

# GDxVCC 系统在青光眼早期诊断和随访中的应用

罗知卫 段宣初

## GDxVCC in early diagnosis and follow-up of glaucoma

Zhi-Wei Luo, Xuan-Chu Duan

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

Correspondence to: Xuan-Chu Duan, Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Xiangya Medical University, Changsha 410011, Hunan Province, China. duanxchu@hotmail.com

Received 2004-12-02 Accepted 2005-04-24

### Abstract

GDxVCC is an automatic computer-controlling system, which combines scanning laser technology and polarization modulation, provides retardation map of peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) caused by birefringent properties of the RNFL. The quantitative description of RNFL may be obtained after the map is analyzed. The purpose of the present paper is to summarize the working principles, technical parameters and the clinical applications of GDxVCC in the early diagnosis and follow-up of glaucoma.

KEYWORDS: glaucoma; retinal nerve fiber layer; early diagnosis; GDxVCC

Luo ZW, Duan XC. GDxVCC in early diagnosis and follow-up of glaucoma. *Int J Ophthalmol (Guji Yanke Zazhi)*, 2005;5(3): 513-517

### 摘要

GDxVCC 系统采用自动化的电子计算机控制系统, 作者单位: (410011) 中国湖南省长沙市, 中南大学湘雅二医院眼科

作者简介: 罗知卫, 男, 中南大学湘雅二医院眼科 2002 级硕士研究生。

通讯作者: 段宣初. duanxchu@hotmail.com

收稿日期: 2004-12-02 修回日期: 2005-04-24

将激光扫描技术和偏振调制器相结合, 提供因视网膜神经纤维层双折射特性所产生的视盘周围视网膜神经纤维层的延迟图像, 通过对图像的分析处理, 获得视盘周围视网膜神经纤维层厚度的定量描述。本文就 GDxVCC 系统的工作原理和技术参数及其在青光眼的早期诊断和随访中的应用作一综述。  
关键词: 青光眼; 视网膜神经纤维层; 早期诊断; GDxVCC

罗知卫, 段宣初. GDxVCC 系统在青光眼早期诊断和随访中的应用. 国际眼科杂志, 2005;5(3):513-517

### 0 引言

全世界大约有 6 700 万青光眼患者<sup>[1]</sup>, 其中约有一半青光眼患者未能得到早期诊断<sup>[2]</sup>。原因在于青光眼的病理损害基础是视网膜神经节细胞和轴索的损害, 早期表现为视网膜神经纤维层 (retinal nerve fiber layer, RNFL) 厚度的改变<sup>[3]</sup>。现今临床检测手段尚不能有效的鉴别 RNFL 改变, 急需一种客观、定量、且重复性高的 RNFL 检测仪器。GDxVCC 系统 (scanning laser polarimetry with variable corneal compensation) 是美国 LDT (laser diagnostic technologies LDT) 公司于 2002 年实现了对眼前段的个体化补偿后将扫描激光偏振仪改进而成, 它利用平行排列的视网膜神经纤维内微管的双折射特性, 测量 2 次通过视网膜神经纤维层偏振光的延迟度, 并对角膜和晶状体双折射特性所产生的偏振光的延迟进行个体化的中和, 经人工智能系统分析获得视盘周围视网膜神经纤维层的结构参数, 以实现准确、快速、定量检查 RNFL, 而有利于青光眼的早期诊断。

