

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2015.12.06.

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2015.12.06>.

视觉电生理技术在白内障诊治中的应用

林铎儒, 陈晴晶 综述 林浩添, 陈伟蓉 审校

(中山大学中山眼科中心眼科学国家重点实验室, 广州 510060)

[摘要] 视觉电生理技术在眼科临床和研究中应用广泛, 除了视网膜和视路病变的诊断和研究, 视觉电生理技术应用于成年人和小儿白内障患者手术前后的客观视功能检查, 也具有重要临床意义。本文将从视觉电生理技术概述、视觉电生理技术在成年人和小儿白内障诊治中的应用以及白内障手术治疗过程对视觉电生理的影响因素等方面进行系统整理和综述。

[关键词] 视觉电生理; 白内障; 视网膜电图; 视觉诱发电位

Application of visual electrophysiology for the diagnosis and treatment of cataracts

LIN Duoru, CHEN Jingjing, LIN Haotian, CHEN Weirong

(The State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China)

Abstract Visual electrophysiology is widely used in clinical ophthalmology. It is also of significant value in the objective assessment of visual function in adult and pediatric cataract patients and for the diagnosis of and research on retinal and visual pathway diseases. This article systematically reviews visual electrophysiology techniques, their applications in the diagnosis and treatment of adult and pediatric cataracts, and factors influencing the application of visual electrophysiology during surgical treatment for cataracts.

Keywords visual electrophysiology; cataract; electroretinogram; visual evoked potential

无论在发达国家还是发展中国家, 白内障仍然是人类盲和低视力的主要原因^[1]。手术是目前治疗白内障唯一有效的方法^[2]。由于混浊晶状体的遮挡, 以往在术前评估白内障(特别是致密白内障)

患者眼球后段视网膜和视路功能情况以及预测患者术后视力恢复效果均较为困难。然而, 随着光投射测试、色觉测试、激光视网膜计、视觉电生理等测量方法的出现, 白内障患者在术前视功能

收稿日期 (Date of reception): 2015-11-23

通信作者 (Corresponding author): 陈伟蓉, Email: chenwr_q@aliyun.com

基金项目 (Foundation item): 教育部高校(中山大学)青年教师培养项目(12ykpy61), 广州市珠江新星项目(2014J2200060)和广东省自然科学基金杰出青年项目(2014A030306030)。This work was supported by the Cultivation Projects For Young Teaching Staff of Sun Yat-sen University (12ykpy61), the Pearl River Science and Technology New Star Project of Guangzhou City (2014J2200060), and the Guangdong Provincial Natural Science Foundation for Distinguished Young Scholars of China (2014A030306030), P. R. China.

评估和术后视力预测的难题迎刃而解。近年来, 客观视觉电生理技术受到白内障专科医生的高度关注^[3]。视觉电生理技术特殊的光刺激可以穿透白内障患者混浊的晶状体到达视网膜, 引起光电转换从而产生可以判断视网膜和视路结构及功能情况的生物电位。尤其对于视功能仍在发育阶段的小儿白内障患者, 患儿主观检查配合不良, 视觉电生理技术则能很好的满足对患儿视功能的评估和预测需求^[4]。此外, 在白内障疾病的诊治过程中, 手术麻醉、手术操作和人工晶状体(intraocular lens, IOL)植入^[5]等均对患者视功能造成一定影响, 也可以借助视觉电生理技术对异常的视功能改变进行评估和跟踪。因此, 本文将从视觉电生理技术概述、视觉电生理技术在成年人和小儿白内障诊治中的应用以及白内障手术治疗过程对视觉电生理的影响因素等方面进行系统整理和综述。

1 视觉电生理技术概述

视觉电生理检查是广泛应用于眼科临床的客观视功能检查技术。临床上较常用的视觉电生理技术主要有视网膜电图(electroretinogram, ERG)和视觉诱发电位(visual evoked potential, VEP)^[6]。此外, 还包括多焦ERG和多焦VEP等其他特殊的视觉电生理检查技术^[7-8]。ERG和VEP均可根据不同刺激类型, 分为闪光和图形两类。闪光或图形刺激诱发视网膜或视觉通路产生电位反应, 被计算机捕获、处理并记录下来, 通过分析波形、振幅和峰时等参数就可以判断视网膜和视路的结构功能情况^[9]。

