

# 前庭诱发肌源电位评价颈性眩晕与前庭功能的相关性

史帆<sup>1</sup>, 宋文慧<sup>2</sup>, 刘昌文<sup>2</sup>, 梁凯恒<sup>2</sup>, 马日吉<sup>1</sup>, 王子聿<sup>1</sup>

(1. 山西医科大学第二临床学院, 山西 太原 030001; 2. 山西医科大学第二医院脊柱外科, 山西 太原 030001)

**【摘要】** 目的: 应用前庭诱发肌源电位评价颈性眩晕与前庭功能的关系, 分析颈性眩晕与前庭功能障碍之间的相关性, 讨论颈性眩晕发病的相关因素, 指导颈性眩晕患者的临床治疗。方法: 以 2019 年 8 月至 2020 年 7 月在山西医科大学第二医院门诊以颈性眩晕为主诉的 75 例患者作为研究对象设定为患病组, 同时选择医院内 60 例无颈椎及前庭相关疾病者设定为非患病组, 其中患病组年龄 12~70(46.40±10.91) 岁, 男 25 例, 女 50 例; 非患病组年龄 22~60(43.78±7.75) 岁, 男 19 例, 女 41 例。对两组受试者行前庭诱发肌源电位(vestibular evoked myogenic potentials, VEMPs) 检查, 收集 VEMPs 的数据资料, 对比分析其结果; 将颈肌源性前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential, cVEMP) 异常的患者根据轻中重 3 级分组, 应用统计学方法分析 VEMPs 与颈性眩晕及其严重程度之间的相关性。结果: (1) 患病组颈性眩晕严重程度: 轻度 33 例, 中度 34 例, 重度 8 例。cVEMP 检查: 阳性 62 例, 阴性 13 例, 其中轻度 13 例, 中度 33 例, 重度 16 例。非患病组 cVEMP 检查: 阳性 4 例, 阴性 56 例。(2) 对两组 cVEMP 等级比较, 患病组等级高于非患病组 ( $P < 0.001$ ), 可以认为颈性眩晕与前庭功能之间存在相关性。(3) 对患病组组内进行 cVEMP 等级与颈性眩晕等级之间的相关性分析, 采用 Spearman 秩和检验, 相关性系数为 0.687, 具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 可以认为两指标具有较高度度的相关性。结论: 应用前庭诱发肌源电位评价颈性眩晕与前庭功能的关系具有可行性, 且对于颈性眩晕的患者, 其严重程度越高, 前庭诱发肌源电位的阳性率则越大, 进而表明其对前庭功能的影响也越大。对于颈性眩晕患者的治疗, 应以颈部康复治疗加前庭功能治疗相结合的方法。

**【关键词】** 颈性眩晕; 前庭诱发肌源电位; 前庭功能

中图分类号: R681.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.02.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Correlation between cervical vertigo and vestibular function evaluated by vestibular evoked myogenic potentials**  
SHI Fan, SONG Wen-hui\*, LIU Chang-wen, LIANG Kai-heng, MA Ri-ji, and WANG Zi-ao. \*Department of Spine Surgery, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi, China

**ABSTRACT Objective:** To analyze the relationship between cervical vertigo and vestibular function evaluated by vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) and analyze the correlations between cervical vertigo and vestibular dysfunction, discuss the related factors of cervical vertigo and guide the clinical treatment of patients with cervical vertigo. **Methods:** A total of 75 patients with cervical vertigo as the main complaint in the outpatient clinic of the Second Hospital of Shanxi Medical University from August 2019 to July 2020 were set as the diseased group, and 60 patients without cervical and vestibular related diseases in the hospital were selected to set as non-diseased group. The age of diseased group was 12 to 70 years with an average of (46.40±10.91) years, including 25 males and 50 females; and the age of non-diseased group was 22 to 60 years with an average of (43.78±7.75) years, including 19 males and 51 females. VEMPs were performed in the two groups. The data of VEMPs were collected and the results were compared and analyzed. The patients with abnormal cervical myogenic vestibular evoked myogenic potential (cVEMP) were divided into light, moderate and severe groups. The correlation between VEMPs and cervical vertigo and its severity were analyzed by statistical method. **Results:** (1) The severity of cervical vertigo in diseased group: 33 cases of mild, 34 cases of moderate, 8 cases of severe; cVEMP examination: 62 cases were positive and 13 cases were negative, including 13 cases of mild, 33 cases of moderate, 16 cases of severe. The cVEMP of non-diseased group: 4 cases were positive and 56 cases were negative. (2) The level of cVEMP in diseased group was higher than that in non-diseased group ( $P < 0.001$ ). It can be considered that there was a correlation between cervical vertigo and vestibular function. (3) The correlation

