

视力自动化检查系统的研制和临床应用

陈明¹, 李建东², 柴广睿¹, 苏志彩¹, 刘璐¹, 王梦¹

基金项目: 中国辽宁省沈阳市科学技术计划资助项目 (No. 1091171-1-03)

作者单位:¹(110004) 中国辽宁省沈阳市, 中国医科大学附属盛京医院眼科;²(110179) 中国辽宁省沈阳市, 东软医疗系统有限公司

作者简介: 陈明, 男, 博士, 副教授, 副主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼外伤、眼眶病、眼整形。

通讯作者: 陈明. 66cm@sina.com

收稿日期: 2011-11-07 修回日期: 2011-12-01

Development and clinical application of automated vision testing system

Ming Chen¹, Jian-Dong Li², Guang-Rui Chai¹, Zhi-Cai Su¹, Lu Liu¹, Meng Wang¹

Foundation item: Project of Shenyang Science and Technology, Liaoning Province, China (No. 1091171-1-03)

¹Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China; ²Neusoft Medical Co. Ltd, Shenyang 110179, Liaoning Province, China

Correspondence to: Ming Chen. Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China. 66cm@sina.com

Received: 2011-11-07 Accepted: 2011-12-01

Abstract

• **AIM:** For rapid and exact examination of visual acuity, a computer-assisted automated vision testing system was designed. The examination results were compared with that of traditional visual charts to evaluate the possibility of clinical application of this system.

• **METHODS:** The vision testing software was designed and installed in the computer, the visual charts was displayed on the liquid crystal display (LCD). The directions of optotypes were inputted into computer by patients using wireless keyboard and examination results were displayed on screen and printed. Then the results by using this system were compared to that of traditional visual charts. The difference of the two examination methods was analyzed.

• **RESULTS:** This system is rapid and exact. The examination results by using this software can be repeated. The results by using this system have no difference compared to that of traditional visual charts.

• **CONCLUSION:** This system can be effectively used in clinic and also in school physical examination, especially in large scale visual acuity testing demands.

• **KEYWORDS:** visual acuity testing; computer; automated

Chen M, Li JD, Chai GR, *et al.* Development and clinical application of automated vision testing system. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2012;12(1):146-150

摘要

目的: 为快速准确地检查视力, 自行设计一台视力自动检查仪, 并将其与传统视力表检查方法进行对照, 探讨其临床应用的可行性。

方法: 开发视力自动化检测软件, 使用液晶显示器(LCD)显示视标, 被检者根据视标开口方向使用无线设备反馈信息, 计算机将自动记录和处理被检者的反馈信息, 同步显示被检者的视力检测结果, 并在检查结束打印检查报告。同时使用传统视力表检查视力, 对比两种检查方法的差异。

结果: 该软件系统的检测结果有极佳的可重复性, 同时将该系统 and 常规视力表进行对比, 发现两者视力检查结果无明显差异。

结论: 该系统可以快速准确地检测视力, 可以推广应用于各级医院、学校和体检等机构, 尤其适用于群体视力的检查。

关键词: 视力检查; 计算机; 自动化

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2012.01.48

陈明, 李建东, 柴广睿, 等. 视力自动化检查系统的研制和临床应用. 国际眼科杂志 2012;12(1):146-150

0 引言

应用视力表检查患者视力是目前眼科获得患者视力的重要手段。每一例就诊患者必须首先检查视力。现在全国眼科界仍然使用视力表灯箱作为通用的检查方法。这种检查方法需要检查者直接参与, 劳动强度较大, 且耗时; 同时, 检查者的检查方法可能给被检者带来心理暗示; 而且灯箱式视力表本身存在诸多设计和生产缺陷。为快速准确地检查视力, 申请者拟自行设计一台视力自动检查仪, 将其应用于眼科临床工作和群体视力检查(如学生视力普查和大规模体检)。该自动检查仪使用液晶显示器(liquid crystal display, LCD)显示视标, 被检者根据视标开口方向使用无线键盘反馈信息, 计算机将自动记录和处理被检者的反馈信息, 同步显示被检者的视力, 并在检查结束打印检测报告。同时, 通过软件的开发, 将在大屏幕LCD上显示大视标, 以适应低视力患者的需求; 而且将根据临床需要, 设计各种视标(如图形视标、E字型视标、C字型视标等)以满足儿童和各类被检者的需要; 通过显示色盲图谱, 将在临床工作中用于色盲的检查; 通过LCD亮度和对比度的变化, 检查视力的对比敏感度。将该系统检查结果与传统视力表相对比, 探讨该系统在临床应用的可行性。