ERG是视网膜对刺激产生的电位反应, 主要反映视网膜和视神经功能情况^[10]。标准闪光ERG曲线主要包括三个波, 依次是反映视网膜外层光感受器功能的负a波、反映视网膜内层双极细胞和Muller细胞功能的正b波和依赖光感受器与色素上皮细胞相互关系的负c波。其中, b波是临床上评价视网膜功能最常用的指标。在b波上升支可分离出由4~6个高频小波组成的震荡电位, 它起源于视网膜内层, 能反映其血液循环状态。闪光ERG技术广泛应用于各种视网膜疾病的诊断, 如视网膜色素变性、视锥杆细胞营养不良、毒性视网膜炎、先天性静止性夜盲和眼内肿瘤等。图形ERG的主要波形成分为P50和N95, 分别代表视网膜外层和神经节细胞功能。图形ERG多用于诊断各种视神经疾病和多发性硬化, 并能鉴别视神经与黄斑病变^[11]。

VEP起源于视皮质距状裂深部, 通过反复叠加平均的方式从脑电波中提取出来, 主要用于评价视网膜及视路功能的完整性^[9]。在VEP波形描述中, “N”代表负波, “P”代表正波。闪光VEP波形中仅P2成分相对稳定, 其余变异较大, 故在临床应用时具有局限性^[12]。而图形VEP则包括典型“正负正”三相复合波(N75、P100和N135), 其中P100和N135波个体差异较小, 被广泛应用于临床^[13]。任何能影响视路和视皮质的疾病均能影响VEP, 如青光眼、视神经炎、缺血性视神经病变、外伤性视神经病变、神经纤维瘤、肿瘤对视神经的压迫、脱髓鞘、多发性硬化和羟化氯喹中毒性黄斑病变等^[9,14-18]。此外, VEP还可以用于屈光介质混浊患者的视功能检查^[19]。多焦视觉电生理技术信号来自视网膜多个小区域^[20], 不仅可以评估视网膜和视路某局部区域功能情况^[7], 还能辨别病变部位及严重程度, 并对早期视网膜和视神经异常敏感^[21]。

2 视觉电生理技术在成年人白内障诊治中的应用

视觉电生理技术在成年人白内障诊治中应用广泛。由于混浊晶状体的遮挡, 妨碍了眼科医生在术前对单纯或合并其他疾病的复杂白内障患者眼后段结构和功能的检查, 不能很好的预测白内障患者术后视功能恢复情况, 为手术带来不可知的风险。视觉电生理技术受混浊晶状体影响轻微, 术前检查结果与术后视力恢复存在一定平行关系, 对白内障患者视力预测作用与激光视网膜计相当, 评估准确度约为70%~80%^[22,23]。早在1951年就有研究者将视觉电生理技术应用于白内障患者的术后视力预测, 并称眼屈光介质混浊不会明显影响ERG^[24]。随后, 其他研究^[25]也表明视觉电生理技术可以很好的用于白内障患者的视力预后评估。根据患者术前视觉电生理波形参数(如振幅和峰时), 就可以初步评估视力预后情况^[26]。振幅正常患者提示术后视力可能有较好的恢复, 而振幅降低则提示有视力和视功能预后不良的可能。

然而, 并不是所有研究者都认为白内障患者混浊晶状体对视觉电生理检查毫无影响。有研究者^[27]认为, 混浊晶状体的离焦和光吸收作用会影响VEP和其他视觉电生理的检查结果。混浊晶状体密度变大引起的离焦作用造成刺激图案轮廓锐

度或刺激对比度下降,从而降低了视觉电生理参数^[19]。老年患者晶状体中含有一种可以使晶状体变黄的成分GSH-3-OHKG,它增加了晶状体对短波长光的吸收^[28],从而导致蓝黄光VEP峰时的延长^[19]。此外,混浊晶状体的散射作用也会影响视觉电生理的检查结果。在光散射的条件下,多焦ERG表现为视网膜中央区反应下降,而周边部振幅上升^[29]。

