人工晶状体

屈光度的准确性更优于以往的公式。第三代公式 Holladay1 公式、Hoffer-Q 公式和 SRK/T 公式中,都有两个变量,它们主要区别在于预测 IOL 位置的方式。目前认为三个公式各有千秋,对于  $L \leq 22\text{mm}$  者,Hoffer-Q 公式优于其他两者; $24.5\text{mm} < L \leq 26\text{mm}$  者,Holladay 公式最佳;SRK/T 公式在  $L > 24\text{mm}$  范围内是三个公式中比较准确者,尤其当  $L > 26\text{mm}$  最为优越<sup>[5]</sup>。但是它们都是基于正常的解剖结构而作出 IOL 位置的假设,这种假设可能并不对所有眼球都适用,这成为他们的主要限制。虽然有了进一步的公式选择,但是综合考虑公式的变量数量和其本身适应范围,目前对于硅油眼的晶状体度数计算多采取 SRK/T 公式<sup>[6,7]</sup>。

### 3 生物学测量对人工晶状体度数预测的影响

IOL 屈光力预测重要的影响因素有眼轴和 ACD、角膜曲率、人工晶状体度数公式、IOL 的性质等。Norrby 等<sup>[8]</sup>及 Olsen 等<sup>[9]</sup>对误差大于 2D 的病例病因进行统计,发现 43% ~ 67% 的误差是因为术前生物测量不准确而非人工晶状体计算公式选择。眼轴 0.01mm 的误差可能导致在晶状体度数测量上 0.03D<sup>[10]</sup>。除了眼轴,精确的 ACD 和角膜曲率也是影响人工晶状体预测度数准确性的最重要的因素<sup>[9]</sup>。ACD 的 1mm 误差可以使近视眼产生大约 1D 的预测屈光误差,散光眼可以产生 1.5D 的预测屈光误差,远视眼甚至可以产生 2.5D 的误差<sup>[11]</sup>。角膜曲率 1D 的误差和它在人工晶状体度数计算中导致的误差量相当,约 1.3 ~ 1.6D<sup>[11]</sup>。此外还有手术术式,IOL 植入方式,IOL 夹持,IOL 异位等。

### 4 眼轴测量

**4.1 超声测量法** 它是通过晶状体振荡产生高频率的声波穿透眼球,每次遇到不同声阻抗介质间界面时反射回来部分声波。然后通过探针收集回声间的时间差结合在不同组织内的声速来算出距离。它根据结果形式分为:A 型超声和 B 型超声。根据探头是否与角膜接触又分为两种。一种的是接触压平式超声测量仪,其探针与中央角膜相接触,为最常用的仪器。但是这个变化因人而异,因此无法通过统计学得到一个常数来弥补。另一种是浸入式超声测量仪,它需要在探针和眼球中充斥着生理盐水。两种方式之间测量结果平均相差 0.25 ~ 0.33mm,导致约 1D 的屈光误差<sup>[12]</sup>。

常用 A 型超声测量仪声波频率为 10MHz,组织分辨率好(0.2mm),因此把其对眼轴长度和 ACD 测量结果视为金指标。但是声音在玻璃体中的传播速度( $V_{玻}$ )为 1532m/s,是其在硅油中的传播速度( $V_{硅}$ )两倍多,因此对于硅油眼探针感受到内界膜的回声时间间隔会延长,如果再按原来  $V_{玻}$  换算距离会导致结果增大。即常规超声测量会导致眼轴假性延长。同时硅油本身吸收声波的能力较强,声能衰减较多不利于测量。再者误认视网膜内界膜反射都可以导致测量错误。考虑眼轴在 IOL 预测中重要地位,故精准的眼轴测量是硅油眼 IOL 屈光度数预测过程中的难点及重点。

**4.1.1 硅油植入前的生物学测量** 发现超声导致硅油眼眼轴假性延长后,常规对可能行硅油填充的患者在玻璃体切除术前测量双眼的眼轴,在后期人工晶状体选择 IOL 度数时提供参考<sup>[13]</sup>。测量时采用“手动”模式,人工调整测量距离,避免默认值(测量到脱离的视网膜的距离)使结果偏短。测量距离为角膜前表面到巩膜的距离而非到视网膜内界膜的距离。Grinbaum 等<sup>[14]</sup>对 8 例硅油眼按此方

