

• 综述 •

儿童前庭诱发肌源性电位检测方法及临床研究现状*

周灯香¹ 陈籽辰² 何珍² 张玉忠² 魏馨雨² 赵欢娣² 樊孟耘¹ 张青³

[关键词] 儿童;前庭功能障碍;前庭诱发肌源性电位;耳石器

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.07.018

[中图分类号] R764 [文献标志码] A

Methods and advances in clinical application of vestibular evoked myogenic potentials in children

Summary Vestibular dysfunction, which may lead to delayed motor development and reduced quality of life, is an overlooked entity among children and adolescents. Vestibular evoked myogenic potential (VEMPs) is a common, safe diagnostic tool in adults for vestibular disorders. However, there is no related data for children and adolescents. We aimed to collect and assess normative VEMP data for adolescents. In this article, we analyzed the results of VEMPs in children in recent years, and summarized the common detection methods of VEMPs in children, the detection rate and variability characteristics of VEMPs in children of different ages, and the current status of clinical application of VEMPs in children.

Key words child; vestibular dysfunction; vestibular evoked myogenic potential; otoconia

1 儿童 VEMPs 概论

人类内耳迷路在妊娠 17~19 周时达到其成年大小,并且在出生时就在结构上很好地区分了前庭末端器官,包括半规管和耳石器(球囊和椭圆囊)。临床上,通过冷热试验评估前庭眼反射在出生 24~120 h 的新生儿中效果较差,但在出生后 2 个月时即可恢复正常,并在出生后的前 2 年中进一步成熟。对于耳石功能,最近在临床实践中已分别采用颈肌前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential, cVEMP)和眼肌前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential, oVEMP)测试来分别评估球囊和椭圆囊的功能^[1-2]。

关于在婴儿和幼儿中记录 VEMP 的可行性的研究很少,而新生儿的这种报道则更少。Sheykholslami 等^[3]使用 105 dB nHL 的短纯音声从检查 12 名健康婴儿(年龄 1~12 个月)的 SCM 中记录到了可重现的双相 VEMP,其幅度比成人大,潜伏期短。Hsu 等^[4]对 15 名健康儿童(3~13 岁)在 105 dB nHL 声刺激下进行 oVEMP 测试,认为 oVEMP 检测可以定量测量前庭眼反射(VOR)系统,该系统在>3 岁的儿童和成人中具有相似的特征参数。

2 儿童 VEMPs 常用的检测方法

2.1 儿童 cVEMP 常用的检测方法

近年来,cVEMP 测试已经被证实可用于评估球囊功能^[1]。它通过突触途径产生,起源于球囊,沿着前庭传入纤维到达前庭核,神经冲动进一步沿着内侧前庭脊髓束和副神经投射到颈部肌肉,如胸锁乳突肌(the sterno-mastoid muscle, SCM)^[5]。

2.1.1 儿童 cVEMP 的测试步骤 受试者仰卧位,安放电极前清洁局部皮肤,两个记录电极对称放置于两侧胸锁乳突肌中段,在胸骨柄处放置一个参考电极,在前额上放置一个接地电极(图 1)。刺激参数:对测试耳进行声刺激(95 dB nHL, 500 Hz,短纯音,上升期=1 ms,平台期=2 ms),并记录下 cVEMP 波形^[6],会出现正负极性包括峰 p13 和 n23 的双相波形,连续运行以确认峰 p13 和 n23 的重现性,如果重复出现则认为存在 cVEMP。相反,当波形不可重现时,则认为不存在 cVEMP。然后测量峰值 p13 和 n23 的振幅以及 p13-n23 的潜伏期。

2.1.2 儿童 cVEMP 的局限性 由于 cVEMP 是一种抑制性反应,因此将每个受试者仰卧放置,抬高头部以激活 SCM 肌肉。但是,低龄段儿童无法通过自主抬头维持 SCM 肌肉收缩。为了引出新生儿的 cVEMP,可把新生儿头向一侧旋转,将头朝下放在平面上,并伴以觅食反射的回弹力以拉紧 SCM 肌肉。肌电图水平反馈窗口同时显示背景肌肉活动,新生儿通常保持在最低水平>20 mV^[6],>3 岁的儿童保持在>50 mV^[3]。