不同类型的视觉电生理检查技术对白内障患者的反应也不完全一样。闪光ERG的波形依赖于到达视网膜光强度的大小,在较大强度闪光刺激下,单纯白内障患者闪光ERG检查结果与屈光介质透明者基本一致。图形ERG也较为稳定,它受晶状体或其他屈光介质混浊的影响轻微^[22],特别是在高强度图形刺激下。但白内障患者的多焦ERG或VEP结果常提示异常,表现为视网膜中央区反应较正常值降低或异常^[31]。因为白内障引起的视觉模糊就像高频过滤器,选择性消除了高空间频率,特别是视网膜中间区域,而周边区相对保留^[31]。此外,蓝黄光VEP可以检测到白内障患者用标准图形VEP检测不到的视觉异常^[19]。还有学者发现,源于VEP的视觉系统时频特征(temporal frequency characteristics, TFC)受屈光介质混浊影响轻微,具有较高的敏感性和特异性,可以较好的反映白内障患者视网膜和视神经功能,可作为临床参考指标^[3]。

对于单纯年龄相关性白内障患者,视觉电生理检查结果多为正常,提示预后良好。而对于合并视网膜或视路疾病的白内障患者而言,视觉电生理检查结果多表现异常,提示有预后不良的可能。如合并Behcet病的白内障患者术前行闪光ERG检查,如果a波和b波表现异常,术后视力恢复则较差^[32]。术前TFC异常的白内障患者,术后通常发现合并了视网膜或视神经损害^[3]。ERG还可用于记录晶状体后囊膜混浊的发展情况,并帮助评估合并视网膜色素变性的白内障患者的手术时机^[33]。借助高频(40 Hz)闪光ERG检查,还可以判断全层视网膜营养不良(tapetoretinal abiotrophy)并发白内障患者视功能预后情况^[33]。用中央18~20度红光ERG刺激黄斑,发现黄斑区营养不良的白内障患者生物电位与正常值有显著差异。伴发不同类型青光眼、黄斑病变和视神经功能异常的白内障患者,术前视觉电生理检查均提示异常。此外,视觉电生理技术还可以用于白内障术中眼内炎发

病机理和前房注射高剂量头孢呋辛对视网膜影响等各方面的研究^[34-35]。

总之,混浊的晶状体对部分视觉电生理检查有一定程度的影响,但混浊程度与电生理改变无相关性^[30]。笔者认为,对于视力较好的低中度白内障患者,可以采用图形刺激进行检查以提高精确度。对于视力较差的严重白内障患者,建议采用强闪光刺激,以减小致密混浊晶状体对到达视网膜光强度的影响。如果需要了解视网膜局部区域功能情况,则推荐使用多焦点视觉电生理技术。综上所述,视觉电生理技术受混浊晶状体影响轻微,可以作为预测白内障患者视功能预后的客观检查,为临床诊治提供参考。

3 视觉电生理技术在小儿白内障中的应用

由于对被检者配合程度依赖性不强,视觉电生理技术除了应用于成年人白内障,还广泛应用于小儿白内障的诊治中。先天性白内障(congenital cataract, CC)是小儿白内障中最常见的类型,在全球儿童中的发病率为1/10 000~15/10 000^[36]。目前手术是CC的重要治疗方法^[2],但术后效果不确切,因此眼科医生在术前需要对CC患儿术后视力和视功能恢复情况进行客观评估。临床上对于成年人或年龄较大的儿童,评价视功能方法较多且简单高效。而对于年龄较小欠合作的CC患儿,其视力的客观评估方法除了优先注视法和视动性眼震外,还有视觉电生理技术。传统的视觉电生理检查需要被检者长时间固视,而对于年龄小注意力无法长时间集中的婴幼儿,检查配合困难,因此在小儿白内障检查应用中较为局限。近年来,手持便携式闪光刺激器的出现,降低了对患儿配合长时间固视的依赖性,甚至可以对熟睡或药物镇静后的小儿进行检查^[37]。图形刺激也不再仅仅是枯燥的黑白棋盘格,设计在棋盘格中央不断变化的卡通图形,可以更加吸引小儿的注意力,以达到检查和提高成功率的目的。因此,现代视觉电生理技术可以作为优先注视法和视动性眼震检查的补充,并被应用于白内障患儿的诊治以及弱视治疗的监视跟踪等^[4]。