基金项目: 山西省应用基础研究项目(编号: 201801D121324)

Fund program: Applied Basic Research Project of Shanxi Province (No. 201801D121324)

通讯作者: 宋文慧 E-mail: songwenhui301@sina.com

Corresponding author: SONG Wen-hui E-mail: songwenhui301@sina.com

between the level of cVEMP and the level of cervical vertigo in diseased group was analyzed. The Spearman rank sum test was used, and the correlation coefficient was 0.687, which was statistically significant ( $P < 0.05$ ). And it can be considered that the two indicators have a high degree of correlation. **Conclusion:** It is feasible to evaluate the relationship between cervical vertigo and vestibular function by VEMPs. For patients with cervical vertigo, the higher the severity, the greater the positive rate of VEMPs, which indicates that it has a greater impact on vestibular function. The treatment of patients with cervical vertigo should be the combination of cervical rehabilitation and vestibular function.

**KEYWORDS** Cervical vertigo; Vestibular evoked myogenic potentials; Vestibular function

颈性眩晕(cervical vertigo, CV)是一种与颈部疼痛和僵硬相关并且以眩晕与不平衡为特征的疾病。这种情况会因颈部的运动或特定位置而加剧<sup>[1]</sup>。颈性眩晕多见于中老年人,诊断是基于排除其他相似疾病的基础上。目前国内对于颈性眩晕的研究多集中在椎动脉受压及交感神经受刺激方面,而对其与前庭功能的联系及颈本体感觉紊乱方面讨论相对较少。前庭诱发肌源性电位(vestibular evoked myogenic potentials, VEMPs)是一种由一定频率的声音、振动或电流刺激所诱发的短潜伏期肌源性反应,目前主要应用于前庭功能检查中。临床中应用的 VEMPs 主要为:在胸锁乳突肌表面记录的颈肌源性前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential, cVEMP),主要反映同侧球囊的功能及前庭颈反射通路的完整性;在眼外肌记录到的眼肌源性前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential, oVEMP)主要反映对侧椭圆囊的功能及前庭眼反射通路的完整性<sup>[2]</sup>。VEMPs 检测结果的异常能够提示前庭上下通路存在病变。本研究主要对 2019 年 8 月至 2020 年 7 月确诊颈性眩晕的患者应用 cVEMP 评价颈性眩晕与前庭功能的关系,分析颈性眩晕与前庭功能障碍之间的相关性,讨论颈性眩晕发病的相关因素,指导颈性眩晕患者的临床治疗。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

(1)纳入标准:患者主诉反复性发作的头晕、头痛、颈痛,可伴有恶心、耳鸣等;头晕或眩晕可在特定体位诱发(如低头、抬头、转头等头颈部活动),每次发作时间较短;体格检查颈椎棘突压痛阳性,颈扭转试验、颈椎负荷试验阳性;影像学检查异常(如颈椎曲度变直、颈椎不稳等)。(2)排除标准:排除其他疾病,如良性阵发性位置性眩晕、急性前庭病变、短暂性脑缺血、颅脑肿瘤、颅脑损伤等导致的眩晕;对于眩晕障碍量表(dizziness handicap inventory, DHI)分级 0 级与颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)为 0 的眩晕患者再次排除。

### 1.2 一般资料

以 2019 年 8 月至 2020 年 7 月在山西医科大学第二医院门诊以颈性眩晕为主诉的 75 例患者为研

究对象设患病组,同时挑选 60 例无颈椎及前庭相关疾病者设非患病组。两组参与者均为自愿,知情同意本研究。患病组年龄 12~70(46.40±10.91)岁,其中男 25 例,女 50 例;非患病组年龄 22~60(43.78±7.75)岁,其中男 19 例,女 41 例。两组患者年龄、性别比较,差异无统计学意义(见表 1)。