1 对象和方法

1.1 对象 随机检查眼科门诊就诊患者 100 例 200 眼, 年龄 12 ~ 75 岁。分别选用传统的标准视力表和自行研发的视力自动化检查系统检测就诊者视力, 两种检查方法不分先后, 随机检查。然后将两种检查结果进行对比, 判断视力自动化检查系统的临床可行性。

1.2 方法 根据国家标准, 进行视标设计(图形视标、字母视标、色盲图谱、对比敏感度视力表等), 以保证视标的准确性。随后确定整个软件系统的总体规划和具体功能。然后进行具体的软件程序设计。软件调试成功后, 进行仪器组装和软件的调试。将调试后的仪器应用于临床测试, 并将检查结果与视力表检查相对比, 以确保两者间无明显差异。针对临床测试中出现的问题反复编程、调试, 直至程序完善。最后进入临床应用。

1.2.1 视标设计 根据视力表国家标准—标准对数视力表(GB 11533-1989)设计视标。视标(optotypes)指测定视力用的各种文字、数字、图形等。根据被测对象或场合的不同, 可选用一种或多种视标。常用的视标为“E”字视标。结点(nodal point, N)指眼球屈光系统的光心, 在眼球光轴上角膜顶点后约 7mm, 光线通过结点时方向不变。视角(visual angle)指外界物体上两点在眼结点(N)处所夹的角, 以 α 表示, 单位为分(')。设计距离(D)指某视标的每一笔划或缺口宽度在眼结点处所夹的角正合 1 分(1')视角时, 该视标至眼结点的距离, 亦称 1'视角距离或正常视力 1.0 的距离。

1.2.2 “E”字视标 采用三划等长的正方形“E”字视标, 其每一笔划或空隙均为正方形边长的五分之一。规定能分辨 1'视角的视力为正常视力标准, 记为 5.0, 相当于小数记录的 1.0 视力。规定远视力表的标准距离为 5m。视标排列采用每 10 行相差 10 倍, 即 $10^{0.1}$ 的增率(等于 1.258925……)。各行视标的视角均严格按此增率呈几何(等比)级数排列。即两行视标之比恒定为 1.26。视标设计规则见表 1。

1.2.3 “C”字视标 设计原则同“E”字视标。

1.2.4 儿童视标 将图形放入正方体后, 其边长与同行“E”字视标相等。该程序设计的三种视力表见图 1。

1.2.5 程序设计 本软件使用 Microsoft Visual C++ 6.0 设计。程序主界面和程序的设置页面如图 2。

1.2.5.1 视力表 在设置页面首先选择视力表的显示视标, 共三种, 为标准 E, 标准 C, 和儿童视标。该程序包含两种视力表, 为标准视力表和扩展视力表。前者检测的视力范围为 0.1 ~ 1.0, 后者检测的视力范围为 0.01 ~ 0.09。针对视力较差患者, 可以勾选扩展视力表来显示更大的视标。在标准视力表和扩展视力表中, 均可以选择是否对某一单一视标进行检测, 如检测, 选择“是”; 如不检测, 选择“否”。

