

直流电刺激诱发的前庭诱发肌源性电位

张玉忠 陈籽辰 王继红 魏馨雨 徐勇 陈飞云 吴彩芹 成颖 许珉 张青

【摘要】 前庭诱发肌源性电位是评价前庭耳石器传导通路的重要检查方法。气导声刺激诱发的颈肌和眼肌前庭诱发肌源性电位已广泛应用于临床,骨导振动刺激诱发的颈肌和眼肌前庭诱发肌源性电位也开始应用于临床,而直流电刺激诱发的颈肌和眼肌前庭诱发肌源性电位国内尚未见诸报道。本文综述直流电刺激诱发的前庭诱发肌源性电位的记录方法和临床应用。

【关键词】 电刺激; 前庭,迷路; 诱发电位

Vestibular-evoked myogenic potentials elicited by galvanic vestibular stimulation

ZHANG Yu-zhong¹, CHEN Zi-chen¹, WANG Ji-hong¹, WEI Xin-yu¹, XU Yong², CHEN Fei-yun¹,
WU Cai-qin¹, CHENG Ying¹, XU Min¹, ZHANG Qing¹

¹Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China

²Department of Otorhinolaryngology, the 141th Hospital of Chinese PLA, Xi'an 710089, Shaanxi, China

Corresponding author: ZHANG Qing (Email: zhqent@163.com)

【Abstract】 Vestibular-evoked myogenic potentials (VEMPs) are important methods for evaluating vestibular otolith conduction pathway. Air-conducted sound (ACS) cervical/ocular vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMPs/oVEMPs) have been widely used in clinic, bone-conduction vibration stimulation (BCV)-cVEMPs/oVEMPs also began to be used in clinic, but galvanic vestibular stimulation (GVS)-cVEMPs/oVEMPs have not been reported in China. This article reviews the detection and clinical application of GVS-VEMPs.

【Key words】 Electric stimulation; Vestibular, labyrinth; Evoked potentials

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81670945), Shaanxi Major Research and Development Plan Project (No. 2017KW-048, S2018-YF-YBSF-0323), and Talent Training Scientific Research Key Project of the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University [No. RC (GG) 201407].

前庭诱发肌源性电位(VEMPs)是人类外周前庭耳石器(球囊和椭圆囊)在适宜声音、振动或直流电刺激(GVS)下,于机体紧张的骨骼肌表面记录到的肌电反应。根据引出肌电位的部位,分为颈肌前庭诱发肌源性电位(cVEMPs)、眼肌前庭诱发肌源性

电位(oVEMPs)和咀嚼肌前庭诱发肌源性电位等。颈肌前庭诱发肌源性电位是在收缩的胸锁乳突肌(SCM)表面记录到的肌电位,用于评价球囊功能和颈丘反射(SCR)通路的完整性^[1-3];眼肌前庭诱发肌源性电位是在收缩的眼外肌表面记录到的肌电位,用于评价椭圆囊功能和前庭眼反射(VOR)通路的完整性^[4-5]。相关研究显示,3种刺激模式,包括气导声刺激(ACS)^[1]、骨导振动刺激(BCV)^[6]和直流电刺激^[7-8]均可以稳定诱发出前庭诱发肌源性电位波形^[9]。其中,ACS-VEMPs和BCV-VEMPs是通过刺激前庭耳石器,在不同肌肉表面记录到的肌电位;GVS-VEMPs是直接电刺激前庭传入神经,在不同肌肉表面记录到的肌电位,因此,ACS-VEMPs以及BCV-VEMPs仅能判断前庭耳石器传导通路的完整性,而不能评判病变位于迷路还是迷路后;然而

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2018.09.002

基金项目:国家自然科学基金资助项目(项目编号:81670945);陕西省重点研发计划项目(项目编号:2017KW-048);陕西省重点研发计划项目(项目编号:S2018-YF-YBSF-0323);西安交通大学医学院第二附属医院人才培养专项科研基金资助项目[项目编号:RC(GG)201407]

作者单位:710004 西安交通大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科(张玉忠,陈籽辰,王继红,魏馨雨,陈飞云,吴彩芹,成颖,许珉,张青);710089 西安,解放军第一四一医院耳鼻喉科(徐勇)

通讯作者:张青(Email:zhqent@163.com)

