

前庭康复在前庭外周性眩晕治疗的研究进展

姜梦莎¹ 席恺¹

[摘要] 眩晕和平衡障碍的发作给各年龄段患者的身体、心理都带来较重的负担,给社会带来高昂的成本。前庭康复作为治疗的主体,早期积极主动且系统地接受康复治疗,将更有利于症状的缓解、功能的恢复以及预防慢性前庭综合征的发生。前庭康复用于前庭外周性眩晕疾病治疗的方法、影响因素及评估等尚无标准,临床应用多样化。本综述对近年前庭康复在前庭外周性眩晕的相关研究进行回顾总结。

[关键词] 眩晕;前庭康复;前庭代偿

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2022.07.018

[中图分类号] R764.3 **[文献标志码]** A

Advances in vestibular rehabilitation in the treatment of peripheral vestibular vertigo

JIANG Mengsha XI Kai

(Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the First Affiliated Hospital, and College of Clinical Medicine of Henan University of Science and Technology, Luoyang, 471003, China)

Corresponding author: XI Kai, E-mail: xikaiwj@163.com

Summary The attack of vertigo and balance disorder affects individual quality of life among all age, while brings high medical burden. Vestibular rehabilitation plays an important role in the treatment for balance disorder. Early active and systematic rehabilitation treatment will be more conducive to symptom relief, functional recovery, and prevent the occurrence of chronic vestibular syndrome. There were no criteria for the methods, influencing factors and evaluation of vestibular rehabilitation in the treatment of peripheral vestibular vertigo yet, and the clinical application is diversified. This paper reviewed and summarized the related studies of vestibular rehabilitation in peripheral vestibular vertigo in recent years.

Key words vertigo; vestibular rehabilitation; vestibular compensation

据报道,30%的人群一生中会经历一次急性前庭外周性病变,常见疾病包括良性阵发性位置性眩晕(BPPV)、前庭神经炎及梅尼埃病等^[1]。前庭康复治疗(vestibular rehabilitation therapy, VRT)在改善前庭功能减退患者的前庭功能、平衡能力、生活质量等方面的疗效优于不治疗或无效治疗者^[2]。本文从VRT在前庭外周性眩晕疾病中的机制、训练方法、干预时机、适应证等方面进行综述。

1 前庭康复机制

前庭外周性眩晕疾病的前庭功能障碍表现为前庭眼反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)损伤及前庭脊髓反射损伤。前庭功能的恢复需要机体进行充分的前庭代偿。此前 McCabe 等提出“小脑抑制学说”,认为单侧前庭功能障碍后,小脑抑制了双侧前庭核团的神经元活动,导致对侧前庭核团在前

庭代偿的早期阶段处于静止状态^[3]。目前在影像学上利用 18F-FDG 注射小鼠体内行 FMRI 检查,提示前庭损伤后大脑各功能区呈现病侧和健侧的明显不对称,以及自发性眼震、倾倒等双侧前庭不对称,该临床表现推翻了上述学说。目前较支持的学说为前庭功能障碍后双侧前庭核团复合体的 I 型兴奋性神经元和 II 型抑制性神经元的再分布、连合抑制环路的调节、神经元突触活性的改变、离子通道的开放以及导向分子、营养分子的释放等^[4],这一过程称为静态代偿。静态代偿过程取决于病因学,往往在发病 72 h 内完成。与此同时,前庭中枢也进行着以“行为信号”为中心的大脑功能区重塑的动态代偿,表现为经交叉上行和下行通路将病变侧前庭系统、边缘系统、感觉系统和运动系统与健侧大脑功能区连接起来,获得双侧前庭功能的再平衡^[5]。动态代偿取决于患者自身^[6],干预性、系统性的康复措施是建立前庭系统和大脑多功能区连接的唯一有效途径。VRT 是以前庭恢复、前庭适应和前庭习服等机制针对视觉、深感觉等设计的