1.2.5.2 检查参数 该程序共有三个检查参数, 分别为视标显示时间, 检查间隔时间, 和一次检查时间。视标显示时间为单个视标在屏幕的显示停留时间, 被检者必须在规定时间内对视标方向做出选择, 否则系统记录为无法识别该视标。程序设定视标显示时间范围为 5 ~ 100s, 具体数值由医生根据情况设定, 例如考虑患者的配合程度, 患者的反应速度等。检查间隔时间指的是右眼检查完毕后到开始检查左眼的间隔时间。程序设定双眼检查间隔时间为 5 ~ 10s, 具体数值由医生设定。有些情况下, 区别左右

表 1 视标设计规则

| 视角 (分) | 5 分记录 | 小数记录 | 视标单一边长(mm) | 视标总边长(mm) | 两行视标之比 | 视标个数 |
|--------|-------|------|------------|-----------|--------|------|
| 10 | 4.0 | 0.1 | 14.54 | 72.72 | 1.26 | 1 |
| 7.9 | 4.1 | 0.12 | 11.55 | 57.76 | 1.26 | 2 |
| 6.3 | 4.2 | 0.15 | 9.18 | 45.88 | 1.26 | 2 |
| 5.0 | 4.3 | 0.2 | 7.29 | 36.45 | 1.26 | 3 |
| 4.0 | 4.4 | 0.25 | 5.79 | 28.95 | 1.26 | 3 |
| 3.2 | 4.5 | 0.3 | 4.60 | 23.00 | 1.26 | 3 |
| 2.5 | 4.6 | 0.4 | 3.65 | 18.27 | 1.26 | 4 |
| 2.0 | 4.7 | 0.5 | 2.90 | 14.51 | 1.26 | 4 |
| 1.6 | 4.8 | 0.6 | 2.31 | 11.53 | 1.26 | 4 |
| 1.3 | 4.9 | 0.8 | 1.83 | 9.16 | 1.26 | 6 |
| 1.0 | 5.0 | 1.0 | 1.45 | 7.27 | 1.26 | 8 |
| 0.8 | 5.1 | 1.2 | 1.16 | 5.78 | 1.26 | 8 |
| 0.6 | 5.2 | 1.5 | 0.92 | 4.59 | 1.26 | 8 |
| 0.5 | 5.3 | 2.0 | 0.73 | 3.64 | 1.26 | 8 |