一般认为,成年人发生的视觉剥夺不会导致弱视。但长时间致密单眼白内障患者术后短暂的VEP峰时延迟,提示成年人中央视觉系统对长时间致密白内障引起的视觉剥夺仍具有一定敏感性,

此类患者发现后若能尽早行手术治疗, 多能有较好的视力恢复。而引起视觉剥夺的CC患儿因为处于视觉发育关键期, 视力预后一般较差, 特别是手术时间较晚的患儿。对于已经造成弱视的患儿即使术后恢复清晰成像, 但患眼VEP仍存在振幅下降和峰时延长, 说明视功能不良, 因此术后还需要辅助弱视治疗。单眼CC患儿术后经过健眼遮盖训练后, 视力和视功能会有较大幅度的提高, 并且VEP结果在术后1年内迅速正常化。但合并眼球震颤的CC患儿因为不能持久固视, VEP振幅往往较低^[4]。有研究认为, VEP振幅可变性较大, 且与视力无对应关系, 单用振幅评价CC患儿弱视程度不够稳定。McCulloch等^[4]推荐使用VEP“图形刺激大小阈值”评价指标, 它可变性小, 相对稳定, 且是VEP唯一的一个能与单字母视力相对应的指标。

视觉电生理技术还能用于除CC外的其他类型小儿白内障的诊治。外伤性白内障术后人工晶状体眼儿童, 其视网膜中央区神经节细胞的异常造成黄斑水肿, 表现为图形VEP第1个负波峰时延长^[38]。胰岛素依赖型糖尿病并发白内障的儿童, 不同条件下ERG各波有不同表现, 而高频ERG显示振幅压抑^[39]。此外, 对于怀疑CC合并视功能异常的新生儿, 可以镇静后行ERG检查以明确诊断。

4 白内障手术治疗对视觉电生理的影响因素

为了更好的应用视觉电生理技术, 我们还必须要了解在白内障诊治过程中的一些重要影响因素。除了上述的混浊晶状体, 还有诸如麻醉、手术操作和IOL植入等均可造成视觉电生理检查结果的异常改变。

首先是手术麻醉对白内障患者视觉电生理的影响。麻醉在白内障手术中至关重要, 球周和球后麻醉技术在很多发展中国家白内障囊外摘除手术中仍有使用^[40-41]。在球周或球后麻醉后短时间内可以观察到VEP振幅下降和峰时延长, 甚至检测不到波形^[42], 但术后2小时就可恢复正常。这说明了眼部神经阻滞麻醉方式安全有效, 且不会对视神经造成永久性损害。甚至有研究表明, 白内障术中前房注射利多卡因止痛, 在术后短期内就已观察不到明显的视觉电生理异常^[43]。其次, 白内障晶状体摘除联合IOL植入术虽然能有效提高白内障患者视力, 但手术操作本身也会给患者带来一

定影响, 表现为视觉电生理检查结果的异常。有研究发现虽然白内障术后视力恢复良好, 但手术改变了光线的传播并引起了晶状体后囊纤维化或视网膜结构微改变, 所以术后仍有69%的患者图形VEP显示异常^[44]。术中染色剂吲哚菁绿的使用, 可降低ERG波振幅, 在暗适应ERG下尤为明显, 提示视网膜毒性损害, 应谨慎使用。白内障超声乳化术后眼内细胞和前列腺素因子等炎症介质增多, 可导致不可逆的视网膜内层功能损伤或促进黄斑囊样水肿的发展^[45], 表现为闪光ERG震荡电位振幅的下降和图形ERG中N95峰时的延长^[46]。第三, 白内障术中植入的IOL也是视觉电生理检查结果的影响因素之一。有研究^[47]表明, 人工晶状体光散射量为正常同龄对照组的2倍, 光散射造成视网膜多次刺激, 引起ERG或VEP的振幅增加和峰时缩短^[48]。白内障术后继发视网膜光损伤的视觉电生理异常表现也有报道。正常情况下, 敏感的视网膜由于角膜和晶状体的保护, 免受紫外线和紫蓝光的损害^[49]。手术摘除了具有保护作用的晶状体, 使得能造成光毒性的紫外线或短波可见光到达了视网膜, 产生活性氧并造成组织损伤^[50]。所以, 有研究者^[51]认为黄色IOL的植入比透明IOL对术后视网膜光损伤更具有保护作用, 并通过ERG技术和新生小鼠模型实验得到了初步证实。但也有报道^[52]发现多焦ERG的结果并不支持可滤过蓝光IOL(AcrySof Natural SN 60 AT)植入后对老年性黄斑病变进展具有保护作用。

