

· 综 述 ·

便携式视野计在青光眼中的应用进展

赵灿¹ 综述 钟华² 审校¹山东省眼科研究所 山东省眼科医院, 济南 250021; ²昆明医科大学第一附属医院眼科 650032

通信作者: 钟华, Email: zhoculist@163.com

【摘要】 青光眼是不可逆性致盲眼病,多数青光眼患者初诊时已有较严重的视神经和视野损害,因此早期诊断是青光眼治疗的关键。视野检查是评估青光眼视功能改变的重要手段,但常规视野计检测时间长,携带不方便,造成其在青光眼诊断,尤其是大规模筛查中的局限性。目前世界上已出现多种便携式视野计及软件,其快速、有效、便携等特性为青光眼的诊断带来了便捷。本文就目前各种便携式视野计在青光眼诊断过程中的作用及进展进行综述,剖析不同视野计的优缺点,为其临床应用提供依据。

【关键词】 视野计; 青光眼; 视野缺损**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (81760170)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.014

Advances in the application of portable perimetry in glaucomaZhao Can¹, Zhong Hua²¹Shandong Eye Hospital, Shandong Eye Institute, Jinan 250021, China; ²Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, China

Corresponding author: Zhong Hua, Email: zhoculist@163.com

【Abstract】 Glaucoma is the irreversible blind eye disease and many glaucoma patients have severe optic nerve and visual field defect in their initial diagnosis. Therefore, visual field is critical to the evaluation of glaucoma damage. However, the testing time is too long and the conventional standard automatic perimetry is not convenient to carry, which limits its application in the diagnosis of glaucoma. At present, a variety of portable perimetries and softwares have been developed, and its rapid, effective and portable features are convenient for the diagnosis of glaucoma. This article summarized the advances in the application of various portable perimetry, which have been used to evaluate the glaucomatous visual field defect.

【Key words】 Perimetry; Glaucoma; Visual field defect**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (81760170)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.014

青光眼是以视神经病变为特征的伴进行性视野缺损的致盲眼病,特征性视野缺损是诊断青光眼的重要依据,因此,视野检查对于青光眼的诊断和患者视功能的评估十分重要^[1]。目前应用比较广泛的自动视野计主要有 Humphrey 视野计 (Humphrey visual field, HFA) 和 Octopus 视野计,但是这些视野计在临床使用中存在一定的局限性,如体积大、不易携带、检测时间长且必须在暗室进行等问题。随着人们对视野检查关注度的增加,多种便携式视野计及软件被研发出来,其快速、有效、便携等特性为青光眼的诊断带来了便捷。本文就各种便携式视野计在青光眼中的应用进展进行综述,剖析不同视野计的优缺点,为其临床应用提供依据。

1 视野计的演变

1869 年,第一台弧形视野计的诞生开创了视野检查的新纪

元^[2]。此后,科学家们相继发明和改进了各种视野计。从弧形视野计到 Bjerrum 视野屏,从投射式半球形 Goldmann 视野计到手动静态视野计,而计算机自动视野计 (standard automatic perimetry, SAP) 的问世极大地提高了视野检查的敏感度和特异性。目前市场上的视野计种类很多,其中 HFA 和 Octopus 视野计应用广泛。这 2 种视野计均具有多种检测程序及结果分析软件,其中 HFA 被认为是视野诊断的金标准^[3]。

SAP 在临床使用上仍具有一定的局限性。首先, SAP 多为固定式设备,体积较大,不易搬运,而且视野检查必须在暗室中进行,不能做到随时随地检测。另外, SAP 进行“白-白”视野静态阈值检测是在相对理想化的条件下给出视标刺激,比如安静环境、患者精神高度集中等,而这些模拟条件下得出的视野结果并不能真正反映患者在日常生活中的视功能^[4-5]。而且 SAP 检测程序及策略复杂,检测时间长,即使有经验的医师来

操作并进行详细的指导,很多高龄、理解力差或听力不佳的患者仍然无法顺利完成检查,部分患者则因身体素质较差、疲劳等原因得出可信度差的检查结果,无法进行临床分析;为了获得一份可信度较好的视野,医师需要对患者进行反复讲解及检测,非常耗时、耗力,且视野检查价格较高。此外,SAP 需要取坐位进行检测,外伤、车祸、全身手术后的患者需要制动或固定体位时则无法进行该项视野检查,易造成漏诊或误诊。

