

眼前节检查仪器在白内障手术中应用的研究进展

张南¹, 李燕²

作者单位:¹(650224)中国云南省昆明市,云南同仁新华医院眼科;²(650031)中国云南省昆明市,昆明医学院第一附属医院眼科

作者简介:张南,学士,住院医师,研究方向:白内障、眼整形。
通讯作者:李燕,德国医学博士,主任医师,博士研究生导师,先后发表论文十余篇,其中4篇被SCI收录,累计影响因子24.4,研究方向:白内障、眼底病、神经眼科学。liyanr@hotmail.com
收稿日期:2011-08-31 修回日期:2011-10-17

Imaging principles of ocular anterior segment inspection equipment and application in cataract surgery

Nan Zhang¹, Yan Li²

¹Department of Ophthalmology, Yunnan Tongren Xinhua Hospital, Kunming 650224, Yunnan Province, China; ²Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Kunming Medical College, Kunming 650031, Yunnan Province, China

Correspondence to: Yan Li. Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Kunming Medical College, Kunming 650031, Yunnan Province, China. liyanr@hotmail.com

Received: 2011-08-31 Accepted: 2011-10-17

Abstract

• Ocular anterior segment imaging technology is one of the rapid development areas of ophthalmology now. This paper describes the principles of various imaging equipment, measurement methods and application in cataract surgery. A variety of anterior segment imaging devices continue to be introduced and are widely used in clinic, which makes the ophthalmologist get the exact value of the anterior chamber structure and provides cataract doctors the basis for correct choice of the timing of cataract surgery.

• KEYWORDS: ocular anterior segment imaging; cataract

Zhang N, Li Y. Imaging principles of ocular anterior segment inspection equipment and application in cataract surgery. *Guji Yanke Zazhi (Int J Ophthalmol)* 2011;11(12):2144-2147

摘要

眼前节成像技术是目前眼科学中快速发展的领域之一,各种眼前节成像设备的不断推出及在临床的广泛应用,使眼科医师能够得到前房结构的精确数值,为白内障医师正确选择手术时机提供依据。我们对各种成像设备的原理、测量方法及在白内障手术中的应用进行详细介绍如下。

关键词:眼前节成像;白内障

DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2011.12.027

张南,李燕.眼前节检查仪器在白内障手术中应用的研究进展. 国际眼科杂志 2011;11(12):2144-2147

0 引言

白内障是我国主要致盲性疾病,随着我国人口的增加和老龄化,年龄相关性白内障发病率将明显增加。白内障合并浅前房容易导致眼压升高,其发病机制为白内障皮质吸收水份引起晶状体膨胀,体积增大,前推膨胀的周边虹膜紧贴于小梁网,逐渐关闭前房角(chamber angle, CA),最终引起急性闭角型青光眼^[1,2]。积极开展膨胀期前的白内障手术,是预防膨胀期白内障诱发青光眼的重要措施^[3]。我国属于发展中国家,很多白内障患者手术时机偏晚,随着白内障手术及人工晶状体(IOL)植入技术的广泛普及和广大患者经济水平的提高,早期进行白内障手术成为可能。

白内障患者的中央前房深度(ACD)和前房容积(chamber volume, CV)变化与晶状体密度值呈负相关,随着晶状体密度的增加,中央ACD和CV逐渐减小。因此,ACD, CV和CA的变化可用于评价白内障的进展程度^[4]。以往受检查设备所限,难以对眼前节结构精确测量,现在新的前节成像设备的不断推出使之成为可能。眼前节成像技术是眼科学中快速发展的领域之一,它们改善了以往眼前节信息获取的方式,为眼科学研究和临床工作提供了新的技术手段。它们可以测量量化的眼前节信息并且给出高质量的眼前节图像,包括角膜、前房、虹膜、CA和晶状体,得到人眼ACD, CV和CA的精确数值。眼科医师可以据此评估白内障合并浅前房者的病情变化,确定手术时机。目前应用于临床的眼前节检查仪器有Orbiscan- II角膜地形图系统、眼前段光学相干断层扫描(anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT)、IOL Master光学生物测量仪、全景超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)和Pentacam三维眼前节分析仪(Pentacam three-dimension anterior eye segment analyzer),这些设备均有自身的特点和优点。