法行白内障囊外摘除术及人工晶状体植入,发现眼内硅油填充的人工晶状体眼对在 SRK-II 公式计算下绝对屈光误差为 4.08D,在 SRK/T 公式及 Holladay 公式其值分别为 3.91D 和 4.01D;其中 2 例患者行硅油取出后,最后屈光误差为 -0.25D 及 -0.8D。但是有研究指出在人工晶状体眼在行玻璃体切除术联合气体填充 4mo 后,有 -0.45D 的近视漂移<sup>[15]</sup>。这种眼轴测量结果偏短可能与在玻璃体切除前 A 超测量时把黄斑区浅脱离的视网膜和增殖的前膜误认为眼球后壁有关<sup>[16]</sup>,或者视视网膜脱离后眼轴自身变化有关。

**4.1.2 对侧眼眼轴替代** 虽然对于大多数患者硅油植入前和硅油取出后眼轴改变范围在可以接受的范围内,但是当硅油植入前伴有脉络膜脱离,或两次测量眼压改变较大时 A 超测量结果往往不准。因此针对此类型硅油眼患者提出,在已知患者无屈光参差而且玻璃体切除术中不曾用巩膜外加术时,可以用对侧眼眼轴来替代硅油眼眼轴预测硅油眼的屈光度数<sup>[17]</sup>。此方法是基于人类个体器官发育的一致性,但是 Nepp 等<sup>[18]</sup>通过 117 例患者研究发现硅油眼与对侧眼的眼轴差平均为  $0.4 \pm 1.3\text{mm}$ ,并且差值大于 1mm 的患者占到 26%。

**4.1.3 超声校正公式测量** 考虑到超声测量眼轴的原理,Hoffer 提出把不同介质内声速之间比例关系作为系数(系数 =  $V_{玻}/V_{硅}$ )计算眼轴,来纠正硅油在玻璃体腔填充造成的眼轴长度假性延长<sup>[19]</sup>。公式逐渐完善,由简单的眼轴与常数的乘积<sup>[20]</sup>发展为 Meldrum's 公式:  $AL(\text{mm}) = ACD \text{ 长度} + (\text{玻璃体长度} \times 0.634) + \text{RSS}$ (玻璃体腔硅油填充后残留下由房水填充的空间)<sup>[18]</sup>,然后再在已有三段中间加上了晶状体的长度,并把它设成超声测量仪中的自动公式方便临床应用。目前硅油里的声速有几个不同的但相近测量结果:37°C 时,在 Oxane1300(黏滞度 1 000 ~ 1 500mPas)里超声波声速为 972mm/s<sup>[21]</sup>、980m/s<sup>[22]</sup>;而 Oxane5700(黏滞度为 5 000 ~ 5 900mPas)声速为 986m/s<sup>[18]</sup>、987m/s<sup>[23]</sup>、1 040m/s<sup>[22]</sup>、978.5m/s<sup>[21]</sup>。

Murray 等<sup>[24]</sup>用 0.71 为系数对 7 例患者进行超声校正测量计算 IOL 屈光度数,最终得到  $0.74 \pm 0.5\text{D}$  的屈光误差,最大误差为 3.16D。Ghoraba 等<sup>[23]</sup>用 0.64(987m/s)算得平均屈光误差为 1.31D,而高度近视眼患者为  $3.04 \pm 2.86\text{D}$ 。

常规 A 超测量时为保证垂直角膜面通常采取仰卧位,而此时硅油挤压虹膜,玻璃体腔不可能全部被硅油所填充,因此留下一个房水的残留部分——硅油后空间(retrosilicone space, RSS)<sup>[25]</sup>,对于无晶状体患者此距离很难难以得出,若简单把这部分用  $V_{硅}$  换算,则可以导致算出的眼轴短于实际眼轴<sup>[22, 26]</sup>。Nep 等<sup>[18]</sup>通过对 82 例患者测量得到其长度为  $1.9 \pm 0.67(0.6 \sim 2.8)\text{mm}$  与眼轴长度无显著相关,并认为忽略它的存在可以导致大于 5D 的屈光误差,因此推荐眼轴测量时采取坐立位。同样对于不完全硅油填充,在硅油与视网膜中会留有间隙,容易把硅油后界面误认为视网膜内界膜从而导致眼轴过短<sup>[22]</sup>。

