

重视内耳功能精细化个体化综合评估*

杨军¹ 金玉莲¹ 陈建勇¹ 张青¹ 段茂利^{2,3}

[提要] 听觉与前庭功能检测技术是进行内耳疾病诊断与治疗的前提和关键。很多内耳疾病往往兼有听觉系统或前庭系统的损害。本文就听觉与前庭功能测试的一般要点、值得关注的问题,以及内耳功能精细化个体化综合评估的临床意义进行阐述。

[关键词] 内耳疾病;听觉;前庭;功能评估

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2022.09.001

[中图分类号] R764.3 **[文献标志码]** C

To address on the refined and individualized comprehensive evaluation of inner ear function

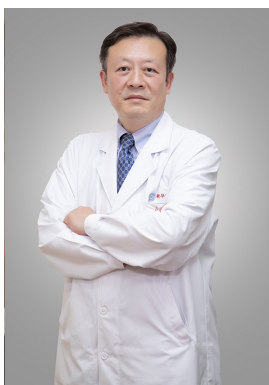
YANG Jun¹ JIN Yulian¹ CHEN Jianyong¹ ZHANG Qing¹ DUAN Maoli^{2,3}

(¹Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine; Shanghai Jiaotong University School of Medicine Ear Institute; Shanghai Key Laboratory of Translational Medicine on Ear and Nose diseases, Shanghai, 200092, China; ²Ear Nose and Throat Patient Area, Trauma and Reparative Medicine Theme, Karolinska University Hospital, Stockholm, Sweden; ³Division of Ear, Nose and Throat Diseases, Department of Clinical Science, Intervention and Technology, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden)

Corresponding author: DUAN Maoli, E-mail: maoli.duan@ki.se

Summary Auditory and vestibular function detection technology is the premise and key to the diagnosis and management for inner ear diseases. Concurrent damage to the auditory and vestibular system occurs in many inner ear diseases. The general points and issues on hearing and vestibular function tests, as well as the clinical significance of refined and individualized comprehensive evaluation of inner ear function are described in this paper.

Key words inner ear disease; hearing; vestibule; functional evaluation



专家简介:杨军,主任医师,博士研究生导师,上海市优秀学科带头人,上海交通大学医学院附属新华医院耳鼻咽喉头颈外科主任。曾于法国巴黎第七大学 Beaujon 医院、意大利皮亚琴察 Otologica Gruppo、瑞士苏黎世大学颅底外科中心学习。专业特长为耳显微、耳神经侧颅底外科。承担国家自然科学基金 5 项,以及 973 子课题、上海市科委重大项目等课题。发表论文 200 余篇。现为 Barany 协会会员,Barany 教育委员会委员,欧洲 NES 神经耳科平衡协会国际委员。担任中宣部“国家出版基金”项目评审委员会二审专家,以及上海市医师协会耳鼻咽喉科医师分会会长、上海市医学会耳鼻咽喉-头颈外科分会副主任委员、中国优生科学协会听觉医学分会副主任委员、中国医疗保健国际交流促进会听力学分会

*基金项目:上海市科委项目(No:21S31900600);上海交通大学医工交叉重点项目(No:ZH2018ZDA11);新华医院院级临床研究培育基金(No:17CSK03,21XHDB02)

¹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 上海耳鼻咽喉疾病转化医学重点实验室(上海,200092)

²瑞典斯德哥尔摩卡罗林斯卡大学医院创伤与修复医学耳鼻咽喉病区

³瑞典斯德哥尔摩卡罗林斯卡大学医院临床科学干预及技术系耳鼻咽喉头颈外科

通信作者:段茂利,E-mail:maoli.duan@ki.se

副主任委员等。主编《眩晕诊断学》《眩晕内科诊治和前庭康复》《眩晕外科手术图谱》丛书专著；主编《耳源性眩晕自助手册》；主译《听觉植入外科学-耳蜗植入与其他听觉植入》。担任 *Frontiers in Neurology* 副主编, *Acta Oto-Laryngologica* 以及《中华耳鼻咽喉头颈外科杂志》《临床耳鼻咽喉头颈外科杂志》等九种杂志编委。作为主要参与人,研究成果获得华夏医学科技奖二等奖、上海市科技进步奖一等奖、上海医学科技奖一等奖、中华医学科技奖三等奖、高等学校科学研究优秀成果奖、科学技术进步奖一等奖、国家科技进步二等奖等奖项。成功申办并将于 2023 年 4 月 27—30 日在上海举办第八届梅尼埃病及内耳疾病国际研讨会。

内耳终末器官包括感知声音的耳蜗、感知静态重力和直线加速度的前庭,以及感知角加速度的半规管。耳蜗、前庭、半规管本身结构精细复杂,又分别有传入、传出系统通过各级神经核团与中枢联系,因此,针对它们各个部分的功能评估宜精细化,根据患者的病情和病程个体化,同时兼顾影像学的特征,甚至基因学检查,进行综合判断,不应以点概全。耳蜗与前庭的胚胎起源相似,感觉上皮显微结构和遗传学基础相近,解剖结构位置毗邻,血液供应来源相同,所以听觉系统和前庭系统会受到相同的遗传胚胎因素、药物、病原微生物感染以及环境的影响^[1-2]。随着研究的进展和认识的深入,传统意义上被认为是听觉系统或前庭系统的疾病,往往发现伴有另一系统的损害,因此,宜针对某一具体的疾病对听觉系统和前庭系统分别评估,以获得前瞻性的预判和更好的疗效。

1 听觉系统评估

1.1 常用测试方法的一般要点、值得关注的问题

耳蜗是人类最复杂的感觉器官,可感知 20~20 000 Hz 频率范围的声音。目前临床上常规开展的听力学检测项目的频率范围是 250~8000 Hz,其中包括了有频率特性和无频率特性的方法。应始终注意这一点,因为它不仅关系到检测方法的选择,以及检测结果的准确性和全面性,也关系到我们应遵循的临床诊断指南。例如,40 Hz 听觉事件相关电位(又称 40 Hz 听觉稳态电位)具有频率特性,可反映 500~2000 Hz 低频听力^[3],而常用的 Click 声诱发的听性脑干反应(ABR)则无频率特异性,主要评估中高频段(2000~4000 Hz)的听力水平^[4]。2015 年 Barany 协会和中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会《梅尼埃病诊断和治疗指南(2017)》均将梅尼埃病患者的诊断标准定义为低中频感音神经性听力下降,而不包括高频听力下降,以在听力学角度排除前庭性偏头痛。

