

眼前节相干光断层扫描在青光眼中的研究进展

赵黎, 李青松, 柯梅青, 张兴儒

基金项目: 上海市普陀区卫生系统自主创新科技资助项目 (No. B-126)

作者单位: (200062) 中国上海市, 上海中医药大学附属普陀医院眼科

作者简介: 赵黎, 上海中医药大学在读硕士研究生, 研究方向: 眼表疾病。

通讯作者: 李青松, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 教授, 研究方向: 青光眼、眼表疾病。Liqingsong1969@163.com

收稿日期: 2013-12-24 修回日期: 2014-03-10

Research progress on anterior segment optical coherence tomography in glaucoma

Li Zhao, Qing - Song Li, Mei - Qing Ke, Xing - Ru Zhang

Foundation item: Independent Innovation of Science and Technology Project of Health System in Putuo District, Shanghai (No. B-126)

Department of Ophthalmology, Putuo Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200062, China

Correspondence to: Qing - Song Li. Department of Ophthalmology, Putuo Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200062, China. Liqingsong1969@163.com

Received: 2013-12-24 Accepted: 2014-03-10

Abstract

• Glaucoma is the second blindness disease in the world, and there are more primary angle closed glaucoma in China. The anatomy changes of the anterior chamber have close relationships with the development of glaucoma. Anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) has the advantages of fast, non-contact, high resolution and accurate quantitative measurement, which provides a kind of important method for finding the pathogenesis of primary angle closed glaucoma, for early diagnosis and treatment of glaucoma, and for the postoperative evaluation of glaucoma.

• **KEYWORDS:** anterior segment; optical coherence tomography; glaucoma

Citation: Zhao L, Li QS, Ke MQ, et al. Research progress on anterior segment optical coherence tomography in glaucoma. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2014;14(4):644-647

摘要

青光眼是世界第二位致盲性眼病,我国以原发性闭角型青光眼较多。前房解剖结构的改变与青光眼的发展有密切

的关系。眼前段光学相干断层成像技术 (anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT) 具有检查快速、非接触、高分辨率、精确量化测量等特点,为原发闭角型青光眼房角关闭的发病机制、早期诊断和治疗、青光眼术后评价等方面提供了一种重要的方法。

关键词: 眼前节; 相干光断层扫描; 青光眼

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2014.04.18

引用: 赵黎, 李青松, 柯梅青, 等. 眼前节相干光断层扫描在青光眼中的研究进展. *国际眼科杂志* 2014;14(4):644-647

0 引言

青光眼是一种进行性不可逆性视功能损伤的眼病,在世界致盲性眼病中占第二位。我国原发性青光眼发病率为 0.52%,继发性和先天性青光眼的发病率分别为 0.06% 和 0.02%,原发性青光眼患者已超出 625 万^[1],而我国以原发闭角型青光眼多见,根据国际地域性和眼科流行病学 (international society of geographical and epidemiological ophthalmology, ISGEO) 系统分类,原发闭角型青光眼可分为三个阶段: (1) 只表现出房角的狭窄,而无其他解剖和功能的异常,即原发房角关闭可疑 (primary angle-closure suspect, PACS); (2) 因周边房角的粘连而形成原发性房角关闭,仅造成眼内压的升高,即原发房角关闭 (primary angle-closure, PAC); (3) 因青光眼眼压升高损害到视神经,即原发房角关闭型青光眼 (primary angle-closure glaucoma, PACG)。因此通过对前房各解剖结构的研究有助于发现房角关闭的发病机制,从而进行早期诊断和治疗^[2]。AS-OCT 是一种新的影像学检查方法,其自带的测量软件可测得中央角膜厚度、前房直径、前房深度、晶状体曲率半径、晶状体厚度、房角度数等。近些年其在青光眼的研究中有广泛应用,相对于房角镜和超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscopy, UBM) 等设备,具有检查快速、非接触、高分辨率、精确量化测量等优势。本文就 AS-OCT 在青光眼前节解剖结构的定量测量和术后定量评价方面作一综述。