¹河南科技大学临床医学院 河南科技大学第一附属医院耳鼻咽喉头颈外科(河南洛阳,471003)
通信作者:席恺, E-mail: xikaiwj@163.com

一整套训练方法,有利于加速前庭动态代偿。前庭恢复指使丧失的功能恢复到与前庭损伤前相同的功能,如前庭传入冲动的突触数量增加等;前庭适应指通过诱导前庭系统对特定的刺激信号产生的长期适应性变化,前两者机制在各类眩晕疾病治疗方案中均有体现;前庭习服是指通过反复给予外源性刺激而产生适应,降低敏感性。

2 VRT方法

Cawthorne和Cooksey 1946年对外伤后伴眩晕及平衡障碍的士兵给予限制卧床、提倡下床训练,发现士兵的眩晕感和平衡障碍均有效改善,从而提出物理疗法的重要性,由此系统整理出了Cawthorne-Cooksey锻炼法。这项锻炼法一直被公认为是治疗前庭功能低下有效的治疗手段^[7]。1974年,Heeker将此类训练方法用于89例患者,结果显示17%头晕消失,67%改善,4%无变化。2003年,王尔贵教授将VRT思路引入中国,并在先辈基础上加以改善。经过不断应用与更新,形成了现代前庭康复训练,可分为凝视稳定性训练(gaze stability exercises,GSEs)、习服训练、平衡及步态训练、耐力训练四类^[2]。

2.1 GSEs

GSEs是前庭康复的核心项目,通过头眼运动诱发追赶眼跳,提高VOR增益,从而改善动态视敏度^[8]。研究认为即使没有后续训练,GSEs也能提高平衡能力,因此训练重点放在GSEs上^[9]。训练时的视觉目标可由固定靶点进展到更具视觉刺激的靶点,如移动的棋盘等,头部运动速度、距离靶点的距离、锻炼频率和持续时间等参数通常是个性化的,头动幅度和频率对VOR增益值变化影响较大^[10-11],训练时可根据个人耐受程度逐步增加难度。GSEs包括适应练习和替代练习。适应练习包括:①VORx1训练:水平或垂直方向正弦方向转头,眼睛一直注视正中位固定静止视靶,头眼方向相反;②VORx2训练:在VORx1的基础上,视靶向头眼相反的方向移动,即当头部向左旋转时,视靶向右移动,头和视靶的运动幅度以能清晰看到视靶为基本标准。

替代练习包括:①扫视:前方水平放置两个目标,确保头与目标对齐,再看另一个目标,把头转向另一个目标;重复动作;②记忆跟踪:直视一个目标,头与目标对齐,闭上眼睛慢慢将头从目标上移开,向对侧转头,想象你仍在直视目标;睁开眼睛检查眼睛是否能一直盯着目标,如果不能,调整凝视目标;重复动作^[12]。GSEs应从简单的适应练习开始,2015年Cochrane发布的指南明确反对单独进行扫视和记忆追踪练习;急性或亚急性前庭功能减退患者GSEs每天至少12min,慢性前庭功能减退患者每天至少20min,每天至少3次。眩晕症状缓

解、平台期或不配合即可停止康复,并可作为停止康复的理由。

2.2 习服训练

习服训练不包括眼动训练,诱发症状的动作即作为治疗动作,主要用于BPPV。如患侧水平半规管结石,可采取由坐位至患侧垫肩卧位;患侧后半规管结石,可采取由坐位至患侧垫肩侧卧,旋转360°回正。Brandt-Daroff锻炼法可用于任何半规管结石,训练方向非特异性,涵盖左右侧、体位变动等^[13]。