**4.1.4 浸入型 B 型超声** 常用的 A 型超声为一维信息,因此在测量一些代谢性或并发性白内障患时,由于玻璃体严重混浊机化、视网膜增殖性病变及硅油眼中的气泡,难以从可能为 5 条或者更多的垂直高大的反射波中确认视网膜反射条带,从而造成误差<sup>[22]</sup>。如果硅油乳化更难准确测量。此外对于伴有后巩膜葡萄肿患者无法精确判断黄斑区的位置,A 型超声测量眼轴易得到偏长的眼轴。而 B

型超声探头通过向人体发射一组超声波,按一定的方向进行扫描,再根据其返回的延搁时间和强弱呈现为二维图像。所以用B型超声测量时玻璃体视网膜病变能很直观的显现出来。再联合它用A型超声测量眼轴,就可以发现后巩膜葡萄肿、复发性视网膜脱离、视网膜前膜和残留的气泡避免误算<sup>[22]</sup>,从而准确地定位角膜顶点、黄斑区,进行眼轴长度测量。但是此法耗时长,操作复杂。Abu等<sup>[22]</sup>提出单独用浸入式B超测量眼轴预测IOL晶状体度数。他报道分别使用B超和接触式A超测量眼轴预测晶状体度数后二者的屈光误差小于1D为患者分别占83.3%,46.6%。但是B超的精确度稍低(0.04mm)且需要大量经验才能准确测量。

**4.2 X线及CT生物测量** Hoffer等<sup>[27]</sup>提出通过X线解决硅油眼眼轴测量的难题,通过X光CT测量眼轴使得最终屈光误差小于1D者达到50%患者。但是此方法结果不够精确,且大量辐射患者不愿意接受。

**4.3 磁共振** 在眼部肿块、眼外伤等常规行磁共振看肿块境界,Bencic在此过程中发现在显示内外直肌与视神经的磁共振(MRI)T2加权像中,能清晰的显示眼球结果,通过软件可以用于眼轴长度的测量并认为对于高度近视患者比A超公式矫正法更准<sup>[28]</sup>。此方法虽然安全无创,但是成本高,检查时间长;对患者身体移动敏感,容易产生伪影,因此难以广泛接受。

**4.4 光学生物测量** 1986年Fercher最先报告了在体通过部分相干干涉法(partial coherence interfere biometry,PCI)来测量人类眼轴。其原理和超声测量相似,只是以光为媒介。各层次的反光时间延迟是飞秒级别,因此硅油的光阻差异导致假性延长可以忽略,但是必须通过Michelson干涉仪的光学装置测量。目前根据光源不同主要有两种仪器。一个是1999年开始用于临床的IOL-Master(Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany),另一种仪器为2008年面世的Lenstar LS 900(Haag Streit AG, Bern, Switzerland)。两种仪器在眼轴长度时差异为0.01~0.026mm<sup>[27,29,30]</sup>,测量ACD时为0.1~0.146mm<sup>[27,28]</sup>,角膜曲率时0.121~0.65D<sup>[27,29,30]</sup>,平均绝对屈光误差为0.07~0.1D<sup>[27,30]</sup>。都比较准确,目前没有它们测量硅油眼准确性的比较。