表 1 两组受试者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	性别(例)	
			男	女
患病组	75	46.40±10.91	25	75
非患病组	60	43.78±7.75	19	41
检验值		$t=1.620$	$\chi^2=0.042$	
$P$ 值		0.108	0.837	

### 1.3 研究方法

对患病组进行 NDI, DHI, 视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS), 日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分。对所有受试者行前庭诱发肌源电位检查。检查过程:cVEMP 采用丹麦尔听美公司 ICS Chartr EP 听觉诱发电位仪进行检测,收集动作采用卧位抬头姿势。接地电极置于鼻根处,记录电极置于胸锁乳突肌表面上 1/3 处,参考电极置于锁骨切迹记录活动反应。给声方式为插入式耳机给声,刺激声为 500 Hz 短纯音,交替波,初始刺激强度为 95 dBnHL。放大器增益 1 k, 滤波器高通 10 Hz, 低通 1 kHz。

### 1.4 观察项目与方法

根据 NDI 与 DHI 分级,将颈性眩晕的病例按轻中重分为 3 组:轻度,NDI 0~20%或 DHI 评分 0~30 分;中度,NDI 21%~40%或 DHI 评分 31~60 分;重度,NDI <40%或 DHI 评分 >61 分。将患病组的 cVEMP 按照轻中重分 3 级:轻度,单侧球囊传导通路较对侧弱(图 1);中度,单侧球囊传导通路障碍(图 2);重度,双侧球囊传导通路障碍(图 3)。正常 cVEMP 如图 4 所示。统计 cVEMP 检查结果,患病组根据颈性眩晕及 cVEMP 异常的严重程度进行分组,根据两组 cVEMP 结果评估颈性眩晕与前庭功能之

间的关系,并且对患病组 cVEMP 的严重程度进行分析。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析,对分类定性资料采用样本数百分比进行描述,两组患者年龄呈近似正态分布采用 *t* 检验;性别等无序分类定性资料两组比较采用卡方检验;有序分类定性资料两组比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验,相关性分析采用 Spearman 等级相关。定义检验水准为 0.05。

## 2 结果

患病组 cVEMP 检查阳性 62 例,阴性 13 例,其中轻度 13 例,中度 33 例,重度 16 例;非患病组 cVEMP 检查阳性 4 例,阴性 56 例;患病组颈性眩晕严重程度:轻度 33 例,中度 34 例,重度 8 例。

对两组 cVEMP 等级比较,患病组等级高于非患病组,采用 Kruskal-Wallis 秩和检验,差异有统计学意义 ( $P<0.001$ ),见表 2,可以认为颈性眩晕与前庭功能之间存在相关性。

采用 Spearman 秩和检验,对患病组组内数据进行相关性分析:(1)cVEMP 等级与颈性眩晕等级之间进行相关性分析,相关性系数为 0.687,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),可以认为两指标具有较高度度的相关性。(2)cVEMP 等级与年龄之间进行相关性分析,相关性系数为 0.026,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ),尚不能认为两指标之间具有相关性。(3)颈性眩晕等级与年龄之间进行相关性分析,相关性系数为 -0.028,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ),尚不能认为两指标之间具有相关性。