以上原因均限制了 SAP 使用的普遍性,而一些轻便、检测时间短、不受环境限制的便携式视野计也陆续被研制出来,其中有些便携式视野计已经应用于青光眼诊断及筛查等,取得了良好的临床效果。

2 新型便携式视野计

便携式视野计是一类简易、携带方便的视野计,目前主要包括头戴式视野计和便携式计算机视野计两类。与传统 SAP 不同,便携式视野计体积小,可随身携带,不要求必须在暗室环境下进行,也不限制体位,可用于青光眼筛查和家庭视野检查,且检测费用较 SAP 低,在基层医院或诊所中也可广泛应用。

2.1 头戴式视野计

头戴式视野计是一种不需要暗室环境,可以固定于受检者头部进行视野检测的设备,其检测及分析软件与 HFA 类似,可以采用全阈值或超阈值程序检测,不同视野计的刺激强度、时间有少许差异。目前已有多种头戴式视野计应用于临床及实验室研究,如 Kasha、VirtualEye 及 Imo 等头戴式视野计。头戴式视野计一般包括头戴装置、操纵系统、显示屏以及应答按钮 3 个部分,其中头戴装置中主要包含微型显示器、双目镜及用于数据收集和交互的交互式计算机程序等。

2.1.1 VirtualEye 头戴式视野计 VirtualEye 头戴式视野计的设计原理类似虚拟现实(virtual reality, VR)的 HFA^[7],可以进行中央 24-2 的阈值视野检测,包含 52 个位点,2 个相邻的位点间隔 6°,刺激强度为 1.3 ~ 500 asb,敏感度分贝值范围为 0 ~ 40 dB。VirtualEye 头盔上连接有 VR 眼镜,其内含有 2 个全彩的 0.7"×0.7"微型液晶显示屏,为受检者提供双目视野检测(图 1)。双目视野检测模式可以缩短检测时间,使受检者更容易集中注意力。

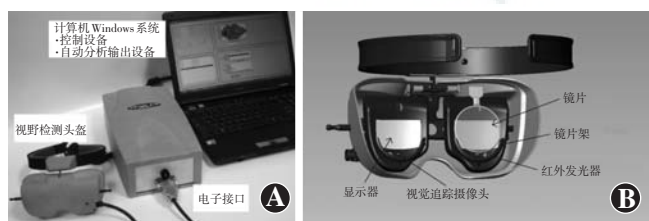


图 1 VirtualEye 头戴式视野计^[7]

VirtualEye 头戴式视野计包括手动和视觉捕获 2 种检测模式,其中手动模式主要是根据点击鼠标记录受检者对视标的识别,而视觉捕获主要是利用追踪器记录被检测眼注视方向上的改变。在检测过程中,受检者注视沿视野外边缘爬行的卡通甲壳虫,光点刺激随机出现在任何一眼的视野中,当受检者看到

光点时可以按下手中的鼠标按钮。视野检测范围由可移动性注视点的位置决定,如当注视点位于左侧边缘时,视野计检测右上和右下象限视野情况,而当注视点移动至屏幕上方时,视野计主要检测双眼下方的视野情况;在此过程中,固视丢失是通过将刺激投射到受检者生理盲点来确定的,而 VirtualEye 设计受检者追踪移动的可视目标所需要的眼球运动是最小的,分辨率最低可达 0.15°,保证在任何方向上的偏离注视不超过 12°,当眼球运动超过 15°计为固视丢失^[9]。

VirtualEye 检测过程中,受检者可以佩戴自己的眼镜,目镜屏幕上显示的动画可以通过传输系统显示到笔记本型计算机上,假阳性率和假阴性率等信息也可以通过计算机屏幕显示,检查医师可以随时查看检测过程,如果受检者不能配合或需要进一步指导,可随时停止视野检查。VirtualEye 检测的数据经过分析后通过数值、灰度或伪彩格式显示出来,视野缺损的标准是在相同刺激强度下反复测量未被识别的 3 个及以上的相邻位点。固视丢失率超过 25%、假阳性率及假阴性率超过 33% 被认为可靠性差,Virtual Eye 可靠性指数分析与 HFA 一致。