结合 GVS-VEMPs, 可以进一步对病变的可能部位做出定位诊断: 在理想状况下, 如果 GVS-VEMPs 引出, 而 ACS-VEMPs 和 BCV-VEMPs 不能引出, 提示病变部位位于耳石器; 如果 ACS-VEMPs、BCV-VEMPs 和 GVS-VEMPs 均不能引出, 提示病变部位很可能位于迷路后。因此, GVS-VEMPs 可以作为前庭疾病定位诊断和严重程度预测的辅助方法^[10-11]。

一、直流电刺激诱发的前庭诱发肌源性电位的传导通路

ACS-cVEMPs 和 BCV-cVEMPs 传导通路分别通过声音和振动刺激球囊产生兴奋信号, 信号经前庭下神经、前庭外侧核、前庭脊髓内侧束传导至副神经核, 经副神经终止于胸锁乳突肌的运动神经元, 从而在胸锁乳突肌表面记录到短潜伏期肌源性电位^[1]。ACS-oVEMPs 和 BCV-oVEMPs 传导通路分别通过声音和振动刺激椭圆囊产生兴奋信号, 信号经前庭上神经、前庭神经核、内侧纵束传导至动眼神经核, 经动眼神经终止于眼外肌, 从而在眼外肌表面记录到短潜伏期肌源性电位^[11]。GVS-cVEMPs 传导通路直接刺激前庭下神经, 其余的传导通路同 ACS-cVEMPs 和 BCV-cVEMPs; 同样, GVS-oVEMPs 传导通路直接刺激前庭上神经, 其余的传导通路同 ACS-oVEMPs 和 BCV-oVEMPs^[12]。

二、直流电刺激诱发的前庭诱发肌源性电位的记录方法、波形及其与年龄的相关关系

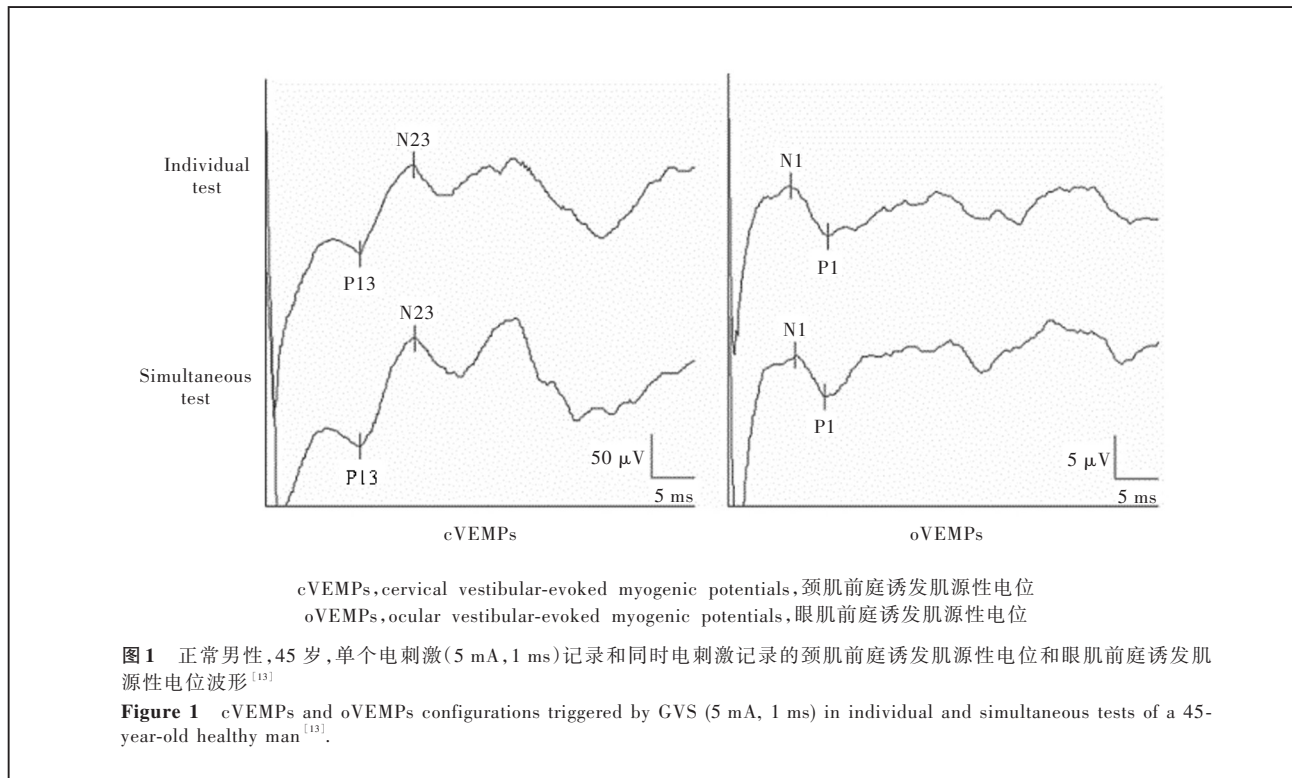
1. 记录方法 (1)GVS-cVEMPs: 记录电极置于胸锁乳突肌中上 1/3, 参考电极置于胸骨上窝, 接地电极置于胸骨; 刺激电极正极(+)置于额部正中, 负极(-)置于乳突表面。表面电阻 < 8 k Ω , 带通滤波 20 ~ 2000 Hz; 电刺激重复两次记录结果, 胸锁乳突肌收缩时记录肌电波形, 胸锁乳突肌无收缩时记录肌电波形; GVS-cVEMPs 波形是胸锁乳突肌收缩时的肌电波形减无收缩时的肌电波形^[13]。有文献报道, GVS-cVEMPs 的最佳刺激强度为 5 mA, 持续时间为 1 ms, 在此刺激强度下, 正常人群波形引出率为 100% 且不感到疼痛^[14]。(2)GVS-oVEMPs: 记录电极置于瞳孔下 1 cm, 参考电极置于记录电极正下方, 带通滤波 1 ~ 1000 Hz, 其余同 GVS-cVEMPs; 刺激的同时眼球向上凝视(眼外肌收缩)时记录眼外肌波形, 眼球向下凝视(眼外肌松弛)时记录眼外肌波形^[13], GVS-oVEMPs 波形是眼外肌收缩时波形减眼外肌松弛时波形。有文献报道, GVS-oVEMPs 的最佳刺激强度为 5 mA, 持续时间 1 ms^[15]。最佳刺激

