

临床治愈弱视眼评价研究现状

南莉 综述 张伟 田璐 审校

天津市眼科医院 天津市眼科学与视觉科学重点实验室 天津市眼科研究所 天津医科大学
眼科临床学院 300200

通信作者:南莉, Email:2460816277@qq.com

【摘要】 弱视是影响儿童视力发育的常见眼病。在视觉发育期经过系统治疗,大部分患者视力可以显著提升,达到正常视力水平,即符合临床康复标准。研究表明临床视力康复的弱视治愈患者视觉功能,如对比敏感度、调节、立体视觉、电生理检查、微眼动等多方面仍然与正常人存在差异。本文对视力恢复的临床康复弱视眼功能研究状况进行综述,以便更好地对弱视进行诊断和评估。

【关键词】 弱视; 治愈; 视觉功能

基金项目: 天津市自然科学基金项目 (18JCZDJC36400); 天津市卫生局科技基金项目 (2014kj069)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.07.015

Research status of evaluation on clinical recovered amblyopia

Nan Li, Zhang Wei, Tian Lu

Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Vision Science, Tianjin Eye Institute, Tianjin Eye Hospital, Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China

Corresponding author: Nan Li, Email:2460816277@qq.com

【Abstract】 Amblyopia is a common eye disease which cause abnormal visual development in children. Visual acuity of most children with amblyopia can improve to normal range if they are systematically treated during critical period. Research shows hangovers of different visual anomalies, such as contrast sensitivity, accommodation, stereopsis, electric physiology and microsaccade can be found on clinically recovered amblyopic patients. This review described the recent advances in visual function status of clinical recovered amblyopia which can provide support for clinical diagnosis and monitoring of amblyopia.

【Key words】 Amblyopia; Recover; Visual function

Fund program: Natural Science Foundation of Tianjin (18JCZDJC36400); Tianjin Health Bureau Science and Technology Fund (2014kj069)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.07.015

弱视是影响儿童单眼或双眼视力发育的常见眼病,其发病率为 2%~4%^[1]。弱视定义为在视觉发育期,由单眼斜视、未矫正的屈光参差、高度屈光不正及形觉剥夺引起的单眼或双眼最佳矫正视力低于相应年龄的视力;或双眼视力相差 2 行及以上,视力较低眼为弱视^[2]。绝大多数弱视儿童在视觉发育可塑期内经过系统治疗,视力可以提高到同龄儿童正常视力发育水准。中华眼科学会全国弱视斜视防治学组(1996 年)对弱视治疗疗效的评价标准为:视力退步、不变或提高仅 1 行为无效;视力提高 2 行或 2 行以上为进步;矫正视力提高至 0.9 或以上为基本治愈;经 3 年随访,视力仍保持正常为痊愈^[3]。弱视的康复是视觉功能整体恢复的过程,视力恢复是主要的临床评价指标。以视力作为评估标准,具有简单、快捷的优点,但可能会受患儿年龄小、配合度差、情绪欠佳等主观因素的影响;同时中心视力也无法全面反映弱视患者的视觉功能。研究发现,虽然弱视眼视力恢复正常,但对比敏感度、运动觉感知、调节、立体

视等视觉功能与健康眼之间都可能存在差异^[4-9]。研究发现,弱视患者视皮层神经元减少及神经元同步化活动减少是弱视者视皮层功能损伤的主要机制。赵堪兴等^[10]在解读新版眼科临床指南中明确提出弱视眼可能涉及眼部结构异常,对弱视的理解不应只关注视力以及弱视眼本身,关于对侧“健眼”也存在异常的现象将激发对弱视传统理解和传统观念的更新。全面评估临床“已治愈”弱视眼功能及形态对于更好地理解弱视的本质具有重要意义,就临床治愈弱视眼评价研究进展进行综述。

1 对比敏感度

视觉对比敏感度(contrast sensitivity, CS)是衡量视觉系统辨认不同大小(空间频率)物体时所需物体表面最低黑白反差的物理量,比视力能够更加敏感、真实地评估视功能情况。研究发现,弱视患者 CS 降低,在中、高空间频率尤为显著,且降低的程度与弱视程度呈正相关^[11-12]。弱视儿童空间频率通道数