2.1.2 Imo 头戴式视野计

近来日本 CREWT 医疗系统研制出一种新型头戴式视野计 Imo^[8],其包括可通过无线连接的头盔、操作平板及应答按钮,计算机单元及锂电池都设计在头盔中,头盔大小约 22 cm×38 cm×24 cm,重 1.8 kg(图 2)。无线功能



图 2 Imo 头戴式视野计^[8] 包括视野检测头盔、控制平台及应答按钮

使 Imo 更易携带,若受检者因为颈部外伤等原因不能佩戴头盔,还可以选择在固定支架帮助下完成视野检查。

Imo 的光学系统采用广角镜头,可以检测周边 35°范围的视野,并利用畸变和场曲矫正功能准确呈现 I-V 号视标,左右眼光路传输系统是完全独立的,以便于分别进行检测及监控;其目镜系统包括 2 个组高清液晶显示器和显示背景光的高强度发光二极管,背景光亮度为 0.1 ~ 10 000 asb,持续时间为 200 ms,投射液晶显示器的瞬时分辨率为 60 Hz,空间分辨率为 1 920×1 080,刺激强度在 1 帧内(1.67 ms)就可达恒定亮度。

Imo 除了便于携带外,在视野检测方面还具有很多优势,最重要的是不需要遮挡另一眼即可进行检测。有研究指出,当主导眼被遮盖时,使用 HFA 检测非主导眼的敏感度轻微降低^[10-11],而使用倍频视野计进行检测时,非主导眼的敏感度降低幅度更加明显^[12]。此外,受检者接受 SAP 检查时,需要用眼罩遮盖另一眼,这也会增加被检测眼的视觉干扰。Imo 检测过程中,受检者可以在较舒适的情况下睁开双眼进行检测,更接近受检者现实生活中的视功能状态,这种双目随机单眼检测模式在一定程度上也可以用于鉴别伪盲。在临床诊疗过程中,青光眼患者的视野检测主要采取单眼测试模式,研究显示单眼测试模式与双目随机单眼测试模式之间的检测差异非常小^[13],因此 Imo 可用于青光眼的临床诊断。

理论上来说,Imo 视野计采用双目随机单眼测试,但是 Imo 设计有 AIZE 程序,可以将测试持续时间缩短为常规双眼测试总时间的 70%。此外,Imo 检测双眼的光学系统是分离的,所以斜视患者也可以同时进行双眼视野检测。

总之,头戴式视野计携带方便,易于操作,不受限于暗室使用,在临床上可以用于活动受限患者或者大规模青光眼筛查;此外,其可以增加受检者检测舒适度,减少测试中患者的疲劳。

2.2 便携式计算机视野计

便携式计算机视野计是依托 iPad 平台进行视野检测的应用软件,其模拟 HFA 的检测程序及策略,简易、便捷、无创且花费低,可以在青光眼筛查、家庭视野测试、床旁视野检查或者医院候诊区视野检查等各种条件下进行视野检测,可以有效节约受检者时间,提高受检者的依从性,同时也方便眼科医师对青光眼患者的病情进行监控和管理。

2.2.1 Visual Field Easy Visual Field Easy (VFE) 是一款 iPad 的免费下载程序,其采用 iPad 屏幕进行快速筛选模式的视野检查,利用超阈值策略、静态或者动态模式检测青光眼、视网膜病变以及颅内疾病引起的视野缺损^[14]。VFE 不限制使用环境,价格明显低于常规自动视野计检测,可用于受检者的自我筛查及临床诊断,也可作为日常视野检查方法之一。

VFE 在视野检测过程中,要求测试距离为 33 cm,受试者需要佩戴眼镜矫正屈光不正,首先测试左下象限,受检者将目光集中在此象限左下角的屏幕上的红色固视点,当看到屏幕上其他位置有不同亮度的视标闪过时,点击 iPad 屏幕,当第 1 个象限检测完后,固视点移动到右下角,继续进行其他象限的视野检测,直到 4 个象限全部检查完毕。VFE 默认的背景光强度为 10 cd/m² (31.5 asb),刺激强度为 16 dB,使用 V 号视标进行检测,视标的持续时间为 200 ms,间隔时间为 1 s,其中后两项可以根据受检者情况自行设定。