5 总结与展望

视觉电生理技术除了用于视网膜和视神经功能检查, 还可以较准确的预测白内障患者术后视力和视功能预后情况, 广泛应用于成年人和小儿白内障的诊治中。尽管仍存在一些争议, 但大部分研究者认为混浊晶状体对视觉电生理检查影响轻微, 只要选择合适的刺激方式, 视觉电生理技术用于白内障患者视功能预后评估相对可靠。合并视网膜或视神经疾病的白内障患者通常会有异常的视觉电生理检查结果表现。由于对被检者配合程度依赖性不强, 又能客观的评估视功能的特点, 使得视觉电生理技术在小儿白内障的诊治中展现了优势。另外, 麻醉、手术操作和IOL等对视觉电生理检查结果也有一定影响: 麻醉可短暂影响视神经功能, 手术操作和术中用药可能会损害

视网膜, IOL可引起光散射, 上述因素均会造成视觉电生理检查结果的异常改变。总之, 使用视觉电生理技术评估白内障患者视功能相对可靠, 但其准确性和稳定性受诸多因素影响, 需要检查者了解相关影响因素并规范操作, 而对于如何提高视觉电生理技术在CC患儿视网膜和视神经发育评估的准确性和有效性, 还需要广大眼科工作者更进一步的学习和研究。

参考文献

1. Prokofyeva E, Wegener A, Zrenner E. Cataract prevalence and prevention in Europe: a literature review[J]. *Acta Ophthalmol*, 2013, 91(5): 395-405.
2. Lin H, Yang Y, Chen J, et al. Congenital cataract: prevalence and surgery age at Zhongshan Ophthalmic Center (ZOC) [J]. *PLoS One*, 2014, 9(7): e101781.
3. Mori H, Momose K, Nemoto N, et al. Application of visual evoked potentials for preoperative estimation of visual function in eyes with dense cataract[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2001, 239(12): 915-922.
4. McCulloch DL, Skarf B. Pattern reversal visual evoked potentials following early treatment of unilateral, congenital cataract[J]. *Arch Ophthalmol*, 1994, 112(4): 510-518.
5. Salvatore S, Lupo S, Nebbioso M, et al. New insight into visual function with aspherical intraocular lenses (IOLs): Tecnis ZCB00 and Acrysof SN60WF[J]. *Int Ophthalmol*, 2011, 31(5): 417-419.
6. ISCEV Committee for Pediatric Clinical Electrophysiology Guidelines, Fulton AB, Breceļ J, et al. Pediatric clinical visual electrophysiology: a survey of actual practice[J]. *Doc Ophthalmol*, 2006, 113(3): 193-204.
7. Hood DC, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2011 edition) [J]. *Doc Ophthalmol*, 2012, 124(1), 1-13.
8. De Moraes CG, Liebmann JM, Ritch R, et al. Clinical use of multifocal visual-evoked potentials in a glaucoma practice: a prospective study[J]. *Doc Ophthalmol*, 2012, 125(1): 1-9.
9. Nehamkin S, Windom M, Syed TU. Visual evoked potentials[J]. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*, 2008, 48(4): 233-248.
10. Noma H, Mimura T, Kuse M, et al. Association of electroretinogram and morphological findings in central retinal vein occlusion with macular edema[J]. *Clin Ophthalmol*, 2014, 8: 191-197.
11. Wang J, Cheng H, Hu YS, et al. The photopic negative response of the flash electroretinogram in multiple sclerosis[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(3): 1315-1323.