### 1 GDxVCC 工作原理和技术参数

1.1 工作原理 GDxVCC 系统采用近红外二极管偏振激光 (波长 780nm) 作光源, 偏振光由相互垂直

的两个部分组成,通过眼的屈光间质,聚焦于视盘周围的视网膜某一位点上,穿过具有双折射特性的视网膜神经纤维,一部分光速率被改变从而产生偏振光的延迟,偏振光反射回经偏振调制器检测并进行分析,存储于电脑中。通过扫描装置移到邻近视网膜位点进行重复测量。每个最终延迟图像由256×256像素组成,每个像素对应于其相应部位的延迟值,扫描率达20°×20°,获取时间为0.7s。在此期间,个性化的角膜补偿器可对眼前节的偏振作用进行中和,以消除角膜等眼前节组织对视网膜神经纤维层测量的干扰。在开发出个体化的角膜补偿器前,LDT公司试图通过固定的角膜补偿器(fixed corneal compensation,FCC)即GDxFCC系统进行眼前节的补偿(偏振轴鼻下方15°,振幅60nm),但是角膜的偏振轴及振幅个体间变异很大<sup>[4]</sup>。平行排列的RNFL轴索内包含的微管(microtubule)及其他圆柱状的细胞器直径小于偏振光的波长,能够改变偏振光两部分中一部分光前进的速率从而产生偏振光的位相延迟,即RNFL具有双折射特性,这种位相延迟的大小与微管的密度成正比,所以GDxVCC系统所测RNFL厚度为一相对厚度,但与组织切片法测得的厚度有高度相关性(相关系数 $r=0.7$ , $P<0.001$ )<sup>[5]</sup>。即偏振激光1°的延迟值相当于7.4 $\mu$ m RNFL厚度<sup>[6]</sup>。

1.2 基本参数 TSNITaverage(椭圆平均值):椭圆测量环内所有像素的平均值;Superior average(上方平均值):椭圆测量环内上方120°区域所有像素的平均值;Inferior average(下方平均值):椭圆测量环内下方120°区域所有像素的平均值;TSNIT standard deviation(TSNIT标准差):某部位RNFL厚度值在正常人数据库中出现的概率,通常以4×4像素为单位;Inter-Eye Symmetry(双眼间对称性);Nerve fiber indicator(神经纤维指数):患青光眼的可能性指标,数值越大患青光眼的可能性越大。同时GDxVCC系统提供一扩展的参数打印表,包括如下参数:RNFL average(RNFL平均厚度),symmetry(对称性),Superior ratio(上方比值),Inferior ratio(下方比值),Superior/Nasal(上方鼻侧比值),Max modulation(最大调制值),Superior maximum(上方最大值),Inferior maximum(下方最大值),Ellipse modulation(椭圆调制值),Ellipse average(椭圆平均值),Superior average(上方平均值),Inferior av-

erage(下方平均值),Normalized superior area(标准化上方面积),Normalized inferior area(标准化下方面积),Ellipse Std.Dev(椭圆标准差)。

GDxVCC依据不同参数在正常人群出现的概率分别用不同颜色的数值表示,同时提供视网膜反射图、RNFL厚度地形图、标准偏差图、双眼TSNIT(颞、上、鼻、下4象限RNFL厚度)曲线图及对比图。

1.3 GDxVCC 检查过程 GDxVCC检查在明室进行,检查前患者无需作特殊准备,如扩大瞳孔<sup>[7]</sup>、摘除角膜接触镜<sup>[8]</sup>等。在输入患者的等效屈光度数后,旋转激光照相机的屈光镜可矫正患者的屈光状态,矫正范围为球镜(+5.0D~-15.0D)柱镜(0.0D~+3.0D)。让患者将颞额部贴在橡胶垫上,被检眼注视系统内红色固视目标,通过手动控制杆来调整荧光屏上瞳孔和反光团与聚焦标志的相对位置,使聚焦标志线在反光团的中央,瞳孔在聚焦标志圈的中央。摄取图像前,患者需眨眼保持角膜湿润,干眼症患者可使用人工泪液,以提高图像质量。先获得角膜等眼前节双折射特性的偏振轴和振幅,然后采用个性化角膜补偿器对眼前节的偏振作用进行补偿,再获得视网膜RNFL的延迟图像。

