

学龄前儿童常用视力表的研究进展

王诗意, 许领先, 钱宁宁, 吴 荒

引用: 王诗意, 许领先, 钱宁宁, 等. 学龄前儿童常用视力表的研究进展. 国际眼科杂志, 2024, 24(1): 101-105.

基金项目: 吉林省科技发展计划项目 (No.20230203100SF)

作者单位: (130000) 中国吉林省长春市, 吉林大学第二医院眼科

作者简介: 王诗意, 在读硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 眼视光学。

通讯作者: 吴荒, 毕业于吉林大学, 博士, 教授, 主任医师, 研究方向: 眼视光学. wuhuang@jlu.edu.cn

收稿日期: 2023-05-10 修回日期: 2023-11-23

摘要

学龄前期(3-6岁)是视觉发育的关键时期,及早发现并治疗学龄前儿童视觉问题至关重要。视力表是筛查儿童视觉问题的重要工具,国内常采用标准对数视力表和儿童图形视力表,而国外则常用 Lea、HOTV 和 ETDRS 视力表。已经有很多研究报道了这三种视力表在儿童视力检查中的可测性、可重复性及诊断视觉相关问题的敏感性。然而,在国内这三种视力表的应用较为有限,本文就这三种视力表的设计原理、临床中的应用及各自的特点进行综述,以便更好地了解它们在学龄前儿童中的适用性和局限性,从而为未来视力检查方法的选择和改进提供参考。

关键词: 视力表; 儿童; 学龄前期; HOTV 视力表; Lea 视力表; ETDRS 视力表

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.1.20

Research progress on commonly used visual acuity charts for preschool children

Wang Shiyi, Xu Lingxian, Qian Ningning, Wu Huang

Foundation item: Jilin Provincial Science and Technology Development Project (No.20230203100SF)

Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China

Correspondence to: Wu Huang, Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China. wuhuang@jlu.edu.cn

Received: 2023-05-10 Accepted: 2023-11-23

Abstract

• Preschool age (3-6 years old) is a critical period for visual development, and it is crucial to detect and treat visual problems in preschool children as early as possible. Visual acuity charts are important tools for screening visual issues in children. In China, the commonly used charts are the standard logarithmic visual acuity chart and the pediatric optotype chart, while overseas, the Lea,

HOTV, and ETDRS visual acuity charts are frequently employed. Numerous studies have reported the measurability, repeatability, and sensitivity of these three charts in diagnosing visual-related problems in children. However, the application of these three charts is relatively limited in China. This article provides a comprehensive review of the design principles, clinical applications, and characteristics of these three visual acuity charts, so as to better understand their applicability and limitations in preschool children, and provide reference for the selection and improvement of vision examination methods in the future.

• **KEYWORDS:** visual acuity chart; children; preschool age; HOTV chart; Lea Symbols chart; ETDRS chart

Citation: Wang SY, Xu LX, Qian NN, et al. Research progress on commonly used visual acuity charts for preschool children. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024, 24(1): 101-105.

0 引言

我国儿童和青少年的总体近视率约为 60.1%^[1],弱视的患病率约为 1.0%-5.5%^[2],屈光不正和弱视等视觉问题会对儿童的生活质量产生影响。研究表明,早期进行弱视治疗可取得更好的效果^[3]。因此,对学龄前儿童的视觉问题进行早期筛查至关重要。有学者指出有效视力测试的基本要素是儿童执行任务的能力(可测性)和测试准确区分儿童是否患有视力障碍的能力(敏感性和特异性)^[4]。在国内,儿童图形视力表存在一些问题,其准确性和可信度尚未得到一致认可,因此临床上通常采用标准对数视力表检查儿童的视力^[5]。然而,标准对数视力表也存在一些问题,如各行视标数目不一、拥挤效应不一致、对弱视儿童的诊断敏感性较差、视力记录以行为单位不方便检查者进行视力结果的比较等^[6]。此外,在临床实践中,年幼的儿童往往难以配合标准对数视力表的检查^[7]。相比之下,国外常采用 Lea (Lea Symbols chart)、HOTV 和早期糖尿病视网膜病变治疗研究 (early treatment diabetic retinopathy study, ETDRS) 视力表对儿童进行视力检查,这三种视力表的可测性、可重复性及诊断弱视的敏感性等已得到证实。然而,这三种视力表在国内的应用相对较少,因此本文将综述这三种视力表的设计原理、在临床中的应用及各自的特点。