1 Orbiscan- II 角膜地形图系统

Orbiscan- II 角膜地形图系统是由Orbtek公司生产的角膜地形图检查系统,它利用光学扫描装置对被检查者角膜进行扫描,从而获取角膜前后高度地形图、角膜前表面屈光力地形图及全角膜厚度图。除此之外,还可检测前房的深度、晶状体的厚度。

1.1 Orbiscan- II 角膜地形图系统原理 Orbiscan- II 角膜地形图系统由光学头部(包括发射裂隙光的2个光学投射头及拍摄角膜裂隙光学切面的照相机)、计算机处理系统及彩色打印机组成。光学头部的裂隙光以45°角投射于被检查角膜,对角膜进行扫描,20条裂隙光自左向右进行扫描,另20条裂隙光自右向左进行扫描,共获取40个裂隙切面,而每个裂隙切面可获取240个数据,计算机根据这

些裂隙光扫描获取的信息计算出全角膜前表面的屈光率、全角膜前后表面的高度及全角膜厚度等^[5]。全角膜的厚度是根据全角膜前后表面的高度差值而获得的。角膜厚度彩色编码图的颜色设计原则为:用暖色表示角膜薄,颜色越暖,则角膜越薄;用冷颜色表示角膜较厚,颜色越冷,则角膜越厚。角膜的高度地形彩色编码图显示角膜与一参考平面的相对高度,凡高于参考平面处用暖颜色表示,而低于参考平面处用冷颜色表示。颜色越暖则表示角膜高出参考平面越多,颜色越冷则表示此处角膜越低于参考平面。角膜前后表面参考平面的曲率各个角膜不同,它是根据角膜的具体形态由计算机进行设定的。

1.2 Orbscan- II 角膜地形图系统检查方法 检查时保持暗室状态,嘱患者坐位,将头部放在下颌托上固定,注视中心光源,勿眨眼或转动眼球。

1.3 Orbscan-II角膜地形图系统在白内障手术中的应用 Orbscan- II 角膜地形图不仅可用于测量 ACD 和角膜厚度,并且能测量角膜散光轴向,为患者选择散光晶状体提供数据^[6]。但是部分研究认为 Orbscan- II 测量的 ACD 较实际深度浅^[7],故其在测量 ACD 的精确性、稳定程度等方面还有待进一步完善,目前主要应用于屈光手术检查中。

2 眼前段光学相干断层扫描

2.1 眼前段光学相干断层扫描原理 AS-OCT 工作原理类似于 B 超,只是 OCT 采用低相干光波扫描形式而非声波。OCT 是一种利用近红外光对生物组织进行断层成像的影像学技术。OCT 技术在眼科首先应用于眼后节视网膜及脉络膜等疾病的诊断。1994 年, Izatt 等首先将其应用于眼前段生物结构成像。自此,世界各国研究者相继应用 AS-OCT 对眼前段组织进行正常生物参数测量或异常病变分析,指导眼前段疾病的诊断以及角膜、青光眼、白内障及屈光手术的术前评估和术后监测。

AS-OCT 以 1310nm 波长激光作为相干光源,减少了巩膜组织的散射,因而可穿过角膜缘,使 CA 成像,对眼前段组织的分辨率高、成像较好,是一种较为理想的眼前段检测工具。其原理为:从短脉冲固体激光光源发出的光被分光镜分成测量光与参照光,测量光进入眼,参照光则通过一个已知空间坐标的反射镜,两者的反射光线经过光敏探测仪分析比较,获得测量回声光波的延迟时间,再由计算机转化为图像信息。图像采集速度快,消除了运动伪像,因而使准确测量眼前段结构成为可能;成像时间短,允许对较大面积区域进行快速扫描,因而图像宽幅足以使整个角膜和前房一次成像;可记录眼前段的快速动态变化,如不同调节状态或不同外部照明条件等引起的眼前段改变^[8]。

2.2 眼前段光学相干断层扫描的测量方法 被检者行检查前无需散大瞳孔。检查前首先将被检者的基本信息输入电脑,调整检查台至适宜高度,将 AS-OCT 选定在扫描状态,选择所需的扫描类型,被检者取坐位。嘱被检者将下颌置于下颌托上,前额紧贴额托,注视固视目标。在扫描过程中,检查者可通过视频监视器精确定位扫描的方向,同时注视显示屏上同步显示的扫描图像,可对采集的图像加以选择并保存。AS-OCT 获取并保存单张图像的时间为数秒。检查者可在此后任意时间对保存的图像进行分析或打印,可将程序选择在分析状态,检索提取所需图像。利用扫描仪提供的测量软件,对图像上任意线段、角度等参数进行测量或输出打印。