*基金项目:国家自然科学基金项目(No:81970891);陕西省国际合作重点项目(No:2020KWZ-019)

¹西安市儿童医院耳鼻咽喉头颈外科(西安,710000)

²西安交通大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科

³上海交通大学医学院附属新华医院耳鼻咽喉头颈外科
上海交通大学医学院耳科学研究所 上海市耳鼻疾病转化医学重点实验室

通信作者:张青,E-mail:zhqent@163.com



图1 儿童cVEMP的测试示意图

2.1.3 新生儿cVEMP Chen等^[6]对20名足月出生2~5d的新生儿进行了VEMP测试。通过头部旋转,新生儿cVEMP的引出率从出生第2~5天呈递增趋势。p13的潜伏期在第3天时延长,至第5天恢复正常,之后的第6~13天保持相对稳定,p13的平均潜伏期为(13.3±8.0)ms。根据成人标准,健康新生儿的cVEMP正常引出率为40%,潜伏期延长的cVEMP为35%,未引出cVEMP的为25%。比较健康新生儿和成人的cVEMP特征,发现其引出率和n23潜伏期无显著差异。然而,新生儿和成年人之间的p13潜伏期、p13-n23波间期和p13-n23振幅存在显著差异。新生儿中cVEMP的延长或缺失可能反映了前庭颈肌反射通路的不完全成熟,尤其是髓鞘形成的不成熟。

Wang等^[7]对早产和足月新生儿的cVEMP结果进行分析后发现,引出cVEMP的体重的临界值分别为2.26kg和2.82kg,而怀孕时间的临界值分别为37.1周和38.4周。体重和怀孕时间均与p13和n23潜伏期呈负相关,但与p13-n23振幅无显著相关性。

2.1.4 3岁以上儿童的cVEMP 当儿童(>3岁)能够承受SCM肌肉收缩时,可以通过抬头激活SCM肌肉进行cVEMP测试。与仰卧位抬头相比,坐位转颈的引出率以及引出的波形振幅较小,所以3岁以上的患儿尽量采用仰卧位抬头记录cVEMP。

由于cVEMP潜伏期与健康儿童的颈部长度密切相关,并且颈部长度和体重或身高显著相关,因此在实践中选择颈部长度作为替代方法来估算cVEMP潜伏期^[8]。

2.1.5 青少年中的cVEMP Wang等^[9]对不同年龄段青少年进行了cVEMP测试,结果发现cVEMP的p13潜伏期在儿童、青少年和成人之间存在显著差异。在成长过程中存在受试者间差异,导致青少年的cVEMP潜伏期正常范围难以确定。

但是,测量颈部长度是确定青少年cVEMP数据是否应分类为儿童或成人组的一种简单便捷的方法。颈部测量方法如下:选择两个参考点来测量颈部长度,一个是乳突骨的尖端,另一个是乳突尖端垂直于锁骨的点,这两个点之间的距离实际上是SCM长度的替代标记,可用作颈长的量度^[8]。建议将颈部长度为15.3cm作为cVEMP潜伏期的临界值。当颈部长度<15.3cm时,观察到颈部长度与cVEMP潜伏期之间呈正相关,在大于该长度时不需要考虑颈部长度。

2.2 儿童oVEMP常用的检测方法

oVEMP是在对侧眼外肌表面记录到的电位,起源于椭圆囊,经前庭上神经传入中枢,进而引起对侧眼下斜肌收缩,主要反映椭圆囊及前庭上神经的功能状态^[10]。

2.2.1 儿童oVEMP的测试步骤 将受试者置于仰卧位(婴幼儿)或坐位(年龄>3岁的儿童)。将两个记录电极放置在双侧下眼睑中心下方约1cm处。一个参考电极位于胸骨上,接地电极位于前额(图2)。受试者在自然睡眠的状态下,给予强度为95dB nHL频率为500Hz的短纯音(上升或下降时间为1ms,平台期为2ms),带通滤波在1~1000Hz,记录窗宽50ms,每次刺激强度记录叠加100次刺激的反应均值,同侧耳给声刺激对侧眼记录。oVEMP的典型波形为声刺激后约10ms记录到先负后正的n1-p1复合波,连续运行以确认峰n1和p1的重现性,如果可以重复则认为存在oVEMP。测量n1潜伏期,p1潜伏期,n1-p1波振幅。