1 OCT 的工作原理

1994 年 Izatt 等^[3]首先将 OCT 应用于眼前节的检查,它的工作原理类似 B 超: B 超利用超声波进行探测,具有较广泛的探测深度,但分辨率较低;而 OCT 利用光波进行探测,比 B 超分辨率高。OCT 由超亮光二极管发出的低相干光传到光纤偶联器,照射光被平均分为扫描光束和对照光束。扫描光束通过照射眼部某一特定结构获取该处不同深度组织的反向散射光信号,将反射光与经反光镜面对照光束进行干涉度处理,并经计算机重建扫描部位的二维截面图。图像上可清晰显示角膜、结膜、巩膜、虹膜、睫状体、晶状体前表面等结构。

2 AS-OCT 对前房各结构的定量研究

2.1 角膜厚度

2.1.1 角膜厚度对眼压的影响 对临床工作中疑似青光

眼患者首要筛查方式是眼压测量,而角膜厚度会影响眼压的测量。1974年 Ehlers 等^[4]发现角膜厚度会引起眼压测量的偏差,并提出中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)的眼压校正方法,即 CCT 值每偏离 520 μm 这一标准值 14 μm ,就会产生 1mmHg 的误差。近年来国内外提出多种眼压的矫正方法, Fern 等^[5]提出以 562.4 μm 为基准, CCT 每改变 1 μm ,眼压将随之改变 0.02mmHg;李颖等^[6]提出以 520 μm 为标准值, CCT 每改变 25 μm ,眼压随之改变 1mmHg。

2.1.2 角膜厚度的定量测量 准确测量角膜厚度才能估计实际眼压。Fishman 等^[7]分别使用 AS-OCT、Orbscan 和角膜超声测厚仪(ultrasonic pachymeter, USP)对 11 例 22 只正常眼的中央角膜厚度进行测量,表明 USP 测量和 OCT 测量结果一致性较高,而 Orbscan 一致性较低。Dada 等^[8]对 63 眼进行 CCT 的 UBM 和 AS-OCT 的对比,测的 UBM 组厚度为 502 \pm 46 μm 而 AS-OCT 组厚度为 512 \pm 46 μm ($r=0.91, P=0.25$),结果显示仪器测量结果没有统计学差异。Garcia-Medina 等^[9]分别使用 AS-OCT 与 USP 对 80 例原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)患者进行检查,使用 USP 测得平均 CCT 厚度为 537.76 \pm 32.24 μm (95% CI, 530.58 ~ 544.93),使用 AS-OCT 测得厚度为 520.53 \pm 30.44 μm (95% CI, 513.76 ~ 527.31),结果显示 AS-OCT 组测得 CCT 稍低于 USP 组,而且这个差异并不受抗青光眼药物治疗的影响。Bechmann 等^[10]利用 AS-OCT 测不同类型青光眼角膜厚度来评价角膜厚度与眼内压(intraocular pressure, IOP)的关系,他们对 POAG20 眼、正常眼压性青光眼(low intraocular pressure glaucoma, LTG)42 眼、高眼压症(ocular hypertension, OHT)22 眼、原发性闭角型青光眼(PACG)10 眼、假性色素剥脱综合征(pseudoexfoliation syndrome, PEX)24 眼、色素性青光眼(pigmentary glaucoma, PIG)13 眼、健康眼 36 眼,总计 167 眼进行 OCT 的角膜厚度测量,测得 OHT 组最厚为 593 μm ,而 LTG 组(482 μm)、PEX 组(493 μm)、POAG 组(512 μm)较正常眼压组(530 μm)薄, PIG 组(510 μm)和 PACG 组(539 μm)与正常眼压组没有差异,同时该研究表明正常眼压性青光眼、假性剥脱综合征、原发开角型青光眼由于较薄的角膜,可能造成测的眼内压低于实际眼内压,而高眼压症情况相反,会造成实际眼内压的高估。由此可见,运用 AS-OCT 来精确测量中央角膜厚度,能帮助我们获得更真实的眼内压。