光学检查法不仅方便、无接触、快速及准确等特点,而且其分辨率为0.01mm,十几倍于普通声波测量法迅速而得到广泛关注。但是它测量的结果是角膜到视网膜色素上皮的距离,因此不能期待它测量的眼轴长度和超声测量仪的结果一致<sup>[31]</sup>。Hitzenberger等<sup>[31]</sup>发现它的结果比浸入式A型超声测得结果长0.18mm,比接触式A型超声所得长0.47mm。Kiss等<sup>[32]</sup>报告它与浸入式A型超声相差0.22mm(-0.24~0.57mm;R=0.99,P<0.05)。目前常用IOL计算公式是基于超声测量的结果而推导出的,因此为了适用于它们,IOL-Maste的测量结果通过与浸入式高频超声系统(grieshaber biometric system, GBS 其频率40MHz 分辨率0.04mm)矫正<sup>[33]</sup>。Haigis在Haigis公式下对比88例98术后视力>0.3白内障患者IOL-Master和浸入式超声检查结果得到,用IOL-Master测量结果85.7%患者最终屈光误差在±1D内<sup>[33-36]</sup>。但是这个矫正公式在眼部不同状态如无晶状体眼,硅油眼,假晶状体眼等时会有不同的误差。

与超声测量仪相比,光学测量的优势在于:(1)它测量结果是视轴而非眼轴。它在测量时要求患者注视激光发射点,这样对于超声测量仪难以准确测量的患者如高度

近视伴后巩膜葡萄肿者很有优势。(2)它在人工晶状体和硅油眼的眼轴测量方面也有一定优势。因为光速极快故其在各个介质间的矫正因子可以忽略不记。发现IOL-Master对患者在白内障术前术后测量得到的眼轴仅有0.07mm的缩短<sup>[37,38]</sup>。El-Baha等<sup>[36]</sup>认为它和浸入式A超预测硅油眼的人工晶状体屈光度数一样准确0.77±0.34D。(3)无接触和方便快捷。

但是光学测量对晶状体的屈光介质和固视有较高的要求,在比较其和传统A型超声预测IOL屈光度数准确性时,有10%<sup>[33]</sup>、20%<sup>[37]</sup>、12%<sup>[33]</sup>及26.1%不能用IOL-Master准确测量<sup>[15]</sup>。为此IOL-Master升级版的软件(第五版)中增加了信噪比(signal-to-noise ratio)和组合信号分析技术。新技术通过运算把多个单个测量信号结合成一个复合信号,每个信号的高峰被综合得到一个扩大的信号,这个过程中每个信号随机产生的噪声也被彼此消除。应用此技术尽量减少屈光介质混浊对IOL-Master测量的影响,2008年Hill认为通过新软件可以对90%以上的眼睛进行眼轴测量,但是对于严重混浊尤其是后囊下混浊者仍然无法准确测量<sup>[5]</sup>。

**4.5 术中测量** 通过各种方式总是不能百分百达到准确的预测,而患者对术后视力功能要求越来越高。有学者提出术中检影<sup>[38]</sup>、术中生物学测量<sup>[7,36]</sup>。El-Baha通过硅油取出术中行眼轴测量算IOL屈光度,虽然预测性可靠理论上准确性高,但是也产生了0.77±0.34D平均绝对屈光误差<sup>[7]</sup>,他进一步对22例患者比较术中A超及术前IOL-Master测量。虽然IOL-Master测得的平均屈光误差±0.5D分别为40.91%,稍低于前者的结果50%;但二者测量方式81.82%的结果在平均屈光误差±1D范围内<sup>[36]</sup>。而且术中测量虽然能比较准确测量眼轴,但是需要更多的仪器如Nidek Echoscanner US800,并且需要对IOL的大量库存<sup>[7]</sup>。因此术中测量方式并不能得到广泛开展。

## 5 角膜曲率的测量

角膜屈光的测量目前主要有手动角膜曲率计、自动角膜曲率计、计算机辅助角膜录像术(computerized videokeratography, CV)、Orbscan II、Pentacam、IOL-Master及Lenstar LS 900等。无论自动还是手工角膜曲率计都把角膜假设为一个规则的圆柱形,通过在角膜前一个好的照亮光,作为一个凸面镜显示角膜的图像,从而预测角膜曲率的弯曲度。各种方式在测量角膜曲率方面都比较准确<sup>[39]</sup>。目前对于正常散光范围内的大多数人,角膜曲率比较容易得到,而且Chang提出传统手动角膜曲率计相对更为准确<sup>[39]</sup>。因为都是对角膜前表面的测量,因此对于行角膜屈光手术以后的患者的结果往往不准。而Pentacam,不同与传统的角膜地形图,应用Scheimpflug原理形成三维重建。它同时测量前后表面获得信息量大,除了观察中央角膜曲率外,还可以观察周围角膜曲率,在屈光性角膜手术及早期圆锥角膜的诊断上有重要价值。