2.3 眼前段光学相干断层扫描在白内障手术中的应用 与传统的 ACD 测量方法比较,AS-OCT 能对除睫状体外几乎所有的结构进行断层扫描使整个前房完整成像,一幅扫描图像可以包含整个眼前节横截面结构的信息,能够全面地评价眼前节各组织间相互结构的关系。另外,测量中能根据受试对象的屈光状态调整仪器内部的固视目标,可以使测量在非调节的状态下进行,使中央及周边 ACD、前房宽度等参数的活体测量更为准确^[9]。AS-OCT 测量的 ACD 一致性与可重复性较好^[10],与 A 超及 UBM 比较,其测量值相关性良好^[11,12]。

与研究较为完善且发展更为成熟的眼后段 OCT 技术比较,AS-OCT 技术尚处于起步阶段。初期的研究结果表明,这种检查方法在眼前段结构的成像和分析方面具有良好的应用前景。如何充分利用 AS-OCT 技术,使其更为有效地服务于眼前段疾病的诊治,尚有待于临床进一步丰富经验和积累临床研究结果。

3 IOL Master 光学生物测量仪

3.1 光学生物测量的原理 激光干涉生物测量 (laser interference biometry, LIB) 是基于部分相干干涉测量 (partial coherence interferometry, PCI) 的原理,采用半导体激光发出的一束具有短的相干长度 (160 μ m) 的红外光线 (波长 780nm),并人工分成两束,那么这两束光具有相干性;同时,这两束光分别经过不同的光学路径后,都照射到眼球,而且两束激光都经过角膜和视网膜反射回来。干涉测量仪的一端是对准被测量的眼球,另一端有光学感受器,当干涉发生时,如果这两束光线路径距离的差异小于相干长度,光学感受器就能够测出干涉信号,根据干涉仪内的反射镜的位置 (能够被精确测量),测出的距离就是角膜到视网膜的光学路径。

从 1980 年代始,LIB 技术的图形形式-OCT 逐渐得到眼科界的广泛认同。而光学测量技术最近才由卡尔蔡司公司推出成熟的产品,就是 IOL Master 光学生物测量仪。IOL Master 是一种为计算 IOL 度数进行眼球轴长测量的全新仪器。它创新地将角膜曲率 (KER)、角膜直径“白到白” (white-to-white, WTW)、ACD、眼球轴长的测量集中于一体,仅需非常微弱的光线即可准确地得出白内障手术所需要的数据。IOL Master 对眼球的测量沿着视轴方向获得从角膜前表面到视网膜色素上皮层的光学路径距离。由于它是一种非接触性的测量,患者接收程度高,故不会对患者造成感染、无需表面麻醉、探头不需要接触角膜,患者采取坐位,IOL Master 能够自动判断眼别,不会产生错误,KER 和 ACD 可以同时测量,患者不需要更换体位。计算数据存储在计算机中,KER 范围从 5 ~ 10mm (用角膜前表面半径表示),ACD 1.5 ~ 6.5mm,眼轴长 14 ~ 40mm,根据显示器所设定的缩放比例,结果精确度可以达到 ± 0.02 mm^[13]。

3.2 IOL Master 的检查方法 患者保持注视在中间的固视灯,让患者下巴放在下颌托上,通过额托护栏上的两个红色圆环标记使患者的双眼可以处于该水平。调节仪器和患者间的距离直到 6 个光斑的位置都处于聚焦状态,可以测量眼轴长度 (ALM),KER,ACD,角膜直径“白到白”和 IOL 度数计算。

3.3 IOL Master 在白内障手术中的应用 IOL Master 主要用于 IOL 度数的测定,其内置式计算机通过测量得到的数值,利用特有的 A 常数最优化功能运用国际通用的

Haigis, Hoffer Q, Holladay, SRK-II, SRK/T 等公式测算 IOL 度数。接触式 A 型超声波本身的精确度约为 0.10 ~ 0.12mm, 但由于检查时接触角膜, 测量值的精确性及可重复性往往因不同程度地压陷角膜而下降^[14], 常无法得到眼轴的准确值。IOL Master 基于 PCI 原理, 测量从泪膜表面到视网膜色素上皮层之间的距离, 包括黄斑中心凹的厚度, 是真正意义上的视轴。在某些特殊眼如长眼轴 (>26.00mm)、硅油眼、儿童眼的测量中, IOL Master 显示出独特优势^[15]。也可应用 IOL Master 测量 ACD, 客观评价白内障合并浅前房者的病情变化, 其测量值有良好的可重复性^[16], 分别用 A 型超声^[17] 和 UBM^[18] 的测量值与其比较, 均有显著相关性。