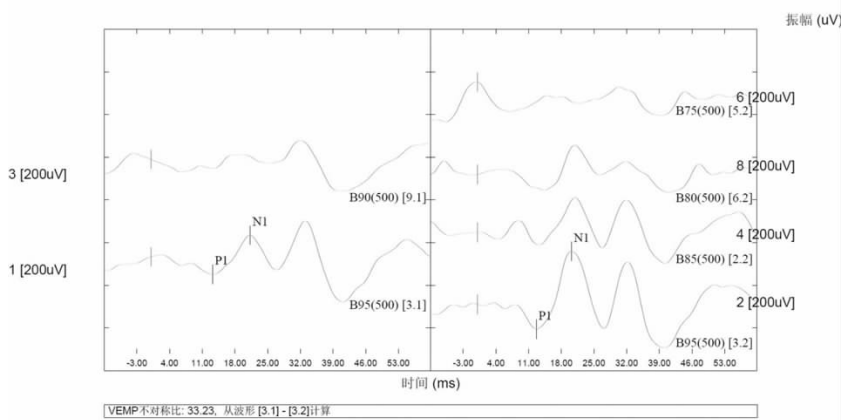


图 1 cVEMP 轻度异常:单侧球囊传导通路较对侧弱  
Fig.1 Mild abnormality of cVEMP;the unilateral balloon conduction pathway was weaker than that of the contralateral

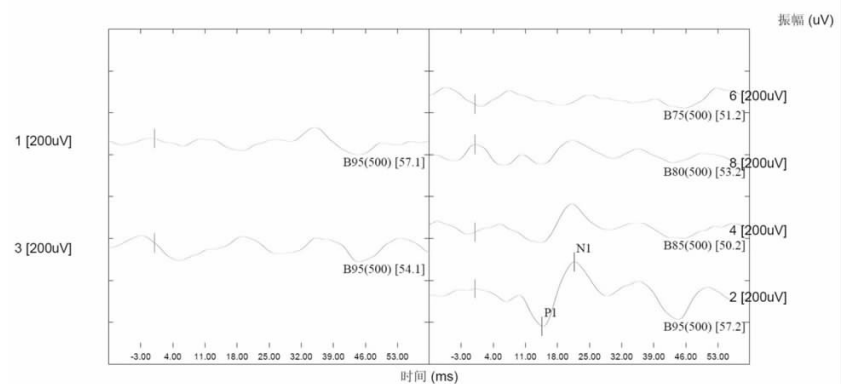


图 2 cVEMP 中度异常:单侧球囊传导通路障碍  
Fig.2 Moderate abnormality of cVEMP;the obstruction of unilateral balloon conduction pathway

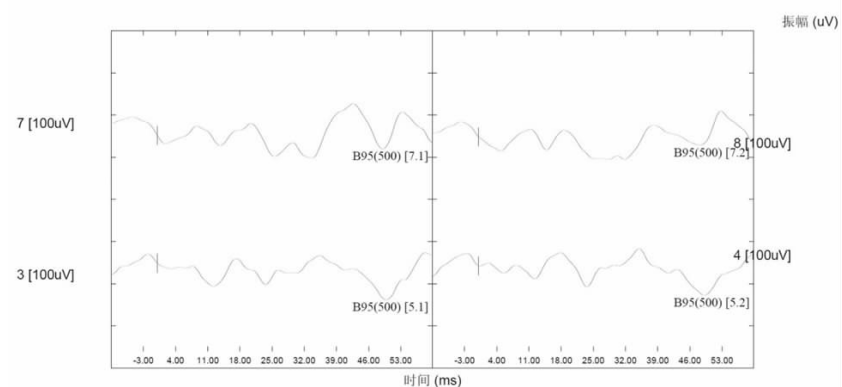


图 3 cVEMP 重度异常:双侧球囊传导通路障碍  
Fig.3 Severe abnormality of cVEMP;the obstructions of bilateral balloon conduction pathways

## 3 讨论

颈性眩晕常见症状包括头晕、颈痛、头痛、耳鸣等,目前,颈性眩晕的发病机制主要有 4 种,且具有争议性。近年来,国内对于颈性眩晕与椎动脉受压及交感神经受刺激所致的相关缺血学说研究相对较多,但还不能满意地解释很多临床非缺血性因素引起的颈性眩晕。

动物实验表明,椎动脉结扎后通过与颈内动脉构成的基底动脉环的短期代偿维持中枢神经系统功能。邓天琼等<sup>[3]</sup>结扎兔双侧椎动脉颈段,结果发现虽然双侧椎动脉血流阻断可以引起兔颈椎相应区域急性缺血损伤,但后期存在代偿机制。何海龙等<sup>[4]</sup>阻断犬的椎动脉,数据显示颈内动脉可以短期内完成对椎动脉阻断后的缺血代偿。由此可见,椎动脉血流障碍并非引起颈性眩晕的主要病理