传统的鼓室图评估中耳在 226 Hz(6 月龄以上婴幼儿儿童、成人)或 1000 Hz(6 月龄及以下婴儿)频率下的阻抗^[5-6]。而宽频声导抗则可在 226~8000 Hz 频率范围内评估中耳功能,提供有关中耳状态的详细信息,因此对检测中耳疾病具有更高的敏感性和特异性,尤其是合并存在的中耳异常。与传统的鼓室压测定法相比,吸收率图形可以更好地

区分中耳疾病。除伴中耳积液的中耳负压以外,宽频声导抗容易识别的病理情况包括耳硬化、鼓膜松弛、听骨链不连续等。近年来,宽频声导抗还被应用于大前庭导水管综合征、上半规管裂、梅尼埃病等的临床研究中,显示了其对内耳异常的检测价值。例如李姝娜等^[7]研究发现,符合临床诊断标准的单侧梅尼埃病患者双耳间吸收率面积有明显差异。Tanno 等^[8]报道有症状的梅尼埃病患耳的峰压值显著高于无症状耳和对照耳。

在日常的声导抗检测中,临床医生大多只关注了鼓室图,却常常忽略了声反射,声反射的临床意义被低估了。声反射的刺激声有多个频率(500~4000 Hz)。声反射的测试比较简单,但其结果非常有用,可与行为测听的结果交叉验证,并可与其他听力学测试结合鉴别诊断各种疾患。具体来说,声反射存在或小儿(推荐 6 个月以上的婴幼儿)声反射阈测试^[5]正常可排除传导性听力损失;鉴别蜗性及蜗后性听力损失(Metz 试验);声反射阈与纯音听阈之差<60 dB HL 为蜗性,75~95 dB HL 为正常,>100 dB HL 为蜗后性;预估听敏度,判定感音神经性聋;鉴别非器质性聋。声反射还可应用于周围性面瘫的定位、助听器选配。因为镫骨肌反射恢复比面肌早,所以可预估面神经功能恢复,以及重症肌无力的辅助诊断和疗效评估。

虽然纯音测听是主观性的听力测试方法,但却是临床最常用、最基本,也是最重要的听觉系统评估方法之一。听力下降疾病的听力学表型千变万化,但总有规律可循。例如,鼓膜完整的听骨链中断患者气骨导差可达 50~60 dB;耳硬化症患者 2000 Hz 处的骨导听力要差于其他频率,呈 V 形下降(Carhart 切迹);噪声性听力下降的听力图显示在 4000 Hz 处有明显的切迹;大前庭导水管综合征患者在鼓室图正常的情况下,低频区域(250、500 Hz)可有气骨导差,表现为传导性或混合性听力下降^[9];上半规管裂综合征患者也会出现低频传导性听力下降,且低频骨导阈值在 0 dB 以下^[10-11]。这些具有特征性的听力图,结合其他的相关检查,为我们的诊断提供了有意义的信息。

国内开展言语测听的听力中心并不太多。纯音听阈测试有助于了解听敏度,而言语测听则可在一定程度上反映蜗后、听皮层的功能。在美国耳鼻

咽喉头颈外科学会(AAO-HNS)的听神经瘤听力分级^[12]中,言语测听的言语识别率(SDS)是一项分级评判的重要指标,例如A级为平均听阈(PTA) ≤ 30 dB HL, $SDS > 70\%$,这个听力分级被应用于2020年AAO-HNS梅尼埃病临床实践指南^[13]中,作为有无实用听力、是否可行迷路切除的判定标准;又例如,PTA与SDS不对称是听神经病的诊断标准之一。因此可以看出言语测听的重要临床意义。除此之外,还应关注反映听觉通路和皮层功能的中潜伏期反应、长潜伏期反应和皮层听觉诱发电位^[14]。

1.2 婴幼儿儿童的听觉系统评估

婴幼儿儿童的听觉系统评估是一项具有挑战性的工作,尤其要强调组合式、精细化、个体化的综合评估,以及对听力的随访。

婴幼儿儿童听力损失评估国际共识(ICON)^[5]推荐的新生儿听力筛查模式包括耳声发射(OAE)和自动听性脑干诱发电位(aABR),即是一种组合模式,能够分别反映耳蜗外毛细胞和内毛细胞—听觉传入通路的功能,亦可初步判断有无听神经病。如果听力初筛、复筛未通过,3月龄之内需要进行听力学诊断,届时应考虑到一些检测方法的频率特异性、组合的意义和便捷性。

瞬态诱发性OAE(TEOAE)和畸变产物OAE(DPOAE)是两种临床常用的OAE检测方法,目前仍缺乏高质量的研究证实哪种更具有优势。TEOAE主要反映耳蜗中频段1000~2000 Hz范围的外毛细胞功能,测试时间较短;而DPOAE测试的频率范围比TEOAE宽,可以测试4000 Hz及以上高频段的外毛细胞功能,但对于低频段耳蜗外毛细胞功能,准确性欠佳^[15]。如前所述Click-ABR无频率特异性,主要反映2000~4000 Hz的听力水平。2019年美国婴幼儿听力联合委员会(JCIH)形势指南^[16]和2018年ICON国际共识^[5]均指出具有频率特异性的短纯音ABR(Tb-ABR)是1~3月龄婴幼儿听力诊断的金标准,能够进行各言语频率的听阈评估。6个月以内的婴儿,或者如果怀疑有中耳病变,除骨导Click-ABR检测以外,同样推荐500、1000 Hz骨导Tb-ABR检测,以更好地判断有无传导性听力下降。因此,声导抗、OAE、ABR、气导Tb-ABR是常规的听力测试组合,如果阈值升高,则应行骨导Tb-ABR检测,以明确听力下降的性质和听力曲线的构型。近年来,有国内外学者将电刺激诱发ABR(EABR)应用于婴幼儿人工耳蜗植入前(术前或术中植入前)的听觉通路完整性评估。

稳态听觉诱发电位(ASSR)可反映500~4000 Hz频率范围的听力水平。但应注意,听力下降程度越轻,ASSR阈值与真实听力的相关性越差^[17];在500 Hz和4000 Hz频率,ASSR与纯音听