## 6 小结

综上所述,随着玻璃体视网膜手术技术的不断提高,患者对恢复正常视功能的期待不断增加。现在技术日新月异不断增多,因此我们有必要根据患者的病情特点选择最合适他的测量方式,以让他能在裸眼状态真真实实地感受到功能恢复。无疑IOL-Master是目前为止最方便快捷无创的检查,但是部分患者还是因为严重的屈光介质混浊(轴性白内障,角膜混浊),视力低,或者位于视轴上的玻璃体视网膜异常而无法测量。此时则需要借助于超

声矫正测量法,要求根据该患者眼内硅油性质重新设定矫正系数。同时还应该仔细分析患者的眼内结构和层次,考虑到RSS的存在。如有条件可行B超联合浸入式A超测量,它在理论上更为准确。如果对这个结论仍然持有怀疑态度,推荐还是先行硅油取出,再二期行人工晶状体植入术。对于无晶状体眼行二期人工晶状体植入,Kunavisaru认为用超声测量时因硅油位置稳定性降低,变异性更大,此时患者可能有较好的裸眼视力因此用IOL-Master测量较为准确。此时把IOL放入睫状沟增大可变性,比囊袋内植入预测准确性更低<sup>[24]</sup>。同时注意到人工晶状体睫状沟植入,它的位置与预测时的有效晶状体位置比前移,若用术前选择的人工晶状体度数术后可能产生-1D左右的屈光误差。相信随着更多基于大规模的临床试验的测量方法改进及人工晶状体计算公式的进步,定会逐渐满足患者的需求。

#### 参考文献

- 1 Szurman P, Bartz-Schmidt KU. Silicone oils in retinal surgery. *Ophthalmologie* 2000;97(7):514-525
- 2 钟秀凤,李永平,林健贤,等.眼内硅油填充术后硅油相关并发症的组织病理及超微结构观察. *中华眼科杂志* 2005;41(1):31-36
- 3 Duan A, She H, Qi Y. Complications after heavy silicone oil tamponade in complicated retinal detachment. *Retina* 2011;31(3):547-552
- 4 Casswell AG, Gregor ZJ. Silicone oil removal. I. The effect on the complications of silicone oil. *Br J Ophthalmol* 1987;71(12):893-897
- 5 Hill W, Angeles R, Otani T. Evaluation of a new IOLMaster algorithm to measure axial length. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(6):920-924
- 6 Hoffer KJ. Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(8):1233-1237
- 7 El-Baha SM, El-Samadoni A, Idris HF, et al. Intraoperative biometry for intraocular lens (IOL) power calculation at silicone oil removal. *Eur J Ophthalmol* 2003;13(7):622-626
- 8 Norrby S. Using the lens haptic plane concept and thick-lens ray tracing to calculate intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(5):1000-1005
- 9 Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18(2):125-129
- 10 Hill W, Angeles R, Otani T. Evaluation of a new IOLMaster algorithm to measure axial length. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(6):920-924
- 11 Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(5):472-485
- 12 Schelenz J, Kammann J. Comparison of contact and immersion techniques for axial length measurement and implant power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1989;15(4):425-428
- 13 李筱荣.白内障与人工晶状体.第1版.北京:人民卫生出版社 2011:122
- 14 Grinbaum A, Treister G, Moisseiev J. Predicted and actual refraction after intraocular lens implantation in eyes with silicone oil. *J Cataract Refract Surg* 1996;22(6):726-729
- 15 Byrne S, Ng J, Hildreth A, et al. Refractive change following pseudophakic vitrectomy. *BMC Ophthalmol* 2008;8:19
- 16 Azzolini C, Pierro L, Codenotti M, et al. Ultrasound biomicroscopy following the intraocular use of silicone oil. *Int Ophthalmol* 1995;19(3):191-195
- 17 Frau E, Lautier-Frau M, Labetoulle M, et al. Phacoemulsification combined with silicone oil removal through posterior capsulorhexis. *Br J Ophthalmol* 1999;83(12):1406-1407
- 18 Nepp J, Krepler K, Jandrasits K, et al. Biometry and refractive outcome of eyes filled with silicone oil by standardized echography and partial coherence interferometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243(10):967-972
- 19 Hoffer KJ. Ultrasound velocities for axial eye length measurement. *J*