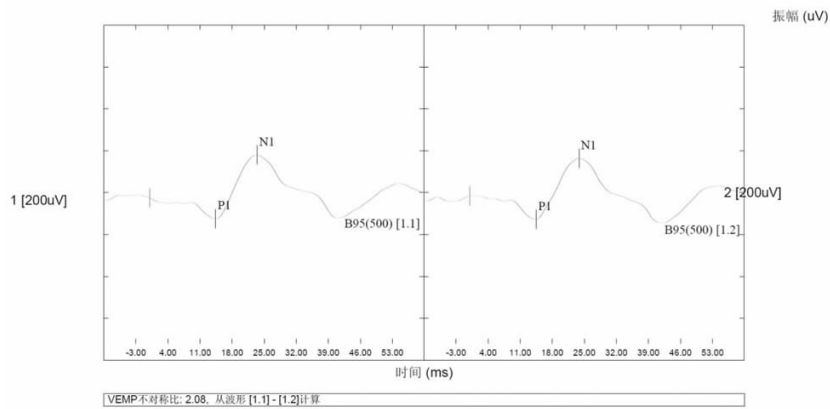


图 4 cVEMP 正常: 双侧球囊传导通路未见明显障碍

Fig.4 Normal cVEMP; no obvious obstacle was found in bilateral balloon conduction pathways

表 2 颈性眩晕与颈肌源性前庭诱发肌源电位的关系 [ (例) % ]

Tab.2 Correlation between cervical vertigo and cervical vestibular evoked myogenic potential [ (case) % ]

cVEMP 等级	非患病组 (例数=60)	患病组 (例数=75)
正常	56 (93.30)	13 (17.30)
轻	3 (5.00)	13 (17.30)
中	1 (1.70)	33 (44.00)
重	0 (0.00)	16 (21.30)

注: 两组比较,  $H=-8.587, P<0.001$

Note: Comparison between two groups,  $H=-8.587, P<0.001$

机制。

1926 年, Barré 等<sup>[5]</sup>提出颈椎退行性改变可能会机械性刺激椎动脉周围的交感神经丛, 产生交感神经刺激椎基底动脉系统的反射性血管收缩, 从而产生眩晕的症状。但是, 后期的实验及相关研究未能证实交感神经刺激及其导致的血管收缩改变<sup>[6]</sup>。Muhremu 等<sup>[7]</sup>认为, 交感神经紊乱主要刺激周围神经, 且交感神经引起的症状众多, 不同眩晕患者的临床表现存在差异, 这同样是该种机制难以解释的地方。

20 世纪 50 年代, 以 Ryan 等<sup>[8]</sup>为代表的许多研究学者完善了一套理论: 位于上节段颈椎受损的关节感受器对前庭核的异常传入刺激是导致颈性眩晕的原因。既往实验研究表明<sup>[9]</sup>, 颈背根和前庭核与颈部感受器(如本体感受器和关节感受器)有着密切的联系, 颈部感受器在眼手协调、平衡知觉和姿势调整中起着重要作用。何水勇等<sup>[10]</sup>研究发现颈本体感觉紊乱是颈性眩晕的主要发病因素。本体感受器是人体肌肉系统里一种特殊的感受器, 它可以持续监测肌纤维的张力、长度和关节运动的变化, 通过颈-颈反射、颈紧张反射控制头与躯干的相对位置<sup>[11]</sup>。在生理情况下, 本体感受器提供躯干各部位的空间位置

和运动状态信息, 对人体平衡, 尤其对头颈姿势的维持起着重要作用。在病理情况下, 颈肌及颈小关节退变或受到损害时, 颈部本体感受器可能会产生错误的本体, 其传入使中枢神经系统对前庭和视觉信号的整合分析错误, 从而产生眩晕的感觉<sup>[4]</sup>。Sterling 等<sup>[12]</sup>发现在上颈肌深层肌肉的  $\gamma$ -肌梭中有丰富的机械感受器。在颈部软组织中, 密集的机械感受器通过与前庭系统和视觉系统的直接神经连接, 向中枢神经系统提供头部相对于身体其他部位的方位

