

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201806004

· 耳疾病专栏 ·

骨导振动刺激诱发的前庭诱发肌源性电位

张玉忠¹, 魏馨雨¹, 陈籽辰¹, 孙曼², 张超³, 成颖¹, 高滢¹, 陈飞云¹, 胡娟¹, 许珉¹, 张青¹

(1. 西安交通大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科, 陕西西安 710004; 2. 西安交通大学第二附属医院神经内科, 陕西西安 710004; 3. 西安市第一人民医院耳鼻咽喉科, 陕西西安 710000)

摘要: **目的** 探讨 B81 骨振子在前庭诱发肌源性电位 (vestibular-evoked myogenic potentials, VEMPs) 检测中的应用。**方法** 对 25 例正常志愿者的双耳行插入式气导声刺激 (air-conducted sound, ACS), 单侧乳突 B81 骨导振动刺激 (bone-conducted vibration, BCV) 的 VEMPs 检查, 并对 ACS-, BCV-VEMPs 检查结果进行统计学分析。**结果** ACS-, BCV-眼肌前庭诱发肌源性电位 (ocular vestibular-evoked myogenic potentials, oVEMP) 的引出率分别为 92% (46/50), 98% (49/50)。BCV-oVEMP 与 ACS-oVEMP 比较, 两者引出率差异无统计学意义 ($P=0.36$); 两者 N1 波潜伏期 ($P=0.00$)、P1 波潜伏期 ($P=0.00$)、N1-P1 波间期 ($P=0.01$) 及振幅 ($P=0.00$) 差异均具有统计学意义 ($P<0.05$); BCV-oVEMP 的 N1、P1 波潜伏期, N1-P1 波间期均较短, 而振幅较大。ACS-, BCV-颈肌前庭诱发肌源性电位 (cervical vestibular-evoked myogenic potential, cVEMP) 的引出率均为 100% (50/50)。BCV-cVEMP 与 ACS-cVEMP 比较, N1 波潜伏期差异无统计学意义 ($P=0.96$), P1 波潜伏期 ($P=0.02$), P1-N1 波间期 ($P=0.00$)、振幅 ($P=0.04$) 均有统计学差异 ($P<0.05$); BCV-cVEMP 的 P1 波潜伏期较短, P1-N1 波间期较长, 振幅较大。BCV-oVEMP、ACS-oVEMP、BCV-cVEMP 和 ACS-cVEMP 的两耳间振幅不对称率 (%) 分别为: 28.08 ± 21.10 、 27.95 ± 18.13 、 23.60 ± 17.86 、 32.24 ± 18.92 。**结论** B81 骨振子可以用于 VEMPs 的检测, 骨导振动刺激在评价传导性听力损失患者的前庭耳石器功能时优于气导声刺激, 可作为气导声刺激诱发 VEMPs 的补充检查。

关键词: 前庭功能; 前庭诱发肌源性电位; 气导声刺激; 骨导振动刺激

中图分类号: R764.3 文献标识码: A [中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2018, 24(6): 513-517]

Vestibular-evoked myogenic potential induced by bone-conducted vibration

ZHANG Yu-zhong¹, WEI Xin-yu¹, CHEN Zi-chen¹, SUN Man², ZHANG Chao³,
CHENG Ying¹, GAO Ying¹, CHEN Fei-yun¹, HU Juan¹, XU Min¹, ZHANG Qing¹

(1. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China; 2. Department of Neurology, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China; 3. Department of Otorhinolaryngology, Xi'an First People's Hospital, Xi'an 710000, China)