2.2 前房深度 大范围体检筛查时,浅前房被认为是发现 PACG 最重要诊断依据,近年来临床多用 A 超作为中央前房深度(anterior chamber depth, ACD)的准确测量工具,而 AS-OCT 也能准确测量 ACD。Nemeth 等^[11]聘用两名检查技师分别使用 AS-OCT 和 A 超对同一组志愿者进行 ACD 测量,两组 AS-OCT 测量结果为 3.12 \pm 0.33mm 和 3.11 \pm 0.11mm,可信度为 99.6%;两组 A 超测量结果为 2.98 \pm 0.33mm 和 2.95 \pm 0.34mm,可信度为 87.1%。吴敏等^[12]对 25 例眼分别使用 AS-OCT 和 A 超进行 ACD 测量,结果显示 AS-OCT 和 A 超测量数据有一定差异,AS-OCT 的测量结果波动度和重复性都优于 A 超。Yi 等^[13]使用眼前节分析仪(pentacam, PTC)和 AS-OCT 对 81 例房角正常的志愿者分别进行两种仪器测量,使用 PTC 测量平均 ACD 为 3.33 \pm 0.27mm(右眼)、3.34 \pm 0.28mm(左眼),而 AS-OCT 测量平均 ACD 为 3.32 \pm 0.26mm(右眼)、3.31 \pm

0.28mm(左眼), Yi 认为 AS-OCT 与 PTC 有较好的一致性。Dada 等^[8]对 ACD 进行 UBM 和 AS-OCT 的测量对比,测的 AS-OCT 组深度为 2.85 \pm 0.5mm($r=0.97, P=0.2$),与 UBM 组没有统计学差异。AS-OCT 在 ACD 测量方面有较高的可重复性, Radbakrisbnan 等^[14]对患者 20 例 20 眼进行短期可重复性测量,对患者 23 例 23 眼进行长期的可重复性测量,结果显示组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)高达 0.93 ~ 1.00。由此可见, AS-OCT 在 ACD 的测量方面都优于其他检查仪器。

2.3 房角参数

2.3.1 房角参数的测量 多年的研究表明,较窄的前房角与 PACG 的发生有密切关系,无论是虹膜膨隆型还是虹膜高褶型都在发生青光眼之前房角就已经变窄。现代常用来评价房角的参数包括:前房角度数(anterior chamber angle, ACA), 500 μm 和 750 μm 房角开放距离(angle opening distance, AOD₅₀₀ 和 AOD₇₅₀), 500 μm 和 750 μm 房角隐窝(angle recess area, ARA₅₀₀ 和 ARA₇₅₀), 500 μm 和 750 μm 小梁虹膜面积(trabecular iris space area, TISA₅₀₀ 和 TISA₇₅₀)等。早期由于研究手段的限制,不能对前房角进行量化的测量,1991 年加拿大医生 Pacvlin 设计了超声生物显微镜(UBM)为眼前段的活体结构提供了非侵入性定量观察的工具。AS-OCT 也能对房角进行测量, Dada 等^[8]对三级青光眼研究中心 63 例正常眼志愿者进行鼻侧 ACA 和颞侧 ACA 的 UBM 和 AS-OCT 度数的对比,鼻侧 UBM 组为 28.27 \pm 11.3 $^\circ$ 、AS-OCT 组为 26.25 \pm 11.0 $^\circ$ ($r=0.84, P=0.3$),颞侧 UBM 组为 28.3 \pm 13.5 $^\circ$ 、AS-OCT 组 25.1 \pm 11.4 $^\circ$ ($r=0.86, P=0.15$), Dada 等^[8]认为在测量房角度数方面, AS-OCT 与 UBM 一致性较好,在临床工作中可以互相替代。Mansouri 等^[15]对 PACS、PAC、PACG 患者 33 例 55 眼进行 AS-OCT 和 UBM 测量,结果显示 AS-OCT 与 UBM 间有较好的相关性,但在区分周边虹膜高褶和后位型虹膜仍然需要 UBM。Yi 等^[13]使用 PTC 和 AS-OCT 对 81 例房角正常的志愿者分别进行两种仪器测量,测得 PTC 组右眼颞侧 ACA45.41 \pm 5.30 $^\circ$ 、鼻侧为 43.58 \pm 5.04 $^\circ$,左眼颞侧 ACA47.32 \pm 5.66 $^\circ$ 、鼻侧为 44.80 \pm 5.38 $^\circ$; AS-OCT 组右眼颞侧 ACA 46.18 \pm 5.50 $^\circ$ 、鼻侧为 45.13 \pm 5.89 $^\circ$,左眼颞侧为 ACA 46.67 \pm 5.98 $^\circ$ 、鼻侧为 44.90 \pm 5.94 $^\circ$, Yi 等^[13]认为两种仪器在鼻侧和颞侧房角度数测量方面相似,有较好的一致性。Baskaran 等^[16]对 98 眼进行 EyeCam 和 AS-OCT 的测量对比,结果显示如果以 gonioscopy 为参考标准, EyeCam 和 AS-OCT 一致性较好,但在诊断房角关闭方面 Eye 稍好于 AS-OCT。Nolan 等^[17]对患者 200 例 324 眼进行 gonioscopy 和 AS-OCT 的对比,发现下方房角关闭多于颞侧和鼻侧,在暗室环境里,以 gonioscopy 为参考标准 AS-OCT 诊断房角关闭的敏感性为 98%,但在以 AS-OCT 诊断为房角关闭时, gonioscopy 确有 44.6%的房角是开放的, Nolan 等^[17]认为如果以 AS-OCT 为参考标准, gonioscopy 只有 68.8%的敏感性和 96.6%的特异性。