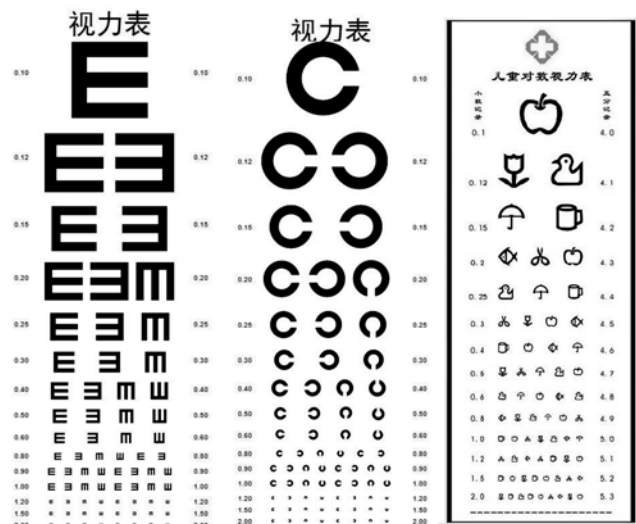


图 1 该程序设计的三种视力表。

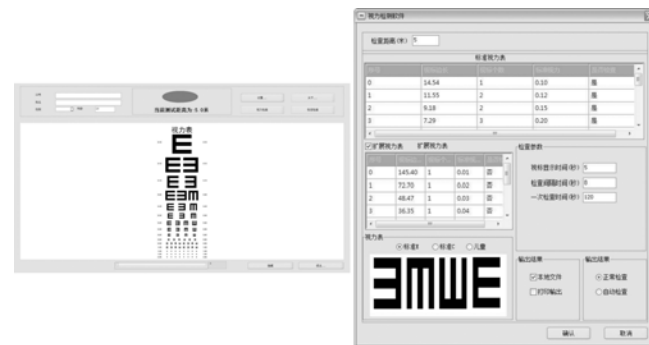


图 2 程序主界面和程序的设置页面。

眼的检查可能非常耗时, 因为需要向患者做出更多的提示, 同时也需要患者更好的配合, 因此该程序也可以不区别眼别进行检查, 程序循环往复, 而医生只需要记下检查的眼别。一次检查时间为检查单眼允许耗时的最长时间, 程序设定为 120 ~ 300s。设定该数值可以有效地控制检查时间。具体数值由检查医生设定。该程序视标显示方式共有三种: 单行单一视标, 多行多个视标, 灰度(对比度)视标(图 3)。灰度视标的显示是通过软件来调节显示器



图3 三种视标显示方式。

的对比度来实现的。该程序通过设计多种视标显示方式来满足临床上的各种需求。

1.2.5.3 检查距离 该程序缺省状态下的检查距离为5m。但为了适应不同尺寸的检查场地,医生可以根据场地的具体情况调节检查距离,选择范围为1.8~5m。程序会根据选定的距离自动调节视标的尺寸。

1.2.5.4 视力表校准 由于各种液晶显示器的长宽比例不同,而且采用的液晶面板像素间距存在差异,所以该程序必须对视标尺寸进行矫正才能适用于不同的显示器。该软件提供专门的程序来对视力表的视标进行尺寸校准(图4)。方法如下:首先选定测试距离,例如2.5m,此时软件界面显示标准的“E”字视标的正方形边长为36.36mm,检查者使用直尺在屏幕上测量视标尺寸,如果存在误差,可以调节参数1和参数2的放大比例,借此来改变视标的水平尺寸和垂直尺寸,来保证屏幕显示的视标为正方形,且边长为36.36mm。

1.2.5.5 输出结果 该程序的检测结果有两种输出方式,分别为本地文件选项和打印输出选项。选择本地文件可以将检测结果存放在系统软件中,方便以后查找和统计;选择打印输出可以实时打印检测结果。两者可以同时选中。

1.2.5.6 检查方式 该程序检查方式有两种,分别为正常检查选项和自动检查选项。前者在检查每一名被检者后系统显示检测结果,在开始检查下一名被检者前可以调整各种检查参数,然后点击“开始”进行检测;后者可以节省大量时间,在连续检查每名被检者之间不能调节各种检查参数,只需按“+”键便开始下一名检测,尤其适合大规模体检时应用。

1.2.5.7 视力判断标准 该程序每次检查视力从0.5行视标开始显示。这样可以显著缩短检测时间。视标出现的方向次序随机分布。判断标准:每行准确识别3个视标(不需要连续识别),则自动进入下一行(较小的视标)。如果视力表中某行视标数目小于3,则需要准确识别该行所有视标。如果每行识别错误3个视标(不需要连续错误)则自动进入上一行(较大的视标)。如果“看不见”某行视标,只需敲击“SPACE”键两次,则程序自动转入上一行。