阈的相关性较差^[18];听神经病的ASSR相关性更差。推荐听力下降重度以下通过不同频率Tb-ABR了解阈值;重度至极重度聋者,如果Tb-ABR不能引出,可参照ASSR阈值。ASSR可作为一种客观检测方法的补充,用于婴幼儿儿童的听阈评估,但不能取代OAE和ABR。

耳蜗微音器电位(CM)主要反映外毛细胞功能,与OAE一样可用于听神经病的辅助诊断。如OAE幅值正常,而声反射未引出、ABR异常、ASSR与ABR反应阈不匹配,或无法明确是否存在蜗后听神经病时,应密切关注CM。CM还被用于人工耳蜗植入术中残余听力保留与否的监测指标^[19-20]。

一些婴幼儿听力下降的常见疾病,诊断明确后需要进行听力随访,例如听神经病、巨细胞病毒(CMV)感染、大前庭导水管综合征、分泌性中耳炎等。或者在听力随访过程中进一步明确诊断。听神经病听力下降的程度可从轻度至极重度不等,并非所有听神经病患儿都会出现典型的听力学表现,随着患儿年龄的增长听力会有变化。有时患儿出生时OAE可引出,但之后外毛细胞逐渐凋亡,导致OAE无法引出,此时如果ABR和CM均未引出波形反应,将增加听神经病的诊断难度。如果声反射阈、OAE、ABR和CM均异常,但ASSR听阈在70~80 dB nHL,要高度怀疑听神经病。据报道,CMV感染在新生儿时期听力下降中的病因占比为21%,儿童时期为25%,而其中迟发性者占10%^[21],但在国内未引起足够的重视。CMV感染导致的感音神经性听力下降的表型差异较大,从轻度至重度、极重度不等,也可出现渐进性波动性的听力下降。Lanzieri等^[22]报道,先天性CMV感染患儿中30%在出生时即听力下降,剩余70%的无症状者中14%在未来的5年听力下降,25%在18岁时才出现迟发性听力损失。因此,婴幼儿儿童的听力评估随访应该是一个长期的过程,尤其是存在高危因素的患儿^[23-24]。

2 前庭系统评估

2.1 常用测试方法的一般要点、值得关注的问题

前庭系统的评估较听觉系统更为复杂、困难。人类的前庭终器包括两个耳石器—椭圆囊和球囊,以及三个半规管,它们的功能各不相同。一项检测的结果并不能代表整个前庭系统的功能,不同检测结果之间需要互相印证和补充,因此更需强调精细化、个体化、组合式的综合评估。

值得注意的是,前庭终器(主要是半规管)也有自己的频率特性,虽然不如耳蜗那么显著。通过用不同的频率刺激半规管壶腹后,观察和记录眼动情况来判断前庭受损侧别和半规管功能,包括超低频率(0.002~0.004 Hz)刺激的温度试验、中频

(0.01~0.64 Hz)的转椅试验(RCT)以及高频的前庭自旋转试验(0.5~6 Hz)和视频头脉冲试验(vHIT,2~5 Hz)等^[25]。这些检测方法的结果各有其临床意义,不可相互替代。温度试验是前庭功能检查的经典方法之一,通过温度变化改变水平半规管的内淋巴液流动方向,以观察不同方向的眼震。vHIT使用高频、自然的被动甩头刺激,直接反映快速头动中前庭眼反射(VOR)通路的功能,以增益值、是否有扫视波分别定量评估六个半规管功能。温度试验联合vHIT已广泛用于综合评估半规管功能。应当注意,温度试验和vHIT刺激的靶细胞不同。半规管壶腹嵴包含I型和II型两种毛细胞,壶腹嵴顶部是I型毛细胞,感受高频刺激,而壶腹嵴底则是II型毛细胞,感受低频刺激^[26]。内淋巴积液导致的梅尼埃病患者半规管功能障碍以II型毛细胞损伤为主^[27],因此常可检测到温度试验异常。国内一项研究证实,梅尼埃病患者半规管低频功能受损时,其高频功能仍可保持正常,而当低频功能受损加重时,高频功能才出现损害^[28],因此温度试验和vHIT结果并不总是一致^[29]。另外,我们日常头动的频率与vHIT一致,以至于半规管的高频功能即使出现损害也很容易被代偿,所以vHIT表现为正常。与温度试验相比,vHIT的敏感性相对较低,前庭功能损伤达到75%以上时其阳性率才达到76.6%^[30]。头脉冲抑制试验(SHIMP)仅在少数听力中心得到开展,作为vHIT的补充模式,可以有效评价剩余的半规管功能^[31]。

刺激前庭耳石器会引起相应的肌电反应,包括颈肌前庭诱发肌源性电位(cVEMP)和眼肌前庭诱发肌源性电位(oVEMP),分别反映球囊-前庭下神经和椭圆囊-前庭上神经通路的功能^[25,32]。耳石器对声音的反应具有频率特性,cVEMP和oVEMP具有频率调谐的特征。VEMP刺激模式有气导声刺激(ACS)、骨导振动刺激(BCV)和直流电刺激(GVS),ACS、BCV和GVS均可诱发cVEMP和oVEMP的反应。ACS-VEMP已在国内广泛开展,BCV^[33]和GVS-VEMP^[34]尚处于起步阶段。BCV可直接刺激前庭器官,避免外耳、中耳等传导性成分致ACS-VEMP引出率降低的问题,主要用来评估中耳炎患者的耳石器功能^[35-36]。GVS直接刺激前庭上神经或前庭下神经,可用于鉴别迷路后病变。如上所述,cVEMP和oVEMP分别反映球囊-前庭下神经和椭圆囊-前庭上神经通路的功能,且敏感性较高,与GVS-VEMP结合,体现了评估的精细化。例如,我们现在可以分辨前庭神经炎患者的病变部位—前庭上神经或前庭下神经;术前就能明确听神经瘤患者肿瘤的来源,甚至能较ABR更早提示内听道内前庭耳蜗神经通路的异常。另外,上半规管裂综合征患者患耳的VEMP阈值通