2.3.2 房角测量具有较高的可信性 Radbakrisbnan 等^[14]对患者 20 例 20 眼进行短期可重复性测量,对患者 23 例 23 眼进行长期的可重复性测量,结果显示 AS-OCT 在测量鼻侧和颞侧房角度数方面不管在短期(ICC:0.67 ~ 0.90)还是长期(ICC:0.56 ~ 0.93)都有较高的可重复性,但下方房角测量的可重复性较低(ICC:0.31 ~ 0.73)。

Sihota 等^[18]对印度北部健康普查时对 40~59 岁志愿者进行 AS-OCT 的检查,发现平均房角为 $24.2^{\circ} \pm 10.2^{\circ}$,多元变量分析显示房角度数与前房空间、房角开放距离、和前房高度有关。巩膜凸在前房中为重要的解剖定位点,如果不能准确的确定其位置将为前房的定量测量带来很大的阻碍。Sakata 等^[19]对 502 名志愿者进行 AS-OCT 测量,在 gonioscopy 确定为关闭房角时,AS-OCT 很难全部确定巩膜凸的位置,在上侧、下侧、鼻侧、颞侧的检出率分别为 64%,67%,75%,80%,可能因为当房角过窄时,房角结构高反射互相影响造成 AS-OCT 获得的图像质量很差,Sakata 等^[19]认为尽管最后结果有 30% 的巩膜凸不能被定位,至少 90% 的 AS-OCT 可以被他们两个青光眼专家区分出房角的关闭与开放;虽然 UBM 也能观察到巩膜凸的位置但 Sakata 等^[19]认为 AS-OCT 图像上位置更清楚,这一点与 Dada 等^[8]的观点相同。

2.3.3 亮度对房角测量的影响 瞳孔在黑暗环境下会扩大,造成周边房角变窄, Liu 等^[20]对 122 名白种人进行光亮和黑暗环境中的 AS-OCT 的测量,结果显示在光亮环境里 91.7% 的健康年轻人虹膜的平面在两侧巩膜凸连线之后,而 85% 的健康老年人和 92.5% 的高眼压患者和青光眼患者虹膜平面在两巩膜凸连线之前;在黑暗环境里,67.5% 的健康老年人和 77.6% 的高眼压患者和青光眼患者都出现了虹膜和小梁网的接触。Liu 等^[20]认为房角关闭多与虹膜平面、小梁网之间距离和生理情况下瞳孔直径的大小有关,许多房角关闭的患眼在明亮环境中也会表现出开放的房角。

2.4 Schlemm 氏管的观察 Wang 等^[21]利用 AS-OCT 对 18 例 POAG 患者和 19 名正常志愿者进行 Schlemm 氏管的检测,图像中能清晰显示 Schlemm 氏管的横截面,经统计分析发现,POAG 组 Schlemm 氏管的直径、周长和面积都小于正常对照组。

3 青光眼滤过手术评价

自小梁切除术被广泛应用于青光眼的治疗以来,对术后滤过泡形态和功能的检测一直被用来评价青光眼手术效果的客观指标^[22]。临床工作中,医生根据滤过泡表面结膜血管化、滤过泡的大小、结膜下是否有微囊泡、微囊泡是否弥散,再根据术后眼压的测量来做出主观评价。OCT 图像上可以观察到结膜的分层,Zhang 等^[23]首先观察并对结膜分层进行定量的测量,通过结膜结构的量化测量可以对滤过泡进行客观的评价。