1.2.6 仪器安装 该系统采用19英寸液晶显示器来显示视标(显示器长宽比为16:10)。该显示器使用白光LED

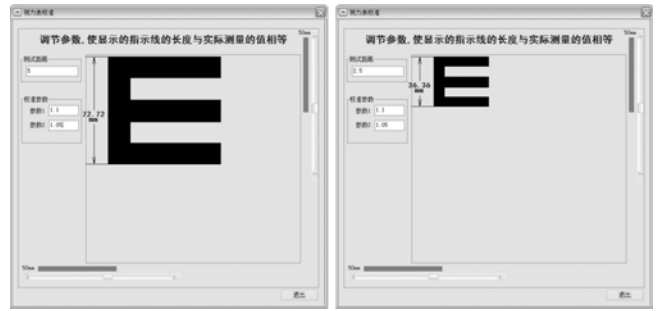


图4 视力表的校准。



图5 全套视力自动化检查系统(机箱、显示器、蓝牙键盘和鼠标、打印机)。

面板,拓宽了对比度,改善了黑色的深度,色彩更艳丽,清晰度更高,没有反应速度延迟,彻底消除了拖尾现象。将显示器垂直壁挂,置于被检眼(结点)前方5m(即远视力表标准距离)处。显示器中央水平线与被检眼等高。显示器亮度为 $300\text{cd}/\text{m}^2$ 。该系统采用无线蓝牙键盘接受被检者的反馈,同时使用无线蓝牙鼠标控制检测程序。使用POS打印机打印检测结果。将视力自动化检测程序安装到Windows系统中。根据检查场地的大小在程序中选择测试距离。根据测试距离应用视力表校准程序矫正视标尺寸。然后选择视标类型、视标显示方式、结果输出方式、检查方式开始检测视力。全套系统如图5。

统计学分析:数据采用SPSS 11.0统计软件进行相关分析。以 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 常规检查 在对100例200眼被检者的视力对比检查中,发现该软件系统有极佳的可重复性。同时将该系统和传统视力表进行对比,发现两者视力检查结果无明显差异。其相关系数为0.95, $P < 0.05$ 。由于国家标准中尚无“C”字视标和儿童视标,因此此项对比只针对“E”字视标。

2.2 低视力检查 19英寸宽屏显示器的像素间距为 $0.2835\text{mm} \times 0.2835\text{mm}$,分辨率为 1440×900 ,长为40.824cm,宽为25.515cm。5m距离可显示的最大视标为0.05(14.51cm),2.5m距离可显示的最大视标为0.02(18.27cm)。视力检查范围增大,可以检查低于0.1的视

力。部分低视力患者可以在原位不动的情况下获得检测结果。

2.3 快速省时 视力检查速度加快,而且不需人为干预。由于被检者与计算机直接交互,因此检测效率极高。如果被检者有较佳视力,通常单眼只需检测 12 个视标即可完成检查,约耗时 10s。如果视力较差,假如视力为 0.1,而且患者配合较差,最多需要检测 23 个视标,耗时约 20s;如果患者配合较好,可以敲击“SPACE”键表示“看不见”改行视标,则耗时在 10s 之内。与传统的视力表灯箱检查方法相比,耗时显著缩短。对于无法操作键盘者,可直接由医务人员根据被检者指令代替键入。

2.4 扩展功能 该软件可以通过对灰度(对比度)视标的检测来判断对比敏感度视力,但不同显示器之间的检测结果没有可比性。建议使用同一台仪器来随访对比敏感度视力。该系统目前已经植入色盲图谱,可以检测色盲。

3 讨论

3.1 视力表灯箱的缺陷 应用视力表检查患者视力是目前眼科获得患者视力的重要手段。现在全国眼科界仍然使用视力表灯箱作为通用的检查方法。检查者指定某一视标后嘱被检者说出视标开口方向,根据被检者所能识别的最小视标得出被检者视力。这种检查方法需要检查者直接参与,劳动强度较大;同时,检查者的检查方法可能给被检者带来心理暗示,使检查结果发生偏移;而且灯箱式视力表本身存在设计缺陷:不同厂家的同一行视标大小存在差异,导致不同视力表检查出不同的视力;同一视力表的各部位照明不均匀,导致同一行视标的对比度不同;视标均印刷在灯箱表面,导致较短时间便产生磨损,从而影响视力检查的准确性;批量生产的视力表存在视标位置和方向相同现象,无法避免背记视力表事件的发生。