- Cataract Refract Surg* 1994;20(5):554-562
- 20 Shugar JK, de Juan EJ, McCuen BN, et al. Ultrasonic examination of the silicone-filled eye: theoretical and practical considerations. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1986;224(4):361-367
- 21 Mj CJSR. Ultrasonography of the eye and orbit. Vol. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2006
- 22 Abu EEK, Shalaby MH, El SH. Immersion B-guided versus contact A-mode biometry for accurate measurement of axial length and intraocular lens power calculation in siliconized eyes. *Retina* 2011;31(2):262-265
- 23 Ghoraba HH, El-Dorghamy AA, Atia AF, et al. The problems of biometry in combined silicone oil removal and cataract extraction: a clinical trial. *Retina* 2002;22(5):589-596
- 24 Murray DC, Durrani OM, Good P, et al. Biometry of the silicone oil-filled eye: II. *Eye (Lond)* 2002;16(6):727-730
- 25 Takei K, Sekine Y, Okamoto F, et al. Measurement of axial length of eyes with incomplete filling of silicone oil in the vitreous cavity using x ray computed tomography. *Br J Ophthalmol* 2002;86(1):47-50
- 26 Suk KK, Smiddy WE, Shi W. Refractive outcomes after silicone oil removal and intraocular lens implantation. *Retina* 2013;33(3):634-641
- 27 Hoffer KJ, Shammas HJ, Savini G. Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(4):644-648
- 28 Bencic G, Vatauvuk Z, Marotti M, et al. Comparison of A-scan and MRI for the measurement of axial length in silicone oil-filled eyes. *Br J Ophthalmol* 2009;93(4):502-505
- 29 Chen YA, Hirschschall N, Findl O. Evaluation of 2 new optical biometry devices and comparison with the current gold standard biometer. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(3):513-517
- 30 Jasvinder S, Khang TF, Sarinder KK, et al. Agreement analysis of LENSTAR with other techniques of biometry. *Eye (Lond)* 2011;25(6):717-724
- 31 Hitzenberger CK, Drexler W, Dolezal C, et al. Measurement of the axial length of cataract eyes by laser Doppler interferometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34(6):1886-1893
- 32 Kiss B, Findl O, Menapace R, et al. Refractive outcome of cataract surgery using partial coherence interferometry and ultrasound biometry: clinical feasibility study of a commercial prototype II. *J Cataract Refract Surg* 2002;28(2):230-234
- 33 Haigis W, Lege B, Miller N, et al. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238(9):765-773
- 34 Lege BA, Haigis W. Laser interference biometry versus ultrasound biometry in certain clinical conditions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242(1):8-12
- 35 Nepp J, Krepler K, Jandrasits K, et al. Biometry and refractive outcome of eyes filled with silicone oil by standardized echography and partial coherence interferometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243(10):967-972
- 36 El-Baha SM, Hemeida TS. Comparison of refractive outcome using intraoperative biometry and partial coherence interferometry in silicone oil-filled eyes. *Retina* 2009;29(1):64-68
- 37 Findl O, Drexler W, Menapace R, et al. High precision biometry of pseudophakic eyes using partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 1998;24(8):1087-1093
- 38 Patwardhan SD, Azad R, Sharma Y, et al. Intraoperative retinoscopy for intraocular lens power estimation in cases of combined phacoemulsification and silicone oil removal. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(7):1190-1192
- 39 Chang M, Kang SY, Kim HM. Which keratometer is most reliable for correcting astigmatism with toric intraocular lenses? *Korean J Ophthalmol* 2012;26(1):10-14