1 设计原理

1980年,Hyvärinen 和 Hedin 分别设计了 Lea 视力表(图 1A)^[8]和 HOTV 视力表(图 1B)^[9],用于学龄前儿童的视力检查。而 ETDRS 视力表则是在 1982 年由 Ferris 等基于 Bailey 和 Lovie 视力表^[10]的基础上设计的,旨在帮助评估接受全视网膜激光治疗的糖尿病视网膜病变患者的视力变化。目前,国外已经开始将 ETDRS 视力表应用于学龄前儿童的视力检查中^[4]。

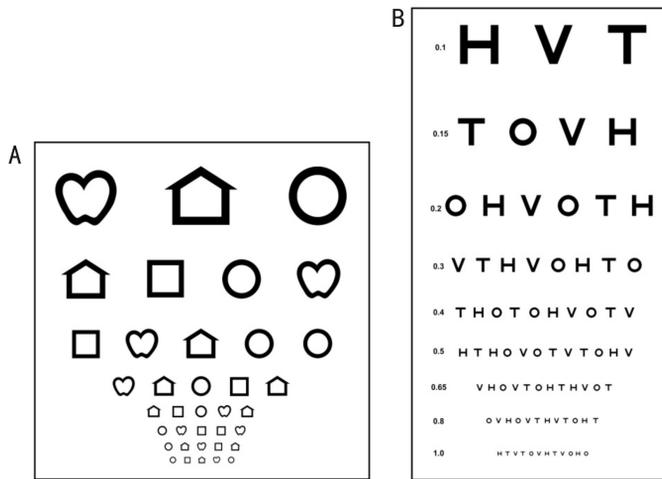


图1 Lea视力表和HOTV视力表 A;Lea视力表;B;HOTV视力表。

1.1 Lea 视力表 Lea 视力表使用圆形、正方形、苹果和房子这4个图形作为视标,这些图形的辨认难度相近。当被检者的视力水平低于视标所代表的视力值时,这4个视标均被识别为模糊的圆形^[8]。与其他常用的视力表不同,Lea 视标采用的测量指标并不是明确的视角,因此需要使用通用的视力表视标对其进行校准。1980年,Hyvärinen等^[8]进行了一项研究,建立了Lea视标与Snellen E视标之间的对应关系,结果发现Lea视标的大小与1.63倍的E视标之间存在等效关系。随后,由学者使用Landolt C视标对Lea视标的大小进行了校正^[11-12]。

Lea 视力表包含8行视标,自上而下对应的视力值分别为0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8、1.0,第一行包含3个视标,第二行包含4个视标,其余各行均包含5个视标,相邻两行视标的间距等于较小那一行视标的高度,同一行中视标的间距等于该行视标的宽度^[8]。随后研究者们对Lea视力表进行了改良,以适应不同的需求。如为了保证拥挤效应恒定,Dobson等^[13]采用每行5个视标的排列形式,为了提高诊断弱视的敏感性,Findlay等^[14]在视标的上、下、左、右4个方向分别添加了4个线条,每条线宽度为1分视角。此外,张亚辉等^[15]建议在每行视标周围放置1个矩形框,矩形框与视标的间距等于该行视标的高度或其1/2。此外,研究表明,缩短测试距离有利于提高儿童的注意力^[16],而3m的测试距离相比于6m明显更具可测性^[17]。Lea 视力表专为儿童设计,其检查距离设定为3m。

