

双眼主客观一体波前验光仪验光与传统验光的对比研究

厉青青, 刘银

【摘要】目的 比较双眼主客观一体波前验光仪(BWO)与传统综合验光仪(CP)验光结果的差异性。**方法** 随机选取2022年11月在金华市中心医院拟行屈光手术的患者60例120眼。自然瞳孔状态下应用BWO和CP两种仪器进行验光,分别记录两种验光方法的主观及客观验光的球镜度数、柱镜度数、等效球镜(SE)、最佳矫正视力(BCVA)及散光的矢量值 J_0 、 J_{45} 。将BWO主观验光(医学验光)结果与CP主观验光结果进行比较,BWO客观验光结果与CP客观验光(电脑验光)结果进行比较。**结果** BWO、CP在主观验光、客观验光测得屈光度的一致性较好。主观验光中,两组球镜度数、柱镜度数、SE度数及 J_0 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$), J_{45} 差异无统计学意义($P > 0.05$);客观验光中,两组球镜度数、SE度数及 J_0 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),柱镜度数、 J_{45} 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。对于单眼BCVA(Snellen VA),两组BCVA在20/20及以上者分别为100%和96%,在20/16及以上者分别为93%和87%;而对于双眼BCVA(Snellen VA),两组BCVA在20/20及以上者均为100%,在20/16及以上者分别为100%和95%,在20/12.5及以上者分别为68%和35%。**结论** 自然瞳孔状态下,BWO与CP验光结果一致性较高,两种仪器验光在临床上可相互参考。但以0.25 D为间隔的CP验光较以0.05 D为间隔的BWO验光更偏向于过矫,BWO验光可获得更为精准的最佳矫正视力。

【关键词】 验光;双眼主客观一体波前验光仪;一致性

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.02.010

【中图分类号】 R770.42[†] **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)02-0151-03

验光的精准性直接关系到配镜及屈光手术术后的视觉质量和舒适度。研究表明,人眼对微小角度变化具有一定的分辨能力^[1],尤其是在注视点附近。基于此,我国自主研发了双眼主客观一体波前验光仪(BWO),该验光仪采用波前像差和自适应光学技术,通过Hartmann-Shack波前传感器进行测量,将测得的低阶相差数据转换为客观屈光度,作为主观验光的起始屈光度,然后利用一组光学调制器模拟球镜和柱镜,并且通过该调制器来改变光线路径直至达到患者的主观屈光度,从而实现线性验光。BWO使用内置视标,排除了环境和人为干扰,从而使得验光精度达到0.01 D,并以0.05 D为间隔。目前BWO相关临床研究较少,其实际临床应用价值有待明确。本研究拟对自然瞳孔状态下BWO与传统综合验光

仪(CP)主观验光结果的一致性 & 差异性进行比较,以评估BWO验光临床应用的可行性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选取2022年11月于金华市中心医院拟行屈光手术的患者60例120眼,其中男28例56眼,女32例64眼;年龄(26.2±5.9)岁。纳入标准:(1)年龄18~45岁;(2)2年内屈光度变化≤-1.00 D;(3)单眼最佳矫正视力(BCVA)在0.8以上;(4)测量前所有患者停戴软性角膜接触镜至少1周,硬性角膜接触镜至少1个月,角膜塑形镜至少3个月。排除标准:(1)除屈光不正外患有其它器质性眼病者,(2)有眼部手术史或眼外伤史者,(3)近期接受可能影响眼屈光状态的局部或全身药物治疗者。本研究经金华市中心医院医学伦理委员会批准,所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2 方法 随机采用自动电脑验光仪(NIDEK ARK-1,日本)结合综合验光仪(NIDEK RT-2100型视力检查仪和CP-690型视力表投影仪,日本)的传

基金项目: 浙江省基础公益研究项目(LGF20H120004);金华市公益性技术应用研究项目(2024-4-069)

作者单位: 321000浙江省金华,金华市中心医院(厉青青);中部战区总院(刘银)

通信作者: 刘银,Email:whliuyin@qq.com

统验光法对每位患者进行验光,分别获得客观验光(电脑验光)结果及主觉验光结果。采用 BWO(中国爱至瞳公司)对相同患者进行验光,分别获得客观验光结果和主觉验光(医学验光)结果。所有操作均由同一名经验丰富的医师进行,两种验光方法均在同一半暗环境中进行。调整患者座椅高度及下颏托高度,下巴需完全放在颏托最前端,额头与挡板贴合,身体保持平衡。视力表采用国际标准视力表,记录时转换为 Snellen 视力。将球镜和柱镜转换为 3 个参数,即等效球镜(SE)以及散光矢量^[2] J_0 、 J_{45} 、 J_0 为轴向在 90°和 180°方向的散光, J_{45} 为轴向在 45°和 135°方向的散光,S 为球镜度数,C 为柱镜度数, α 为散光轴向,计算公式如下: $SE=S+C/2$; $J_0=-(C/2)\times\cos2\alpha$; $J_{45}=(C/2)\times\sin2\alpha$ 。