常较低,振幅也大于正常值^[32]。这种现象可用“内耳第三窗”来解释,因为第三窗增加了前庭系统及其受体的敏感性。与cVEMP相比,oVEMP对上半规管裂综合征的诊断更具有敏感性和特异性^[37]。容易被忽视的是,VEMP幅值与肌紧张程度有关,若左右两侧肌张力不对称会影响最终的测试结果及临床诊断,而肌张力修正可提高测试的准确性。我们在发表的文章《经肌张力修正的正常成人骨导前庭诱发肌源性电位特征》中对这个问题作了有益的探索^[38]。

2.2 婴幼儿儿童的前庭系统评估

婴幼儿儿童的前庭系统评估同样是一项具有挑战性的工作,较听觉系统还要困难。实际上,婴幼儿儿童的听觉系统评估很早就受到重视,已较为系统、成体系,而前庭系统评估起步晚,国内近几年才逐步开展。婴幼儿前庭功能障碍的发病率达15%~25%,20%~85%的感音神经性听力下降患儿伴有单侧或双侧前庭功能障碍^[39]。婴幼儿人工耳蜗植入前与植入后前庭功能障碍的发生率均接近50%;导致感音神经性听力下降的外部/内部因素如遗传、耳毒性药物、噪声和中耳炎也会影响前庭功能。应该要强调,婴幼儿的早期运动发育取决于前庭系统的功能,如不治疗将会引起发育延迟或不良^[40]。得益于前庭评估方法的进步和认识的深入,儿童眩晕疾病的早期诊断较以前有较大改观。因此,早期诊断将使前庭功能筛查^[41](如同听力筛查)在未来五到十年内成为可能,至少在技术层面上是可行的,而且有必要建立筛查的标准方案。

关于新生儿、婴幼儿、儿童前庭系统的评估还未达成共识。鉴于不同年龄和发育阶段前庭、视觉和本体感觉系统成熟度不同,所能适用的前庭功能检查评估方法有很大区别。对新生儿婴幼儿来说,并非所有的前庭功能检查都必要,亦非所有的检查都适合^[1]。评估的原则是,不在于能够做几项检查,而在于某一检查实施的完整性。

有研究报道,可将改良的感觉整合平衡临床试验、床旁甩头试验、Emory临床前庭椅试验、动态视敏度试验、单腿站立试验、串联站立试验、粗大运动发育等作为前庭筛查试验。如果筛查试验阳性,则需要进一步行前庭功能评估,评估的技术方法与成人一致^[1,40]。

我们总结了文献中所报道的不同年龄段婴幼儿可选择的前庭功能定量测试(图1)^[1]。这些测试方法的可实施时间分为最早检测时间和适宜检测时间。任何年龄段的婴幼儿均可施行RCT,但小婴儿因为坐在父母膝上进行检查而影响检查结果,需要进行相应的调整和校正,所以适宜检测时间为2月龄。最早在出生5d内就可诱发cVEMP,到6月龄时可获得较为可靠的结果。2月

龄的婴儿对冷热和旋转刺激有 VOR 反应, 可以行 vHIT、RCT 和温度试验, 但诊断的准确性常受限。6 月龄时 vHIT 较适宜。因温度试验易导致恶心、呕吐, 有误吸的风险, 因此建议幼儿 5 岁后进行。2 岁后可诱发 oVEMP, 3 岁后 oVEMP 潜伏期及阈值与成人相似, 在检查过程中保持凝视的依从性也较好, 建议 3 岁及以上幼儿开展 oVEMP 检查。综合以上结果, 6 月龄婴儿可能是进行前庭功能筛查的理想时机, 初筛不通过或结果不可靠者在 3 个月后复查。

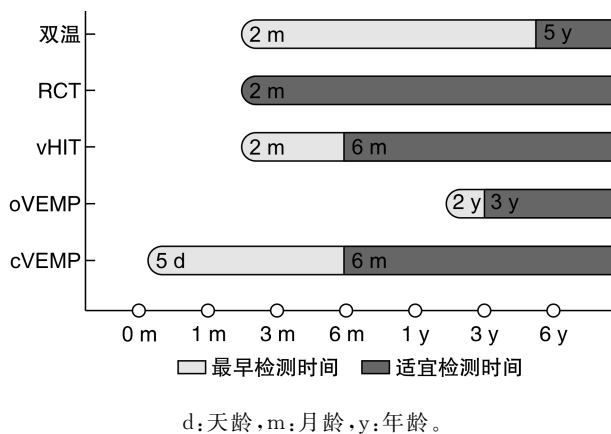


图1 不同年龄段婴幼儿可选择的前庭功能定量测试^[1]

3 常见内耳疾病的听觉、前庭系统综合评估

通过前述的听觉、前庭系统评估, 我们可以了解它们各自的功能状态。但很多内耳疾病往往造成两个系统的功能不同程度地下降, 因此综合评估非常必要, 这样才能提供全面的耳蜗、球囊、椭圆囊、半规管以及前庭上下神经通路的功能信息。必要时再结合影像学、基因学等检查, 有助于掌握这些疾病的全貌。这些疾病的听力学评估均已为我们熟知, 这里主要讲前庭功能评估。

3.1 重度极重度耳聋患者人工耳蜗植入前后的听觉、前庭功能评估

人工耳蜗植入前的评估更像一个系统工程, 最能体现临床听力学进展、评估质量和内涵, 通过评估的结果判断患者是否有耳蜗植入的适应证、是否有残余听力和能否保留、言语康复的预期等。有关的具体内容以及术后的听力评估已有专门文章论述, 本文不重述。

婴幼儿前庭功能障碍的发病率高^[42-44], 特别是在感音神经性听力下降伴内耳畸形的患儿中^[39], 而且导致感音神经性听力下降的许多因素均会影响前庭功能, 加之婴幼儿人工耳蜗植入后前庭功能障碍的发生率接近 50%, 因此人工耳蜗植入前后的前庭功能评估受到国内外学者的广泛、高度重视。对婴幼儿前庭功能障碍的关注可能源于发现人工耳蜗植入对前庭终末器官产生的不利影响。

目前施行人工耳蜗植入大多在 1 岁左右, 此时已适宜做大部分的前庭功能测试。

Jin 等^[45]首次对人工耳蜗植入术的儿童患者进行术前、术后的 cVEMP 比较, 结果显示人工耳蜗植入术后 cVEMP 的反应减弱或消失, 提示人工耳蜗植入术对前庭功能有影响。Xu 等^[46]首次联合采用 oVEMP 和 cVEMP 观察到 3~12 岁儿童人工耳蜗植入术后椭圆囊和球囊的损害。结果显示, 术前术前 oVEMP 和 cVEMP 的引出率分别为 71.0% 和 67.7%, 术后分别降至 12.9% 和 32.0% (开机状态), 19.2% 和 34.8% (关机状态, $P < 0.05$); 引出 VEMPs 的患耳波形参数显示阈值升高和振幅降低。徐勇等(2017)报道了类似的结果。