量正常,但中、高空间频率通道带宽减小,使弱视眼对视觉信号的处理能力减弱,出现 CS 缺损;且非弱视眼 CS 也降低^[13-14]。弱视眼 CS 可以随着视力的提高而增加,但当弱视眼视力恢复后,CS 仍存在不同程度缺损,高空间频率尤为明显,说明视力恢复正常的弱视患者仍然存在空间视觉的损害^[4]。部分临床治愈的弱视患者存在视力回退现象,可能与此有一定关系。因此,弱视治疗评估不仅需要监测视力的变化,也应检测 CS;即使视力恢复到正常也有必要进一步巩固治疗,直到 CS 等其他视功能恢复到正常^[15]。

2 调节

眼需要有充足的调节储备和灵活性才能迅速、准确对焦,并维持该屈光状态。研究发现,弱视患者的弱视眼调节功能明显不足,包括调节幅度、调节灵活度、调节反应水平下降等^[16-17]。弱视眼调节反应滞后可能有 3 种原因:(1)模糊信号的输入过程有效性降低,主要与神经通路功能强弱相关;(2)视觉信息处理中枢对视网膜离焦的敏感度下降,反应了中枢对刺激阈值的判断力低下;(3)输出装置(睫状体和晶状体)效率降低,即执行调节反应的能力降低^[18]。当弱视眼视力达到临床治愈后,仍有部分调节功能指标较正常眼及对侧眼低下^[8,19],分析这可能与长期的视网膜像质下降引发视觉中枢对模糊重定标,建立新知觉“清晰”的参考点有关。正常眼感觉到模糊的远视性离焦,在弱视治愈眼会被大脑解读为“清晰”和“聚焦”。弱视治愈眼早期视力虽然提高,异常的“清晰”参考点仍然存在,以后随着良好视觉的刺激作用,原来的“清晰”的参考点变得不稳定,逐渐向正确的清晰参考点过渡,这种不稳定的参考点可能会导致弱视治愈眼在一段时间内对同一阅读距离同一调节刺激视标的调节反应变异性较大^[7],出现视疲劳,甚至视觉波动等不适,这也是弱视眼视力达到临床痊愈后仍需巩固治疗的原因。

3 立体视

立体视是建立在双眼同时视和融合功能基础上的高级双眼视觉,是视器官对周围物体远近、高低、深浅和凹凸三维位置的分辨感知能力。研究发现,弱视患者,尤其是单眼弱视患者常存在立体功能异常^[20],常与视力恢复不能同步。屈光不正性弱视患者立体视功能通常恢复较好,屈光参差性弱视及斜视性弱视较差。立体视异常与单眼弱视患者异常的双眼交互作用有密切关系,屈光参差双眼视网膜像模糊度差异很大,大脑皮质主动抑制模糊的视网膜影像;斜视患者则是因为双眼视轴不平行导致异常视网膜对应,这两者最终都导致不同程度立体视功能的损害。一般而言,轻度及中度弱视立体视功能恢复较好,重度弱视立体视功能恢复较差,弱视程度越重,双眼视功能损害较重,视觉中枢抑制越严重,立体视功能恢复到正常水平的难度也越大^[21-22]。

4 图形视觉诱发电位

视觉诱发电位(visual evoked potential, VEP)是大脑皮质枕叶区对视觉刺激发生的电位变化总和,反映视网膜到初级视皮

层整个视觉通路的功能,是早期研究弱视发病机制的方法之一。研究发现,弱视眼 P₁₀₀ 波较正常眼潜伏期延长、振幅减小^[23]。图形 VEP 潜伏期的延长与视皮层神经元兴奋性突触效应的减弱有关。遮盖治疗后 P₁₀₀ 波潜伏期缩短者伴随着视力提高^[24]。也有研究认为,临床视力检查与图形 VEP 检测反映的是不同的视觉信息处理过程。研究发现,即使矫正视力恢复正常,单眼弱视治愈眼仍存在明显 P₁₀₀ 波潜伏期延长和振幅降低,说明单眼弱视患者的双眼视觉不对等可诱导视中枢系统的双眼竞争抑制,虽然视力已正常,但其视觉神经传导机制并未完全恢复^[25-26]。另外研究发现,临床已治愈的单眼弱视患者对侧健眼 P 波潜伏期较正常人延长,与遮盖持续时间无相关性,可能与弱视眼及其对侧眼外侧膝状体的小细胞和相应的轴突变小,传导功能低,导致视觉传导过程变慢有关^[27]。