2.3 平衡及步态训练

平衡及步态训练利用人体本体感觉及视觉的替代和适应作用促进前庭代偿,降低跌落风险。练习呈多样性,如前脚后跟对后脚尖直线行走;单腿交替站立;可加以左右转头、睁眼、闭眼,或行走时观看滚动屏幕等,活动平台可使用泡沫平衡垫、草坪等。Han等^[14]认为恢复平衡功能的最终目标是帮助患者尽可能地依赖剩余的前庭功能,而不是依赖视觉和本体感觉,因此患者可耐受情况下,可练习在坚硬的地面上训练。训练时也可使用姿势策略如踝关节策略、髋关节策略以及步态策略,利用身体关节的摇摆、弯曲,如:①向前弯曲:脚趾向上向后移动身体中心,来回摇摆;②向后弯曲:脚跟向上,身体中心向前移动。重复几次^[15]。训练时间由患者自身情况调定,一般自觉疲劳可停止^[2]。

2.4 耐力训练

耐力训练包括有氧慢跑、太极拳训练等。

2.5 虚拟现实技术

虚拟现实技术是近年来前庭康复领域的一个更有效、更具成本效益的潜在候选者^[16]。辅助用于虚拟现实的前庭康复设施多种多样,如运动传感器、运动力板、运动追踪器、眼球跟踪器等,可以提供给患者力学、触觉和视觉反馈,激励患者在虚拟世界中建立物理存在感。Rosiak等^[17]研究表明,运动跟踪器和力板平台(称为混合式虚拟现实设备)对外周前庭功能障碍患者的主观症状缓解有效。Park等^[18]研究表明,眼球跟踪器和头盔显示器结合的虚拟现实设备在提供前庭康复的同时,可以提高靶点的注意力,激活大脑网络。

3 前庭康复时机选择

前庭代偿过程中开展的一系列神经生理学活动及大脑功能区连接均具有时间依赖性,因此把握住前庭代偿时间窗是VRT的关键。Lacour等^[19]发现早期(2周内)VRT治疗的单侧前庭功能减退患者的水平半规管增益值全部恢复,而晚期开展VRT治疗的增益值并未完全恢复,认为2周内开展VRT是恢复前庭功能的最佳时期。Grosch等^[20]建立小鼠单侧前庭损害模型,提示在损伤的第3天,前庭系统、感觉和运动系统等在大脑网络

中最大程度地联系在一起,损伤第 15 天,大脑多功能区之间的连接明显减少,认为前庭外周性眩晕患者在 3 d 左右开展 VRT 效果较佳。Wright^[21]认为一侧前庭功能处于波动状态不宜进行前庭康复训练,应在病情稳定后尽早开始。Smith 等^[22]认为前庭神经炎 VRT 应在急性期之后、自发性眼震及重度眩晕控制后开展。也有部分专家认为任何时期开展 VRT 均有效。急性期开展 VRT 也有可能扰乱机体早期自身的代偿机制,如梅尼埃病,膜迷路积水致眩晕加重时开展 GSEs,可能会加重听力损伤。前庭神经炎发作的 1~2 d 病情较重,在此阶段开展 VRT 会加重患者痛苦。目前临床上开展的 VRT 对开展时机无明确范围,对于指南中的“早期”,目前迫切需要更多临床数据支持。

4 前庭康复在前庭外周性眩晕的适应证

4.1 急性单侧前庭功能病变

急性单侧前庭功能病变是 VRT 的最佳适应证,病因常以前庭神经炎为主,有中到强的证据证明干预是安全的,预期恢复时间为 4~6 周^[23]。Tokle 等^[24]的随机对照试验研究表明,前庭神经炎患者 2 周内实施 VRT,前庭康复组眩晕症状等指标较对照组明显改善。大量临床实验研究发现,VRT 治疗后眩晕症状、步态、动态视力和生活质量方面都有较大改善。基础训练方案可选择 GSEs 中的 VORx1 和 VORx2、平衡及步态训练,也可根据患者不同情况在此基础上增加更高强度的训练。