3.2 视力自动化检查系统的特点 综上所述,眼科界一直在探索视力检查的新手段、新方法和新仪器。2001 年南京医科大学设计出一台视力自动检查仪^[1],其设备结构为微机、视力表箱(红色发光二极管)、方向指示遥控器、红外测距仪、打印机等。被检者通过操作手持遥控器判别视标的开口方向,系统自动检测并判别其正误,最后打印出检测报告。该系统测定的视力范围从对数视力 3.0 ~ 5.3。同时,系统带有红外超声自动测距功能,以保证测量结果的准确性。但其视标仍然使用视力表箱,在每一视标下安装一个发光二极管,提醒被检者注视该视标。整套系统存在以下缺陷:使用视力表箱,仍然面对对比度和亮度不均问题;无法摆脱表箱视标设计尺寸的限制,被检者视力低于 0.1 时仍需向表箱位置移动检查视力;视标方向无法随机显示;该设备结构复杂,维护困难,耗资较大。与该仪器相类似的设备也有报道。天津医学院生物医学工程系牛书剑等^[2]设计的计算机群体视力自动测试系统采用的显示设备为 286 微机。对该系统测试结果与传统人工测试进行了比较,其相关系数为 0.945,并对定时与非定时测试也做了研究。由于受当时显示器的限制,小视标无法清晰显示;而且球面显示器导致视标畸形,使视力检查结果存在明显误差。自动视力检测的相关外文文献有 4

篇^[3-6],均以德文发表。分别阐述了 LCD 在自动视力检测系统的应用,以及系统设计原则和检查方法,同时将该系统和常规视力表进行对比,发现两者视力检查结果无明显差异。郭召平等^[7]研制的新型微计算机控制的视力检测仪硬件采用 AT89C51 型单片机,软件采用 C 语言编程,显示部分采用 6 英寸 LCD 显示,以国际标准视力表“E”字为视标,视标共 14 行,每屏显示 1 行,随机显示字符,视力检查距离为 3m,全部程序在单片机控制下完成。由于该系统使用单片机,因此扩展性较差,无法检查色盲和对比度视力。使用小尺寸液晶显示器,无法显示较大视标,因此低视力患者仍然需要向显示器方向移动。采用固定距离 3m,无法满足各种检测场地的需要。近来,邢紫阳等^[8]开始应用 17 英寸 LCD 来显示视标。

本研究根据国内外参考文献和临床应用的需要,自行设计了一台视力自动检查仪,已经将其应用于眼科临床工作和群体视力自动检查(如学生视力普查和大规模体检)。该自动检查仪使用 19 英寸 LCD 显示视标,被检者根据视标开口方向使用无线蓝牙键盘反馈信息,计算机自动记录和处理被检者的反馈信息,同步显示被检者的视力,并在检查结束打印检测报告。同时,可以在 LCD 上显示大于 0.1 的视标,以适应低视力患者的需求;而且根据临床需要,设计出三种视标(图形视标、“E”字型视标、“C”字型视标)来满足儿童和各类被检者的需要;通过显示色盲图谱,在临床工作中用于色盲的检查;通过调节 LCD 的对比度,来检查对比敏感度视力。根据国家规定:按视力表一般使用方法,测出被检眼所能辨认的最小行视标(辨认正确的视标数应超过该行视标总数的一半),记下该行视标的视力记录值,即为该眼的视力。在国家标准中,0.8 ~ 2.0 的视标个数为 7 ~ 8 个,因此应该识别正确的视标数是 4 ~ 5 个。但在大量的临床测试中发现,每行正确辨别 3 个视标与正确辨别 4 ~ 5 个视标相比,对视力的最终检测结果并无影响,但是却可以显著缩短检测时间。因此该程序将辨别视标数目设定为 3 个。根据国家标准规定:远视力表应置于被检眼(结点)前方 5m(即远视力表标准距离)处。远视力表 5.0 行视标与被检眼等高。该系统完全符合国家标准的要求,缺省检查距离即为 5m,同时也可以根据测试场地的较小尺寸来调节检查距离,避免了使用平面镜来缩短检查距离而可能产生的测量误差。根据国家标准规定:视力表应采用人工照明,如用直接照明法,照度应达 200 ~ 700lx;如用后照法(视力表灯箱或屏幕显示),则视力表白底的亮度应达 80 ~ 320cd/m²。照亮力求均匀、恒定、无反光、不眩目。无条件时,可利用自然光照明,光线应充足,视力表应避免阳光直射。该系统完全符合国家标准,显示屏亮度为 300cd/m²。视标照明均匀,显示清晰。根据国家标准规定:视标尺寸允许误差 ±5%。该系统由于采用了专门的视力表校准程序,因此可以通过准确地直接测量来保证视标的尺寸控制在允许误差范围之内。此系统完全可以替代传统式视力灯箱人工视力检测的全过程。消除了许多人工无法控制的检测误差,如视标指示不明确、检测时间不统一、提前背记视