5 多焦视觉诱发电位

多焦视觉诱发电位(multifocal visual evoked potential, mfVEP)的优势在于同时测量全视野各部位的局部 VEP。研究发现,屈光参差性及斜视性弱视眼的 mfVEP 在中央视野潜伏期延长、振幅下降,原因为弱视眼的中心视野模糊使黄斑中心凹神经节细胞未受到足够的刺激,视路细胞发育障碍和功能丧失,有效视信息传入减少,使明显依赖视觉经验的视皮质发育障碍,视皮层反应细胞数目减少。这种改变随离心度的增加而减少^[28-29],其原因可能为视野中央主要负责静态精细视觉,需要较清晰的图像刺激促进其发育,受弱视的诱因影响较大;周边视野主要负责动态粗略视觉,对图像清晰度要求相对较低,发育受弱视诱因影响较小。

对于已临床治愈的单眼弱视患者弱视眼和对侧眼 mfVEP 的研究发现,随着视力恢复正常,弱视眼、对侧眼 mfVEP 特征峰 P 波振幅密度与正常人比较差异无统计学意义;弱视眼 mfVEP 特征峰 P 波潜伏期和振幅密度可恢复至与对侧眼相当水平,但弱视眼及对侧眼潜伏期仍较正常人延长,表明弱视眼和对侧眼的传导通路及视皮层仍存在异常^[30]。

6 黄斑中心凹脉络膜厚度

弱视患者大脑皮质纹状体以及外侧膝状体与正常人群存在形态差异。视网膜在发育过程中存在神经节细胞自黄斑中心凹的外退,同时也会产生凋亡,使视网膜由厚变薄。若有效视觉刺激不足,则有可能导致视网膜变薄受阻。光相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)具有无电离辐射、无创性、安全性高、分辨率高、成像速度快的特点,广泛应用于视网膜疾病的诊断和治疗。OCT 对弱视眼视网膜厚度研究较多,结果仍存在较大争议。

Tugcu 等^[31]研究发现,视网膜黄斑中心区厚度、黄斑体积以及视盘周围神经纤维层厚度在斜视性、屈光参差性以及斜视和屈光参差混合性弱视组之间无差异,在不同类型对侧非弱视眼之间也无差异;仅颞侧视盘周围神经纤维层厚度在斜视性弱视组中的弱视眼与对侧眼相比明显增加。研究发现,弱视眼黄斑中心凹厚度和黄斑平均厚度均比非弱视眼和正视眼厚^[32];

但 3 个组视盘周围神经纤维层平均厚度差异无统计学意义。陈思等^[33]采用 meta 分析方法评价单眼弱视人群双眼黄斑厚度差异,结果表明时域 OCT 研究屈光参差性弱视的弱视眼与对侧眼相比黄斑中心凹最小厚度增加;频域 OCT 研究弱视眼与对侧眼的黄斑中心凹厚度无明显差异,而弱视眼黄斑中心凹 1 mm 直径区域较对侧眼厚。Lonngi 等^[34]进行的 OCT 血管成像研究则认为黄斑区血管密度显著下降,黄斑厚度则无明显差异。

弱视治疗是否可以改变黄斑中心区厚度也存在争议。杨赫雯^[35]研究发现,治愈后的弱视眼黄斑区视网膜变薄,但仍比正常眼厚,且在控制年龄、性别以及屈光度的影响后差异仍存在,推断治疗可能使视网膜结构部分恢复。Chen 等^[36]对治愈的和未经治疗的双眼高度远视性屈光不正性弱视儿童黄斑区厚度进行比较,结果显示 2 个组间差异无统计学意义;治愈眼与未经治疗眼黄斑区外环均比正视眼厚,且均与屈光度相关。