Lea 视力表采用小数记录结果,当视力下降1行时,视角的变化却会有很大差异。如视力从0.2下降到0.1或从1.0下降到0.9,两者均是下降了1行,但实际上前者的视角增大了100%,后者仅增大了11%。因此,小数记录无法准确反映视力的增减情况,不便于进行视力统计^[18]。为了方便数据处理,研究者们通常将小数记录的结果转换为5分记录法或最小分辨角的对数(LogMAR)记录法进行表达。

1.2 HOTV 视力表 Hedén等^[9]进行了大规模的儿童视力检查研究,发现3岁儿童在测试H、O、T、V这4个字母视标时具有较高的可测性,基于这一发现设计了HOTV视力表。

HOTV 视力表包含9行视标,自上而下对应的视力值分别为0.1、0.15、0.2、0.3、0.4、0.5、0.65、0.8、1.0,第一行至

第五行的视标数量分别为3、4、6、8、10个,其余各行均有12个视标。视标的间距等于视标的宽度,视标增率为1.25-1.5^[9]。为了保证拥挤效应恒定,有学者采用了每行视标个数相同的排列形式,并将行间距设置为两行中较小视标的高度。Ravikumar等^[19]研究使用每行均含有5个视标的HOTV视力表。为了提高对弱视的诊断敏感性,研究人员在每行的4个或5个视标(各行视标数相同)周围放置了矩形框^[15]。弱视治疗研究组设计了计算机化呈现视标的形式(Amblyopia Treatment Group - HOTV, ATS - HOTV),其中显示器会随机呈现单个HOTV视标,视标的上、下、左、右均被笔划宽度为1分视角的直线包围,视标和直线的间距为视标宽度的1/2^[20]。此外,与Lea视力表相同,HOTV视力表的检查距离设定为3m,记录方式采用小数记录法^[9]。

1.3 ETDRS 视力表 ETDRS 视力表采用10个识别难度相同的Sloan字母(C、D、H、K、N、O、R、S、V、Z)作为视标^[21],由表R、表1和表2组成。其中,表R用于验光,表1和表2分别用于右眼和左眼的视力检查^[22]。这3张视力表的排列方式相同,每行均有5个随机组合的Sloan字母视标,共14行。行间距等于两行中较小视标的高度,而同一行视标的间距等于该行视标的宽度。ETDRS视力表采用恒定的视标增率,即每行字母的大小是下一行字母的1.2589倍,视标大小每隔10行相差10倍^[21]。恒定的视标增率使得ETDRS视力表可以在不同的距离下使用^[23]。美国食品药品监督管理局规定ETDRS视力表的测试距离应从4m开始^[23],而其他常用的测试距离包括2、1m^[24]。

ETDRS 视力表有两种视力记录方式,即视标总数和LogMAR值。使用视标总数记录的方法是,被检者从第一行第一个字母开始逐行阅读,直到某一行连续认错3个或更多的字母为止。在4m的检查距离下,视力评分等于正确识别的视标总数加30;在2m的检查距离下,视力评分等于正确识别的视标总数加15;在1m的检查距离下,视力评分等于正确识别的视标总数^[24]。如果低视力受检者在4m处识别的视标总数小于20个,则移至1m处进行检查,视力评分等于4m处识别的视标总数加1m处识别的视标总数^[6]。这种记录方式精确可靠,且有助于比较视力变化,但耗时较多,限制了其在临床中的应用。由于视标增率恒定为 $\sqrt[10]{10}$,因此在4m检查距离时,每一行的视力值代表0.1LogMAR。由于每行均有5个识别难度相同

的视标,因此每个视标代表 0.02LogMAR 视力值。采用 LogMAR 记录法时,首先确定被检者能正确识别 5 个视标的最下面一行,记录代表该行的 LogMAR 值,然后每向下正确识别 1 个视标,就减去 0.02LogMAR 值^[23]。进行数据统计时多采用 LogMAR 记录法。视标总数和 LogMAR 值之间可以相互转换^[6]。