1.4 GDxVCC 测量RNFL厚度的可重复性和影响因素 Blumenthal等<sup>[9]</sup>采用13台GDxVCC系统对同1眼进行重复测量,报道椭圆平均值的变异系数为5.1%,95%可信区间系统间差值仅为3.84 $\mu$ m,并且其他参数有类似的变异系数。而Shirakashi等<sup>[10]</sup>报道系统内椭圆平均值的变异系数为1.4%×0.6%。这些均表明GDxVCC系统重复性高。许多研究表明,正常人RNFL厚度解剖变异很大,表现在年龄、种族、视盘直径、屈光状态、所测部位视网膜距离视盘远近、视盘周围视网膜脉络膜萎缩等方面,而且正常人与早期青光眼患者RNFL参数有部分重叠。Schlotmann等<sup>[11]</sup>对54例正常人(平均42±15岁)和51例青光眼患者(平均66±14岁)进行GDxVCC系统检查,RNFL厚度随年龄增加每年递减-0.64%( $P=0.0001$ )。Reus等<sup>[12]</sup>收集73例正常人和146例青光眼患者GDxVCC测量数据,发现正常人上方平均值和TSNIT标准偏差与年龄经线性回归分析有统计学意义的相关性(-0.196 $\mu$ m/a, $P=0.011$ ;-0.088 $\mu$ m/a, $P=0.026$ )。因GDxVCC系统检查过程中需根据黄斑部放射状Henle神经纤维上眼前节的双折射领结样图形计算眼前节双折射的

偏振轴和振幅,因此 GDxVCC系统对 RNFL 测量受黄斑疾病的影响。Bagga等<sup>[13]</sup>分别用角膜偏振测量仪和 GDxVCC系统测量 20 例正常人和 27 例有黄斑疾病患者的角膜偏振轴及振幅,并根据黄斑部双折射图形分清晰弱、淡弱和不确定领结 3 组,黄斑疾病患者中 8 例有不确定领结,正常人中无不确定领结,结果显示:角膜偏振轴两种仪器测量值间相关系数,正常人( $R^2=0.72, P<0.0001$ ),黄斑疾病患者( $R^2=0.22, P=0.024$ );角膜偏振振幅两种仪器测量值间差异,不确定领结组明显大于淡弱领结组和清晰领结组( $P=0.0007$ );正常眼角膜偏振测量仪所测角膜偏振轴与 GDxVCC系统各测量参数间无统计学意义的相关性( $P>0.05$ ),而黄斑疾病眼角膜偏振测量仪所测角膜偏振轴与 GDxVCC系统 5 个测量参数间有统计学意义的相关性( $P<0.05$ ),RNFL 平均值、椭圆平均值、上方平均值、下方平均值、上方整体值,表明 GDxVCC系统测量中黄斑疾病患者角膜双折射并未得到完全补偿。GDxVCC系统测量中采用屏方法测量角膜偏振轴后,两种仪器测量值间相关系数大为提高(屏方法: $R^2=0.83, P<0.0001$ ;领结方法: $R^2=0.22, P=0.024$ )。GDxVCC系统测量 RNFL 厚度在诊断青光眼时应考虑这些影响因素。同时 GDxVCC系统测量过程中提供 3 种直径椭圆测量环及两种测量角膜双折射的方法,尽量避免视盘周围视网膜脉络膜萎缩及黄斑疾病对视网膜神经纤维层测量的影响。

## 2 GDxVCC 在青光眼早期诊断与随访中的作用

### 2.1 GDxVCC 系统参数与视野的关系

Bagga等<sup>[14]</sup>对 59 例青光眼患者分别进行静态视野, GDxVCC系统和 FCC系统检测。结果显示,采用线性回归分析, VCC系统有 5 个参数与视野指标有显著相关性,包括:椭圆平均值、上方平均值、下方平均值、平均厚度值、上方整体值( $VCC P<0.05, FCC P>0.05$ )。Schlottmann等<sup>[11]</sup>有类似报道( $R^2=0.49$  vs  $R^2=0.12$ ;  $R^2=0.00\sim 0.47$  vs  $R^2=0.00\sim 0.21$ )。Bowd等<sup>[15]</sup>对患有早期青光眼或可疑青光眼的 73 眼进行 GDxVCC系统和 GDxFCC系统及静态视野检测,视野平均缺损为  $-2.74\text{dB}$ 。结果显示,经多元线性回归分析, VCC系统有 7 个参数与静态视野区域敏感度有统计学意义的相关性,如上方平均值、椭圆平均值、RNFL 平均值、上方最厚值、下方最厚值等,而 FCC系统无一 RNFL 参数与静态视野各区域敏感