Abstract: **Objective** To investigate the application of B81 bone vibrator in the detection of vestibular-evoked myogenic potentials (VEMPs). **Methods** Bilateral air-conducted sound (ACS), unilateral B81 bone-conducted vibration (BCV) VEMPs were detected in 25 normal volunteers. Their results were analyzed statistically. **Results** The response rates of ACS-, BCV-ocular VEMP (oVEMP) were 92% (46/50) and 98% (49/50) respectively, and the difference was statistically insignificant ($P>0.05$). N1 wave latency, P1 wave latency and N1-P1 wave interval of BCV-oVEMP were shorter than those of ACS-oVEMP while the N1-P1 amplitude of BCV-oVEMP was greater than that of ACS-oVEMP, and the differences were all statistically different (all $P<0.05$). The response rates of ACS-, BCV-cervical VEMP (cVEMP) were both 100% (50/50). Compared with ACS-cVEMP, BCV-cVEMP had no statistical difference in N1 wave latency ($P>0.05$), while the P1 wave latency, P1-N1 wave interval and amplitude were statistically different ($P<0.05$). The

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81670945); 陕西省国际科技合作重点项目 (2017KW-048); 西安交通大学医学院第二附属医院人才培养专项基金 [RC(GG)201407]; 西安交通大学第二附属医院新技术新疗法项目 (XJEFY-2017041)。

作者简介: 张玉忠, 女, 在读硕士研究生。

通信作者: 张青, Email: zhqent@163.com

P1 wave latency of BCV-cVEMP was shorter, and the P1-N1 wave interval was longer and the amplitude was larger than those of ACS-cVEMP respectively, and the differences were all statistically significant (all $P < 0.05$). The amplitude asymmetry rates between the two ears of BCV-oVEMP, ACS-oVEMP, BCV-cVEMP and ACS-cVEMP were $(28.08 \pm 21.10)\%$, $(27.95 \pm 18.13)\%$, $(23.60 \pm 17.86)\%$, and $(32.24 \pm 18.92)\%$, respectively. **Conclusions** B81 bone vibrator can be used for the detection of VEMPs. Bone-conducted vibration is superior to air-conducted sound in evaluating vestibular otolith function in patients with conductive hearing loss. It can be used as a supplementary examination of VEMPs.

Key words: Vestibular function; Vestibular evoked myogenic potential; Air-conducted sound; Bone-conducted vibration

[Chinese Journal of Otorhinolaryngology-Skull Base Surgery, 2018, 24(6): 513-517]

气导声刺激(air-conducted sound, ACS)和骨导振动刺激(bone-conducted vibration, BCV)均可以激活球囊和椭圆囊囊斑,进而在人体紧张的肌肉表面记录到的肌电位称前庭诱发肌源性电位(vestibular-evoked myogenic potentials, VEMPs)。椭圆囊囊斑感受刺激后,兴奋主要通过前庭上神经、前庭神经核、内侧纵束交叉至对侧动眼神经核,投射至眼外肌,在紧张的下斜肌表面记录到的肌电位称眼肌前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular-evoked myogenic potential, oVEMP);球囊囊斑感受刺激后,兴奋主要通过前庭下神经、前庭神经核、内侧前庭脊髓束、副神经核,投射至同侧胸锁乳突肌,在紧张的胸锁乳突肌表面记录到的肌电位称颈肌前庭诱发肌源性(cervical vestibular-evoked myogenic potential, cVEMP)。因此oVEMP检测主要用来评估椭圆囊前庭上神经传导通路和前庭眼反射(vestibular ocular reflect, VOR)的功能状态;cVEMP检测主要用来评估球囊前庭下神经传导通路和前庭丘反射(vestibular collic reflect)的功能状态^[1-4]。

目前国内骨导VEMPs检查报道较少^[5]。国内还未见到B81骨振子在VEMPs中的应用研究报道。有学者报道B81骨振子在骨导ABR检查中,其性能较B71稳定,失真较小,可以作为骨导听力学检查^[6]。但B81骨振子是否能够引出稳定的VEMPs波形,并与ACS-VEMPs比较有何差异,本研究对此进行探讨。