3.1 滤过泡的观察 Kawana 等^[24]对患者 31 例 38 眼滤过泡进行 3D-CAS-OCT 的观察和测量,在检查中发现,内部房水流出通道和巩膜瓣可以清楚的在图像上显示且呈现率达 90%,统计结果显示 IOP 与滤过泡的长度、宽度、高度、最大滤泡壁的厚度、总滤泡高度、滤泡内部总容积、高反射区域面积、微囊泡的数量呈负相关,而对比手术成功的滤过泡和手术失败的滤过泡发现,以上这些指标具有显著差异。Kawana 等^[24]认为功能好的滤过泡具有一个较大容积、较大的反射面积和拥有较多微囊泡的厚滤泡壁,而 Cinacilian 等^[25]对患者 48 例 60 眼的滤过泡进行了眼表活体共聚焦显微镜(in vivo confocal microscopy,IVCM)与 AS-OCT 的对比研究,认为滤过功能较好的囊泡与 Kawana 等^[24]所陈述的特征一致。吴强等^[26]以 Singh 的方法对 53 例 69 眼滤过泡进行了 UBM 与 AS-OCT 的评价,结果显示 AS-OCT 对滤过泡的检测和识别的敏感性(92.7%)和特异性(83.3%)都优于 UBM。

3.2 脉络膜上腔积液的观察 青光眼小梁切除术后多发生脉络膜上腔积液,余新平等^[27]利用 AS-OCT 观察了小梁切除术后脉络膜上腔积液的发生,结果显示手术后脉络膜上腔积液发生率为 76%,19 眼中 10 眼出现在第 1d,5 眼出现在第 3d,余新平等^[27]认为低眼压和围手术期眼内压的急剧降低是术后脉络膜上腔积液发生的重要因素。

3.3 阀门管的观察 对于难治性青光眼,临床上多用青光眼的阀门管植入来控制眼压,然而阀门管的位置、是否通畅等都影响术后眼压的波动。2008 年 Au 等^[28]首先提出了 AS-OCT 在青光眼阀门管的应用,图像中可清楚的看到阀门管的内外壁和两端。2012 年 Lopilly 等^[29]首先使用 AS-OCT 测量阀门管的参数,并对 48 例患者进行 AGV 植入术后阀门管的 AS-OCT 测量,时间为术后 1,2d;1wk;1,3,6mo;1a,结果发现阀门管在前房的长度平均缩短 -0.20 ± 0.17 mm,平均 T-I 距离(阀门管到虹膜的距离)为 0.11 ± 0.07 mm,平均 T-C 距离(阀门管到角膜的距离)为 -6.7 ± 0.07 mm,Lopilly 等^[29]认为阀门管缩短的程度和青光眼的类型有关,葡萄膜炎和穿透角膜移植术后阀门管缩短最明显。

3.4 引流钉的观察 最近引流钉的出现使传统的手术观念出现改变,Verbraak 等^[30]首先利用 AS-OCT 观察离体猪眼的引流钉图像,图像中可清晰的看到引流钉的位置和长短,Verbraak 等^[30]称下一步将会在人体上利用 AS-OCT 观察测量引流钉的位置和长短,进一步来评价引流钉手术的效果。

3.5 人工晶状体置换术后的观察 人工晶状体置换后眼压也会变动,Dawczynski 等^[31]对 60 例白内障患者(20 例 POAG 组、20 例 ACG 组、20 例无青光眼组)进行人工晶状体置换,并用 AS-OCT 对这 60 例患者进行手术前后的评价,结果显示所有组的 ACD 和 ACA 都会在手术后增加,但 ACG 组的 IOP 的减少量比其他两组更大。Kim 等^[32]利用 AS-OCT 测量 11 例 PACG 与 12 例 POAG 人工晶状体置换术前术后前房的参数,结果显示两组术后 ACD 和房角度数都比术前增大;术后 PACG 组比 POAG 组平均 ACD 小,但其他参数,如 ACA、AOD 和 TISA 没有统计学差异。

3.6 虹膜周切术后的观察 庄晓彤等^[33]对 30 例 42 眼 PACG 进行激光虹膜切开术(laser peripheral iridoplasty,LPI)前后的 AS-OCT 测量,结果显示 LPI 可解决瞳孔阻滞,使前房角开放距离、小梁网与虹膜间面积增加,但 ACD 不变。