图2 儿童oVEMP的测试示意图

2.2.2 oVEMP的局限性 气导声刺激(air conducted sound, ACS)和骨导振动刺激(bone conducted vibration,BCV)均可用于诱发健康受试者的oVEMP。与ACS-oVEMP相比,BCV-oVEMP更高的引出率和更大的n1-p1振幅表明,在诱发oVEMP方面,BCV模式优于ACS模式^[11]。但是,最好采用ACS刺激来诱发新生儿oVEMP,这

主要是因为新生儿头部颅骨未发育成熟,此方式有损伤其颅骨的风险^[12]。另外,儿童难以保持目光向上的凝视^[4],为了确保向上凝视的稳定性,对于>3岁的孩子,由父母中一人拿着玩具在孩子眼睛上方约1 m处引导其凝视着玩具,另一人用手扶着孩子的头将其稳定住^[11]。

2.2.3 <3岁儿童的 oVEMP Wang等^[9]对15例<3岁的受试者进行了oVEMP测试。虽然新生儿cVEMP在出生几天后就可以很好地引出,但是典型的oVEMP波形却并未在新生儿中引出。提示在生命早期oVEMP的缺失可能是因为前庭眼反射系统发育不成熟。研究发现,在闭眼的情况下,2~3岁的儿童中可记录到清晰的oVEMP,但在<24个月的儿童中则未见,这表明VOR反射在2岁前尚未成熟^[13]。

2.2.4 3~14岁儿童的 oVEMP Chou等^[12]对>3岁的儿童进行了oVEMP测试。结果发现3~14岁儿童的oVEMP的特征参数(例如潜伏期和振幅)与24~28岁成年人的oVEMP并无显著差异。此外,年龄因素和oVEMP参数之间不存在相关性,这表明oVEMP在3岁时就已发育成熟,儿童与成人之间的oVEMP参数无显著差异。

3 儿童 VEMPs 临床研究现状

3.1 先天性感音神经性聋

据报道,每1 000名婴儿中有1例发生重度或极重度的感音神经性听力损失(profound and severe sensorineural hearing loss, PSHL和SSHL)^[14]。从解剖学上来说,耳蜗和前庭共享一个连续的膜结构,并具有相似的受体细胞。因此,内耳疾病可能会影响平衡感和听力。

根据VEMP测试的结果,可将PSHL的VEMP变化趋势分为两类:VEMP消失(VEMP disappearance)和VEMP受损(VEMP impairment)^[15]。①VEMP消失:正常儿童的VEMPs引出率为100%,而PSHL/SSHL患儿则出现VEMPs引不出的现象,即VEMP消失。PSHL或SSHL患儿cVEMP的引出率据报道为35%~86%^[15]。许信达等的研究中发现,研究组86耳中有50耳(58.1%)具有清晰的oVEMP波形,明显低于对照组($P<0.01$)^[16]。在cVEMP中发现了类似的现象,儿童PSHL患者的引出率(61.9%)显著低于正常健康儿童的引出率($P<0.01$)。内耳疾病造成的伤害可能会使耳石器官的残留受体细胞无法对声音刺激做出反应,从而使VEMP消失。②VEMP受损:在仍可引起oVEMP或cVEMP的儿童患者中,与正常儿童相比,可以观察到oVEMP和cVEMP的阈值明显升高,幅度降低。

综上,PSHL/SSHL的患儿可能出现耳石器功能异常,表现在VEMP上,即为VEMP引出率下

降,或是阈值、振幅的负面改变。

3.2 人工耳蜗植入术

人工耳蜗是一种声-电转换装置,它可以将环境中的声信号转换为电信号并传入受植入者的耳蜗,刺激耳蜗残存的听觉神经细胞,从而产生听觉^[17]。经过近50年的相关研究,人工耳蜗植入(cochlear implantation, CI)成为全聋患者——尤其是双侧感音神经性听觉丧失的儿童最重要的有效治疗途径。随着人工耳蜗手术量的增加以及术后的不断观察和总结,近年来,研究者们也发现了CI术后对前庭机能的影响方式多种多样、影响程度轻重不等。