2 临床应用

2.1 传统视力表 Lea 和 HOTV 视力表在国外广泛应用于学龄前儿童的视力检查,两者的可测性、可重复性和诊断视觉障碍的灵敏性与特异性已得到证实^[14,21]。ETDRS 视力表是国际上视力测量的金标准^[25],目前已有研究将其应用于学龄前儿童的视力检查。张亚辉等^[15]纳入 442 名 2.5-5.0 岁儿童,使用 HOTV 和 Lea 视力表进行视力检查,结果显示两种视力表的可测性均较高(HOTV 视力表:90.95%;Lea 视力表:92.08%),认为这两种视力表均可用于 2.5-5.0 岁儿童的视力检查。Thomas 等^[21]采用 HOTV 和 Lea 视力表对 140 名 3-6 岁儿童进行检查,结果表明两种视力表在屈光不正的诊断方面均具有较高的灵敏度(HOTV 视力表:90.2%;Lea 视力表:87.8%)和特异性(HOTV 视力表:77.3%;Lea 视力表:75%),认为这两种视力表均可用于 3-6 岁儿童的视力检查。宋磊等^[26]使用 Lea 和 ETDRS 视力表对 241 名 3-7 岁儿童进行检查,发现两种视力表的可测性均较高,两者测得的视力值的一致性较好,Lea 视力表测得的视力水平比 ETDRS 视力表好 0.03LogMAR,差异具有统计学意义。Rice 等^[27]使用 HOTV 和 ETDRS 视力表对 236 名 5-12 岁儿童进行检查,发现在 5-7 岁儿童中,HOTV 视力表的可测性高于 ETDRS 视力表,HOTV 视力表测得的视力水平高于 ETDRS 视力表,认为这可能是字母视标数量的差异所致;在测量双眼间视力差异方面,两种视力表之间没有统计学差异,且两种视力表均具有较好的检测单眼弱视的能力,故认为当检查者难以使用 ETDRS 视力表对儿童进行视力检查时,可以使用 HOTV 视力表。

2.2 电子视力表 随着科技的不断发展,学者们设计了电子视力表,旨在取代传统的纸质或灯箱视力表,并积极探索其在临床实践中的应用。电子视力表可以根据需要变换不同类型、大小的视标,且能通过随机呈现视标来避免记忆效应。此外,还能通过程序为其设置统一的计分标准,自动生成检查结果,从而节省人力成本并减少人为因素引起的误差^[28]。近年研究证实电子视力表与传统视力表之间具有良好的一致性,且电子视力表的检测结果更准确可靠^[20,29-30]。

姚瑶等^[29]进行了 Lea 电子视力表与灯箱视力表的对比研究,发现两种视力表测得视力值的一致性较好,但电子视力表的操作更简单,检查结果更加客观。Jonathan 采用 ATS-HOTV 视力表对 156 名 3-7 岁儿童进行检查,其中包括 60 名弱视患儿,结果显示 ATS-HOTV 视力表具有较高的可测性。同时,对 60 名弱视患儿进行了两次视力检查,结果之间具有较强的相关性,表明该视力表对于弱视的诊断具有良好的可重复性^[20]。Shah 等^[30]进行了传统和电子 ETDRS 视力表的对比研究,结果显示电子 ETDRS 视力表检测视力下降 0.1LogMAR 和 0.12LogMAR 的灵敏度较高,因此认为电子 ETDRS 视力表的测量结果更可靠。在我国,ETDRS 视力表常用于监测疾病预后情况及术后随访^[31]。Jolly 等^[32]研究表明,使用电子视力表

对低视力患者进行视力检查的结果更准确,该研究纳入患有视网膜变性且存在视野缺损的受试者 65 例,采用电子 ETDRS 和纸质版 ETDRS 视力表进行视力检查,结果显示,在对伴有视野缺损的低视力患者进行视力检查时,传统 ETDRS 视力表需要缩短测试距离,这改变了视标在受试者视野中的位置,从而影响了测量的准确度,而电子视力表在屏幕中央只呈现单个字母或一行字母,不受视野缺损的影响,因此能提供更加精确的测量结果。