由于采用光学测量的原理, 蔡司 IOL Master 的不足之处是, 如果没有光线从眼底反射出来, 无论是由于眼内遮挡——如白内障过熟期的患者、角膜白斑和眼底出血患者及不能持续注视 0.3 ~ 0.4s 以上的患者, 测量数据都不能够得到(国外报道占患者的 10% ~ 15%), 此时还需要借助其他仪器来获得数据^[19]。同时, IOL Master 把眼球内不同阻滞看成均一阻滞, 使用一个平均屈光指数。当遇到短的眼球也会产生误差, 这需要寄希望于以后开发的 IOL Master。

4 超声生物显微镜

UBM 是 1990 年代发展起来的新型眼科 B 超影像学检测工具。它是由加拿大医生 Pavlin 等设计的一种无创伤性的眼用超高频超声图像诊断系统, 由于其具有可以获得高分辨力图像的特点, 与光学显微镜的分辨水平相当, 故称为 UBM。UBM 可以在非侵入条件下获得任意子午线的眼前段结构的二维图像, 突破以往眼前段结构在活体状态下检查的限制, 可以清晰显示角膜厚度、睫状体、房角及前后房结构状态、晶状体与虹膜等结构状态及相互关系, 为眼病的诊断和发病机制的研究提供重要信息。

4.1 超声生物显微镜的工作原理及应用技术 UBM 是由 50MHz 换能器与临床 B 超仪结合而成, 其工作原理与传统的 B 型超声仪基本相同, 但是其使用频率更高, 探头频率为 40 ~ 100MHz, 分辨力为 40 ~ 60 μ m, 组织穿透距离 4.0mm, B 模式成像每秒完成 5 ~ 10 帧, 每帧图像面积 5.0mm \times 5.0mm, 探头在可见范围内进行线性扫描收集射电频率, 射电频率信号从组织返回被吸收, 通过复杂的信号传递、放大、处理系统形成图像。UBM 为达到在高频率下实时 B 型模式成像的目的, 应用了新技术, 包括高频换能器、高频信号处理、精确的移动控制。UBM 采用扇形扫描方式, 高频率的超声脉冲由探头发扫描标本, 由于标本的声阻抗不同, 反向散射超声波被同一探头接收, 通过复杂信号传递、放大处理系统形成影像。UBM 产生的影像是运用数字转化技术而产生的计算机控制下的影像, 用这种技术能很容易地作某些形态学评估, 譬如距离和角度的测量。

4.2 超声生物显微镜的检查方法 UBM 操作系统在计算机屏幕上以人机对话的方式完成。UBM 探头采用水浴技术扫描, 即在受检眼上安装一眼杯, 眼杯中注入某种流体介质(如蒸馏水)。探头浸入介质中进行检查, 需要受检者取仰卧位。由于探头在水浴中扫描, 不会对眼前段产生机械性干扰, 房角形态检查的结果基本上是自然状态下的房角, 可在任何光线条件下进行房角形态及相关解剖结构的观察测量。

4.3 超声生物显微镜在白内障手术中的应用 初发期白

内障在不散大瞳孔的情况下, UBM 能清晰的显示晶状体赤道部散在小片状的高回声区, 这为不适合散瞳检查的患者(如高危房角)的白内障的早期诊断提供一种可靠的手段。IOL 的 UBM 图像呈高反射性, 所以 UBM 技术也被用于评价前后房型 IOL 植入术后 IOL 位置和 IOL 攀位置及其与周围组织的相互关系。UBM 对 CA 的测量可以用于明确有无晶状体因素引起的瞳孔阻滞, 当发生此情况时, 可以及时白内障手术, 避免因晶状体膨胀诱发青光眼^[20]。尽管有新的成像设备的不断涌现, UBM 仍然是临床测量 ACD、了解 CA 形态应用最普遍的仪器。UBM 检查采用水浴技术不依赖于光线照明, 消除了光线对房角的影响^[21], 但它的检查结果易受检查者操作技巧影响, 并且作为一种接触性检查, 需在表面麻醉下进行, 会带来压迫、角膜水肿、角膜损伤和感染等潜在并发症。