先天性聋患儿的VEMP有VEMP消失及VEMP受损两种现象。而且,CI术前可引出VEMP的患耳,在CI术后,会进一步出现耳石器功能异常,出现更进一步的VEMP消失及VEMP受损。CI术后侧VEMP的引出率较植入前下降,也就是说部分患者术前VEMP可引出,而术后引不出;还有一部分患者术后仍能引出VEMP,但VEMP波形曲线有阈值、振幅和潜伏期的负面变化^[18]。

3.3 大前庭导水管综合征

大前庭导水管综合征(large vestibular aqueduct syndrome, LVAS)是最常见的先天性内耳畸形。它不仅是内耳结构畸形,而且有听力和前庭系统改变。临床以渐进性、波动性听力下降伴前庭功能障碍为主要表现,约占儿童感音神经性聋的13%^[19]。

Sheykholeslami等^[20]于2004年首次报道了3例LVAS患者的cVEMP波形特征,其中2例重度听力损失的单侧LVAS患者的患耳cVEMP阈值为75~80 dB nHL,健耳阈值为95 dB nHL;另外1例患者为混合性听力损失,双耳均引出cVEMP,其中术耳(曾行鼓室成形术以期提高听力)的cVEMP阈值降低,振幅增大。吴军等^[21]对LVAS患者的cVEMP波形特征进行了研究,其中44耳中有2耳在95 dB nHL时未引出,42耳cVEMP振幅均值为 $(147.10 \pm 107.55) \mu\text{V}$,19耳反应阈为75 dB nHL,7耳反应阈为65 dB nHL。Taylor等^[22]在2012年首次报道1例LVAS患者的oVEMP表现为阈值降低,振幅增大,但cVEMP的参数均在正常范围。Zhou等^[23]对18例LVAS患者与正常对照组进行研究,LVAS患者的cVEMP表现为阈值降低,n1、p1潜伏期缩短,n1-p1振幅增大;oVEMP表现为阈值降低、振幅增大。张玉忠等^[24]对重度、极重度听力损失的LVAS患儿与非LVAS聋哑症患儿的VEMPs进行了比较,研究结果显示与聋哑症组比较,LVAS组cVEMP和oVEMP阈值均降低,oVEMP的振幅明显增加,可能与LVAS组患

儿存在“第三窗”有关;与健康组比较,除 oVEMP 的振幅增高外,与 VEMPs 参数差异无统计学意义。

总之,由于“第三窗”的存在,大多数 LVAS 患者的 VEMPs 表现为阈值降低、振幅增高,ACS-cVEMP 的阈值和 ACS-oVEMP 的振幅对辅助诊断 LVAS 比较有临床意义。但是 LVAS 的具体情况可能也要参考内耳受损的程度,内耳损伤过大的患儿,也有可能 VEMP 引不出,这需要我们在今后的临床工作中进一步观察和论证。

4 儿童 VEMPs 难点及展望

在 VEMP 记录过程中常遇到的困难是:①在数据采集期间难以将 EMG 活动水平维持在所需水平,这可能需要多次中断测试并在达到相同水平的肌肉收缩后重新开始数据收集;②记录婴儿的波形时间更长,一方面是由于上述困难,另一方面是因为在测试期间需要与父母沟通检查流程,打消其疑虑,并在测试过程中获得他们的帮助;③在测试过程中还需要有技术人员定位和控制肌肉收缩水平^[3]。

对于临床医生和听力学者而言,婴幼儿的听力和前庭评估是一个充满挑战的过程。婴幼儿的注意力保持时间很短或没有,口语交流能力也很有限。关于在婴幼儿中记录 VEMPs 的可行性的研究很少,而新生儿中这类研究则更少。尽管与大龄儿童和成人相比,新生儿和幼儿的肌肉张力较差,但仍可能在婴儿期和幼儿期记录到 VEMPs。因此,VEMPs 在小儿耳科和神经科领域中,可作为一种探索耳石器(椭圆囊和球囊)、前庭上下神经、前庭核的新工具。