3 特点

3.1 优点

3.1.1 Lea 视力表与 HOTV 视力表

3.1.1.1 配合程度高 Lea 和 HOTV 视力表采用了 Sheridan 的匹配测试法^[33],其中在儿童面前放置 4 张卡片,分别写有 Lea 视标或 H、O、T、V 字母,儿童只需要指出与视力表上的视标相匹配的卡片,而不必说出具体的视标是什么,这种方法能够引起儿童的兴趣,提高他们的配合程度。Hedin 等^[9]和宋磊等^[26]研究证实了这一点,结果显示 HOTV 视力表的可测性高于 E 视力表,认为相比于需要儿童指出具体方向的 E 视标,采用匹配测试法的 HOTV 视力表更能吸引儿童的注意力,因此具有更高的可测性。

3.1.1.2 充分体现拥挤效应 拥挤效应是指当中心目标被周围的物体围绕时,中心目标的辨认将变得困难^[34]。研究表明,与成年人相比,儿童更容易受到周围物体的干扰,因此更容易受到拥挤效应的影响^[35]。考虑到儿童视觉发育的特殊性,学者们设计了计算机化的 Lea 和 HOTV 视力表,其具有较高的弱视诊断敏感性,被认为是测量 3-6 岁儿童视力的最佳实践^[17]。

3.1.1.3 可重复性强 临床工作中判断眼部疾病患者治疗前后视力变化的需求十分常见。而在临床研究中,为了获得更加精确的结果,往往需要进行多次视力测量^[36],这都要考虑视力检查方法的可重复性。研究表明,在学龄前儿童视力检查中,Lea 和 HOTV 视力表具有良好的可重复性^[37-38]。Moganewari 等^[37]使用 HOTV 和 Lea 视力表对 90 名 3-6 岁儿童进行检查,发现 HOTV 和 Lea 视力表两次测量的组内相关系数分别为 0.99 和 0.96,认为 Lea 和 HOTV 视力表在学龄前儿童中具有良好的可重复性,这一结论也得到了宋磊等^[38]研究的支持。

3.1.2 ETDRS 视力表

3.1.2.1 同质性好 理论上,只要所测视标对人眼形成相同的视角,即使在不同的测试距离,其视力结果也是相等的^[39]。ETDRS 视力表具有固定的视标增率,每隔 3 行视标大小缩小 1/2,因此在 4 m 检查距离处,第 n(n≤11)行的视标与 2 m 处的第 n+3 行视标或 1 m 处的第 n+6 行视标对人眼形成的视角相同,在 4 m 处识别的字母数增加 15 或 30 即可转换为在 2 m 或 1 m 处识别的字母数^[39]。当低视力者在 4 m 处识别视标总数小于 20 个时,可以将测试距离缩短至 1 m(此时可以检测低至 5/200 的视力值^[22]),并从第一行视标开始逐字母阅读,最终的视力值是在 4 m 和 1 m 处识别的视标总数之和^[6]。由此可见,通过减少测试距离和记录视标总数,极低的视力值可以具有与正常视力值相同的性质,即同质性。这有助于监测治疗前后或随访期间的视力变化^[40-41]。然而,Dong 等^[42]提出,虽然理论上在不同测试距离获得的视力结果可以相互转换,但是 4 m 处和 0.5 m 处测得视力值的相互转换要谨慎对待。

3.1.2.2 可重复性强 Manny 等^[43]使用 ETDRS 视力表对 86 名 6-10 岁儿童进行检查,结果显示,首次测量和 1 mo 后的第二次测量所得的视力值具有良好的可重复性。林智等^[44]研究也表明儿童使用 ETDRS 视力表具有较好的可重复性,两次视力检查的 Kappa 值为 0.71。

3.2 局限性 Lea 视力表视标需要被检者识别特定的形状,这对于幼儿来说可能存在一定的困难。而 HOTV 和 ETDRS 视力表则需要对字母进行识别,尤其是 ETDRS 视力表使用了多达 10 个字母。由于英文字母的识别更符合西方儿童的学习和认知习惯^[15],对于中国学龄前儿童而言,识别字母无疑增加了难度和厌倦的心理负担。这些因素均可能影响三种视力表在中国的广泛应用。为了克服这一问题,Chaikitmongkol 等^[45]设计了 ETDRS 数字视力表,用数字代替 Sloan 字母,其可重复性较高,且与 ETDRS 字母视力表之间的一致性较好,故认为 ETDRS 数字视力表可作为 ETDRS 字母视力表的替代品。