强度下可同时记录 GVS-cVEMPs 和 GVS-oVEMPs, 波形引出率和波形参数与单个电位分别记录未见明显差异(图 1); 同时记录 2 个电位可以缩短检查时间, 并且减轻患者不适感^[13]。同时记录 2 个电位时, GVS-cVEMPs 参数分别为, P13 潜伏期为 (11.8 \pm 1.3) ms, N23 潜伏期为 (19.5 \pm 1.7) ms, P13-N23 波间期 (7.6 \pm 1.4) ms, P13-N23 振幅 (97.1 \pm 48.9) μ V; GVS-oVEMPs 参数为, N1 潜伏期 (8.9 \pm 0.7) ms, P1 潜伏期 (12.1 \pm 1.0) ms, N1-P1 波间期 (3.2 \pm 1.0) ms, N1-P1 振幅 (4.2 \pm 2.9) μ V^[13]。直流电刺激的参数不同, 波形引出率和波形参数亦不同。因此, 各检查中心应建立自身实用的最佳波形引出参数, 以形成该中心的正常参考值, 包括不同性别和年龄的正常参考值范围。

2. 与年龄的相关关系 外周前庭系统随着年龄的增长而逐渐衰退, 表现为 40 岁后开始出现衰退, 60 岁后衰退明显加速, 包括前庭毛细胞数目减少、前庭传入神经元数目减少、前庭耳石器耳石减少、前庭神经脱髓鞘改变等^[11]。因此, 60 岁以上健康人群 ACS-VEMPs、BCV-VEMPs 和 GVS-VEMPs 引出率明显减少, 潜伏期延长, 振幅相应降低, 但各年龄段波间期无明显差异, 各种刺激均是通过颈丘反射和(或)前庭眼反射通路传导的; 此外, 衰老不仅影响外周前庭神经传入中枢神经系统, 同时还影响中枢神经系统支配骨骼和肌肉的神经传导^[16-17]。一项比较各年龄段 BCV-oVEMPs 和 GVS-oVEMPs 差异的研究显示, 各年龄组患者 GVS-oVEMPs 引出率差异无统计学意义, 而 60 岁以上患者 BCV-oVEMPs 引出率低于 60 岁以下患者且差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 提示前庭耳石器的衰退可能早于前庭神经的衰退^[17]。由此可见, 年龄相关迷路形态学改变可以导致前庭诱发肌源性电位电生理改变。