参考文献

- [1] Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1994, 57(2):190-197.
- [2] Curthoys IS. The interpretation of clinical tests of peripheral vestibular function[J]. *Laryngoscope*, 2012, 122(6):1342-1352.
- [3] Sheykholslami K, Megerian CA, Arnold JE, et al. Vestibular-evoked myogenic potentials in infancy and early childhood [J]. *Laryngoscope*, 2005, 115(8):1440-1444.
- [4] Hsu YS, Wang SJ, Young YH. Ocular vestibular-evoked myogenic potentials in children using air conducted sound stimulation [J]. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120(7):1381-1385.
- [5] Uchino Y, Sato H, Sasaki M, et al. Sacculocollic reflex arcs in cats[J]. *J Neurophysiol*, 1997, 77(6):3003-3012.
- [6] Chen CN, Wang SJ, Wang CT, et al. Vestibular evoked myogenic potentials in newborns [J]. *Audiol Neuro-otol*, 2007, 12(1):59-63.
- [7] Wang SJ, Chen CN, Hsieh WS, et al. Development of vestibular evoked myogenic potentials in preterm neonates[J]. *Audiol Neurootol*, 2008, 13(3):145-152.
- [8] Chang CH, Yang TL, Wang CT, et al. Measuring neck structures in relation to vestibular evoked myogenic potentials[J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118(5):1105-1109.
- [9] Wang SJ, Yeh TH, Chang CH, et al. Consistent latencies of vestibular evoked myogenic potentials[J]. *Ear Hear*, 2008, 29(6):923-929.
- [10] 张青,宋辉,胡娟,等. 气导短纯音诱发的眼肌前庭诱发肌源性电位在健康青年人群中的波形特征[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2012, 47(1):15-18.
- [11] Wang SJ, Weng WJ, Jaw FS, et al. Ocular and cervical vestibular-evoked myogenic potentials; a study to determine whether air-or bone-conducted stimuli are optimal[J]. *Ear Hear*, 2010, 31(2):283-288.
- [12] Chou CH, Hsu WC, Young YH. Ocular vestibular-evoked myogenic potentials via bone-conducted vibration in children[J]. *Clin Neurophysiol*, 2012, 123(9):1880-1885.
- [13] Wang SJ, Hsieh WS, Young YH. Development of ocular vestibular-evoked myogenic potentials in small children[J]. *Laryngoscope*, 2013, 123(2):512-517.
- [14] Erenberg A, Lemons J, Sia C, et al. Newborn and infant hearing loss; detection and intervention. American Academy of Pediatrics. Task Force on Newborn and Infant Hearing, 1998-1999 [J]. *Pediatrics*, 1999, 103(2):527-530.
- [15] Xu XD, Hu J, Zhang Q, et al. Characteristics and clinical use of ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials for evaluating paediatric candidates for cochlear implants[J]. *J Laryngol Otol*, 2017, 131(1):56-63.
- [16] Xu XD, Zhang Q, Hu J, et al. The hidden loss of otolithic function in children with profound sensorineural hearing loss[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2015, 79(6):852-857.
- [17] 中华人民共和国卫生部. 人工耳蜗临床技术操作规范 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2007, 42(5):323-323.
- [18] 徐勇,陈籽辰,张玉忠,等. 人工耳蜗植入对前庭诱发肌源性电位远期影响的初步研究[J]. *中华耳科学杂志*, 2017, 15(4):441-446.
- [19] Madden C, Halsted M, Benton C, et al. Enlarged vestibular aqueduct syndrome in the pediatric population [J]. *Otol Neurotol*, 2003, 24(4):625-632.
- [20] Sheykholslami K, Schmerber S, Habiby Kermany M, et al. Vestibular-evoked myogenic potentials in three patients with large vestibular aqueduct[J]. *Hear Res*, 2004, 190(1/2):161-168.
- [21] 吴军,王锦玲,谢娟,等. 大前庭水管综合征患者的听力学及前庭诱发肌源性电位检测的特点[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2010, 24(1):25-27.