力表等。同时 LCD 寿命极长,不需特殊维护。而且根据临床需要,还可以通过升级软件来改善现有功能和增加其他功能。在一定程度上,还减轻了医务人员的工作强度。该程序基于 Windows 环境开发,可以安装于任何 Windows 系统计算机中。由于个人计算机的广泛普及,该程序可以应用于每个家庭、学校、医院、厂矿企业等。本系统更适合推广应用于各级医院、学校和体检等机构,尤其适用于群体视力的检查。

参考文献

- 1 马建宁,蒋红兵,王林农,等. 新型视力自动测试仪的研制. 现代医学仪器与应用 1999;11(4):4-5
- 2 牛书剑,朱晓琳. 计算机群体视力自动测试系统软件设计. 天津医学院学报 1994;18(1):1-3
- 3 Zeller C, Menozzi M, Studeli T. Technical realization of an LCD-based

- vision test device. *Biomed Tech (Berl)* 2001;46(4):101-105
- 4 Hautzinger S, Haase W. Determination of far vision with DIN 58220 (criterion 6/10): computer vision test with high resolution monitor in comparison with vision charts. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1997;211(6):380-386
- 5 Hoffmann A, Menozzi M. Computer-based assessment of visual acuity-technical realization. *Biomed Tech (Berl)* 1997;42(3):55-60
- 6 Effert R, Jansen W, Rau G, et al. Examination procedure in automated determination of far and near vision. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1994;204(3):181-183
- 7 郭召平,张祖进,李辉,等. 微计算机控制视力检测仪的原理与临床应用. 医疗卫生装备 2008;29(8):100-101
- 8 邢紫阳,张裕飞,彭鼎. 计算机智能视力测视系统的研究. 电脑知识与技术 2010;6(18):5034-5035

热烈祝贺《International Journal of Ophthalmology》 与汤森路透正式合作

——采用国际一流的在线投审稿系统 ScholarOne Manuscripts

《International Journal of Ophthalmology》(英文版)为进一步促进国内外眼科界的学术交流及国际化发展,让作者更方便地投稿和跟踪审稿进度,让编委和审稿人更轻松管理审稿任务和决策,采用汤森路透 ScholarOne Manuscripts 在线投审稿平台。

汤森路透是全球领先的专业信息和在线 workflow 平台提供商,是科学引文索引(SCI)的出版者。汤森路透 ScholarOne Manuscripts 是世界领先的在线投审稿系统,特点包括:

- 作者在线管理投稿,随时在线查询审稿进度,方便获得审稿意见反馈。
- 流畅规范的审稿流程管理和 Web of Science 智能信息支持,提高审稿速度和质量。
- 和 EndNote 参考文献管理和撰稿工具的集成,方便快捷投稿。
- 全球 3000 多种期刊,1300 多万审稿人和作者的选择。
- 历经 10 年多的创新和升级,代表全球科技期刊在线投审稿的最佳实践。

《International Journal of Ophthalmology》(英文版)基于 ScholarOne Manuscripts 的投审稿平台现已正式开通。请访问 <http://mc03.manuscriptcentral.com/ijo> 让您的优秀成果更快发表!

请注意:此系统只接受全英文文章,欢迎您投稿!

联系《International Journal of Ophthalmology》
电话:(+8629)82245172
期刊主页:www. ijo. cn