度有统计学意义的相关性,表明 GDxVCC系统所测 RNFL 参数与视野有更好的相关性。可能 FCC系统采用的固定角膜补偿是参数误差来源,而 VCC系统采用的角膜补偿是个体化的,能有效地消除参数误差,因此, GDxVCC系统与视野有更好的相关性。Reus等<sup>[16]</sup>对 47 例正常人和 101 例青光眼患者进行了静态视野检查和 GDxVCC系统检查,并将视野图上各点和相应的视盘周围 RNFL 分成 6 个区域进行分区分析研究两者之间的关系,发现青光眼患者两者之间大多数区域相关性有统计学意义,而正常人之间无此相关性;当敏感度以 dB 表示时,颞上和颞下区域两者之间为直线相关性,当敏感度不转化为 dB 时,颞上和颞下区域两者之间为曲线相关性,表明 GDxVCC系统测量的视盘周围 RNFL 能反映视野丢失,并且基于这种视功能和结构间的相关性对早中期青光眼患者诊断和随访, GDxVCC系统检查优于视野检查。

### 2.2 GDxVCC 检测 RNFL 厚度在青光眼早期诊断中的价值

早期诊断是青光眼治疗的关键,也是现代青光眼研究的重点。已有研究表明青光眼视野损害前 6a 即有视网膜神经纤维层的丢失<sup>[3]</sup>,通过对 RNFL 的检查能更早地发现青光眼。Tsay等<sup>[17]</sup>检测 32 例仅有短时发作的急性闭角型青光眼患者和 28 例正常人,经 Mann-Whitney 分析两组间 RNFL 测量参数,结果显示 TSNIT平均值、椭圆平均值、上方平均值、下方平均值、颞侧平均值、鼻侧平均值两组间差异无统计学意义,而上方鼻侧比值、上方比值、神经纤维指数、下方比值、最大调制值、椭圆调制值两组间差异有统计学意义(各参数  $P<0.05$ ),表明 GDxVCC可用于急性闭角型青光眼的早期诊断和随访。Reus等<sup>[12]</sup>检测 146 例青光眼患者和 73 例年龄相匹配的正常人,青光眼患者视野缺损为  $-8.45\pm 6.81\text{dB}$ ,正常人视野为  $0.39\pm 1.13\text{dB}$ ,根据 TSNIT平均值、上方平均值、下方平均值、TSNIT标准偏差、神经纤维指数建立 ROC 曲线,曲线下面积分别为 0.93, 0.94, 0.90, 0.92, 0.98, 当切割点设置为 44 时,神经纤维指数诊断早期、中期、晚期青光眼的敏感性分别为 83.8%, 92.9%, 90.1%。Medeiros等<sup>[18]</sup>检测 55 例青光眼患者和 52 例正常人,将 RNFL 厚度 TSNIT 双峰曲线进行 Fourier 分析建立线性判别方程(linear discrimination formula LDF),结果显示,设定特异性为 92%时敏感性为 84%,而设定相似特异

性 GDxVCC各参数敏感性在 24%和 69%之间,根据线性判别方程建立的受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)下面积为 0.949,而根据 GDxVCC各参数建立的受试者操作特征曲线下面积最大值仅为 0.870(上方平均厚度)。Shirakashi 等<sup>[19]</sup>报道仅采用 TSNIT 参数诊断青光眼的敏感性为 91%,特异性为 89%。