1 方法和材料

1.1 研究对象

选择自愿参加VEMPs检查的健康者25例,其中男10例,女15例;年龄20~39岁,平均年龄 (24.84 ± 3.98) 岁。所有志愿者均行纯音听阈测定、声导抗、电耳镜检查。入选标准:①耳科体格检查正常,纯音听阈测定、声导抗正常,无耳病病史;②无头晕和眩晕病史;③自愿并配合参加VEMPs检查的志

愿者,检查时签署知情同意书。

1.2 VEMPs检查^[7-9]

采用丹麦国际听力(interacoustics eclipse)全功能听觉诱发电位分析仪。BCV采用Radioear B81骨振子,ACS采用插入式耳机;为使结果准确,插入式耳机用声学计量仪校准,B81骨导振动刺激强度使用人工乳突(4930, Bruel and Kjaer)校准。校准值与国际标准值相符,刺激强度呈线性关系。BCV和ACS均为500 Hz tone burst刺激(上升或下降、峰时的持续时间为2 ms,刺激的频率为5.1次/s,叠加次数为80次,记录窗宽80 ms)。带通滤波:10~1 000 Hz。检查顺序依次为:ACS-oVEMP、BCV-oVEMP、ACS-cVEMP、BCV-cVEMP,均为单侧刺激,单侧记录。

oVEMP检测方法^[7]:受试者仰卧位,安放电极前用75%的酒精和磨砂膏清洁局部皮肤,两个记录电极对称放置于双侧眼眶下缘中点下方约1 cm处(右侧记录电极置于左侧眼眶下方,左侧记录电极置于右侧眼眶下方),参考电极置于下颌,接地电极置于前额正中,要求极间电阻小于5 k Ω 。ACS通过插入式耳机给予声刺激,BCV通过B81骨振子置于外耳道后2 cm乳突表面给予振动刺激,记录时,受试者双眼向上凝视中线正上方约35°位置的参照物,oVEMP对肌肉收缩的力度无限定值。单耳给予刺激在对侧眼眶下缘记录oVEMP波形作为该侧内耳前庭对刺激的反应信号。

cVEMP检测方法^[8-9]:受试者端坐位,清洁皮肤,两个记录电极对称放置于两侧胸锁乳突肌中上段,参考电极置于胸骨上窝,接地电极位于前额正中,要求极间电阻小于5 k Ω 。检查时要求测试者头部转向对侧,下颌尽量靠近对侧肩膀,使胸锁乳突肌保持紧张状态,当肌力达到50~200 μ V时(增加左右两侧cVEMP振幅的可比性)给予刺激。单耳给予刺激在同侧胸锁乳突肌表面记录cVEMP波形作为该侧内耳前庭对刺激的反应信号。

VEMPs测试时,ACS以123.5 dB peSPL(peak sound pressure level)作为初始刺激声强度,BCV以

135.5 dB peFL (peak force level) 作为初始刺激声强度,若能够引出典型可重复的 cVEMP 或 oVEMP 波形,再以 10 dB 逐次减小刺激强度,直至该强度下不能引出清晰可重复的波形。然后,在此刺激强度的基础上增加 5dB 重复进行测试,以确定阈值。能够引出典型可重复的 cVEMP 或 oVEMP 波形所需的最小的刺激强度即为 VEMPs 的阈值。观察记录 ACS-,BCV-cVEMP/oVEMP 的引出率、阈值、123.5 dB peSPL 声强度刺激下和 135.5 dB peFL 振动刺激下得到的 VEMPs 波形的 N1 波潜伏期、P1 波潜伏期、N1-P1 波间期、振幅。阈值为能够出现典型可重复的 VEMPs 波形时给予的最小刺激强度 (dB peSPL/dB peFL),潜伏期为从刺激开始时到 N1 或者 P1 波波峰的时间 (ms),波间期为 N1 波波峰与 P1 波波峰之间的时间差 (ms),振幅为两波波峰之间的垂直距离 (μV)。耳间振幅不对称率 (asymmetry ratio, AR) 计算公式为: $AR (\%) = 100(AL-AS)/(AL + AS)$,其中 AL 是左右两耳中较大的 N1-P1 振幅,AS 则是较小的 N1-P1 振幅。