弱视儿童的黄斑区视网膜厚度研究结论的不同,推测可能与研究对象弱视类型、屈光程度、年龄差距、使用的 OCT 种类等方面不同有关,仍需进一步研究,尽量避免个体差异化对结果的影响。

7 微眼动

眼球运动有注视、扫视和追随运动 3 种基本方式。人眼对外界物体的感知主要依赖于注视。注视可细分为震颤、慢漂移和微眼动,其中微眼动是视觉注视过程中幅度最大、速度最快的眼球运动^[37]。人眼长时间注视 1 个物体时,注视点外周物体逐渐消失,而微眼动可以使消失的物体重新被感知^[38]。微眼动可消除由于神经系统适应性而产生的视觉衰退现象,在视觉信息处理中发挥重要作用。

弱视患者不仅有视觉感知系统的损伤,还有眼球运动功能的缺陷,近年来随着无创性眼球运动追踪技术的出现,眼球运动功能已可进行定量分析。Kanonidou 等^[39]报道了眼动追踪记录斜视性弱视患者阅读时眼动模式异常。Niechwiej-Szwedo 等^[40]对诱导单眼视物模糊与屈光参差性弱视眼动的比较发现,视力或矫正视力正常者人为造成单眼视物模糊并不会对眼动产生影响,相反弱视眼眼动模式严重异常,表现出更长且不稳定的眼动潜伏期。

Kelly 等^[41-42]使用双眼追踪录像系统 EyeLink 1000 眼动仪研究发现,弱视眼单眼注视稳定性不良,较对侧眼及正常人注视眼动减少,注视时间及眼动间期延长,幅度及峰值速度增大,前进和后退性扫视增加,双眼注视时健眼注视也不稳定。注视异常可导致其阅读速度慢,效率低下,斜视性弱视患者这种表现更显著,可能与大脑皮层发动眼动缺陷有关^[43]。微眼动的幅度、频率以及视力影响注视稳定性,而慢漂移和微眼动的幅度以及注视稳定性与视力相关^[44]。陈瑶^[45]研究发现,已治愈弱视眼的微眼动幅度及峰值角速度均低于正常眼,微眼动发生率较正常眼增加。

8 注视稳定性

通过新型微视野计急性无创性视功能检测可将视网膜光

敏感度、固视检查结果与眼底图像叠加,从而量化黄斑各区域的视网膜光敏感度且定量评估固视稳定性^[46]。Dickmann 等^[47]发现,弱视眼黄斑中心区 10° 以内的光敏感度相较正常眼显著降低。周琼等^[48]对弱视眼治疗前后对比发现,治疗 1 个月后弱视眼光敏感度增加,黄斑 10° 内光敏感度与视力变化呈正相关,光敏度值变化越大,视力提高越明显;治疗 1 个月后弱视眼的注视稳定度显著提高,提示儿童弱视与黄斑区视网膜功能有一定相关性。

9 小结

弱视作为影响儿童视力发育的常见病一直备受关注,但其从发病机制到治疗手段都有待新的突破。儿童视觉发育有其规律性和特殊性,绝大多数弱视儿童在视觉发育可塑期内经系统治疗视力可提高至同龄儿童正常视力发育水准,达到临床康复。临床上视力康复的弱视患者仍存在视觉传导、视网膜结构以及眼球运动等方面的异常,对于弱视的发病机制和治疗、疗效监控还需要更加深入研究,寻求更可靠的治疗方式,实现患者视力和视觉质量的全面康复。