耳蜗植入术后的颞骨病理变化可分为近期损伤和远期损伤^[47]。电极插入的过程中对耳蜗正常结构造成的创伤是近期损伤, 包括耳蜗开窗处、侧壁、基底膜、骨螺旋板及蜗轴的损伤; 内耳组织对插入电极产生的局部组织反应引起远期损伤, 包括耳内纤维化及骨性病理改变、耳内异物炎性反应与肉芽组织形成、耳蜗螺旋神经节细胞数量改变等。有研究表明, 远期损伤会导致耳蜗植入术后听力下降^[48], 那么前庭功能也将不可避免地受累, 但目前还缺乏耳蜗植入术后对前庭功能长期影响的报道。

CT 和 MRI 影像学评估是婴幼儿儿童人工耳蜗植入前评估的常规而且非常重要的内容, 可以发现并不少见的内耳、耳蜗神经、面神经走行畸形, 关系到手术时机、手术径路、电极、听觉植入装置(耳蜗植入或听性脑干植入)的选择, 以及听力结局和言语康复的效果^[49-51]。

3.2 梅尼埃病

囿于无法病理确诊、无血液或体征的标志物, 迄今为止, 即便已有多次修订的国内外指南, 但梅尼埃病仍然主要通过患者主诉的临床表现做出诊断^[13]。纯音听阈是梅尼埃病临床分期的重要指标, 也是治疗策略选择和治疗效果评估的重要参考因素。耳蜗电图的-SP/AP 可作为诊断内耳膜迷路积水的临床参考^[29], 但敏感性(21%~96%)、特异性(71.2%)较低, 而 SP、AP 的面积比(Asp/Aap)则可增加诊断的敏感性/特异性^[52]。

梅尼埃病患者的耳蜗及前庭功能均会受累。颞骨病理研究显示, 梅尼埃病患者的耳蜗、球囊、椭圆囊、半规管积水占比分别为 100%、86.3%、50%、36.4%^[53]。梅尼埃病患者以前庭功能损害为主要表现, 但以往对梅尼埃病的分期仅关注了听力水平, 并不能够完整反映梅尼埃病的严重程度。刘宇鹏等(2020)通过 cVEMP、oVEMP、vHIT 以及冷热试验分别对球囊、椭圆囊以及各个半规管的功能精准评估, 探讨建立梅尼埃病前庭功能分级的新模式。结果显示, 前庭功能分级与患者梅尼埃病

分期以及病程显著相关,提示梅尼埃病患者随着病程的进展,耳石器功能和半规管功能异常率逐渐增加。听力分期与前庭功能分级的同步评估能够反映患者疾病的进展状态,同时能够对患者治疗方案的选择和康复的预判起到参考作用。前庭功能分级可体现梅尼埃病前庭终器受累的范围,有助于手术方式的选择。例如,Ⅳ期梅尼埃病患者已无实用听力,如果球囊、椭圆囊、各个半规管功能均下降—前庭功能Ⅳ级,就可选择迷路切除。根据听力分期和前庭功能分级选择梅尼埃病手术方式的临床研究尚需进一步深入。

对于梅尼埃病的诊断来说,膜迷路积水 MRI 显影是可以替代内耳活检的重要辅助检查。国内已经广泛开展并取得了一些重要进展^[52,54]。最近,我们发表的膜迷路积水 MRI 显影的国际专家共识^[55],对梅尼埃病的规范化、精细化诊断具有重要意义。

3.3 突发性聋

突发性聋患者听力下降的同时也会出现前庭功能障碍。梁敏等(2020)对突发性聋患者进行纯音测听、cVEMP、oVEMP、冷热试验和 vHIT 等内耳功能组合测试,发现 oVEMP 或/和 cVEMP 异常者疗效较差,提示 oVEMP 和 cVEMP 可能是预测突发性聋患者预后的有效指标。冷热试验和 vHIT 的正常与否对突发性聋患者的总有效率和听力的恢复无影响。前庭功能异常提示突发性聋患者的内耳病变范围较大、程度较重、预后不良。突发性聋患者前庭功能异常的长期预后尚待进一步研究。

MRI 影像学评估亦应被列为突发性聋的诊疗常规。伴内耳出血者常表现为全聋且有严重眩晕^[56];据最新文献报道,听神经瘤患者中 33.8% 有突发性听力下降的病史^[57];MRI 影像学评估可发现除特发性听力下降以外 29% 的其他病因^[58]。

3.4 听神经病

听神经病患者的主要临床表现为可听到声音却不能理解其语义,听觉时域处理功能下降,言语识别率与纯音听阈不成比例的下降^[59-61]。最新的《中国听神经病临床实践指南(2022 版)》^[62]推荐听力学评估项目组合,包括主观和客观测试。

耳蜗电图测试结果有助于明确听神经病的病变部位和预测人工耳蜗植入效果。如果-SP 和 AP 均异常,提示病变在突触前;-SP 和 AP 均消失,但可记录到一个类似潜伏期延迟、幅值增大的 SP 异常正电位,提示带状突触的神经递质释放异常;-SP 存在、AP 幅值明显低于正常或缺失,提示听神经活性降低、失同步化或发育不全;-SP 和 AP 均存在,提示病变部位位于突触后听神经近端。

除内毛细胞-传入神经通路受损以外,听神经

病患者可能伴有潜在的前庭功能异常。虽然在疾病的早期阶段,大多数听神经病患者不会表现为明显的头晕或眩晕症状,但是随着年龄的增加和病程的延长,前庭症状有可能会逐渐显现。因此,阶段性的前庭功能检查能够实时监测患者前庭系统功能变化。应用多种前庭功能检测方法能够对听神经病患者的前庭功能状态进行早期评估,有助于对病变范围做出客观准确的判断,可以对疾病进展情况进行监测,并及时制定相应的治疗与康复计划。听神经病患者 ACS-VEMP 可表现为无法引出或参数异常^[59,63-64];眼震电图和温度试验常可发现单侧或双侧半规管麻痹或功能降低^[59,63-64];RCT 表现为受检耳增益降低和/或耳间增益不对称比增加^[59,63];vHIT 多数患者正常,未见扫视波,而 SHIMP 测试引出反代偿性扫视^[64]。