12. Young B, Eggenberger E, Kaufman D. Current electrophysiology in ophthalmology: a review[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2012, 23(6): 497-505.
13. Odom JV, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update) [J]. *Doc Ophthalmol*, 2010, 120(1): 111-119.
14. Pojda-Wilczek D. Retrospective analysis of pattern VEP results in different ocular and systemic diseases[J]. *Klin Oczna*, 2010, 112(7-9): 205-209.
15. Halliday AM, McDonald WI, Mushin J. Delayed visual evoked response in optic neuritis[J]. *Lancet*, 1972, 1(7758): 982-985.
16. Atilla H, Tekeli O, Ornek K, et al. Pattern electroretinography and visual evoked potentials in optic nerve diseases[J]. *J Clin Neurosci*, 2006, 13(1): 55-59.
17. Tabatabaei SA, Soleimani M, Alizadeh M, et al. Predictive value of visual evoked potentials, relative afferent pupillary defect, and orbital fractures in patients with traumatic optic neuropathy[J]. *Clin Ophthalmol*, 2011, 5: 1021-1026.
18. Brigell M, Kaufman DI, Bobak P, et al. The pattern visual evoked potential. A multicenter study using standardized techniques[J]. *Doc Ophthalmol*, 1994, 86(1): 65-79.
19. Fuest M, Plange N, Jamali S, et al. The effect of cataract surgery on blue-yellow and standard-pattern visual-evoked potentials[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2014, 252(11): 1831-1837.
20. Park S, Park SH, Chang JH, et al. Study for analysis of the multifocal visual evoked potential[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2011, 25(5): 334-340.
21. Jayaraman M, Ambika S, Gandhi RA, et al. Multifocal visual evoked potential recordings in compressive optic neuropathy secondary to pituitary adenoma[J]. *Doc Ophthalmol*, 2010, 121(3): 197-204.
22. Wu DZ, Wu L, Xu X, et al. The significance of testing preoperative visual function in cataract using laser interferometric visual acuity and ERG[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 1991, 7(1): 21-24.
23. Cavender SA, Hobson RR, Chao GM, et al. Comparison of preoperative 10-Hz visual evoked potentials to contrast sensitivity and visual acuity after cataract extraction[J]. *Doc Ophthalmol*, 1992, 81(2): 181-188.
24. Karpe G, Vainio-Mattila B. The clinical electroretinogram. III. The electroretinogram in cataract[J]. *Acta Ophthalmol (Copenh)*, 1951, 29(2): 113-128.
25. Vrijland HR, van Lith GH. The value of preoperative ophthalmological examination before cataract extraction[J]. *Doc Ophthalmol*, 1983, 55(1-2): 153-156.
26. Luo G, Hu Q, Su X. The contrast study of preoperative flash visual