利益冲突 所有作者均声明不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 葛坚. 眼科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 263.
- [2] 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组. 弱视诊断专家共识(2011年)[J]. 中华眼科杂志, 2011, 47(8): 768. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2011. 08. 027.
- [3] 全国儿童弱视斜视防治学组. 弱视的定义, 分类及疗效评价标准[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 1996, 4(3): 97.
- [4] Huang C, Tao L, Zhou Y, et al. Treated amblyopes remain deficient in spatial vision: a contrast sensitivity and external noise study[J]. Vision Res, 2007, 47(1): 22-34. DOI: 10. 1016/j. visres. 2006. 09. 015.
- [5] Chatzistefanou KI, Theodossiadis GP, Damanakis AG, et al. Contrast sensitivity in amblyopia: the fellow eye of untreated and successfully treated amblyopes[J]. J AAPOS, 2005, 9(5): 468-474. DOI: 10. 1016/j. jaapos. 2005. 05. 002.
- [6] Ho CS, Giaschi DE, Boden C, et al. Deficient motion perception in the fellow eye of amblyopic children[J]. Vision Res, 2005, 45(12): 1615-1627. DOI: 10. 1016/j. visres. 2004. 12. 009.
- [7] 刘红, 吕帆, 陈洁. 弱视儿童视力康复后调节功能变化的研究[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2011, 13(4): 282-285. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2011. 04. 011. Liu H, Lyu F, Chen J. Investigation of the change in accommodative response after successful orthoptic therapy in amblyopes[J]. Chin J Opt Ophthalmol Vis Sci, 2011, 13(4): 282-285. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2011. 04. 011.
- [8] 郭梦瑶, 张丽军, 李林. 远视性弱视儿童治愈后的双眼视功能[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2016, 24(3): 9-12. DOI: 10. 3969/J. ISSN. 1005-328X. 2016. 03. 003.
- [9] Guo MY, Zhang LJ, Li L. Clinical observation of stereoscopic vision of the hyperopic amblyopia[J]. Chin J Strabismus Pediatr Ophthalmol, 2016, 24(3): 9-12. DOI: 10. 3969/J. ISSN. 1005-328X. 2016. 03. 003.
- [10] 林楠, 王京辉, 孙省利, 等. 屈光参差性弱视儿童治愈后的双眼视觉研究[J]. 眼科, 2012, 21(6): 395-397.
- [11] Lin N, Wang JH, Sun SL, et al. Binocular vision in cured anisometropic amblyopia[J]. Ophthalmol CHN, 2012, 21(6): 395-397.
- [12] 赵堪兴, 史学锋. 学习新版临床指南进一步规范弱视诊断治疗[J]. 中华眼科杂志, 2014, 50(7): 481-484. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2014. 07. 001.
- [13] Zhao KX, Shi XF. Learn new version of Preferred Practice Pattern to further standardize the diagnosis and treatment of amblyopia[J]. Chin J Ophthalmology, 2014, 50(7): 481-484. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2014. 07. 001.
- [14] Chen BB, Song FW, Sun ZH, et al. Anisometropia magnitude and visual