3.5 前庭神经炎

前庭神经炎根据受损部位分为前庭上神经炎、前庭下神经炎和全前庭神经炎,提示病变可累及整个前庭神经或仅其中一个分支,其中最常见的类型是前庭上神经炎。Chang 等^[65]对 40 例前庭神经炎患者进行纯音测听、ACS-cVEMP、GVS-cVEMP、ACS-oVEMP、GVS-oVEMP 和温度试验检查,结果表明,单纯球囊、椭圆囊功能障碍的比例均分别明显低于球囊-前庭下神经、椭圆囊-前庭上神经功能障碍;累及壶腹 VOR 通路的百分比显著高于累及椭圆囊眼反射通路;前庭上神经炎、前庭下神经炎和全前庭神经炎分别占 37.5%、17.5% 和 45%。vHIT 对前庭神经炎患者的定位诊断、鉴别诊断和康复评估均具有重要意义。vHIT 和温度试验在前庭神经炎患者不同康复阶段的评价意义不同。冯慧敏等^[66]报道,采用 vHIT、温度试验和感觉统合试验三种前庭功能组合测试评估前庭神经炎患者康复治疗后的改善率,在前庭神经炎不同康复阶段各观察指标临床意义不同但可相互补充。Zellhuber 等^[67]认为前庭代偿与高频刺激活动可促进 VOR 的恢复,但是对冷热刺激反应无任何作用。研究结果表明前庭神经炎慢性病程患者(病程超过 2 个月)的 vHIT 和冷热试验结果具有相关性,但在前庭神经炎急性期患者(起病前 3 天)两种检查结果无相关性。

3.6 上半规管裂综合征

上半规管裂综合征患者可表现出多种症状或根本没有症状^[68],给诊断带来了挑战。诊断上半规管裂综合征的金标准是高分辨 CT 的扫描重建,而 VEMP 可作为一种筛查方法。上半规管裂综合征患者的 VEMP 有两个特点:①VEMP 阈值比正常人低 15~30 dB nHL;②VEMP 振幅比正常人高 2.5 倍以上。研究表明,oVEMP 诊断上半规管裂综合征的特异性和敏感性比 cVEMP 更高^[11,69]。

3.7 噪声性聋

噪声暴露除了造成听力下降,也会引起前庭功能损害。动物实验结果表明,短期噪声暴露后出现ABR阈值和cVEMP暂时性变化可分别在4 d、2 d恢复正常;但在长期的噪声暴露下,超过75%的动物会出现永久性的ABR阈值改变及cVEMP消失^[70]。慢性噪声性听力损失患者如果cVEMP缺失,说明噪声对耳囊的耳蜗与球囊部分均有损害。噪声性聋患者的前庭功能表现报道不多,值得关注。

综上所述,针对内耳功能的精细化个体化综合评估,尤其对于婴幼儿儿童群体,具有非常重要的临床意义。当然,我们说综合评估,并不意味着把所有的检查都做一遍,这涉及到评估策略和卫生经济学问题,不属于本文探讨的范畴。当前,对很多疾病的认识还不够深入,当我们了解了这些疾病的全貌和特征,就能化繁为简,形成指南、共识,才能做到精细化、个体化评估,最终使患者受益。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 孙夏雨,陈建勇,段茂利,等. 新生儿婴幼儿前庭功能发育和评估的研究进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,2020,34(5):82-88.
- [2] Kotait MA, Moaty AS, Gabr TA. Vestibular testing in children with severe-to-profound hearing loss[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2019, 125: 201-205.
- [3] 何玉娇,杨丽辉. 成人突发性聋患者听性脑干反应及40 Hz听觉诱发电位与主观纯音听阈测定结果分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(6): 535-537, 542.
- [4] 沈佳丽,陈建勇,汪玮,等. 婴儿不同频率短纯音听性脑干反应正常值研究[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2020, 28(6): 620-624.
- [5] Farinetti A, Raji A, Wu H, et al. International consensus (ICON) on audiological assessment of hearing loss in children[J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis, 2018, 135(1S): S41-S48.
- [6] 陈建勇,杨军. 婴幼儿听力损失评估国际共识[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 32(12): 886-890.
- [7] 李姝娜,沈敏,陈向平,等. 梅尼埃病患者宽频声导抗吸收率的特征[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2019, 33(3): 224-227.
- [8] Tanno G, Santos M, Sanches M, et al. Analysis of wideband tympanometry in Ménière's disease[J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2022, 88(2): 194-203.
- [9] 王秋菊,韩东一,兰兰,等. 大前庭水管综合症的诊治策略研究[J]. 中华耳科学杂志, 2006, 4(4): 315-321.
- [10] Ward BK, van de Berg R, van Rompaey V, et al. Superior semicircular canal dehiscence syndrome: Diagnostic criteria consensus document of the committee for the classification of vestibular disorders of the Bárány Society[J]. J Vestib Res, 2021, 31(3): 131-141.
- [11] 金占国,王恩彤. 上半规管裂综合征诊断标准解读[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2022, 20(1): 67-71.
- [12] Committee on Hearing and Equilibrium guidelines for the evaluation of hearing preservation in acoustic neuroma (vestibular schwannoma). American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation, INC[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 1995, 113(3): 179-180.
- [13] Basura GJ, Adams ME, Monfared A, et al. Clinical Practice Guideline: Ménière's Disease[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2020, 162(2_suppl): S1-S55.
- [14] 王兴龙,王春芳,张平,等. 皮层听觉诱发电位评估人工耳蜗植入语前聋儿童的中枢听觉系统发育[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2020, 28(3): 301-305.
- [15] Gorga MP, Neely ST, Bergman BM, et al. A comparison of transient-evoked and distortion product otoacoustic emissions in normal-hearing and hearing-impaired subjects[J]. J Acoust Soc Am, 1993, 94(5): 2639-2648.
- [16] Joint Committee on Infant Hearing. Year 2019 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs [J]. J Early Hear Detect Interv, 2019, 4(2): 1-44.
- [17] François M, Dehan E, Carlevan M, et al. Use of auditory steady-state responses in children and comparison with other electrophysiological and behavioral tests[J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis, 2016, 133(5): 331-335.
- [18] Dimitrijevic A, John MS, Van Roon P, et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses[J]. J Am Acad Audiol, 2002, 13(4): 205-224.
- [19] Lorens A, Walkowiak A, Polak M, et al. Cochlear Microphonics in Hearing Preservation Cochlear Implants[J]. J Int Adv Otol, 2019, 15(3): 345-351.
- [20] Barnes JH, Yin LX, Saoji AA, et al. Electrocochleography in cochlear implantation: Development, applications, and future directions[J]. World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2021, 7(2): 94-100.
- [21] Morton CC, Nance WE. Newborn hearing screening—a silent revolution[J]. N Engl J Med, 2006, 354(20): 2151-2164.
- [22] Lanzieri TM, Chung W, Flores M, et al. Hearing Loss in Children With Asymptomatic Congenital Cytomegalovirus Infection [J]. Pediatrics, 2017, 139(3): E20162610.
- [23] Duan M, Xie W, Persson L, et al. Postnatal hearing loss: a study of children who passed neonatal TEOAE hearing screening bilaterally [J]. Acta Otolaryngol, 2022, 142(1): 61-66.
- [24] Niu K, Brandström A, Skenbäck S, et al. Risk factors and etiology of childhood hearing loss: a cohort review of 296 subjects[J]. Acta Otolaryngol, 2020, 140(8): 668-674.
- [25] 杨军,郑贵亮. 外周前庭疾病的诊断和治疗[J]. 山东