VFE 主要包括以下特性:(1)快速视野测试,每眼测试的平均时间为 3 min 20 s,与 HFA 的检测时长一致,而筛选及练习程序在 1 min 内就可以完成;(2)测试水平 30°、垂直 24°视野范围内的 96 个位点,分为 4 个象限,每个象限分别测试子午线两侧的 24 个位点;(3)可以检测生理盲点的位置,并显示假阳性和假阴性率;(4)背景光强度和刺激强度、颜色及光斑大小均可根据需要自行设定,软件默认为白-白视野检测,也可以设置为蓝-黄视野检测,此外,也可以设定刺激持续时间和是否需要延迟;(5)VFE 的设计简单直观,患者可自行使用,检测报告可以通过 wifi 发送到电子邮箱或直接打印,实时传输功能对于青光眼筛查及远程会诊十分重要。VFE 与眼底照相系统等设备结合使用可提高青光眼及视神经疾病诊断的敏感度及特异性。

2.2.2 Melbourne Rapid Fields Melbourne Rapid Fields (MRF) 也是一款 iPad 视野检测程序,是 VFE 的升级版,且已通过美国 FDA 认证,它可以检测由于青光眼、年龄相关性黄斑变性、糖尿病视网膜病变或视网膜静脉阻塞引起的视野缺损^[15]。MRF 适用 iPad 2、3、4 及 iPad Air 1、2 的 IOS 8.0 以上系统,其 Apple AppStore 下载功能还未开放,可以通过发送邮件向软件设计者索取 (georgekong@glance-optical.com 或 algis@glance-optical.com)。

MRF 在使用前需要先在首页进行注册,包括患者姓名、身份及主治医师等信息,以确保视野检测结果可以准确地发送给主治医师。

MRF 可以进行快速、准确的中央及周边视野检查^[16],其包括以下几种模式:(1)全阈值模式 (Full Test) 测试 30°×20°范围内的 66 个位点,主要反映中央及周边视野情况,检测过程大约需要 4 min;(2)中央视野模式 (Center only) 17°×12°范围内的 40 个位点,主要评估进展期及晚期青光眼患者的病情;(3)黄斑模式 (Macular) 检测中心 6°范围内 20 个位点,适用于终末期青光眼视野检查;(4)筛查模式 (Screening) 筛查青光眼高危人群或疑似者,测试 30°×20°范围内的 66 个位点,检测用时最短,每眼大概需要 1.5 min;(5)全格栅模式 (Full Grid) 利用交替变化的格栅模式进行视野检测 (图 3)。



图 3 MRF 视野检测界面首页

MRF 进行视野检测时,受检者需要固定头部位置并保持固视,避免强光照射屏幕,需遮盖非检测眼,检测眼距离屏幕 33 cm,也可以选择额托辅助,如果有屈光不正,可佩戴眼镜进行矫正后检测,并根据屏幕指示完成整个测试。在全阈值模式中,首先需要利用 15 s 检测出生理盲点的位置,其余检测过程与 VFE 相似,在屏幕上闪现不同亮度的视标,当受检者看到视标时即点击 iPad 屏幕,随着固视点在不同的象限改变,完成 4 个象限 30°视野的全阈值检测,这种视野结果完全可以满足青光眼病情的评估。

当视野检测完毕后,需要将结果进行保存及数据分析,得出该次视野总体指数,包括平均缺损 (mean deviation, MD)、模式标准差 (pattern standard deviation, PSD)、视野指数等,其中 MD 值的范围为 +0.5 ~ -30 dB (图 4)。若已经进行了至少 5 次及以上视野检测,MRF 则可以将多次视野结果进行线性回归事件分析,以检测是否发生视野进展,同时画出 MD 变化曲线,并用灰色及红色块显示视野发生进展的位点,当视野出现进展时,检测结果会发送到主治医师的邮箱。MRF 的可靠性分析程序与 SAP 是相同的,包括固视丢失率、假阳性率和假阴性率,当可靠性指数超出范围时认为该次视野检测结果不可信。