三、直流电刺激诱发的前庭诱发肌源性电位的临床应用

前庭诱发肌源性电位的影响因素较多, 如年龄、是否采用标准的前庭诱发肌源性电位记录仪、患者是否配合等, 故判断前庭诱发肌源性电位结果时, 应结合临床实际作出正确分析^[11]: (1) 应有与年龄相匹配的对照数据。(2) 确定正常参考值范围: 均数 \pm 2 倍标准差。(3) 排除传导性听力损失及其他可能影响结果判读的患者。(4) 应有典型波形。(5) 确定患耳时应考虑与健耳的正常不对称范围。(6) 应考虑胸锁乳突肌收缩强度等。



判断前庭诱发肌源性电位结果时,应从波形引出率、阈值、潜伏期、振幅和波形对称性等方面着手,但刺激方式不同(气导声刺激、骨导振动刺激或直流电刺激),刺激信号不同[短纯音(tone burst)和(或)短声(click)],刺激强度不同,刺激持续时间不同,所获得的前庭诱发肌源性电位结果亦有差异。各检查中心均应收集并设置自己的设备参数和正常参考值范围。

前庭系统检查不能仅凭单一检查项目,应将前庭诱发肌源性电位与其他前庭系统相关检查(如眼震检查、双温试验、甩头试验、主观视觉水平/垂直试验等)、耳科相关检查(纯音听阈,声导抗等)、神经科查体和相关检查相结合,综合判断并定位可能的病变部位。如前所述,颈肌前庭诱发肌源性电位主要反映颈丘反射通路的完整性,眼肌前庭诱发肌源性电位主要反映前庭眼反射通路的完整性;若颈肌前庭诱发肌源性电位和眼肌前庭诱发肌源性电位不能引出或对称性较差,则考虑颈丘反射通路和前庭眼反射通路的各个可能病变部位。

1. 急性前庭神经炎 急性前庭神经炎(AVN)以突发性单侧前庭功能减退或前庭功能缺失为特征,多认为由病毒感染所致。急性前庭神经炎主要累及前庭上神经,同时累及前庭上神经和前庭下神经者较为少见,仅累及前庭下神经者罕见。前庭诱发

肌源性电位主要表现为颈肌前庭诱发肌源性电位多可引出,而眼肌前庭诱发肌源性电位消失或参数异常。ACS-cVEMPs和(或)BCV-cVEMPs异常时,GVS-cVEMPs正常提示迷路炎(未累及前庭神经)、异常提示神经炎^[18]。耳带状疱疹(Hunt综合征)可以认为是前庭神经炎的特殊类型,约50%患者未引出颈肌前庭诱发肌源性电位,提示病变多累及前庭上神经和前庭下神经。

2. 良性阵发性位置性眩晕 良性阵发性位置性眩晕(BPPV)临床主要表现为头部运动在某一特定头位时诱发短暂性眩晕伴眼球震颤,以后半规管最为常见;继发于急性前庭神经炎的良性阵发性位置性眩晕患者,颈肌前庭诱发肌源性电位往往正常,这是由于球囊和后半规管神经加入前庭下神经,只有神经传导通路完整,后半规管壶腹的兴奋才能传入中枢神经系统而产生典型的位置性眩晕。尽管可以引出颈肌前庭诱发肌源性电位,但振幅降低、潜伏期延长,尤其是需多次复位的难治性良性阵发性位置性眩晕患者,颈肌前庭诱发肌源性电位振幅和潜伏期均异常,可能与前庭耳石器衰退有关。Yang等^[19]认为,后半规管阻塞术对前庭诱发肌源性电位振幅和潜伏期无明显影响,故应综合判断前庭诱发肌源性电位结果。