在中国,ETDRS 视力表被广泛应用于监测眼部疾病治疗前后的视力变化,但在学龄前儿童的视力检查中,其应用相对较少。这主要是因为该视力表所采用的字母辨识难度较大,同时逐个视标进行阅读的方法也相对耗时。研究显示,ETDRS 视力表所需时间是 Snellen 视力表的 1.86 倍^[46],这可能会降低儿童的配合程度。为了解决该问题,Camparini 等^[47]提出了一种快速检查方法,该方法从第一行开始,只需阅读每一行的任意一个字母就进入下一行;如果在某一行有 2 个或 2 个以上的错误,则返回上一行重新进行测试,尽管这种快速检查方法节省了检测时间,但并没有降低视力检测的可重复性,且两种方法之间的一致性也较好,这种改进的快速检查方法有助于推广 ETDRS 视力表的应用。

针对学龄前儿童视力检查中的困难和时间耗费,需要考虑采用适合他们认知水平和注意力特点的视力表,如 ETDRS 数字视力表,并结合快速检查方法,以提高测试的效率和可重复性,从而促进这些视力表在中国的应用。

4 小结

学龄前期是视觉发育的重要阶段,因此眼科专业人员普遍建议从 3 岁开始进行儿童视力检查和弱视筛查,以便及早发现视觉问题并进行及时干预^[48-50]。选择适合学龄前儿童认知水平和学习习惯的视力检查方法至关重要。Lea、HOTV 和 ETDRS 视力表在学龄前儿童中较好的可测性、可重复性和诊断视觉问题的敏感性已有较多报道,但它们仍存在各自的局限性,从而使其在国内的应用还不够广泛。因此,亟需进一步研究和改进视力检查方法,设计适合中国学龄前儿童的视力表,这将有助于提高视力筛查的效果,保障他们的视觉健康。本文通过对这些视力表的评估和总结可以更好地了解它们在学龄前儿童中的适用性和局限性,从而为今后选择或设计更适合我国 3-6 岁儿童的视力表提供参考。

参考文献

[1] 童浩杰,李玉兰,祝丽玲. 中国 2005-2019 年 7-18 岁汉族学生近视率的性别差异. 中国学校卫生, 2023,44(3):458-461.
[2] 王家凤,刘贺婷,陶黎明. 屈光参差性弱视与斜视性弱视临床疗效的比较. 国际眼科杂志, 2022,22(2):211-214.
[3] 杨宝娣,刘姣,廖海兰. 儿童弱视治疗效果的临床分析. 临床医药文献电子杂志, 2020,7(11):63-64.
[4] Obajolowo TS, Olatunji FO, Ademola - Popoola DS, et al.