- deficits in previously untreated anisometropic amblyopia [J]. *Int J Ophthalmol*, 2013, 6(5): 606-610. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.05.10.
- [12] Singh V, Agrawal S. Visual functions in amblyopia as determinants of response to treatment [J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2013, 50(6): 348-354. DOI: 10.3928/01913913-20131001-01.
- [13] 王丽萍, 张江瑾, 邱飞岳, 等. 基于空间频率通道的弱视眼与正常眼对比敏感度的差异分析 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2012, 30(4): 349-352. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2012.04.016. Wang LP, Zang JJ, Qiu FY, et al. Variance analysis of contrast sensitivity for amblyopia and normal eye based on spatial frequency channels [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2012, 30(4): 349-352. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2012.04.016.
- [14] Leguire LE, Rogers GL, Bremer DL. Amblyopia; the normal eye is not normal [J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 1990, 27(1): 32-38; discussion 39.
- [15] 王贵攀. 屈光性弱视视力达 1.0 时的对比敏感度研究 [D]. 湖北: 华中科技大学, 2013: 1-45.
- [16] Huang CB, Zhou J, Lu ZL, et al. Deficient binocular combination reveals mechanisms of anisometropic amblyopia: signal attenuation and interocular inhibition [J]. *J Vis*, 2011, 11(6): 4-11. DOI: 10.1167/11.6.4.
- [17] Subbaram MV, Bullimore MA. Visual acuity and the accuracy of the accommodative response [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2002, 22(4): 312-318.
- [18] Jiang BC. Integration of a sensory component into the accommodation model reveals differences between emmetropia and late-onset myopia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1997, 38(8): 1511-1516.
- [19] Xu J, Lu Q, Huang Y, et al. Development and evaluation of a patching treatment questionnaire for Chinese amblyopic children [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2014, 127(7): 1261-1265.
- [20] Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: a mini-review [J]. *Vision Res*, 2015, 114: 17-30. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.002.
- [21] Li S, Zou H, Wei C. Stereoscopic visual acuity in types of ametropic amblyopia in children [J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2014, 51(2): 105-110.
- [22] Chen Y, Wang J, Shi H, et al. Sensory eye dominance in treated anisometropic amblyopia [J/OL]. *Neural Plast*, 2017, 2017: 9438072 [2019-01-03]. <https://www.hindawi.com/journals/np/2017/9438072/>. DOI: 10.1155/2017/9438072.
- [23] Heravian J, Daneshvar R, Dashti F, et al. Simultaneous pattern visual evoked potential and pattern electroretinogram in strabismic and anisometropic amblyopia [J]. *Iran Red Crescent Med J*, 2011, 13(1): 21-26.
- [24] Omran SS, Donahue SP. Visual evoked potential latency predicts improvement in amblyopia following occlusion therapy [J]. *J AAPOS*, 2013, 17(1): 27-35.
- [25] 肖满意, 魏欣, 李筠萍, 等. 弱视治愈儿童图形视觉诱发电位的观察分析 [J]. *中南大学学报: 医学版*, 2013, 38(7): 704-708. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7347.2013.07.010. Xiao MY, Wei X, Li JP, et al. Pattern visual evoked potentials in normal-vision eyes of post-therapy amblyopia [J]. *J Cent South Univ: Med Sci*, 2013, 38(7): 704-708. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7347.2013.07.010.
- [26] Birch EE. Amblyopia and binocular vision [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2013, 33: 67-84.
- [27] Watts PO, Neveu MM, Holder GE, et al. Visual evoked potentials in successfully treated strabismic amblyopes and normal subjects [J]. *J AAPOS*, 2002, 6(6): 389-392. DOI: 10.1067/mps.2002.129046.
- [28] Zhang W, Zhao K. Multifocal VEP difference between early- and late-onset strabismus amblyopia [J]. *Doc Ophthalmol*, 2005, 110(2-3): 173-180. DOI: 10.1007/s10633-005-4312-5.
- [29] 封利霞, 赵堪兴. 屈光参差性弱视同步记录多焦视觉诱发电位和多焦视网膜电图的对比研究 [J]. *中华眼科杂志*, 2005, 41(1): 41-46. Feng LX, Zhao KX. Study on anisometropic amblyopia by simultaneously recording multifocal VEP and multifocal ERG [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2005, 41(1): 41-46.
- [30] 卢魁, 张伟. 已治愈的单眼弱视患者多焦视觉诱发电位特征的研究 [J]. *眼科新进展*, 2011, 31(3): 264-266. Lu K, Zhang W. Multifocal visual evoked potential characteristics in successfully treated monocular amblyopes [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2011, 31(3): 264-266.