1.3 数据分析

通过统计学软件 SPSS 20.0 进行统计学分析处理,计数资料组间引出率的比较用连续性矫正 χ^2 检验进行。计量资料如各组之间的参数比较,若符合正态分布且方差齐则采用独立样本 t 检验进行。不符合正态分布或方差不齐的计量资料的比较则采用秩和检验。统计学显著性水准 α 取 0.05。

2 结果

2.1 VEMPs 的具体参数和波形特征

BCV-oVEMP、ACS-oVEMP 和 BCV-cVEMP、ACS-cVEMP 的引出率、阈值、N1、P1 波潜伏期, N1-P1 波间期,振幅和两耳间振幅的具体数据见表 1, VEMPs 波形见图 1。

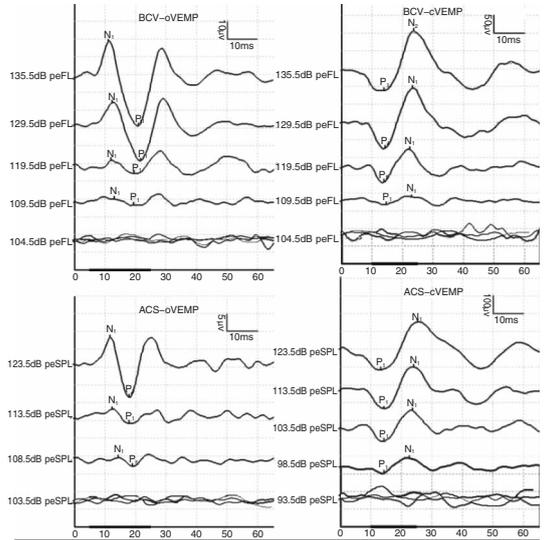


图 1 BCV-/ACS-oVEMP 与 BCV-/ACS-cVEMP 的正常波形特征

2.2 ACS-/BCV-VEMPs 的比较

ACS-oVEMP, BCV-oVEMP 的引出率分别为 92% (46/50), 98% (49/50)。BCV-oVEMP 与 ACS-oVEMP 比较,两者引出率无统计学差异 ($P=0.36$); N1 波潜伏期 ($P=0.00$), P1 波潜伏期 ($P=0.00$), N1-P1 波间期 ($P=0.01$)、振幅 ($P=0.00$) 均具有统计学差异 ($P < 0.05$); BCV-oVEMP 的 N1、P1 波潜伏期, N1-P1 波间期均较短,而振幅较大。ACS-/BCV-oVEMP 左右耳各个参数比较:除 BCV-oVEMP 的 P1 波潜伏期耳间有统计学差异 ($P=0.04$) 外,右耳 P1 潜伏期 (14.97 ± 1.84) ms, 较左耳 P1 潜伏期 (16.13 ± 1.98) ms 短,余参数无统计学差异。ACS-/BCV-oVEMP 的男性与女性参数比较:除 BCV-oVEMP 的振幅具有统计学差异 ($P=0.03$) 外,女性的 oVEMP 振幅 (10.54 ± 6.37) μV 大于男性 oVEMP 振幅 (5.42 ± 3.42) μV ,余参数差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 1 BCV-/ACS-VEMPs 的参数值 ($\bar{x} \pm s$)