Performance of the Lea symbols chart for screening Nigerian children aged 3 to 5 years. Niger J Clin Pract, 2020,23(10):1381-1386.
[5] 宋磊. 常用学龄前儿童视力表检查概述. 中华实验眼科杂志, 2018,36(3):231-235.
[6] 李辉,肖满意. ETDRS 与国际标准视力表在弱视儿童检查中对比研究. 中国实用眼科杂志, 2014,32(1):26-31.
[7] 史沛艳,葛金玲,孙政,等. 拥挤 Kay 图片视力表在学龄前儿童视力筛查中的应用. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2021,23(11):852-857.
[8] Hyvärinen L, Näsänen R, Laurinen P. New visual acuity test for pre-school children. Acta Ophthalmol, 1980,58(4):507-511.
[9] Hedin A, Nyman KG, Derouet B. A modified letter matching chart for testing young children's visual acuity. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 1980,17(2):114-118.
[10] Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. Am J Optom Physiol Opt, 1976,53(11):740-745.
[11] Becker RH, Hübisch SH, Gräf MH, et al. Preliminary report: examination of young children with Lea Symbols. Strabismus, 2000,8(3):209-213.
[12] Gräf MH, Becker R, Kaufmann H. Lea symbols: visual acuity assessment and detection of amblyopia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2000,238(1):53-58.
[13] Dobson V, Clifford-Donaldson CE, Miller JM, et al. A comparison of Lea Symbol vs ETDRS letter distance visual acuity in a population of young children with a high prevalence of astigmatism. J AAPOS, 2009,13(3):253-257.
[14] Findlay R, Black J, Goodman L, et al. Diagnostic accuracy of the Parr vision test, single crowded Lea Symbols and Spot vision screener for vision screening of preschool children aged 4-5 years in Aotearoa/New Zealand. Ophthalmic Physiol Opt, 2021,41(3):541-552.
[15] 张亚辉,张传印,高丽. Lea Symbols 视力表与 HOTV 视力表在 2.5-5.0 岁儿童视力发育评价中的研究应用. 眼科学报, 2021,36(12):951-958.
[16] Miller JM, Jang HS, Ramesh D, et al. Telemedicine distance and near visual acuity tests for adults and children. J AAPOS, 2020,24(4):235-236.
[17] Cotter SA, Cyert LA, Miller JM, et al. Vision screening for children 36 to <72 months; recommended practices. Optom Vis Sci, 2015,92(1):6-16.
[18] 王晨晓,王勤美. 从视标增率和记录方法看视力表设计中的核心问题. 眼视光学杂志, 2009,11(4):295-296,302.
[19] Ravikumar A, Benoit JS, Morrison KB, et al. Repeatability of monocular acuity testing in adults with and without down syndrome. Optom Vis Sci, 2018,95(3):202-211.
[20] Moke PS, Turpin AH, Beck RW, et al. Computerized method of visual acuity testing: adaptation of the amblyopia treatment study visual acuity testing protocol. Am J Ophthalmol, 2001,132(6):903-909.
[21] Thomas J, Rajashekar B, Kamath A, et al. Diagnostic accuracy and agreement between visual acuity charts for detecting significant refractive errors in preschoolers. Clin Exp Optom, 2020,103(3):347-352.
[22] Ferris FL, Kassoff A, Bresnick GH, et al. Visual acuity charts for clinical research. Am Orthopt J, 1986,36(1):14-18.
[23] 程琳,李强,王超,等. ETDRS 标准对数视力表视力测试. 中华实验眼科杂志, 2011,29(6):574-575.
[24] 谭琦,刘陇黔. ETDRS 表原理和使用方法及其与 Snellen 视力表的比较. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013,15(10):633-636.
[25] Wang T, Chen C, Liu DW, et al. A comparison of visual acuity

measured by ETDRS chart and Standard Logarithmic Visual Acuity chart among outpatients. *Int J Ophthalmol*, 2021,14(4):536-540.

[26] 宋磊, 胡建民, 陈雪兰, 等. Lea symbols 视力表与 ETDRS 视力表在学龄前儿童视力筛查中的应用比较. *中华实验眼科杂志*, 2019, 37(10):807-813.

[27] Rice ML, Leske DA, Holmes JM. Comparison of the amblyopia treatment study hotv and electronic - early treatment of diabetic retinopathy study visual acuity protocols in children aged 5 to 12 years. *Am J Ophthalmol*, 2004,137(2):278-282.

[28] 曹苏琪, 赵宇锴, 侯方, 等. 视力表的历史、现状与发展趋势. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021,23(10):721-727.

[29] 姚瑶, 陈伟伟, 付晶, 等. Lea symbols 电子视力表与灯箱视力表在儿童视力检查中的对比研究. *中国斜视与小兒眼科杂志*, 2022, 30(1):11-14,37.

[30] Shah N, Laidlaw DAH, Shah SP, et al. Computerized repeating and averaging improve the test-retest variability of ETDRS visual acuity measurements; implications for sensitivity and specificity. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011,52(13):9397-9402.