4.2 BPPV

BPPV 的康复治疗不推荐限制耳石复位后的头部运动,耳石复位治疗和前庭康复训练联合使用较单独耳石复位在平衡能力、焦虑指数及复发率上均有明显差异^[25-26]。VRT 主要以习服训练为主,前庭习服具有时效性,习服产生后可存在数周至数月,如以后继续刺激则可使之延续很久。

4.3 慢性单侧前庭功能减退

虽然 VRT 倡导尽早治疗,但慢性患者治疗仍有效,慢性单侧前庭功能减退患者治疗开始前要排除病因、前庭抑制剂的使用、心理问题以及中枢症状。目前国际上将老年性前庭病变归于慢性前庭功能减退,老年患者基础疾病较多,损伤较重,预后一般较差。Tekin Dal 等^[27]比较了老年患者接受个性化前庭康复方案和居家进行 Cawthorne-Cooksey 锻炼法,结果显示在监督下开展的前庭康复训练在头晕、平衡方面均改善明显。因此条件允许的情况下,支持老年患者在康复师监督指导下开展康复训练,以适应练习、扫视和平滑跟踪及平衡训练为主,尽量尝试虚拟技术辅助,效果更佳。

4.4 双侧前庭功能减退

双侧前庭功能减退(bilateral vestibular dysfunction, BVD)患者最常见的病因包括耳毒性药物

或梅尼埃病等,大部分病因不清。治疗以消除根本病因为主,但前庭毛细胞损伤难以再生,因此 BVD 的治疗主要集中在 VRT 治疗,通常包括平衡练习。Herdman 等^[28]报道 38%~86% 的 BVD 患者在 VRT 治疗后评估指标均改善,但改善程度不如急性单侧前庭功能病变患者。许多学者认为听觉生物反馈可以弥补前庭信息的缺失,帮助 BVD 患者在闭眼状态达到较好的体位矫正率;振动触觉反馈信号也可以帮助 BVD 患者稳定站立姿势或改变步态,降低摇摆幅度,控制并改善平衡^[29]。比较推荐 BVD 患者使用虚拟技术辅助前庭康复。VRT 对 BVD 患者的凝视及平衡功能虽有改善,但损伤不可逆,人工前庭通过将头部运动的信息转化为经过调节的电信号,使双侧前庭输出信号达到对称,从而降低 BVD 患者跌倒的风险,是目前 BVD 患者值得考虑的有效治疗方法。

5 影响前庭康复的因素

性别差异以及合并高血压、糖尿病等对前庭康复疗效无影响;长期使用前庭抑制药、高龄、偏头痛、周围神经病变、骨骼病变以及较差的睡眠可能对康复结果产生负面影响,焦虑、抑郁状态对前庭康复存在较大障碍^[30]。良好的认知及干预时间对前庭康复疗效起决定性作用。倍他司汀类药物及银杏叶提取物 EGb761 可分别通过介导双侧前庭神经核团复合体的 GABA 神经元的不对称兴奋以及调节前庭系统与大脑之间局部葡萄糖代谢的重新平衡,促进前庭代偿,辅助用药可增强康复疗效^[31-32]。部分患者会在 VRT 1~2 周内出现不良反应,表现为眩晕、恶心和定向障碍等,影响前庭康复,但这种症状会在 2~3 周消失^[33]。

6 前庭康复效果的评估

6.1 常用主观量表

头晕评价量表(dizziness handicap inventory, DHI)包含情感、功能和身体三个子组,综合反映患者的抑郁、眩晕症状和生活质量情况,指导临床治疗方向,已被翻译为多国语言,是目前在前庭康复疗效评估中应用最广泛的眩晕量表^[34]。加州大学洛杉矶分校头晕问卷(UCLA dizziness questionnaire, UCLA-DQ)包含头晕或眩晕发作的频率、严重程度,以及头晕对日常生活的影响和担心发作的恐惧程度,问卷设置 5 个题目,可广泛、快速用于眩晕疾病发作急性期的筛查,缺点是问卷内容不包含患者的既往病史。眩晕症状量表(vertigo symptoms scale)和眩晕障碍问卷(vertigo handicap questionnaire)主要用于了解眩晕的发作诱因、症状以及既往病史,国外常使用,中文版使用频率较低,信度和效度有待考究。前庭康复眩晕评估仍推荐 DHI 和 UCLA-DQ 量表,在评估前庭康复眩晕症状恢复方面两者联合使用常较单独使用更全面。