信息<sup>[12-13]</sup>。Treleven 等<sup>[14]</sup>研究认为, 挥鞭伤患者存在颈痛、神经肌肉控制紊乱等问题, 这些可导致本体传入神经的异常, 从而引起眩晕及感觉控制改变。Mousavi-Khatir 等<sup>[15]</sup>研究表明, 健康成年人颈部在 10 min 静态屈曲后, 可导致颈本体感觉和反馈控制的改变。因此, 可以理解当颈椎的创伤、退行性、炎症或机械性紊乱影响颈部感受器并产生异常信号时, 可导致大脑中枢神经系统对前庭信号和视觉信号的错误分析并影响大脑的空间定位及平衡控制功能, 由此产生眩晕等一系列症状<sup>[16]</sup>。

国外研究发现<sup>[17-18]</sup>, 颈性眩晕源于颈深部组织及颈部本体感受器传入冲动的功能障碍或紊乱, 并且发现颈性眩晕患者常伴有颈项部疼痛症状, 对疼痛部位进行局麻治疗对颈性眩晕有较好的疗效。另外, 有报道指出<sup>[19]</sup>在一些被治愈的颈椎损伤患者中观察到平衡功能和视觉的缺陷, 这为支持颈部受体在控制眼睛运动和身体姿势方面发挥非常重要的作用。L'Heureux-Lebeau 等<sup>[20]</sup>使用视频眼震图观察到颈性眩晕患者存在颈感觉运动改变和前庭功能障碍。既往一些研究也报道了颈部损伤导致继发性颈性眩晕患者存在前庭功能障碍的情况<sup>[21-22]</sup>。Moustafa 等<sup>[23]</sup>对 72 例颈性眩晕的研究发现, 多模式牵引或手法可在改善颈椎前凸、缓解颈部肌肉痉挛的同时, 减少异常本体感觉的输入, 改善眩晕症状。

本文所得结果同样可以证实, 颈性眩晕的患者其前庭功能亦有不同程度损害。在确诊的颈性眩晕患者中, 有 82.7% 伴有不同程度的前庭功能障碍, 且中、重度前庭功能障碍的患者分别占比 44%、21.3%。而且, 在对研究组组内行相关性分析中, 眩晕与前庭诱发肌源电位的严重程度其相关系数为 0.687, 呈高相关性, 这更加印证了上述的观点。目前, 对于颈性眩晕与前庭功能关系的研究尚无一种

较为客观的检查手段,通过本研究可以知道,应用前庭诱发肌源电位评价颈性眩晕与前庭功能的关系具有可行性,对于颈性眩晕的患者,其严重程度越高,应用 cVEMP 检查发现其与前庭功能关系的阳性率则越大,进而表明其对前庭功能的影响也越大。同时,对于颈性眩晕患者的治疗,应以颈部康复治疗加前庭功能治疗相结合的方法。

本研究存在一定的不足,比如样本量较少,缺少标准的颈性眩晕评分分级体系,诊疗后随访不够详细等。在以后的研究中,将继续扩大样本量,制定更加完善的诊断评分分级体系,同时分析其他相关因素,从而为临床工作提供更加全面的指导。