4 其他方面的研究

晶状体虹膜的位置在房水循环中占有重要的作用,Shabana 等^[34]利用 AS-OCT 对 48 例 PACG 患者进行测量,根据测得图像中前房解剖结构的位置归纳成四组:(1)瞳孔阻滞型;(2)虹膜高皱型;(3)周边虹膜增厚型;(4)晶状体过度前凸型。多变量分析显示与瞳孔阻滞型对比,虹膜高皱和周边虹膜增厚型的 ACD,2000 μ m 前房深度和前房面积较高,而晶状体过度前凸型较低;TISA 可代表真实的滤过面积,但四个组之中并无统计学差异。Moghimi 等^[35]对 189 眼进行 AS-OCT 的前房参数进行测量,结果显示关闭房角与开放房角相比 ACA,AOD500,TISA500 和 ACD 较小,而晶状体厚度和晶状体曲度较大,并且发现较高的晶状体曲度在急性闭角型青光眼发病中占有重要作用。

5 展望

AS-OCT 作为一种先进的影像学检查技术,尤其在青

光眼前节微观解剖结构的参数改变的测量方面比其他检查手段更有优势。它具有非接触性、高分辨率、结果形象化、检查快速等优点,并且能通过混浊的角膜,更适合广泛的群体。AS-OCT具有更精确的量化测量,能同时检测到CCT,ACD,ACA,AOD,ARA,TISA、结膜各层结构、瞳孔直径、虹膜厚度、晶状体前凸度等多种指标,使它在青光眼的筛查、青光眼药物治疗后的随访、青光眼手术后的评价方面具有巨大的优势。今后的研究可通过AS-OCT数据库的建立进行AS-OCT检查数据的分析,为青光眼早期的诊断和青光眼术后的评价做出更好的指导。两千多年前,《黄帝内经》中提出“上医治未病,中医治欲病,下医治已病”,希望我们AS-OCT技术在青光眼的预防、诊断、治疗方面都向我所预想的方面发展,达到真正的治青光眼于未病,使占致盲率第二的眼病减少。

参考文献

- 葛坚. 青光眼的研究进展与发展趋势. 中华眼科杂志 2000;3:192-196
- Salim S. The role of anterior segment optical coherence tomography in glaucoma. *J Ophthalmol* 2012;2012:476801
- Izatt JA, Hee MR, Swanson EA, et al. Micrometer-scale resolution imaging of the anterior eye *in vivo* with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1994;112(12):1584-1589
- Ehlers N, Hansen FK. Central corneal thickness in low-tension glaucoma. *Acta Ophthalmol(Copenh)* 1974;52(5):740-746
- Fern KD, Manny RE, Gwiazda J, et al. Intraocular pressure and central corneal thickness in the COMET cohort. *Optom Vis Sci* 2012;89(8):1225-1234
- 李颖,周和政,张文强,等. 正常人中央角膜厚度对不同眼压计测量值的影响. 华南国防医学杂志 2011;25(3):213-223
- Fishman GR, Pons ME, Seedor JA, et al. Assessment of central corneal thickness using optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(4):707-711
- Dada T, Sihota R, Gadia R, et al. Comparison of anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for assessment of the anterior segment. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(5):837-840
- Garcia-Medina JJ, Garcia-Medina M, Garcia-Maturana C, et al. Comparative study of central corneal thickness using fourier-domain optical coherence tomography versus ultrasound pachymetry in primary open-angle glaucoma. *Cornea* 2013;32(1):9-13
- Bechmann M, Thiel MJ, Roesen B, et al. Central corneal thickness determined with optical coherence tomography in various types of glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2000;84(11):1233-1237
- Nemeth G, Vajdas A, Tsohatzoglou A, et al. Assessment and reproducibility of anterior chamber depth measurement with anterior segment optical coherence tomography compared with immersion ultrasonography. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):443-447
- 吴敏,叶剑,孙强,等. 前节OCT与A超测量前房深度的比较. 国际眼科杂志 2007;7(5):1341-1342
- Yi JH, Hong S, Seong GJ, et al. Anterior chamber measurements by pentacam and AS-OCT in eyes with normal open angles. *Korean J Ophthalmol* 2008;22(4):242-245
- Radhakrishnan S, See J, Smith SD, et al. Reproducibility of anterior chamber angle measurements obtained with anterior segment optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(8):3683-3688
- Mansouri K, Sommerhalder J, Shaarawy T. Prospective comparison of ultrasound biomicroscopy and anterior segment optical coherence tomography for evaluation of anterior chamber dimensions in European eyes with primary angle closure. *Eye* 2010;24(2):233-239