- evoked potential test and the postoperative resumed visual acuity in senile cataract patients[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2000, 16(2): 81-83.
27. Chelva E, Van Lith GH. Influence of defocusing, absorption and scatter on evoked potentials to contrast and contour related stimuli[J]. *Doc Ophthalmol Proc Ser*, 1982, 31: 337-344.
 28. Bron AJ, Vrensen GF, Koretz J, et al. The ageing lens[J]. *Ophthalmologica*, 2000, 214(1): 86-104.
 29. Chan HL, Siu AW, Yap MK, et al. The effect of light scattering on multifocal electroretinography[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2002, 22(6): 482-490.
 30. Cai Y, Lim BA, Chi L, et al. Effects of lens opacity on AccuMap multifocal objective perimetry in glaucoma[J]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2006, 42(11): 972-976.
 31. Winn BJ, Shin E, Odel JG, et al. Interpreting the multifocal visual evoked potential: the effects of refractive errors, cataracts, and fixation errors[J]. *Br J Ophthalmol*, 2005, 89(3): 340-344.
 32. Hu K, Lei B, Kijlstra A, et al. Male sex, erythema nodosum, and electroretinography as predictors of visual prognosis after cataract surgery in patients with Behçet disease[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(8): 1382-1388.
 33. Ioshin IE, Zueva MV, Tsapenko IV. Prediction of functional results of extraction in complicated cataract in patients with tapetoretinal abiotrophy[J]. *Vestn Oftalmol*, 1991, 107(2): 21-23.
 34. Suzuki T, Wada T, Kozai S, et al. Contribution of secreted proteases to the pathogenesis of postoperative *Enterococcus faecalis* endophthalmitis[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(10): 1776-1784.
 35. Delyfer MN, Rougier MB, Leoni S, et al. Ocular toxicity after intracameral injection of very high doses of cefuroxime during cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(2): 271-278.
 36. Foster A, Gilbert C, Rahi J. Epidemiology of cataract in childhood: a global perspective[J]. *J Cataract Refract Surg*, 1997, 23 Suppl 1: 601-604.
 37. Chen J, Lin Z, Lin H. Progress of application of sedation technique in pediatric ocular examination[J]. *Eye Sci*, 2014, 29(3): 186-192.
 38. Shpak AA, Zubareva LN. Studies on cerebral visual evoked potentials in the differential diagnosis of macular edema and obscurtion amblyopia in children with arthphakia[J]. *Vestn Oftalmol*, 1989, 105(2): 44-48.
 39. Aznabaev MT, Zaïdullin IS, Aznabaev RA, et al. Changing electrophysiological parameters in the eye in children with insulin-dependent diabetes mellitus[J]. *Vestn Oftalmol*, 2004, 120(2): 20-22.
 40. Joshi RS. Primary posterior capsular opacification in Indian rural population undergoing cataract surgery for hypermature senile cataract[J]. *Clin Ophthalmol*, 2013, 7: 1605-1608.
 41. Nwosu SN, Nwosu VO, Anajekwu C, et al. Retrobulbar versus subconjunctival anesthesia for cataract surgery[J]. *Niger J Clin Pract*, 2011, 14(3): 280-283.
 42. Ropo A, Ruusuvaara P, Setälä K. Visual evoked potentials after retrobulbar or periorcular anaesthesia[J]. *Br J Ophthalmol*, 1992, 76(9): 541-544.
 43. Pang MP, Fujimoto DK, Wilkens LR. Pain, photophobia, and retinal and optic nerve function after phacoemulsification with intracameral lidocaine[J]. *Ophthalmology*, 2001, 108(11): 2018-2025.
 44. Howe JW, Mitchell KW, Mahabaleswara M, et al. Visual evoked potential latency and contrast sensitivity in patients with posterior chamber intraocular lens implants[J]. *Br J Ophthalmol*, 1986, 70(12): 890-894.
 45. Findl O, Amon M, Petternel V, et al. Early objective assessment of intraocular inflammation after phacoemulsification cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29(11): 2143-2147.
 46. Akay F, Mutlu FM, Gundogan FC. The effect of pseudophakia on retinal and cortical functions[J]. *Med Glas (Zenica)*, 2014, 11(1): 120-126.
 47. Witmer FK, van den Brom HJ, Kooijman AC, et al. Intra-ocular light scatter in pseudophakia[J]. *Doc Ophthalmol*, 1989, 72(3-4): 335-340.
 48. Russell-Eggitt I, Kriss A, Taylor DS. Albinism in childhood: a flash VEP and ERG study[J]. *Br J Ophthalmol*, 1990, 74(3): 136-140.
 49. Boettner EA, Wolter JR. Transmission of the Ocular Media. Available online: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2122713>
 50. Wenzel A, Grimm C, Samardzija M, et al. Molecular mechanisms of light-induced photoreceptor apoptosis and neuroprotection for retinal degeneration[J]. *Prog Retin Eye Res*, 2005, 24(2): 275-306.
 51. Kurihara T, Omoto M, Noda K, et al. Retinal phototoxicity in a novel murine model of intraocular lens implantation[J]. *Mol Vis*, 2009, 15: 2751-2761.
 52. Łak D, Lubiński W, Sylwestrzak Z, et al. Comparative assessment of the course of age-related macular degeneration in patients after phacoemulsification cataract surgery with implantation of AcrySof Natural SN 60 at and AcrySof SA 60 at lenses[J]. *Ann Acad Med Stetin*, 2007, 53 Suppl 1: 43-47; discussion 47-8.

本文引用：林铎儒, 陈晴晶, 林浩添, 陈伟蓉. 视觉电生理技术在白内障诊治中的应用[J]. 眼科学报, 2015. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2015.12.06

Cite this article as: LIN Duoru, CHEN Jingjing, LIN Haotian, CHEN Weirong. Application of visual electrophysiology for the diagnosis and treatment of cataracts[J]. *Eye Sci*, 2015. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2015.12.06