3. 梅尼埃病 梅尼埃病(MD)是一种以特发性

膜迷路积水为病理学特征的内耳疾病,临床表现为反复发作性旋转性眩晕、波动性感音神经性听力丧失、耳鸣和(或)耳胀满感。梅尼埃病的前庭诱发肌源性电位具有波动性,疾病早期表现为振幅增大,发作期不能引出、发作间期恢复正常;至疾病晚期,前庭诱发肌源性电位引出率明显下降^[20-21]。Chang 等^[22]对 70 例单侧梅尼埃病患者行 ACS-cVEMPs、GVS-cVEMPs、BCV-oVEMPs、GVS-oVEMPs 检查,异常率分别为 37%、17%、20%、9%,表明梅尼埃病患者前庭耳石器损伤多于前庭神经,球囊衰退多于椭圆囊,但是迷路后颈丘反射通路和前庭眼反射通路衰退无明显差异。GVS-VEMPs 可以评价梅尼埃病患者迷路后神经功能。随着梅尼埃病发病持续时间延长,分期增加,GVS-VEMPs 异常率增加,三者具有显著相关性。

4. 前庭神经施万细胞瘤 前庭神经施万细胞瘤亦称听神经瘤,是原发于第Ⅷ对脑神经的神经鞘膜瘤,70%~80%发生于内耳道内,占脑桥小脑角(CPA)肿瘤的 80%~90%。由于其多发生于前庭神经,又称为前庭神经瘤。颈肌前庭诱发肌源性电位较眼肌前庭诱发肌源性电位可以更好地判断肿瘤大小^[23],与肿瘤来源于前庭下神经的可能性较大有关^[24]。Lin 等^[23]报告肿瘤大小与前庭诱发肌源性电位的关系:肿瘤大小(cm)=0.62×眼肌前庭诱发肌源性电位反应+1.39×颈肌前庭诱发肌源性电位反应,其中,引出正常前庭诱发肌源性电位波形,则反应记为 0;不能引出前庭诱发肌源性电位波形,则反应记为 1。肿瘤大小和来源的判断是决定手术方式和是否可以保留前庭功能的重要依据,而选择显微外科手术还是立体定向放射治疗则取决于众多因素^[25],包括年龄、肿瘤大小、肿瘤生长速度、平均听阈、颅后窝压迫征象、第四脑室是否压迫移位等。Lin 等^[23]建议,直径<2 cm 的肿瘤应采用立体定向放射治疗,可以保留部分前庭功能。颈肌前庭诱发肌源性电位和眼肌前庭诱发肌源性电位检查可以为前庭神经施万细胞瘤治疗方法的选择提供补充手段^[26]。

5. 耳硬化症 耳硬化症(otosclerosis)系内耳骨迷路包囊之密质骨出现灶性疏松,呈海绵样变性的颞骨岩部病变。临床以双耳不对称性进行性传导性听力丧失为特征,部分表现为眩晕。ACS-VEMPs 引出较为困难,故 GVS-cVEMPs 和 BCV-oVEMPs 评价前庭功能尤为重要;与不伴眩晕的患者相比,耳

硬化症伴眩晕的患者眼肌前庭诱发肌源性电位异常率增加,提示此类患者累及椭圆囊;前庭诱发肌源性电位异常率可能反映耳硬化症伴眩晕患者椭圆囊、球囊、半规管和耳蜗的病变程度^[27]。

6. 监测氨基糖苷类抗生素治疗效果 鼓室内注射庆大霉素是治疗梅尼埃病的主要方法,注射前 ACS-cVEMPs 正常,仅一次注射后 ACS-cVEMPs 即异常^[28]。但 ACS-cVEMPs 并不能预测鼓室内注射庆大霉素的治疗效果。de Waele 等^[29]观察单次鼓室内注射庆大霉素后 ACS-cVEMPs 和 GVS-cVEMPs 变化,结果显示,ACS-cVEMPs 异常率为 90.91%(20/22),而 GVS-cVEMPs 治疗后 1 个月和 2 年异常率分别为 31.82%(7/22)和 45.45%(10/22);尽管部分患者双温试验和眩晕发作随着时间的延长而逐渐恢复,但此种情况在 GVS-cVEMPs 异常的患者中并未发生,表明 GVS-cVEMPs 可能是评价庆大霉素治疗效果的可靠指标。

7. 突发性聋伴眩晕 GVS-cVEMPs 研究显示,突发性聋患者的前庭损害位于迷路内,结合双温试验、ACS-cVEMPs 和 GVS-cVEMPs,可以提示病变累及范围和程度,因此,评价突发性聋伴眩晕(sudden hearing loss with vertigo)患者前庭功能有助于判断预后^[30]。