- Baskaran M, Aung T, Friedman DS, et al. Comparison of EyeCam and anterior segment optical coherence tomography in detecting angle closure. *Acta Ophthalmol* 2012;90(8):621-625
- Nolan WP, See JL, Chew PT, et al. Detection of primary angle closure using anterior segment optical coherence tomography in Asian Eyes. *Ophthalmology* 2007;114(1):33-39
- Sihota R, Vashisht P, Sharma A, et al. Anterior segment optical coherence tomography characteristics in an Asian population. *J Glaucoma* 2012;21(3):180-185
- Sakata LM, Lavanya R, Friedman DS, et al. Assessment of the scleral spur in anterior segment optical coherence tomography images. *Arch Ophthalmol* 2008;126(2):181-185
- Liu L. Anatomical changes of the anterior chamber angle with anterior segment optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2008;126(12):1682-1686
- Wang F, Shi G, Li X, et al. Comparison of Schlemm's canal's biological parameters in primary open-angle glaucoma and normal human eyes with swept source optical. *J Biomed Opt* 2012;17(11):116008
- 符之瑄,张兴儒,韩竹梅. 前节相干光断层扫描在球结膜及相关疾病中的应用. 国际眼科纵览 2012;36(6):369-374
- Zhang X, Li Q, Liu B, et al. *In vivo* cross-sectional observation and thickness measurement of bulbar conjunctiva using optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52(10):7788-7791
- Kawana K, Kiuchi T, Yasuna Y, et al. Evaluation of trabeculectomy blebs using 3-Dimensional cornea and anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2009;116(5):848-855
- Cianciglini M, Carpineto P, Agnifili L, et al. Filtering bleb functionality: a Clinical, anterior segment optical coherence tomography and *in vivo* confocal microscopy study. *J Glaucoma* 2008;17(4):308-317
- 吴强,张谊,宋蓓雯,等. 眼前段相干光断层扫描仪和超声活体显微镜对青光眼滤过术后滤过泡的检测评价. 中华眼科杂志 2008;44(5):402-407
- Xinping Y, Weihua P, Mei R, et al. Supraciliochoroidal fluid incidence at the early stage after trabeculectomy: study with anterior segment optical coherence tomography. *Curr Eye Res* 2011;36(9):818-823
- Au L, Fenerty C. The use of anterior segment optical coherence tomography in glaucoma drainage implant surgery. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2008;39(2):164-166
- Lopoilly Park HY, Jung KI, Park CK. Serial intracameral visualization of the Ahmed glaucoma valve tube by anterior segment optical coherence tomography. *Eye(Lond)* 2012;26(9):1256-1262
- Verbraak FD, de Bruin DM, Sulak M, et al. Optical coherence tomography of the Ex-PRESS miniature glaucoma implant. *Lasers Med Sci* 2005;20(1):41-44
- Dawczynski J, Koehnigsoerffer E, Augsten R, et al. Anterior segment optical coherence tomography for evaluation of changes in anterior chamber angle and depth after intraocular lens implantation in eyes with glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2007;17(3):363-367
- Kim M, Park KH, Kim TW, et al. Anterior Chamber Configuration Changes after Cataract Surgery in eyes with glaucoma. *Korean J Ophthalmol* 2012;26(2):97-103
- 庄晓彤,王凤敏,肖伟. PACG激光虹膜切开术前后前节OCT扫描各参数变化研究. 国际眼科杂志 2012;12(11):2151-2153
- Shabana N, Aquino MC, See J, et al. Quantitative evaluation of anterior chamber parameters using anterior segment optical coherence tomography in primary angle closure mechanisms. *Clin Experiment Ophthalmol* 2012;40(8):792-801
- Moghimi S, Vahedian Z, Fakhraie G, et al. Ocular biometry in the subtypes of angle closure: an anterior segment optical coherence tomography study. *Am J Ophthalmol* 2013;155(4):664-673