berg 平衡量表(berg balance scale, BBS)是目前在评估跌倒风险和 VRT 改善平衡功能有效性中应用最广泛的量表,但量表的结果可能会因应用的场景、参与者的配合度等存在差异,因此每项研究评估时都应考虑信度系数且评估时长较长。Tinetti 平衡与步态量表(performance oriented mobility assessment, POMA)常用于中老年群体的平衡与步态评估,评估内容较 BBS 更详尽,包含步态分析,评估时间较 BBS 短,评估工具仅需一把椅子,在国外应用较广,国内应用较少^[35]。目前国内已有多个 POMA 量表版本,可用于临床及研究,使用方便迅速,提倡应用。

6.2 体格检查

自发性眼震的方向改变或消失代表静态代偿的完成;摇头眼震即被动甩头后出现的至少 5 个连续的眼震且眼震强度 $>2^\circ/s$,代表动态代偿过程尚未建立^[36];Romberg 征、强化 Romberg 征、Fukuda 踏步试验、仪器表计时起步-行走实验可评估静态平衡能力。

6.3 客观检查

视频头脉冲式试验评估 6 个半规管的高频功能(2~6 Hz),检测的 VOR 增益值、不对称性及相位指标及动态视敏度可观察患者中枢代偿情况;前庭双温实验评价水平半规管低频功能(约 0.003 Hz),优势偏向 DP 值最具价值,降至正常范围是前庭代偿完成的标志^[37];前庭代偿过程中各频段恢复不一致,检查存在分离现象,因此必须联合检测;主观视觉垂直线/平行线的方向、强度及偏斜角度可评价耳石器功能恢复状态。静态姿势图及动态平衡测试仪测定,可了解前庭康复后平衡能力恢复情况。

6.4 前庭代偿指数

Guajardo-Vergara 等^[38]设计出 PR 分数—VOR 低增益时出现的补偿性扫视的离散值,患者的 DHI 评分与 PR 分值正相关,在未发生补偿的情况下 PR 分值较高,可以作为代偿指数评估前庭代偿情况。Verbecque 等^[39]对不同代偿状态下的前庭功能障碍患者进行 VOR 和平衡变量评估,发现闭眼状态下平衡功能(standing balance sum-eyes closed, SBS-EC)的分值和年龄两个指标对检验代偿程度的敏感性为 83.9%,特异性为 72.4%,由此建立安特卫普前庭代偿指数(Antwerp Vestibular Compensation Index, AVeCI)。AVeCI = $-50 + \text{年龄} \times 0.486 + \text{SBS-EC} \times 0.421$, AVeCI <0 时为未代偿, AVeCI >0 时为代偿。PR 分数和 AVeCI 的设定可使临床医生及前庭康复治疗师更清晰、客观地把握患者的前庭功能状态,为个性化治疗提供依据。建议临床应用。