8. 中枢前庭疾病 前庭诱发肌源性电位对多种中枢前庭疾病(central vestibular disorders)的诊断与预后评价有一定参考价值:如中脑脱髓鞘导致的核间性眼肌瘫痪选择性影响眼肌前庭诱发肌源性电位;较低位脑干缺血性卒中(如外侧髓质综合征)选择性单独影响颈肌前庭诱发肌源性电位等^[31]。多发性硬化(MS)表现为 P13 和 N23 潜伏期延长,可能是由于前庭脊髓通路神经脱髓鞘导致传导减慢。前庭诱发肌源性电位可以为多发性硬化补充脑干听觉诱发电位(BAEP)信息^[32]。与正常对照者相比,基底动脉型偏头痛患者发作期颈肌前庭诱发肌源性电位缺失或延迟,发作间期恢复正常^[33]。与正常对照者相比,无并发症的偏头痛和前庭性偏头痛患者颈肌前庭诱发肌源性电位振幅降低,但仍大多处于正常参考值范围内^[34]。

综上所述,GVS-VEMPs 与 ACS-VEMPs 和(或)BCV-VEMPs 结合,不仅为外周前庭疾病的定位诊断与预后评价提供参考,且对中枢前庭疾病有一定参考诊断价值。然而,目前国内对此项技术的研究较少,尚未建立相应检查和国人正常参考值范围,希