#### 参考文献

- [1] Grande-Alonso M, Moral Saiz B, Mínguez Zuazo A, et al. Biobehavioural analysis of the vestibular system and posture control in patients with cervicogenic dizziness. A cross-sectional study[J]. *Neurologia* (Barcelona, Spain), 2018, 33(2): 98-106.
- [2] Fife TD, Colebatch JG, Kerber KA, et al. Practice guideline: cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing. Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology[J]. *Neurology*, 2017, 89(22): 2288-2296.
- [3] 邓天琼,任先军,赵伟峰,等. 双侧椎动脉结扎致颈髓缺血性损伤的实验研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2004, 14(7): 37-40, 66-67.  
DENG TQ, REN XJ, ZHAO WF, et al. An experimental study on ischemic injuries of cervical spinal cord after ligation bilateral vertebral artery in rabbits[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2004, 14(7): 37-40, 66-67. Chinese.
- [4] 何海龙,贾连顺,李家顺,等. 椎动脉阻断对犬中枢神经系统功能的影响[J]. *中华医学杂志*, 2002, 82(6): 61-64.  
HE HL, JIA LS, LI JS, et al. Impact of ligation of vertebral artery on function of central nervous system, an experimental study[J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2002, 82(6): 61-64. Chinese.
- [5] Barré JA. Sur un syndrome sympathique cervical postérieur et sa cause fréquente, l'arthrite cervicale[J]. *Revue Neurologique*, 1926, 1: 1246-1248.
- [6] Yacovino DA, Hain TC. Clinical characteristics of cervicogenic-related dizziness and vertigo[J]. *Semin Neurol*, 2013, 33(3): 244-255.
- [7] Muheremu A, Sun Y. Atypical symptoms in patients with cervical spondylosis might be the result of stimulation on the dura mater and spinal cord[J]. *Med Hypotheses*, 2016, 91: 44-46.
- [8] Ryan GM, Cope S. Cervical vertigo[J]. *Lancet*, 1955, 269(6905): 1355-1358.
- [9] Treleaven J. Dizziness, unsteadiness, visual disturbances, and sensorimotor control in traumatic neck pain[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2017, 47(7): 492-502.
- [10] 何水勇,沈国权. 颈本体感觉紊乱性眩晕与颈椎稳定因素[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2009, 11(7): 18-19.  
HE SY, SHEN GQ. Advance on research of the pathogenesis of cervical vertigo (review)[J]. *Liao Ning Zhong Yi Yao Da Xue Xue Bao*, 2009, 11(7): 18-19. Chinese.
- [11] Taylor A, Ellaway PH, Durbaba B, et al. Distinctive patterns of static and dynamic gamma motor activity during locomotion in the decerebrate cat[J]. *J Physiol*, 2000, 529: 825-836.
- [12] Sterling M, Jull G, Vicenzino B, et al. Development of motor system dysfunction following whiplash injury[J]. *Pain*, 2003, 103(1-2): 65-73.
- [13] Reid SA, Rivett DA. Manual therapy treatment of cervicogenic dizziness: a systematic review[J]. *Man Ther*, 2005, 10(1): 4-13.
- [14] Treleaven J, Peterson G, Ludvigsson ML, et al. Balance, dizziness and proprioception in patients with chronic whiplash associated disorders complaining of dizziness: a prospective randomized study comparing three exercise programs[J]. *Man Ther*, 2016, 22: 122-130.
- [15] Mousavi-Khatir R, Talebian S, Toosizadeh N, et al. Disturbance of neck proprioception and feed-forward motor control following static neck flexion in healthy young adults[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2018, 41: 160-167.
- [16] Li Y, Peng B. Pathogenesis, diagnosis, and treatment of cervical vertigo[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(4): E583-E595.
- [17] Brandt T, Bronstein AM. Cervical vertigo[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2001, 71(1): 8-12.
- [18] Michels T, Lehmann N, Moebus S. Cervical vertigo—cervical pain: an alternative and efficient treatment[J]. *J Altern Complement Med*, 2007, 13(5): 513-518.
- [19] Wrisley DM, Sparto PJ, Whitney SL, et al. Cervicogenic dizziness: a review of diagnosis and treatment[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2000, 30(12): 755-766.
- [20] L'Heureux-Lebeau B, Godbout A, Berbiche D, et al. Evaluation of paraclinical tests in the diagnosis of cervicogenic dizziness[J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(10): 1858-1865.
- [21] Montfoort I, Kelders WPA, van der Geest JN, et al. Interaction between ocular stabilization reflexes in patients with whiplash injury[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006, 47(7): 2881-2884.
- [22] Montfoort I, Van Der Geest JN, Slijper HP, et al. Adaptation of the cervico- and vestibulo-ocular reflex in whiplash injury patients[J]. *J Neurotrauma*, 2008, 25(6): 687-693.
- [23] Moustafa IM, Diab AA, Harrison DE. The effect of normalizing the sagittal cervical configuration on dizziness, neck pain, and cervicocephalic kinesthetic sensibility: a 1-year randomized controlled study[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2017, 53(1): 57-71.

(收稿日期:2021-01-17 本文编辑:王宏)