7 展望

VRT 方案在近些年发生了重大改变,目前应用于临床的 VRT 各不相同,存在着方案不统一、适应证不确切、评估不准确等问题。未来随着对 VRT 了解的深入,有望建立系统性 VRT 方案,广泛应用于临床患者。此外应鼓励更多匹配前庭康复的虚拟技术,以使 VRT 更便捷、更精准。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zwergal A, Dieterich M. Vertigo and dizziness in the emergency room[J]. *Curr Opin Neurol*, 2020, 33(1): 117-125.
- [2] Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, et al. Vestibular Rehabilitation for Peripheral Vestibular Hypofunction: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline; FROM THE AMERICAN PHYSICAL THERAPY ASSOCIATION NEUROLOGY SECTION [J]. *J Neurol Phys Ther*, 2016, 40(2): 124-155.
- [3] Smith PF. Why the cerebellar shutdown/clampdown hypothesis of vestibular compensation is inconsistent with neurophysiological evidence[J]. *J Vestib Res*, 2020, 30(5): 295-303.
- [4] Lacour M, Helmchen C, Vidal PP. Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend[J]. *J Neurol*, 2016, 263 Suppl 1: S54-64.
- [5] Müller B, Volk GF, Guntinas-Lichius O. [Rehabilitation of facial palsy and vertigo in patients with vestibular schwannoma][J]. *HNO*, 2017, 65(9): 724-734.
- [6] Lacour M, Bernard-Demanze L. Interaction between Vestibular Compensation Mechanisms and Vestibular Rehabilitation Therapy: 10 Recommendations for Optimal Functional Recovery[J]. *Front Neurol*, 2014, 5: 285.
- [7] Jahn K, Lopez C, Zwergal A, et al. Vestibular rehabilitation therapy in Europe: chances and challenges[J]. *J Neurol*, 2019, 266(Suppl 1): 9-10.
- [8] Allum J, Scheltinga A, Honegger F. The Effect of Peripheral Vestibular Recovery on Improvements in Vestibulo-ocular Reflexes and Balance Control After Acute Unilateral Peripheral Vestibular Loss[J]. *Otol Neurotol*, 2017, 38(10): e531-e538.
- [9] Morimoto H, Asai Y, Johnson EG, et al. Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults[J]. *Gait Posture*, 2011, 33(4): 600-603.
- [10] Sulway S, Whitney SL. Advances in Vestibular Rehabilitation[J]. *Adv Otorhinolaryngol*, 2019, 82: 164-169.
- [11] Roller RA, Hall CD. A speed-based approach to vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: A retrospective chart review[J]. *J Vestib Res*, 2018, 28(3/4): 349-357.
- [12] Pimenta C, Correia A, Alves M, et al. Effects of oculo-motor and gaze stability exercises on balance after stroke: Clinical trial protocol[J]. *Porto Biomed J*,