由于便携式计算机视野计具有简易、便捷、不限制检测环境等优点,很多眼科医师选择该类视野检测对患者进行随访和

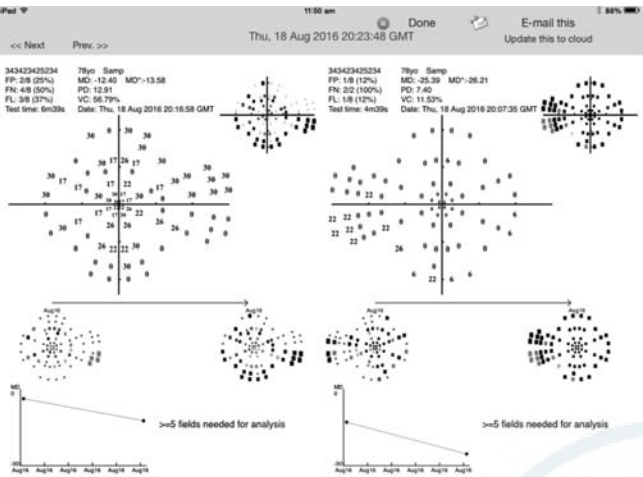


图 4 MRF 视野结果分析

病情追踪,节约了患者的时间,提高了患者的依从性,有利于患者病情的家庭监控和规范管理,也值得在基层医院推广。

3 便携式视野计的临床应用

所有便携视野计的使用说明均表示其不能完全替代常规视野检测,且不同种类便携视野计各有优劣(表 1)。

表 1 不同种类便携视野计参数对比				
参数	头戴式视野计		便携式计算机视野计	
	VirtualEye	Imo	VFE	MRF
基本装置	头盔、操纵系统、显示屏、应答按钮	头盔、操作平板、应答按钮	iPad、VFE 软件	iPad、MRF 软件
检测模式	手动模式、视觉捕获、双目视野检测	双目随机单眼检测模式	快速模式、筛查模式、单目视野检测	全阈值模式、中央视野模式、黄斑模式、筛查模式、全格栅模式
检测视野范围	中央 24°	中央 35°	水平 30°、垂直 24°	水平 30°、垂直 20°
视野指数统计	无	无	有	有
可靠性分析	有	有	无固视追踪	有
共性	(1)便携、操作简易;(2)不限制暗室环境及检测体位;(3)模拟 HFA 设计原理;(4)花费低;(5)可用于家庭视野检测及青光眼筛查等			

注: VFE: Visual Field Easy; MRF: Melbourne Rapid Fields; HFA: Humphrey 视野计

3.1 头戴式视野计的临床应用

头戴式视野计与 HFA 相比,敏感度存在差异,其可能与固视追踪模式有关。Lin 等^[17]将 14 例青光眼患者 RareBit 头戴式视野计结果与 HFA 结果对比得出,具有固视追踪功能的头戴式视野计能明显降低固视丢失率,这与前者无需固定体位及

头位有关。Wroblewski 等^[7]对 59 例青光眼患者分别进行 VirtualEye 及 HFA 视野检测,并进行逐个位点的敏感度对比,发现 VirtualEye 分贝值降低 4~6 dB,尤其是>28 dB 的高敏感度值范围内差异更加明显,并认为 VirtualEye 为间断监测固视,固视追踪系统的监测标准及与 HFA 存在差异是造成敏感度值降低的原因之一。

此外,头戴式视野计仅计算分贝值,不能进行数据分析,也无法进行模式偏差矫正,不能完全排除由于屈光因素引起的敏感度值降低。Matsumoto 等^[8]研究发现,Imo 与 HFA 检测的灵敏度和特异性无明显差异,但 Imo 敏感度值略高于 HFA。Goseki 等^[18]发现,与 HFA 单眼检测模式相比,由于双目检测模式避免了遮盖眼对检测过程的视觉干扰,提高了受检者舒适度,Imo 的双目随机视野检测模式可以检测到潜在性的视野进展,提高了早期视野缺损的检出率,但 Imo 明显延长了检测时间,增加了患者由于视疲劳导致的检测误差。Yamao 等^[9]对 20 例青光眼患者进行 Imo 视野检测,发现测试过程中受检者头部歪斜程度与双眼旋转运动呈正相关性,当头部歪斜度>20°时会影响视野结果,这一点在使用 Imo 时需要注意。