- 大学耳鼻咽喉眼学报,2020,34(5):1-6.
- [26] Hullar TE, Della Santina CC, Hirvonen T, et al. Responses of irregularly discharging chinchilla semicircular canal vestibular-nerve afferents during high-frequency head rotations [J]. *J Neurophysiol*, 2005, 93(5):2777-2786.
- [27] Kitano K, Kitahara T, Ito T, et al. Results in caloric test, video head impulse test and inner ear MRI in patients with Ménière's disease [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2020, 47(1):71-78.
- [28] 陈瑛, 赵忠新, 庄建华, 等. 梅尼埃病水平半规管高低频前庭功能特点的初步分析 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 29(10):882-884.
- [29] Liu Y, Yang J, Duan M. Current status on researches of Meniere's disease; a review [J]. *Acta Otolaryngol*, 2020, 140(10):808-812.
- [30] 莫江伟, 徐英, 石艳萍, 等. 视频头脉冲试验与冷热试验的相关性研究 [J]. *中华耳科学杂志*, 2021, 19(2):252-257.
- [31] 陈飞云, 陈籽辰, 魏馨雨, 等. 头脉冲抑制试验 [J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2018, 24(6):588-591, 596.
- [32] Rosengren SM, Colebatch JG, Young AS, et al. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications [J]. *Clin Neurophysiol Pract*, 2019, 4:47-68.
- [33] Zhang Y, Chen Z, Zhao H, et al. B81 Bone Vibrator-Induced Vestibular-Evoked Myogenic Potentials; Normal Values and the Effect of Age [J]. *Front Neurol*, 2022, 13:881682.
- [34] Cheng Y, Kimura Y, Kaga K. A study on vestibular-evoked myogenic potentials via galvanic vestibular stimulation in normal people [J]. *J Otol*, 2018, 13(1):16-19.
- [35] Sheykholslami K, Murofushi T, Kermany MH, et al. Bone-conducted evoked myogenic potentials from the sternocleidomastoid muscle [J]. *Acta Otolaryngol*, 2000, 120(6):731-734.
- [36] 李姝娜, 黄玉宇, 陈向平, 等. 儿童分泌性中耳炎前庭功能检测研究 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 34(3):202-206.
- [37] Manzari L, Burgess AM, McGarvie LA, et al. An indicator of probable semicircular canal dehiscence: ocular vestibular evoked myogenic potentials to high frequencies [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 149(1):142-145.
- [38] 沈佳丽, 金玉莲, 马孝宝, 等. 经肌张力修正的正常成人骨导前庭诱发肌源性电位特征 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2022, 36(6):414-419.
- [39] Kimura Y, Masuda T, Kaga K. Vestibular Function and Gross Motor Development in 195 Children With Congenital Hearing Loss-Assessment of Inner Ear Malformations [J]. *Otol Neurotol*, 2018, 39(2):196-205.
- [40] Rine RM. Vestibular Rehabilitation for Children [J]. *Semin Hear*, 2018, 39(3):334-344.
- [41] Verrecchia L, Karpeta N, Westin M, et al. Methodological aspects of testing vestibular evoked myogenic potentials in infants at universal hearing screening program [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):17225.
- [42] Cushing SL, Papsin BC. Special Considerations for the Pediatric Patient [J]. *Adv Otorhinolaryngol*, 2019, 82:134-142.
- [43] Kaga K, Shinjo Y, Jin Y, et al. Vestibular failure in children with congenital deafness [J]. *Int J Audiol*, 2008, 47(9):590-599.
- [44] Shinjo Y, Jin Y, Kaga K. Assessment of vestibular function of infants and children with congenital and acquired deafness using the ice-water caloric test, rotational chair test and vestibular-evoked myogenic potential recording [J]. *Acta Otolaryngol*, 2007, 127(7):736-747.
- [45] Jin Y, Nakamura M, Shinjo Y, et al. Vestibular-evoked myogenic potentials in cochlear implant children [J]. *Acta Otolaryngol*, 2006, 126(2):164-169.
- [46] Xu XD, Zhang XT, Zhang Q, et al. Ocular and cervical vestibular-evoked myogenic potentials in children with cochlear implant [J]. *Clin Neurophysiol*, 2015, 126(8):1624-1631.
- [47] 韩鹏, 牛晓蓉, 杜小滢, 等. 人工耳蜗植入术后的颞骨病理变化及预防措施 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2016, 51(10):786-791.
- [48] Dedhia K, Worman T, Meredith MA, et al. Patterns of Long-term Hearing Loss in Hearing Preservation Cochlear Implant Surgery [J]. *Otol Neurotol*, 2016, 37(5):478-486.
- [49] Li Y, Yang J, Liu J, et al. Restudy of malformations of the internal auditory meatus, cochlear nerve canal and cochlear nerve [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2015, 272(7):1587-1596.
- [50] Sennaroglu L, Bajin MD. Classification and Current Management of Inner Ear Malformations [J]. *Balkan Med J*, 2017, 34(5):397-411.
- [51] 杨军, 梁敏. 内耳畸形分类的更新及意义 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2019, 33(12):1117-1120.
- [52] He B, Zhang F, Zheng H, et al. The Correlation of a 2D Volume-Referencing Endolymphatic-Hydrops Grading System With Extra-Tympanic Electrocochleography in Patients With Definite Ménière's Disease [J]. *Front Neurol*, 2020, 11:595038.
- [53] Oberman BS, Patel VA, Cureoglu S, et al. The aetiopathologies of Ménière's disease: a contemporary review [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2017, 37(4):250-263.
- [54] Liu Y, Zhang F, He B, et al. Vestibular Endolymphatic Hydrops Visualized by Magnetic Resonance Imaging and Its Correlation With Vestibular Functional Test in Patients With Unilateral Meniere's Disease [J]. *Front Surg*, 2021, 8:673811.