2.3 GDxVCC 系统在青光眼随访中的应用 尚未见 GDxVCC在青光眼随访中应用的报道。但 GDx系统在青光眼随访中已表现出良好的监测作用。Kremmer 等<sup>[20]</sup>采用断层激光扫描仪(scanning laser tomography, SLT)和 GDx系统对 27 例正常眼压性青光眼(NTG)和 47 例原发性开角型青光眼(POAG)进行随访,平均随访时间分别为 57.7mo 和 60mo,结果显示,NTG 组眼压从 13.2 mmHg(1 mmHg=0.133kPa)下降为 12.6 mmHg,POAG 组眼压从 18.1 mmHg 下降为 15.2 mmHg,NTG 组视野平均缺损从 2.2 dB 上升为 3.7 dB,POAG 组视野平均缺损从 2.1 dB 上升为 3.9 dB;用 SLT 测量的视盘盘沿面积,NTG 组从 0.91 mm<sup>2</sup> 下降为 0.906 mm<sup>2</sup>,POAG 组从 0.84 mm<sup>2</sup> 下降为 0.80 mm<sup>2</sup>,两组随访期间其差异均无显著意义;用 GDx 测量 RNFL 厚度,NTG 组上方平均厚度从 66.4 μm 下降为 56.7 μm ( $P<0.05$ ),POAG 组上方平均厚度从 70.5 μm 下降为 59.0 μm ( $P<0.001$ ),两组随访期间其差异有显著意义,而且下方平均厚度亦有轻度下降,NTG 组从 73.2 μm 下降为 70.0 μm,POAG 组从 69.9 μm 下降为 67.6 μm。表明在视野和视盘有显著意义改变前即有 RNFL 厚度显著意义的改变。但 Boehm 等<sup>[21]</sup>用 GDx 系统对 17 例有视盘出血的青光眼患者平均随访 31mo,发现其中 10 例出现视野缺损加重,而 RNFL 参数未发现统计学意义的改变,可能与定义对应区域 RNFL 厚度至少下降 15 μm,神经纤维指数至少上升 10 为有统计学意义改变有关。但是有 5 例患者 RNFL 参数有较大的变化,其中 3 例就有视野缺损进展,并且所有视野缺损加重的患者视野恶化的象限 RNFL 厚度值较未恶化象限均有下降(-4.0±7.0 μm vs -1.6±5.3 μm,  $P=0.45$ )。

### 3 GDxVCC 与其他眼底检查技术的比较和优越性

除偏振激光扫描技术可提供视网膜神经纤维层实时和定量的信息外,光学相干断层扫描仪(OCT)、共焦激光扫描眼底镜(CSLQ)、激光断层扫描

仪(SLT 或 HRT)等均可提供视盘或 RNFL 的实时和定量的信息,有助于医师诊断和检测青光眼<sup>[22]</sup>。尽管在视盘和 RNFL 的测量值之间有一定的重叠,但有报道认为应用上述仪器测量青光眼和健康人之间差异有显著意义,且在考虑使用这些方法判断正常或青光眼的可行性之间存在一些矛盾的报道,主要原因在于目前全球范围内缺乏严格科研设计,但是已有研究者应用相同的入选和剔除标准以及相同的人群特征,来对上述方法加以比较。Bagga 等<sup>[14]</sup>对 OCT 和 GDxVCC 进行了与视野缺损相关性的比较,发现 GDxVCC 系统参数与视野缺损有更高的相关性( $R^2=0.29$ ,  $P<0.001$ ),而 OCT 所测 RNFL 厚度值与视野相关性较低( $R^2=0.08$ ,  $P=0.02$ )。Medeiros 等<sup>[23]</sup>对 36 例青光眼患者、28 例可疑青光眼患者和 38 例正常人进行了 GDxVCC 系统检查和无赤光眼底照像,将无赤光眼底图像进行 Niessen 计分,用 Pearson 相关系数分析 GDxVCC 系统视盘周围 RNFL 测量和无赤光眼底图分数之间的相关性,发现 GDxVCC 系统测量 RNFL 厚度随无赤光眼底图 RNFL 损害的增加而降低( $R^2=0.14\sim 0.44$ ),并根据 GDxVCC 系统视盘周围 RNFL 各测量参数和无赤光眼底图分数分别建立受试者操作特征曲线,发现根据 GDxVCC 系统测量参数神经纤维指数建立的 ROC 曲线下面积明显大于根据无赤光眼底图分数建立的 ROC 曲线下面积(0.90 vs 0.81,  $P=0.04$ ),表明 GDxVCC 系统检查诊断青光眼的能力强于无赤光眼底照像。Medeiros 等<sup>[24]</sup>用 GDxVCC 系统、HRT II、OCT 检查 107 例青光眼患者和年龄相匹配的 76 例正常人,剔除不能获得满意图像或经系统内软件分析不能与正常人数据库进行比较的病例后,共收集到 75 例青光眼患者 75 眼和 66 例正常人 66 眼数据,青光眼患者视野平均缺损 -4.87±3.9 dB,70%患者视野为早期缺损。对 3 种仪器各自最敏感参数进行受试者操作特征曲线下面积统计学分析,无统计学意义的差别(GDxVCC:神经纤维指数 0.91, HRT II:线性判别方程 0.86, OCT:下方视网膜神经纤维层厚度 0.92)。但 OCT、HRT-II 对视网膜神经纤维层的测量是基于形态学的测量,无赤光眼底照像、视乳头立体照相只是对眼底视网膜和视盘进行形态学检查,不能进行定量的描述而且需有专业的照相师和青光眼专家进行分析,而 GDxVCC 系统对视网膜神经纤维层的测量则是基