[31] 陈辑. 全视网膜激光凝术联合玻璃体腔内注射康柏西普对增生性糖尿病视网膜病变患者视功能恢复的影响. *影像科学与光化学*, 2020,38(1):87-93.

[32] Jolly JK, Juenemann K, Boagey H, et al. Validation of electronic visual acuity (EVA) measurement against standardised ETDRS charts in patients with visual field loss from inherited retinal degenerations. *Br J Ophthalmol*, 2020,104(7):924-931.

[33] Sheridan MD. Vision screening of very young or handicapped children. *Br Med J*, 1960,2(5196):453-456.

[34] Marten - Ellis SM, Bedell HE. A comparison of foveal and peripheral contour interaction and crowding. *Optom Vis Sci*, 2021,98(1):41-50.

[35] Norgett Y, Siderov J. Crowding in children's visual acuity tests—effect of test design and age. *Optom Vis Sci*, 2011,88(8):920-927.

[36] Sánchez-González MC, García-Oliver R, Sánchez-González JM, et al. Minimum detectable change of visual acuity measurements using ETDRS charts (early treatment diabetic retinopathy study). *Int J Environ Res Public Health*, 2021,18(15):7876.

[37] Moganewari D. Test re - test reliability and validity of different visual acuity and stereoacuity charts used in preschool children. *J Clin*

Diag Res, 2015, 9(11):NC01- NC05.

[38] 宋磊, 陈雪兰, 陈丽娟, 等. Lea symbols 视力表在 42~78 个月儿童视力检查中的重复测量可信度分析. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019,21(4):245-251.

[39] Bullimore MA, Zadnik K. Consistency between visual acuity scores obtained at different test distances. *Arch Ophthalmol*, 2004,122(11):1729-1731;author reply 1731-1732.

[40] 林凤彬, 路平, 宋云河, 等. 周边虹膜切除联合房角分离及房角切开术治疗中晚期 PACG 的有效性及其安全性评估. *中华实验眼科杂志*, 2023,41(2):134-139.

[41] 王建伟, 接传红, 陶永健. 消肿方联合康柏西普对糖尿病黄斑水肿患者视功能的影响. *国际眼科杂志*, 2020,20(9):1594-1597.

[42] Dong LM, Hawkins BS, Marsh MJ. Consistency between visual acuity scores obtained at different test distances. *Arch Ophthalmol*, 2002, 120(11):1523-1533.

[43] Manny RE, Hussein M, Gwiazda J, et al. Repeatability of ETDRS visual acuity in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2003, 44(8):3294-3300.

[44] 林智, 吴昌凡, 陈翔, 等. ETDRS 对数视力表在儿童视力检查中的可重复性分析. *眼科学报*, 2008,23(1):48-52.

[45] Chaikitmongkol V, Nanegrungrunk O, Patikulasila D, et al. Repeatability and agreement of visual acuity using the ETDRS number chart, landolt C chart, or ETDRS alphabet chart in eyes with or without sight-threatening diseases. *JAMA Ophthalmol*, 2018,136(3):286-290.

[46] Lim LA, Frost NA, Powell RJ, et al. Comparison of the ETDRS logMAR, 'compact reduced logMar' and Snellen charts in routine clinical practice. *Eye*, 2010,24(4):673-677.

[47] Camparini M, Cassinari P, Ferrigno L, et al. ETDRS - fast: implementing psychophysical adaptive methods to standardized visual acuity measurement with ETDRS charts. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2001,42(6):1226-1231.

[48] 谢晓兰, 朱蕊丹, 李绍军. 学龄前儿童视力和屈光状态分析. *国际眼科杂志*, 2023,23(1):172-174.

[49] 赵堪兴. 早期发现和早期干预努力提高弱视的防治水平. *中华眼科杂志*, 2002,38(8):449-451.

[50] Silverstein E, Williams JS, Brown JR, et al. Teleophthalmology: evaluation of phone-based visual acuity in a pediatric population. *Am J Ophthalmol*, 2021,221:199-206.