5 Pentacam 三维眼前节分析仪

Pentacam 三维眼前节分析仪是德国 Oculus 公司生产的世界上第一种应用旋转 Scheimpflug 的摄像机。通过旋转摄像, 获取眼前节多重图像, 产生眼前节三维立体图, 计算角膜、前房的各种测量值, 并以彩色图形显示结果, 还具有三维立体动态重现功能。Pentacam 作为一种新型的光学眼前节测量分析系统, 拥有无创、客观、实时、简便、三维成像、可重复性好、分析随访功能强大等独特的功能。它通过对眼前节的三维形态分析, 定量地描述一系列前房结构参数, 为筛查和诊断提供客观依据。

5.1 Pentacam 三维眼前节分析仪成像原理 Pentacam 的光源为波长 475nm 的二极管激光, 用旋转的测量探头进行眼前节扫描, 非接触式无需表面麻醉。聚焦景深大, 图像清晰。每次检查耗时少于 2s, 可测量 25 000 点以上, 以保证图像清晰度和分析的准确性, 该系统对整个检查区域可进行实时测量, 根据测量数据计算并建立眼前节的三维模型。该设备为一旋转 Scheimpflug 摄像机, 旋转过程中在三维空间产生矩阵图, 眼睛的移动在这过程中会被纠正, 此成像测量原理可避免全方位扫描所产生的误差, 其自动扫描保证良好的重复性, 可以避免人为因素造成的误差^[22]。

5.2 Pentacam 三维眼前节分析仪的检查方法 检查前被检查者先在暗室中适应 5 ~ 10min, 在自然瞳孔情况下接收检查。检查时保持暗室状态, 嘱患者坐位, 将头部放在下颌托上固定, 注视 Pentacam 旋转中心蓝色光带中央的固视目标, 勿眨眼或转动眼球。检查者选择每秒 25 张的测量模式自动扫描, 在小于 2s 内非接触获取数据, 此时须令被检者保持睁眼固视, 直至完成扫描。Pentacam 自行内部检测, 经过计算机软件 Software Version 1.03 处理, 从患者眨眼或环境亮度中考虑潜在的测量影响因素, 系统自动产生质量因子(QF)。QF > 95% 表明是可靠的测量结果, 若 QF \leq 95% 则重做, 直至 QF > 95%。测量的参数包括 ACD, 中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT), CV, CA 和矫正眼压(corrected intraocular pressure, corIOP)。

5.3 Pentacam 三维眼前节分析仪在白内障中的应用 Pentacam 被广泛地应用于前房和晶状体分析, 与 IOL Master 相比, 对 ACD 的测量无显著性差异^[23]。Pentacam 的蓝光照明可显示角膜和晶状体的密度。用 Pentacam 测量晶状体密度, 可用于判断晶状体混浊程度, 进行白内障分期和分类, 了解白内障进展程度^[24]。利用手动测量功能, Pentacam 可测量晶状体后囊膜向前到角膜的距离, 如

测量从晶状体前表面到前房型 IOL 后表面的距离,或者植入的前房型 IOL 到角膜内皮的距离^[25],眼内后房型 IOL 的位置及其与前后阻滞的位置、拱高。

Pentacam 不足之处在于,它还是基于光学原理设计的仪器,对于屈光介质混浊,或者瞳孔很小的患者不能很好的显示,而且房角的精细结构显示仍然不能与 UBM 相比拟。Pentacam 在我国应用于临床的时间短、范围小,对于我国人群,它的实用性、重复性和精确性如何有待明确。

6 小结

在白内障患者中,应用眼前节检查设备均可早期、灵敏地反映患者的前房情况,客观量化地评价膨胀期白内障,为早期手术提供精确的、更全面科学的依据,降低患者发生闭角型青光眼的风险。现在我们需要关心的是,ACD 或 CV 减小至多少是手术指征,这需要我们共同的研究以进一步达成共识。