1.3 统计方法 采用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计学分析。计量资料以均数±标准差表示,采用配对样本 Wilcoxon 符号秩检验进行组间比较。应用 ICC 及 GraphPad Prism9 软件进行 Bland-Altman 95%一致性界限法评估两种验光方法的一致性,ICC < 0.5 表示一致性差,0.5 ≤ ICC ≤ 0.75 表示一致性中等,0.75 < ICC ≤ 0.9 为一致性良好,ICC > 0.9 提示一致性极好^[3];ICC 差值的均数越接近 0 表示两种仪器测量方法的一致性越好,95%LoA 越窄,表示差值的离散度越小。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 BWO 与 CP 主觉验光结果的差异性和一致性

自然瞳孔状态下,BWO 主觉验光获得的球镜、柱镜、SE 比 CP 验光更偏正,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),平均差异分别为 0.12 D、0.21 D、0.21 D,差异均小于 0.25D,不具有临床意义,三者 ICC 分别为 0.990、0.896、0.989。矢量分析中,两种验光方法测量的 J_0 差异有统计学意义 ($P < 0.05$),但差异只有 -0.11 D,且 ICC 为 0.913;两种验光方法测量的 J_{45} 差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 1。Bland-Altman

分析图显示,BWO 与 CP 主觉验光测得的球镜、柱镜、SE、 J_0 及 J_{45} 差异均数分别为 0.12 D、0.21 D、0.21 D、-0.11 D 及 -0.00 D,且分别有 95.0%、92.5%、95.0%、94.2%、94.2%的点在 95%一致性界限内。

2.2 BWO 与 CP 客观验光结果的差异性和一致性

自然瞳孔状态下,BWO 客观验光获得的球镜与 SE 比 CP 验光更偏正,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),平均差异分别为 0.26 D 和 0.31 D,差异均小于 0.50D,不具有临床意义,两者 ICC 分别为 0.979 和 0.980。BWO 与 CP 验光结果中柱镜的差异无统计学差异 ($P > 0.05$),ICC 为 0.920。矢量分析中,两种验光方法测量的 J_0 差异有统计学意义 ($P < 0.05$),但差异只有 -0.07D,且 ICC 为 0.933;两种验光方法测量的 J_{45} 差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 2。

Bland-Altman 分析图显示,BWO 与 CP 客观验光测得的球镜、柱镜、SE、 J_0 及 J_{45} 差异均数分别为 0.26 D、0.02 D、0.31 D、-0.07 D 及 -0.01 D,分别有 96.7%、95.8%、96.7%、96.7%、95.0%的点在 95%一致性界限内。

2.3 BWO 与 CP 获得的 BCVA 的比较

自然瞳孔状态下,两种验光方法单眼的 BCVA 均在 20/25 及以上;100%及 96%单眼 BCVA 达 20/20 及以上;93%及 87%单眼 BCVA 达 20/16 及以上。双眼 BCVA 均在 20/20 及以上;100%及 95%双眼 BCVA 达 20/16 及以上;68%及 35%双眼 BCVA 达 20/12.5 及以上。

3 讨论

既往研究显示对于近视患者而言,欠矫或过矫都会促进近视的进展^[4-5],而足矫则是配镜的最佳选择。红绿平衡试验是主觉验光流程中确定足矫的重要步骤,有研究显示,以 0.25 D 为间隔得到的验光结果中实现红绿平衡的比率仅有 7.1%和 11.2%,而减少验光片间隔为 0.05 D 时,实现红绿平衡的比率会提高至 80%以上^[6]。由于前期镜片加工精度的局限性,当前使用的主觉验光仪器以及眼镜镜片仍然以 0.25 D 为间隔来调整球镜及柱镜度数。而已有研究

表 1 BWO、CP 主觉验光结果比较

组别	球镜度数	柱镜度数	等效球镜度数	J_0	J_{45}
BWO	-4.35±2.64	-0.69±0.72	-4.69±2.73	0.27±0.39	-0.01±0.17
CP	-4.46±2.60	-0.90±0.86	-4.91±2.68	0.38±0.45	-0.01±0.21
Z 值	3.45	6.36	6.27	7.06	0.01
P 值	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05

注: BWO 为双眼主客观一体波前验光仪,CP 为传统综合验光仪

表2 BWO、CP 客观验光结果比较

组别	球镜度数	柱镜度数	等效球镜度数	J ₀	J ₄₅
BWO	-4.52±2.60	-0.89±0.72	-4.96±2.69	0.32±0.42	-0.03±0.21
CP	-4.80±2.57	-0.91±0.86	-5.26±2.67	0.39±0.45	-0.02±0.20
Z值	6.40	1.04	6.79	4.79	1.13
P值	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05