3.2 便携式计算机视野计的临床应用

随着便携式计算机的普遍使用,依托 iPad 平台进行家庭视野检测应用也越来越广泛。作为初级的便携式计算机视野计,VFE 仍存在一些弊端。Johnson 等^[14]研究指出,VFE 缺乏固视追踪系统,无法计算固视丢失率,不能进行可靠性分析;而使用 HFA 进行视野检测时,固视丢失率<25% 才能保证视野结果分析的准确性。由于 VFE 未使用倍频技术,在检测过程中对首次遗漏的视标并未进行二次检测来确认,造成遗漏位点增加,假阳性率增高,检测特异性较 HFA 降低,尤其是对于有轻度视野缺损的患者,可能在一定程度上影响视野的结果分析。VFE 共检测了 4 个象限的 96 个位点,目前研究尚不清楚这些位点的设置是否是最佳和必要的;且检测过程中需要受试者点击屏幕,可能会在屏幕上产生污点,影响接下来的检测过程。另外,VFE 检测的视野结果以是否看到暗点图形来确认,而非 HFA 的分贝值表示方式,这就增加了数据分析及整合过程的难度。对于进展期及晚期青光眼患者,使用 VFE 进行阈上值视野检测的结果与 HFA 阈值检测的结果之间无明显差异,但是 VFE 对于发现早期青光眼患者的视野缺损有一定难度^[14]。只有解决了上述问题,才能使 VFE 检测的准确性、可靠性及整体性能得到更大的提升。

MRF 则是 VFE 的升级版,增加了固视追踪系统,检测模式种类也更加丰富,对于进展期及晚期青光眼患者的检测准确性更高,早期青光眼视野缺损的检出率明显提高。Schulz 等^[15]研究指出,MRF 与 HFA 的检测策略不同,但 MRF 在敏感度、可靠性方面均与 HFA 具有显著相关性;个别位点的反复检测在一定程度上增加了 MRF 的检测时间,且检测距离的方法还需要进一步改进,如可以利用 iPad 摄像头对患者眼位进行实时监控追踪。Kong 等^[19]研究发现,MRF 的平均检测时间与 HFA 相似,MD 值平均降低 1.3 dB,但两者的 MD 和 PSD 具有相关性,考虑主要与 MRF 检测位点的不同及刺激强度变化有关,而患

者学习曲线不同也是另一个原因;此外,该研究还显示,MRF 还具有与 HFA 一致的测试可靠性。Anderson 等^[20]研究发现,使用 MRF 进行家庭视野检测的青光眼患者依从性>63%,明显高于 HFA 视野检测,这在监测快速的视野进展方面具有明显优势。由于目前对于 MRF 与 HFA 的研究中受检者均为对视野检测方法掌握较好的青光眼患者,而对于单纯家庭中的随机检测者是否也可以准确地进行视野检测、其视野检测结果是否与 HFA 一致的研究仍然欠缺,需要进一步验证。