- [31] Tugcu B, Araz-Ersan B, Kilic M, et al. The morpho-functional evaluation of retina in amblyopia [J]. *Curr Eye Res*, 2013, 38(7): 802-809. DOI: 10.3109/02713683.2013.779721.
- [32] Yalcin E, Balci O. Peripapillary retinal nerve fiber layer and foveal thickness in hypermetropic anisometropic amblyopia [J]. *Clin Ophthalmol*, 2014, 8: 749-753. DOI: 10.2147/OPTH.S58541.
- [33] 陈思, 刘括, 董宁, 等. 单眼弱视患者双眼黄斑区视网膜厚度的 Meta 分析 [J]. *中华眼科杂志*, 2014, 50(7): 504-510. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2014.07.006. Chen S, Liu K, Dong N, et al. Macular thickness in unilateral amblyopia as measured by optical coherence tomography: a meta analysis [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2014, 50(7): 504-510. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2014.07.006.
- [34] Lonngi M, Vele FG, Tsui I, et al. Spectral Domain optical coherence tomography angiography in children with amblyopia [J]. *J AAPOS*, 2017, 21(4): 10-17.
- [35] 杨赫雯. 远视屈光参差性弱视儿童黄斑区视网膜厚度分析 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2015: 1-45.
- [36] Chen W, Chen J, Huang J, et al. Comparison of macular and retinal nerve fiber layer thickness in untreated and treated binocular amblyopia [J]. *Curr Eye Res*, 2013, 38(12): 1248-1254. DOI: 10.3109/02713683.2013.805233.
- [37] Costela FM, Otero-Millan J, McCamy MB, et al. Fixational eye movement correction of blink-induced gaze position errors [J/OL]. *PLoS One*, 2014, 9(10): e110889 [2018-12-21]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0110889>. DOI: 10.1371/journal.pone.0110889.
- [38] Troncoso XG, Macknik SL, Martinez-Conde S. Microsaccades counteract perceptual filling-in [J]. *J Vis*, 2008, 8(14): 151-159. DOI: 10.1167/8.14.15.
- [39] Kanonidou E, Proudlock FA, Gottlob I. Reading strategies in mild to moderate strabismic amblyopia: an eye movement investigation [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010, 51(7): 3502-3508. DOI: 10.1167/iivs.09-4236.
- [40] Niechwiej-Szwedo E, Kennedy SA, Colpa L, et al. Effects of induced monocular blur versus anisometropic amblyopia on saccades, reaching, and eye-hand coordination [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(8): 4354-4362. DOI: 10.1167/iivs.12-9855.
- [41] Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, et al. Amblyopic children read more slowly than controls under natural, binocular reading conditions [J]. *J AAPOS*, 2015, 19(6): 515-520. DOI: 10.1016/j.jaapos.2015.09.002.
- [42] Kelly KR, Jost R M, Cruz A DL, et al. Slowing reading in children with anisometropic amblyopia is associated with fixation instability and increased saccades [J]. *J AAPOS*, 2016, 21: 447-451.
- [43] Perdziak M, Witkowska D, Gryniewicz W, et al. Strabismic amblyopia affect decision processes preceding saccadic response [J]. *Biocybernetics and Biomedical Engineering [J]*. 2018, 38(1): 190-199.
- [44] Chung ST, Kumar G, Li RW, et al. Characteristics of fixational eye movements in amblyopia: Limitations on fixation stability and acuity [J]. *Vision Res*, 2015, 114: 87-99. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.016.
- [45] 陈瑶. 临床已治愈弱视患者双眼视功能及微眼动的临床研究 [D]. 安徽: 安徽医科大学, 2017: 1-49.
- [46] 周姝, 夏文涛, 刘瑞珏, 等. 微视野检查评定视觉功能的临床应用研究进展 [J]. *眼科新进展*, 2015, 35(3): 293-297. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0079. Zou S, Xia WT, Liu RJ, et al. Applications and advances in visual function measured by microperimetry [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2015, 35(3): 293-297. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0079.
- [47] Dickmann A, Petroni S, Perrotta V, et al. A morpho-functional study of amblyopic eyes with the use of optical coherence tomography and microperimetry [J]. *J AAPOS*, 2011, 15(4): 338-341. DOI: 10.1016/j.jaapos.2011.03.019.
- [48] 周琼, 王文华. 弱视儿童黄斑微视野的研究 [J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2009, 17(2): 72-73. DOI: 10.3969/j.issn.1005-328X.2009.02.006. Zhou Q, Wang WH. Study on the retina impairment of children with amblyopia by means of microperimetry [J]. *Chin J Strabismus Pediatric Ophthalmol*, 2009, 17(2): 72-73. DOI: 10.3969/j.issn.1005-328X.2009.02.006.

(收稿日期: 2019-03-23 修回日期: 2019-04-21)

(本文编辑: 杜娟)