注: BWO 为双眼主客观一体波前验光仪, CP 为传统综合验光仪

显示, 95%的人可以感知低于 0.25 D 的光度变化, 且人眼屈光不正度数实际上是一种连续变量, 只是限于镜片制作精度的原因, 目前传统的验光设备不能进行更精确的验光。

波前像差技术在验光中具有提高验光准确性、全面评估眼球光学情况、优化视觉质量、为手术提供指导和提升夜间视力等多重作用。有研究通过开放式双筒手持式波前像差仪 (QuickSee) 来诊断儿童屈光不正, 结果显示 QuickSee 验光与主观验光之间结果高度一致^[7]。另外一项研究则评估了一种新型算法的性能, 该算法结合了动态波前像差数据和客观自动验光仪测量的数据, 以预测主观验光结果的精确性^[8]。亦有研究表明可将基于波前的验光仪应用于无需睫状肌麻痹剂的儿童散光监测中^[9]。波前像差技术相较于传统的验光方法, 能以更小的刻度 (如 0.01 D) 进行验光, 从而提供更精确的度数信息。特别是在散光及其轴位的检测上, 波前像差技术具有明显的优势。

本研究采用了新型的 BWO, 以 0.05 D 为间隔进行验光, 与传统的以 0.25 D 为间隔的主观验光结果进行了比较, 结果显示自然瞳孔状态下, BWO 主观验光获得的球镜、柱镜、SE 比 CP 验光更偏正, 虽然差异有统计学意义, 但根据美国眼科学会 (AAO) 和英国验光师协会 (AOP) 建议, 球镜度数的偏差应控制在 ± 0.25 D ~ ± 0.50 D 以内, 以确保视觉舒适度; 美国验光协会则认为柱镜度数的偏差应尽量控制在 ± 0.25 D 以内, 以避免散光矫正不足或过度; Calvo-Maroto^[9]亦认为超过 0.50 D 为有临床差异的屈光结果。本研究结果显示, BWO 与 CP 在主观和客观验光中均表现出高度一致性, 但 BWO 在单眼和双眼 BCVA 的表现上略优于 CP, 尤其是在更高视力水平 (如 20/16 及以上) 的比例上更为显著, 则说明 BWO 验光可以获得更优的最佳矫正视力。本研究虽然两台验光仪均放置于同一半暗环境内, 但两种视标所

处的环境有所不同, 最新的 BWO 使用的是内置视标, 排除了环境和人为干扰, 这是 BWO 能获得更优的 BCVA 的原因之一; 另外, BWO 验光采用的 0.05 D 间隔验光片, 缩小了镜片的间隔, 使得验光的结果更为精细化, 更接近足矫的状态, 从而获得更优的视觉质量, 这也是 BWO 能获得更优 BCVA 的原因。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 厉青青: 实验操作、论文撰写、论文修改; 刘银: 数据整理、统计学分析

参 考 文 献

- [1] MARTINEZ-CONDE S, MACKNIK S L, HUBEL D H. The role of fixational eye movements in visual perception[J]. Nat Rev Neurosci, 2004, 5(3): 229-240.
- [2] THIBOS L N, WHEELER W, HORNER D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error[J]. Optom Vis Sci, 1997, 74(6): 367-375.
- [3] KOO T K, LIM Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research[J]. J Chiropr Med, 2016, 15(2): 155-163.
- [4] CHUNG K, MOHIDIN N, O'LEARY D J. Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression[J]. Vis Res, 2002, 42(22): 2555-2559.
- [5] LOGAN N S, WOLFFSOHN J S. Role of un-correction, under-correction and over-correction of myopia as a strategy for slowing myopic progression[J]. Clin Exp Optom, 2020, 103(2): 133-137.
- [6] 甄毅, 魏士飞, 高杰, 等. 降低球镜验光片间隔在提升红绿平衡试验实现率及视觉质量上的效果[J]. 眼科, 2021, 30(3): 184-188.
- [7] GIL A, HERNANDEZ C S, PEREZ-MERINO P, et al. Assessment of the QuickSee wavefront autorefractor for characterizing refractive errors in school-age children[J]. PLoS One, 2020, 15(10): e0240933.
- [8] GIL A, HERNANDEZ C S, NAM A S, et al. Predicting subjective refraction with dynamic retinal image quality analysis[J]. Sci Rep, 2022, 12: 3714.
- [9] CALVO-MAROTO A M, LLORENTE-GONZALEZ S, BEZUNARTEA-BEZUNARTEA J, et al. Comparative study of refraction between wave front-based refraction and autorefractor without and with cycloplegia in children and adolescents[J]. Children (Basel), 2022, 9(1): 88.

收稿日期: 2024-12-18

(本文编辑: 吴迪汉)