于其本身独特的双折射特性,所以更能早期发现视网膜神经纤维层的损害。

GDxVCC测量技术在眼底 RNFL 测量方面已显示出优越性:①可以根据大样本的 RNFL 结构性参数进行自动化定量分析,建立不同年龄组、不同种族人群 RNFL 大型数据库;②临床医生可以快速、定量、客观检测 RNFL,并可将数据永久保存以便随访对照,监测病情变化;③测量不受瞳孔大小、屈光不正、配戴角膜接触镜<sup>[28]</sup>、玻璃体腔硅油填充<sup>[29]</sup>、角膜屈光手术<sup>[29]</sup>等的影响。但是 GDxVCC系统测量参数依然受年龄、视盘大小、屈光间质混浊、视盘周围视网膜脉络膜萎缩、黄斑疾病等因素的影响,并且正常人和早期青光眼患者测量值之间存在部分重叠,因此对早期青光眼诊断推荐与临床检查相结合。

总之, GDxVCC系统用于青光眼诊断,有较高的敏感性和特异性,多项研究表明正常人、青光眼患者 RNFL 测量值,差异有显著意义;且 GDxVCC系统是依据 RNFL 双折射特性测量其厚度,更有助于青光眼的早期诊断,通过监测 RNFL 变化可以指导临床治疗;但 GDxVCC系统本身还存在一些问题,需进一步探讨和改进。

#### 参考文献

- 1 Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. *Br J Ophthalmol*, 1996;80:389-393
- 2 Mitchell P, Smith W, Attebo K, Healey PR. Prevalence of open-angle glaucoma in Australia: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*, 1996; 103:1661-1669
- 3 Sommer A, Katz J, Quigley HA, Miller NR, Robin AL, Richter RC, Witt KA. Clinically detectable nerve fiber layer atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol*, 1991;109:77-83
- 4 Weinreb RN, Bowd C, Greenfield DS, Zangwill LM. Measurement of the magnitude and axis of corneal polarization with scanning laser polarimetry. *Arch Ophthalmol*, 2002;120:901-906
- 5 Morgan JE, Woldock A, Jeffery G, Cowey A. Retinal nerve fiber layer polarimetry: histological and clinical comparison. *Br J Ophthalmol*, 1998;82: 684-690
- 6 Weinreb RN, Dreher AW, Coleman A, Quigley HA, Shaw B, Reiter K. Histopathologic validation of Fourier-ellipsometry measurements of retinal nerve fiber layer thickness. *Arch Ophthalmol*, 1990;108:557-560
- 7 Holo G, Sveges H, Nagymihaly A, Vargha P. Scanning laser polarimetry of the retinal nerve fiber layer in primary open angle and capsular glaucoma. *Br J Ophthalmol*, 1997;81:857-861
- 8 Bhandari A, Chen PP, Mills RP. Effects of contact lenses on scanning laser polarimetry of the peripapillary retinal nerve fiber layer. *Am J Ophthalmol*, 1999;127:722-724
- 9 Blumenthal EZ, Frenkel S. Inter-Device reproducibility of the scanning laser polarimetry with variable cornea compensation. *Eye*, 2005;19:308-311
- 10 Shirakashi M, Yaoda K, Fukushima A. Retinal nerve fiber layer thickness