参数	oVEMP		cVEMP	
	BCV-oVEMP	ACS-oVEMP	BCV-cVEMP	ACS-cVEMP
阈值	122.66 \pm 6.75 (dB peFL)	111.43 \pm 9.04 (dB peSPL)	115.30 \pm 4.99 (dB peFL)	108.10 \pm 6.53 (dB peSPL)
N1 潜伏期 (ms)	10.68 \pm 1.70 **	12.04 \pm 1.57	26.20 \pm 2.97	26.23 \pm 2.83
P1 潜伏期 (ms)	15.57 \pm 1.98 **	17.79 \pm 2.30	16.35 \pm 2.59#	17.47 \pm 2.20
N1-P1 波间期 (ms)	4.88 \pm 1.72 *	5.75 \pm 1.53	10.27 \pm 2.30##	8.76 \pm 2.11
振幅 (μV)	9.67 \pm 8.73 **	4.93 \pm 4.76	149.88 \pm 92.03#	112.38 \pm 88.67
不对称率 (AR%)	28.08 \pm 21.10	27.95 \pm 18.13	23.60 \pm 17.86	32.24 \pm 18.92

注:BCV-oVEMP 与 ACS-oVEMP 比较, * 示 $P < 0.05$ 、** 示 $P < 0.01$; BCV-cVEMP 与 ACS-cVEMP 比较, # 示 $P < 0.05$, ## 示 $P < 0.01$

ACS-cVEMP, BCV-cVEMP 的引出率均为 100% (50/50)。BCV-cVEMP 与 ACS-cVEMP 比较, N1 波潜伏期无统计学差异 ($P = 0.96$); P1 波潜伏期 ($P = 0.02$), P1-N1 波间期 ($P = 0.00$)、振幅 ($P = 0.04$) 差异均具有统计学意义; BCV-cVEMP 的 P1 波潜伏期较短, P1-N1 波间期较长, 振幅较大。ACS-/BCV-cVEMP 各参数耳间均无统计学差异。ACS-/BCV-cVEMP 的男性与女性参数比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

气传导声刺激(ACS)、骨传导振动刺激(BCV)均可诱发 VEMPs, 目前临床上广泛应用的 VEMPs 检测方法为 ACS, 但 ACS 方法相对 BCV 应用较局限, 如外耳道结构异常、中耳结构和功能异常(咽鼓管炎、分泌性中耳炎、慢性化脓性中耳炎及听骨链发育畸形等), 上述情况不能用 ACS-VEMPs 准确评估内耳前庭耳石器功能状态, 而 BCV-VEMPs 则不受外耳中耳结构或功能异常的限制, 可用来评估上述情况的前庭功能状态^[10-11]。且在中耳炎的患者中, 中耳结构功能的破坏导致传导性听力损失, 部分中耳炎的患者, 炎症可能通过圆窗膜等结构进入内耳, 内耳功能受到损害形成迷路炎; 评估这一部分的患者内耳功能时, ACS-VEMPs 由于依赖正常的中耳功能往往使用受限, 不能准确评估内耳前庭功能状态, 而 BCV-VEMPs 不依赖中耳功能, 较 ACS 更能准确评估迷路炎患者的前庭功能状态。耳硬化的患者其毒素往往可通过圆窗累及内耳前庭, 但其明显的传导性听力损失可能导致 ACS-VEMPs 无法准确评估内耳状态, 此时 BCV-VEMPs 可作为评估内耳前庭功能状态的首选检查^[12]。

本研究中, BCV-oVEMP 与 ACS-oVEMP 比较, BCV-oVEMP 的 N1、P1 波潜伏期, N1-P1 波间期均较短, 而振幅较大。BCV-cVEMP 与 ACS-cVEMP 比较, BCV-cVEMP 的 P1 波潜伏期较短, 振幅较大。与 Yang 等^[13]的研究一致, 他认为可能与 BCV 和 ACS 刺激耳石器感受器产生兴奋的部位和范围有一定差异有关, BCV 可能更有效的刺激耳石器感受器; 也可能由于球囊和椭圆囊囊斑解剖位置的不同, ACS 可能主要刺激球囊囊斑, 而 BCV 则可能主要刺激椭圆囊斑, 换言之椭圆囊囊斑对 BCV 刺激较 ACS 刺激更敏感。Curthoys 等^[14]通过动物实验研究发现, BCV 对耳石器感受器的刺激比 ACS 更有效, 因为 BCV 刺