参考文献

- 1 刘杏,黄晶晶. 晶状体在原发性闭角型青光眼发病机制和治疗中的作用. 眼科 2011;20(1):5-8
- 2 Asbell PA, Dualan I, Mindel J, et al. Age-related cataract. *Lancet* 2005;365(9459):599-609
- 3 俞晓艺,赵岐,林郁. 白内障合并浅前房患者的手术治疗相关研究. 国际眼科杂志 2010;10(11):2068-2090
- 4 Chen Y, Bao YZ, Pei XT. Morphologic changes in the anterior chamber in patients with cortical or nuclear age-related cataract. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(1):77-82
- 5 刘丽清,王艳. 角膜地形图在角膜屈光手术中的应用及进展. 国际眼科纵览 2010;2(34):82-85
- 6 吴超琼,程旭康,王晋英. Orbscan- II 眼前节分析系统测量眼前房深度分析. 临床眼科杂志 2005;13(6):506-507
- 7 庞辰久,宋晓洪,王丽娅,等. Orbscan II 眼前节分析仪与超声法测量近视眼角膜中央厚度及前房深度结果比较. 眼科研究 2008;26(10):780-783
- 8 王冰松,王宁利. 眼前段相干光断层成像术在眼科的应用. 中华眼科杂志 2008;44(2):185-188
- 9 刘杏,曾阳发,夏园玲,等. 眼前段相干光断层扫描仪测量前房深度与晶体厚度的一致性和可重复性研究. 中国实用眼科杂志 2007;25(6):600-603
- 10 Console JW, Sakata LM, Aung T, et al. Quantitative analysis of anterior segment optical coherence tomography images; the Zhongshan Angle Assessment Program. *Br J Ophthalmol* 2008;92(12):1612-1616
- 11 Nemeth G, Vajdas A, Tsorbatzoglou A, et al. Assessment and

reproducibility of anterior chamber depth measurement with anterior segment optical coherence tomography compared with immersion ultrasonography. *Cataract Refract Surg* 2007;33(3):443-447

12 李媚,杨晔,蔡小于,等. 眼前段光学相干断层扫描仪与超声生物显微镜测量中央前房深度的比较. 中华生物医学工程杂志 2010;1(16):15-19

13 梁四妥,孙靖,张红. 光学相干生物测量仪的临床应用. 国际眼科纵览 2009;33(4):250-253

14 Lee AC, Qazi MA, Pepose JS, et al. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19(1):13-17

15 Dietlein TS, Roessler G, Luke C, et al. Signal quality of biometry in silicone oil-filled eyes using partial coherence laser interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(5):1006-1010

16 赵岐,俞晓艺,王星,等. 光学相干生物测量仪联合晶状体浑浊测量仪检查对浅前房白内障手术的预测性研究. 中华眼外伤职业眼病杂志 2011;33(2):93-96

17 贾力蕴,王宁利,梁远波,等. IOL Master 与 A 型超声测量前房深度和眼轴的可重复性和相关性分析. 中国实用眼科杂志 2007;25(1):63-65

18 周文凯,李效岩,张劲松. 超声生物显微镜与 IOL Master 测量前房深度的差异性分析. 国际眼科杂志 2009;9(6):1030-1031

19 Freeman G, Pesudovs K. The impact of cataract severity on measurement acquisition with the IOL Master. *Acta Ophthalmol Scand* 2005;83(4):439-442

20 谭焯,张亿. 超声生物显微镜与 A 超测量中央前房深度的对比. 中国眼耳鼻喉杂志 2007;7(4):240-241

21 周利,王星,解聪,等. 超声生物显微镜在急性闭角型青光眼临床分期中的应用. 中国实用眼科杂志 2007;25(12):1347-1349

22 李悦,李莹. Pentacam 眼前段成像系统的临床应用和相关研究. 国际眼科纵览 2011;2(35):110-114

23 Savant V, Chavan R, Pushpoth S, et al. Comparability and intra-/interobserver reliability of anterior chamber depth measurements with the Pentacam and IOL Master. *J Refract Surg* 2008;24(6):615-618

24 Tkachow SI, Lautenschlager C, Ehrlich D, et al. Changes in the lens epithelium with respect to cataractogenesis; light microscopic and Scheimpflug densitometric analysis of the cataractous and the clear lens of diabetics and non-diabetics. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;244(5):596-602

25 de Sanctis U, Loiacono C, Richiardi L, et al. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measured by Pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology* 2008;115(9):1534-1539