应用 16SrRNA 基因测序技术研究慢性鼻窦炎微生物学的进展

刘肖¹ 刘红兵¹ 李春花¹

[关键词] 鼻窦炎;微生物学;16SrRNA 基因;高通量测序

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.07.019

[中图分类号] R765.4 [文献标志码] A

Advances in the study of chronic sinusitis microbiology using 16SrRNA gene sequencing technology

Summary Traditional conventional bacterial culture techniques can cultivate fewer types of bacteria, aiming to isolate and identify specific pathogens, guide antibiotic treatment and eradicate pathogens. Macrogenomics techniques can simultaneously identify both cultured and uncultured bacteria in the flora, providing the possibility for the study of symbiotic flora. With the vigorous development of SrRNA and application of 16 gene sequencing technology, the microbial ecology research of chronic sinusitis (chronic rhinosinusitis, CRS) has once again become a hot topic. And the CRS view of microbial community composition and microbial diversity were presented. This review describes the use of 16 SrRNA gene sequencing in recent years advances in technical studies CRS microbial ecology.

Key words chronic sinusitis; microbiology; 16 SrRNA genes; high-throughput sequencing

慢性鼻窦炎 (CRS) 定义为一种鼻窦黏膜慢性炎症性疾病, 其病程超过 12 周, 是耳鼻咽喉头颈外科的常见病, 中国人群中 CRS 总体患病率约为 8%^[1]。CRS 会引起鼻塞、流涕、面部胀痛、嗅觉下降或丧失等明显身体不适, 这些症状可持续存在, 严重影响患者生活、工作, 给社会经济造成极大的负担^[2]。尽管进行了大量研究, 但 CRS 的病因仍不完全清楚, 其涉及环境、宿主、微生物等多种因素^[3]。

近年来对于呼吸道微生物组学的研究发现, 健康状态下鼻窦内也不是处于无菌状态的。微生物群落的构成状态是决定机体健康或者疾病的重要因素, 同时也可能是促成 CRS 炎症进程潜在的调节因素^[3]。上呼吸道长期与外界环境接触, 黏膜表面微生物密集定植, 因此可以合理地假设这些局部微生物可能影响免疫稳态。许多研究已经证实了菌群在促进早期免疫功能的发展、维持免疫平衡、调节感染和过敏性疾病致敏等方面发挥着重要作用^[6-7]。CRS 的微生物学研究主要有两种技术方

法: 传统常规细菌培养技术、基因测序技术。传统常规细菌培养技术不能提供所有微生物生存所需要的营养物质, 只有 1%~3% 的微生物可以在实验室条件下培养, 无法获取样本中的全部微生物多样性, 主要集中在确定和分离与病情发展或恶化有关的潜在致病性微生物种群上^[8]。基因测序技术通过对样本中所有微生物的基因测序, 分析样本中的物种组成、丰度、多样性及系统进化等^[8], 发现在 CRS 的发病机制中, 致病微生物的定植和由此产生的微生物失衡可能是功能失调和异常免疫反应的触发因素^[11-12]。微生物多样性减少、某些种类菌群相对丰度增加、炎症信号级联反应和 CRS 炎症标志物之间存在一定的关联^[13-15]。

1 16SrRNA 基因测序技术

16SrRNA 基因测序技术属于宏基因组 (也称为微生物环境基因组或元基因组, 即环境中可培养和不可培养的全部微小生物遗传物质的总和) 学研究方法之一, 常用于细菌学研究, 是一种不需要培养的微生物研究方法, 可以直接对样本里的微生物群落进行研究和分析^[16]。细菌核糖体 RNA 按沉降系数分为 3 种: 5S、16S 和 23S。5SrRNA 的基因

¹南昌大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科(南昌, 330006)
通信作者: 刘红兵, E-mail: liuhb1992@163.com

[22] Taylor RL, Bradshaw AP, Magnussen JS, et al. Augmented ocular vestibular evoked myogenic potentials to air-conducted sound in large vestibular aqueduct syndrome[J]. *Ear Hear*, 2012, 33(6): 768-771.
[23] Zhou YJ, Wu YZ, Cong N, et al. Contrasting results of tests of peripheral vestibular function in patients with

bilateral large vestibular aqueduct syndrome[J]. *Clin Neurophysiol*, 2017, 128(8): 1513-1518.

[24] 张玉忠, 张滢, 魏馨雨, 等. 双侧大前庭水管综合征患儿的前庭诱发肌源性电位特征[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2019, 27(3): 233-237.

(收稿日期: 2020-07-22)