激的前庭耳石器反应阈值约为听性脑干反应(ABR)阈值的水平, 而 ACS 的前庭耳石器反应阈值约为 70 dB ABR 的阈值, 明显高于 ABR 阈值。ACS-/BCV-oVEMP 左右耳参数比较: BCV-oVEMP 右耳的 P1 波潜伏期较短。ACS-/BCV-oVEMP 的男性与女性参数比较: 女性 BCV-oVEMP 的振幅较大。和前期使用 Mini-shaker 4810 骨振子比较, 研究结果不十分一致, 可能与 B81 为单侧刺激单侧记录有关, 更换刺激侧时, 左右耳的 B81 骨振子置于乳突的位置可能不完全一致, 另外不同个体颅骨发育形状不尽相同, 可能对耳石器感受器产生的刺激也不同^[15], 故可能产生上述差异。耳间不对称率各个检查中心从 7.2% 到 23.1% 不等, 上限为 32%, 但超过 50% 认为是异常结果^[8]。本研究检查值与以往研究耳间不对称率大致一致。Tseng 等^[16]对 20 例健康志愿者和 50 例单耳梅尼埃病的患者分别进行了前额(Fz)和乳突部位的 BCV-oVEMP, 对两种不同刺激部位进行了比较: 健康志愿者乳突部位的 BCV-oVEMP 的潜伏期较短, 振幅较大, 在梅尼埃病患者中 BCV-oVEMP 的引出率较高。认为在乳突部位刺激时, 水平面上可能给予颅骨更大的加速度刺激, 对椭圆囊囊斑的刺激较额头部位刺激更有效, 乳突部位的刺激可以更准确的评估残余耳石器功能状态。

B81 置于乳突时, 放置位置主要是由操作者主观决定, 两侧位置大致对称放置。对于个体颅骨发育的差异, 或者内耳解剖位置差异等影响, 左右耳石器囊斑接受到的刺激强度可能不一致, 与在额头中点发际线相比较, 对称性可能相对较差, 但本研究暂未涉及相关研究。后期可研究 B81 置于额头发际线和置于乳突位置的 VEMPs 的耳间不对称率是否有差异。

4 结论

B81 骨振子可以用于 VEMPs 的检测, 骨导振动刺激在评价传导性听力损失患者的前庭耳石器功能时优于气导声刺激, 可作为气导声刺激诱发的 VEMPs 的补充检查。

参考文献:

- [1] Curthoys IS, Grant JW, Burgess AM, et al. Otolithic receptor mechanisms for vestibular-evoked myogenic potentials: a review [J]. *Front Neurol*, 2018, 9:366.
- [2] Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked

- myogenic potentials: past, present and future[J]. *Clin Neurophysiol*,2010,121(5):636-651.
- [3] Rosengren SM, Colebatch JG. The contributions of vestibular evoked myogenic potentials and acoustic vestibular stimulation to our understanding of the vestibular system[J]. *Front Neurol*,2018,9:481.
- [4] Murofushi T. Clinical application of vestibular evoked myogenic potential (VEMP)[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2016,43(4):367-376.
- [5] 成颖,陈籽辰,张玉忠,等. 骨导振动刺激诱发的眼肌前庭诱发肌源性电位在正常国人人群中的波形特征[J]. *中国医学文摘(耳鼻咽喉科学)*,2018,33(2):155-158.
- Cheng Y, Chen ZC, Zhang YZ, et al. Characteristics of the bone conducted ocular evoked myogenic potential in the normal people[J]. *Chinese Medical Digest (Otorhinolaryngology)*, 2018, 33(2):155-158.
- [6] Keceli S, Stenfelt S. Measurements of bone conduction auditory brainstem response with the new audiometric bone conduction transducer Radioear B81[J]. *Int J Audiol*,2018, 57(8):577-583.
- [7] Kantner C, Guerkov R. The effects of commonly used upward gaze angles on ocular vestibular evoked myogenic potentials[J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(2):289-293.
- [8] Papatthanasious ES, Murofushi T, Akin FW, et al. International guidelines for the clinical application of cervical vestibular evoked myogenic potentials: an expert consensus report[J]. *Clin Neurophysiol*,2014,125(4):658-666.
- [9] McCaslin DL, Jacobson GP, Hatton K, et al. The effects of amplitude normalization and EMG targets on cVEMP interaural amplitude asymmetry[J]. *Ear Hear*, 2013, 34(4):482-490.
- [10] Yang TL, Young YH. Comparison of tone burst and tapping evocation of myogenic potentials in patients with chronic otitis media[J]. *Ear Hear*,2003, 24(3):191-194.
- [11] Sheykhleslami K, Murofushi T, Kermany MH, et al. Bone-conducted evoked myogenic potentials from the sternocleidomastoid muscle[J]. *Acta Otolaryngol*,2000, 120(6):731-734.
- [12] Winters SM, Klis SF, Kool AC, et al. Perioperative bone-conducted ocular vestibular evoked myogenic potentials in otosclerosis patients[J]. *Otol Neurotol*,2013, 34(6):1109-1114.
- [13] Wang SJ, Tseng CC, Young YH. Selective effects of head posture on ocular vestibular-evoked myogenic potential (oVEMP) by bone-conducted vibration[J]. *Clin Neurophysiol*, 2014,125(3):621-626.
- [14] Curthoys IS, Vulovic V, Burgess AM, et al. The response of guinea pig primary utricular and saccular irregular neurons to bone-conducted vibration (BCV) and air-conducted sound (ACS)[J]. *Hear Res*, 2016, 331:131-143.
- [15] Lin KY, Wang SJ, Young YH. Influence of head acceleration on ocular vestibular-evoked myogenic potentials via skull vibration at Fz versus Fpz sites[J]. *Int J Audiol*,2012,51(7):551-556.
- [16] Tseng CC, Wang SJ, Young YH. Comparison of bone-conducted vibration for eliciting ocular vestibular-evoked myogenic potentials: forehead versus mastoid tapping[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2012,146(2):289-294.

(收稿日期:2018-10-14)

(上接第512页)

- [J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2005, 11(6):392-395.
- Yang SM, Liang XJ, Han DY, et al. Operative treatment of cholesteatoma in the petrous of temporal bone[J]. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology - Skull Base Surgery*, 2005, 11(6):392-395.
- [7] Tutar H, Goksu N, Aydil U, et al. An analysis of petrous bone cholesteatomas treated with translabyrinthine transotic petrosectomy[J]. *Acta Otolaryngol*, 2013, 133(10):1053-1057.
- [8] Omran A, De Denato G, Piccirillo E, et al. Petrous bone cholesteatoma: management and outcomes[J]. *Laryngoscope*, 2006, 116(4):619-626.
- [9] Fisch U, Mattox D. Microsurgery of skull base surgery[M]. New York:Thieme,1988:294-329.
- [10] Sbailhat A, Bacciu A, Pasanisi E, et al. Skull base chondrosarcomas: surgical treatment and results[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2013, 122(12):763-770.
- [11] Samii M, Migliori MM, Tatagiba M, et al. Surgical treatment of trigeminal schwannomas[J]. *J Neurosurg*, 1995, 82(5):711-718.
- [12] Aubry K, Kovac L, Sauvaget E, et al. Our experience in the management of petrous bone cholesteatoma[J]. *Skull Base*, 2010, 20(3):163-167.
- [13] Iannella G, Savastano E, Pasquariello B, et al. Giant petrous bone cholesteatoma: combined microscopic surgery and an adjuvant endoscopic approach[J]. *J Neurol Surg Rep*, 2016, 77(1):e46-e49.

(收稿日期:2018-04-06)