measurement with the new GDx Access. *Eye*, 2003;20:407-409

- 11 Schlottmann PG, De Cilla S, Greenfield DS, Caprioli, and DF Garway-Heath. Relationship between Visual Field Sensitivity and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness as Measured by Scanning Laser Polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2004;45:1823-1829
- 12 Reus NJ, Lemij HG. Diagnostic Accuracy of the GDxVCC for Glaucoma. *Ophthalmology*, 2004;111:1860-1865
- 13 Bagga H, Greenfield DS, Knighton RW. Scanning laser polarimetry with variable corneal compensation: identification and correction for corneal birefringence in eyes with macular disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2003;44: 1969-1976
- 14 Bagga H, Greenfield DS, Feuer W, Knighton RW. Scanning laser polarimetry with variable corneal compensation and optical coherence tomography in normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol*, 2003;135:521-529
- 15 Bowd C, Zangwill LM, Weinreb RN. Association between scanning laser polarimetry measurements using variable corneal polarization compensation and visual field sensitivity in glaucomatous eyes. *Arch Ophthalmol*, 2003;121: 961-966
- 16 Reus NJ, Lemij HG. The Relationship between Standard Automated Perimetry and GDxVCC Measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2004;45: 840-845
- 17 Tsai JC, Chang HW. Scanning laser polarimetry in patients with acute angle-closure glaucoma. *Eye*, 2004;18:9-14
- 18 Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Bernd AS, Weinreb RN. Fourier analysis of scanning laser polarimetry measurements with variable corneal compensation in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2003;44:2606-2612
- 19 Shirakashi M, Yaoda K, Fukushima A. Usefulness of GDxVCC in Glaucoma Detection. *J Eye*, 2003;20:1019-1021
- 20 Kremmer S, Niederdraing N, Hammerstein L. Long-term results of scanning laser tomography and polarimetry in NTG and POAG 101. *Jahrestagung der DOG*, 2003;9: 25-28
- 21 Boehm MD, Nedrud C, Greenfield DS, Chen PP. Scanning laser polarimetry and detection of progression after optic disc hemorrhage in patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol*, 2003;121:189-194
- 22 Zhang L, Hai-Di-Er JET, Zhu Y. Retinal nerve fiber layer examination in early diagnosis of glaucoma. *Int J Ophthalmol (Guji Yanke Zazhi)*, 2004;4(6): 1048-1051
- 23 Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Mohammadi K, Weinreb RN. Comparison of Scanning Laser Polarimetry Using Variable Corneal Polarization Compensation and Retinal Nerve Fiber Layer Photography for Detection of Glaucoma. *Arch ophthalmol*, 2004;122:698-704
- 24 Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Weinreb RN. Comparison of the GDxVCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope and Stratus OCT optical coherence tomography for the detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol*, 2004;122:827-837
- 25 Holo Gbor, Bereczkirpd, Milibk Tibor, Sveges Ildik. Scanning laser polarimetry via intravitreal silicone oil. *Acta Ophthalmol Scand*, 1999;77: 519-521
- 26 Holo G, Katsanos A, Kothy P, Kerek A, I Sveges. Influence of LASIK on scanning laser polarimetric measurement of the retinal nerve fiber layer with fixed angle and customized corneal polarization compensation. *Br J Ophthalmol*, 2003;87:1241-1246