望通过本篇综述,能够提供临床思路,完善临床前庭系统检查,为疾病精细化诊断提供更多的参考。

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, 57:190-197.
- [2] Bickford RG, Jacobson JL, Cody DT. Nature of averaged evoked potentials to sound and other stimuli in man[J]. *Ann NY Acad Sci*, 1964, 112:204-223.
- [3] Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation[J]. *Neurology*, 1992, 42:1635-1636.
- [4] Rosengren SM, McAngus Todd NP, Colebatch JG. Vestibular-evoked extraocular potentials produced by stimulation with bone-conducted sound[J]. *Clin Neurophysiol*, 2005, 116:1938-1948.
- [5] Iwasaki S, McGarvie LA, Halmagyi GM, Burgess AM, Kim J, Colebatch JG, Curthoys IS. Head taps evoke a crossed vestibulo-ocular reflex[J]. *Neurology*, 2007, 68:1227-1229.
- [6] Halmagyi GM, Yavor RA, Colebatch JG. Tapping the head activates the vestibular system: a new use for the clinical reflex hammer[J]. *Neurology*, 1995, 45:1927-1929.
- [7] Watson SR, Colebatch JG. Vestibulocollic reflexes evoked by short-duration galvanic stimulation in man[J]. *J Physiol*, 1998, 513(Pt 2):587-597.
- [8] Murofushi T, Takegoshi H, Ohki M, Ozeki H. Galvanic-evoked myogenic responses in patients with an absence of click-evoked vestibulo-collic reflexes[J]. *Clin Neurophysiol*, 2002, 113:305-309.
- [9] Young YH. Vestibular evoked myogenic potentials: optimal stimulation and clinical application[J]. *J Biomed Sci*, 2006, 13: 745-751.
- [10] Cheng PW, Chen CC, Wang SJ, Young YH. Acoustic, mechanical and galvanic stimulation modes elicit ocular vestibular-evoked myogenic potentials [J]. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120:1841-1844.
- [11] Rosengren SM, Welgampol MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: past, present and future [J]. *Clin Neurophysiol*, 2010, 121:636-651.
- [12] Curthoys IS. A critical review of the neurophysiological evidence underlying clinical vestibular testing using sound, vibration and galvanic stimuli[J]. *Clin Neurophysiol*, 2010, 121: 132-144.
- [13] Chang CM, Young YH, Cheng PW. Feasibility of simultaneous recording of cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials via galvanic vestibular stimulation [J]. *Acta Otolaryngol*, 2013, 133:1278-1284.
- [14] Cheng PW, Yang CS, Huang TW, Young YH. Optimal stimulation mode for galvanic-evoked myogenic potentials [J]. *Ear Hear*, 2008, 29:942-946.
- [15] Sung PH, Chang CM, Young YH, Jaw FS, Cheng PW. Optimal stimulation mode for obtaining galvanic ocular vestibular-evoked myogenic potentials: our experience [J]. *Clin Otolaryngol*, 2014, 39:235-257.
- [16] Chang CM, Cheng PW, Young YH. Aging effect on galvanic vestibular-evoked myogenic potentials [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 143:418-421.
- [17] Chang CM, Young YH, Cheng PW. Age-related changes in ocular vestibular-evoked myogenic potentials via galvanic vestibular stimulation and bone-conducted vibration modes [J]. *Acta Otolaryngol*, 2012, 132:1295-1300.
- [18] Murofushi T, Monobe H, Ochiai A, Ozeki H. The site of lesion in "vestibular neuritis": study by galvanic VEMP [J]. *Neurology*, 2003, 61:417-418.
- [19] Yang WS, Kim SH, Lee JD, Lee WS. Clinical significance of vestibular evoked myogenic potentials in benign paroxysmal positional vertigo [J]. *Otol Neurotol*, 2008, 29:1162-1166.
- [20] Young YH, Huang TW, Cheng PW. Assessing the stage of Meniere's disease using vestibular evoked myogenic potentials [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2003, 129:815-818.
- [21] Kuo SW, Yang TH, Young YH. Changes in vestibular evoked myogenic potentials after Meniere attacks [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2005, 114:717-721.
- [22] Chang CM, Young YH, Jaw FS, Wang CT, Cheng PW. Degeneration of the vestibular nerve in unilateral Meniere's disease evaluated by galvanic vestibular-evoked myogenic potentials [J]. *Clin Neurophysiol*, 2017, 128:1617-1624.
- [23] Lin KL, Chen CM, Wang SJ, Young YH. Correlating vestibular schwannoma size with vestibular-evoked myogenic potential results [J]. *Ear Hear*, 2014, 35:571-576.
- [24] Borgmann H, Lenarz T, Lenarz M. Preoperative prediction of vestibular schwannoma's nerve of origin with posturography and electronystagmography [J]. *Acta Otolaryngol*, 2011, 131:498-503.
- [25] Babur, Sharma R, Bagley JH, Hatfaj, Friedman AH, Adamson C. Vestibular schwannomas in the modern era: epidemiology, treatment trends, and disparities in management [J]. *J Neurosurg*, 2013, 119:121-130.
- [26] Welgampola MS, Ramsay E, Gleeson MJ, Day BL. Asymmetry of balance responses to monaural galvanic vestibular stimulation in subjects with vestibular schwannoma [J]. *Clin Neurophysiol*, 2013, 124:1835-1839.
- [27] Lin KY, Young YH. Role of ocular VEMP test in assessing the occurrence of vertigo in otosclerosis patients [J]. *Clin Neurophysiol*, 2015, 126:187-193.
- [28] Ozluoglu LN, Akkuzu G, Ozgirgin N, Tarhan E. Reliability of the vestibular evoked myogenic potential test in assessing intratympanic gentamicin therapy in Meniere's disease [J]. *Acta Otolaryngol*, 2008, 128:422-426.
- [29] de Waele C, Meguenni R, Freyss G, Zamith F, Bellalimat N, Vidal PP, Tran Ba Huy P. Intratympanic gentamicin injections for Meniere disease: vestibular hair cell impairment and regeneration [J]. *Neurology*, 2002, 59:1442-1444.
- [30] Iwasaki S, Takai Y, Ozeki H, Ito K, Karino S, Murofushi T. Extent of lesions in idiopathic sudden hearing loss with vertigo: study using click and galvanic vestibular evoked myogenic potentials [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005, 131:857-862.
- [31] Rosengren SM, Nogajski JH, Cremer PD, Colebatch JG. Delayed vestibular evoked responses to the eyes and neck in a patient with an isolated brainstem lesion [J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118:2112-2116.
- [32] Patkó T, Simó M, Arányi Z. Vestibular click-evoked myogenic potentials: sensitivity and factors determining abnormality in patients with multiple sclerosis [J]. *Mult Scler*, 2007, 13:193-198.
- [33] Liao LJ, Young YH. Vestibular evoked myogenic potentials in basilar artery migraine [J]. *Laryngoscope*, 2004, 114:1305-1309.
- [34] Baier B, Stieber N, Dieterich M. Vestibular-evoked myogenic potentials in vestibular migraine [J]. *J Neurol*, 2009, 256:1447-1454.

(收稿日期:2018-08-16)