综上所述,便携式视野计具有简易、便携、无创、快速有效、易于学习且费用低等优点。它不受限于检测环境和体位,既可以对青光眼患者进行家庭检测,也可进行青光眼高危人群筛查、日常视野检查等,节约患者的时间,提高患者的依从性,同时方便眼科医师对青光眼患者的病情进行监控和管理,可为不能配合 SAP 的患者,如老年人和残疾人群进行检测。便携式视野计与 HFA 相比仍然有一些缺陷,如平均敏感度值降低、对早期青光眼视野缺损的特异性稍差等,固视追踪系统也有待进一步提高,但便携式视野计与 HFA 也具有明显的临床相关性,可以提高青光眼的检出率并发现快速进展的视野缺损,为青光眼及时的临床干预提供可靠的参考,值得在青光眼筛查、诊断及监测过程中推广应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Spry PG, Johnson CA. Identification of progressive glaucomatous visual field loss [J]. *Surv Ophthalmol*, 2002, 47(2): 158-173.
- [2] Grzybowski A, Sobolewska B. Carl Friedrich Richard Foerster (1825-1902)-the inventor of perimeter and photometer [J]. *Acta Ophthalmol*, 2015, 93(6): 586-590. DOI:10.1111/aos.12713.
- [3] Wall M. What's new in perimetry [J]. *J Neuroophthalmol*, 2004, 24(1): 46-55.
- [4] Owsley C, McGwin G, Jr. Vision and driving [J]. *Vis Res*, 2010, 50(23): 2348-2361. DOI:10.1016/j.visres.2010.05.021.
- [5] Wood JM. Age and visual impairment decrease driving performance as measured on a closed-road circuit [J]. *Hum Factors*, 2002, 44(3): 482-494. DOI:10.1518/0018720024497664.
- [6] Hollander DA, Volpe NJ, Moster ML, et al. Use of a portable head mounted perimetry system to assess bedside visual fields [J]. *Br J Ophthalmol*, 2000, 84(10): 1185-1190. DOI:10.1136/bjo.84.10.1185.
- [7] Wroblewski D, Francis BA, Sadun A, et al. Testing of visual field with virtual reality goggles in manual and visual grasp modes [J/OL]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014: 206082 [2018-03-09]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25050326>. DOI:10.1155/2014/206082.
- [8] Matsumoto C, Yamao S, Nomoto H, et al. Visual field testing with head-mounted perimeter 'imo' [J/OL]. *PLoS One*, 2016, 11(8): e0161974 [2018-03-12]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27564382>. DOI:10.1371/journal.pone.0161974.
- [9] Yamao S, Matsumoto C, Nomoto H, et al. Effects of head tilt on visual field testing with a head-mounted perimeter imo [J/OL]. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0185240 [2018-03-09]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28945777>. DOI:10.1371/journal.pone.0185240.
- [10] Fuhr PS, Hershner TA, Daum KM. Ganzfeld blackout occurs in bowl perimetry and is eliminated by translucent occlusion [J]. *Arch Ophthalmol*, 1990, 108(7): 983-988.
- [11] Spry PG, Furber JE, Harrad RA. The effect of ocular dominance on visual field testing [J]. *Optom Vis Sci*, 2002, 79(2): 93-97.
- [12] Anderson AJ, McKendrick AM. Quantifying adaptation and fatigue effects in frequency doubling perimetry [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48(2): 943-948. DOI:10.1167/iov.06-0685.
- [13] Luithardt AF, Meisner C, Monhart M, et al. Validation of a new static perimetric thresholding strategy (GATE) [J]. *Br J Ophthalmol*, 2015, 99(1): 11-15. DOI:10.1136/bjophthalmol-2013-304535.
- [14] Johnson CA, Thapa S, George Kong YX, et al. Performance of an iPad application to detect moderate and advanced visual field loss in Nepal [J]. *Am J Ophthalmol*, 2017, 182: 147-154. DOI:10.1016/j.ajo.2017.08.007.
- [15] Schulz AM, Graham EC, You Y, et al. Performance of iPad-based threshold perimetry in glaucoma and controls [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2018, 46(4): 346-355. DOI:10.1111/ceo.13082.
- [16] Vingrys AJ, Healey JK, Liew S, et al. Validation of a tablet as a tangent perimeter [J/OL]. *Transl Vis Sci Technol*, 2016, 5(4): 3 [2018-05-22]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27486553>. DOI:10.1167/tvst.5.4.3.
- [17] Lin SR, Lai IN, Dutta S, et al. Quantitative measurement of fixation stability during RareBit perimetry and Humphrey visual field testing [J]. *J Glaucoma*, 2015, 24(2): 100-104. DOI:10.1097/IJG.0b013e31829d9b41.
- [18] Goseki T, Ishikawa H, Shoji N. Bilateral concurrent eye examination with a head-mounted perimeter for diagnosing functional visual loss [J]. *Neuroophthalmology*, 2016, 40(6): 281-285. DOI:10.1080/01658107.2016.1220593.
- [19] Kong YX, He M, Crowston JG, et al. A comparison of perimetric results from a tablet perimeter and Humphrey field analyzer in glaucoma patients [J/OL]. *Transl Vis Sci Technol*, 2016, 5(6): 2 [2018-05-22]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27847689>. DOI:10.1167/tvst.5.6.2.
- [20] Anderson AJ, Bedgood PA, George Kong YX, et al. Can home monitoring allow earlier detection of rapid visual field progression in glaucoma? [J]. *Ophthalmology*, 2017, 124(12): 1735-1742. DOI:10.1016/j.ophtha.2017.06.028.

(收稿日期:2018-12-11 修回日期:2019-05-04)

(本文编辑:张宇)

广告目次

止血祛瘀明目片 陕西摩美得气血和制药有限公司……封二

同息通(曲安奈德注射液) 广东省医药进出口公司珠海公司……前插页

立宝舒(卡波姆眼用凝胶) 博士伦(上海)贸易有限公司……前插页

沃丽汀(卵磷脂络合碘片) 广东泰恩康医药股份有限公司……前插页

海德堡超清 OCTA+X 高视医疗……前插页

丽爱思(地夸磷索钠滴眼液) 参天制药(中国)有限公司……封三

迈达科技 天津迈达科技股份有限公司……封底