- tion of the human vestibulo-ocular reflex during transient yaw rotation[J]. *Exp Brain Res*, 1999, 127(1): 67-74.
- [9] Agrawal Y, Schubert MC, Migliaccio AA, et al. Evaluation of quantitative head impulse testing using search coils versus video-oculography in older individuals[J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(2): 283-288.
- [10] Cullen KE. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control[J]. *Trends Neurosci*, 2012, 35(3): 185-196.
- [11] Kheradmand A, Zee DS. Cerebellum and ocular motor control[J]. *Front Neurol*, 2011, 2: 53.
- [12] Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, et al. The Video Head Impulse Test[J]. *Front Neurol*, 2017, 8: 258.
- [13] Rey-Martinez J, Thomas-Arrizabalaga I, Espinosa-Sanchez JM, et al. Vestibulo-ocular reflex gain values in the suppression head impulse test of healthy subjects[J]. *Laryngoscope*, 2018, 128(10): 2383-2389.
- [14] Lee JY, Kim MB. Effect of Aging and Direction of Impulse in Suppression Head Impulse Test[J]. *Otol Neurotol*, 2020, 41(10): e1231-e1236.
- [15] Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, et al. Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1164: 486-491.
- [16] Suh MW, Park JH, Kang SI, et al. Effect of Goggle Slippage on the Video Head Impulse Test Outcome and Its Mechanisms[J]. *Otol Neurotol*, 2017, 38(1): 102-109.
- [17] Abrahamsen ER, Skals RK, Hougaard DD. Are gain values significantly altered by manual data selection when performing the video Head Impulse Test (v-HIT) on all six semicircular canals with two different v-HIT systems[J]. *J Vestib Res*, 2020, 30(5): 305-317.
- [18] Zamaro E, Saber Tehrani AS, Kattah JC, et al. VOR gain calculation methods in video head impulse recordings[J]. *J Vestib Res*, 2020, 30(4): 225-234.

(收稿日期: 2022-05-17)

(上接第 658 页)

- [55] Liu Y, Pyykkö I, Naganawa S, et al. Consensus on MR Imaging of Endolymphatic Hydrops in Patients With Suspected Hydropic Ear Disease (Meniere) [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 874971.
- [56] 赵欢娣, 成颖, 杨军, 等. 3D-FLAIR MRI 在内耳出血所致的 SSNHL 诊断中的作用[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2020, 34(5): 97-101.
- [57] Takahashi M, Inagaki A, Aihara N, et al. Acoustic neuromas associated with sudden sensorineural hearing loss[J]. *Acta Otolaryngol*, 2022, 142(5): 415-418.
- [58] Levy JM, Amedee RG. In reference to Systematic review of the evidence for the etiology of adult sudden sensorineural hearing loss [J]. *Laryngoscope*, 2010, 120(11): 2347.
- [59] Kaga K. Auditory nerve disease and auditory neuropathy spectrum disorders [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2016, 43(1): 10-20.
- [60] Kaga K, Nakamura M, Shinogami M, et al. Auditory nerve disease of both ears revealed by auditory brainstem responses, electrocochleography and otoacoustic emissions[J]. *Scand Audiol*, 1996, 25(4): 233-238.
- [61] Starr A, Picton TW, Sininger Y, et al. Auditory neuropathy[J]. *Brain*, 1996, 119(Pt 3): 741-753.
- [62] 中国听神经病临床诊断与干预多中心研究协作组, 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会, 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会, 等. 中国听神经病临床实践指南(2022 版) [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2022, 57(3): 241-262.
- [63] Sheykholslami K, Kaga K, Murofushi T, et al. Vestibular function in auditory neuropathy[J]. *Acta Otolaryngol*, 2000, 120(7): 849-854.
- [64] Hu J, Chen Z, Zhang Y, et al. Vestibular dysfunction in patients with auditory neuropathy detected by vestibular evoked myogenic potentials [J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(7): 1664-1671.
- [65] Chang CM, Lo WC, Young YH, et al. Galvanic vestibular-evoked myogenic potentials in evaluating damaged sites of vestibular neuritis [J]. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2022, 7(2): 506-514.
- [66] 冯慧敏, 金占国, 刘红巾, 等. 不同前庭功能检查评估前庭神经炎康复疗效的临床价值 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(26): 2085-2088.
- [67] Zellhuber S, Mahringer A, Rambold HA. Relation of video-head-impulse test and caloric irrigation: a study on the recovery in unilateral vestibular neuritis [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2014, 271(9): 2375-2383.
- [68] Cozart AC, Kennedy JT 3rd, Seidman MD. A Basis for Standardizing Superior Semicircular Canal Dehiscence Management [J]. *Ear Nose Throat J*, 2021, 100(10): NP444-NP453.
- [69] Verrecchia L, Brantberg K, Tawfique Z, et al. Diagnostic Accuracy of Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials for Superior Canal Dehiscence Syndrome in a Large Cohort of Dizzy Patients [J]. *Ear Hear*, 2019, 40(2): 287-294.
- [70] Young YH. Inner ear test battery in guinea pig models-a review [J]. *Acta Otolaryngol*, 2018, 138(6): 519-529.

(收稿日期: 2022-06-06)