- 2017,2(3):76-80.
- [13] 姜树军,孙勃,荣良群,等.常用的前庭康复疗法[J].中国听力语言康复科学杂志,2020,18(1):1-4,10.
- [14] Han BI, Song HS, Kim JS. Vestibular rehabilitation therapy: review of indications, mechanisms, and key exercises[J]. J Clin Neurol, 2011, 7(4):184-196.
- [15] Meldrum D, Jahn K. Gaze stabilisation exercises in vestibular rehabilitation: review of the evidence and recent clinical advances[J]. J Neurol, 2019, 266(Suppl 1):11-18.
- [16] 刘东冬,张甦琳,刘波,等.基于机器学习的前庭康复决策研究[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2020,34(7):592-598.
- [17] Rosiak O, Szczepanik M, Woszczak M, et al. [Effectiveness of vestibular rehabilitation in patients with vestibular dysfunction][J]. Med Pr, 2019, 70(5):545-553.
- [18] Park JH, Jeon HJ, Lim EC, et al. Feasibility of Eye Tracking Assisted Vestibular Rehabilitation Strategy Using Immersive Virtual Reality[J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2019, 12(4):376-384.
- [19] Lacour M, Thiry A, Tardivet L. Two conditions to fully recover dynamic canal function in unilateral peripheral vestibular hypofunction patients[J]. J Vestib Res, 2021, 31(5):407-421.
- [20] Grosch M, Lindner M, Bartenstein P, et al. Dynamic whole-brain metabolic connectivity during vestibular compensation in the rat[J]. Neuroimage, 2021, 226:117588.
- [21] Wright T. Menière's disease[J]. BMJ Clin Evid, 2015, 2015:0505.
- [22] Smith T, Rider J, Cen S, et al. Vestibular Neuritis [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
- [23] Meldrum D, Herdman S, Vance R, et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular loss: results of a randomized controlled trial[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(7):1319-1328. e1.
- [24] Tokle G, Mørkved S, Bråthen G, et al. Efficacy of Vestibular Rehabilitation Following Acute Vestibular Neuritis: A Randomized Controlled Trial [J]. Otol Neurotol, 2020, 41(1):78-85.
- [25] Rodrigues DL, Ledesma A, Pires de Oliveira CA, et al. Effect of Vestibular Exercises Associated With Repositioning Maneuvers in Patients With Benign Paroxysmal Positional Vertigo: A Randomized Controlled Clinical Trial [J]. Otol Neurotol, 2019, 40(8):e824-e829.
- [26] Marsden J, Pavlou M, Dennett R, et al. Vestibular rehabilitation in multiple sclerosis: study protocol for a randomised controlled trial and cost-effectiveness analysis comparing customised with booklet based vestibular rehabilitation for vestibulopathy and a 12 month observational cohort study of the symptom reduction and recurrence rate following treatment for benign paroxysmal positional vertigo [J]. BMC Neurol, 2020, 20(1):430.
- [27] Tekin Dal B, Bumin G, Aksoy S, et al. Comparison of Activity-Based Home Program and Cawthorne-Cooksey Exercises in Patients With Chronic Unilateral Peripheral Vestibular Disorders [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2021, 102(7):1300-1307.
- [28] Herdman SJ, Hall CD, Maloney B, et al. Variables associated with outcome in patients with bilateral vestibular hypofunction: Preliminary study [J]. J Vestib Res, 2015, 25(3/4):185-194.
- [29] Lee SU, Kim HJ, Kim JS. Bilateral Vestibular Dysfunction [J]. Semin Neurol, 2020, 40(1):40-48.
- [30] Whitney SL, Sparto PJ, Furman JM. Vestibular Rehabilitation and Factors That Can Affect Outcome [J]. Semin Neurol, 2020, 40(1):165-172.
- [31] Lindner M, Gosewisch A, Eilles E, et al. Ginkgo biloba Extract EGb 761 Improves Vestibular Compensation and Modulates Cerebral Vestibular Networks in the Rat [J]. Front Neurol, 2019, 10:147.
- [32] Sanchez-Vanegas G, Castro-Moreno C, Buitrago D. Betahistine in the Treatment of Peripheral Vestibular Vertigo: Results of a Real-Life Study in Primary Care [J]. Ear Nose Throat J, 2020, 99(6):356-360.
- [33] Szturm T, Reimer KM, Hochman J. Home-Based Computer Gaming in Vestibular Rehabilitation of Gaze and Balance Impairment [J]. Games Health J, 2015, 4(3):211-220.
- [34] Formeister EJ, Krauter R, Kirk L, et al. Understanding the Dizziness Handicap Inventory (DHI): A Cross Sectional Analysis of Symptom Factors That Contribute to DHI Variance [J]. Otol Neurotol, 2020, 41(1):86-93.
- [35] 杨琛,王秀华,刘莉. Tinetti 平衡与步态量表在移动及平衡能力评估中的应用进展 [J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34(5):601-606.
- [36] 刘雯宇,万慧娟,刘丹青,等.摇头眼震在前庭外周损伤的临床价值探讨 [J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(2):232-235.
- [37] 王璟,周玉娟,余菁,等.优势偏向在外周性眩晕患者前庭功能评估中的意义 [J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 52(3):200-204.
- [38] Guajardo-Vergara C, Pérez-Fernández N. In Response to A New and Faster Methodsto Assess Vestibular Compensation; A Cross-Sectional Study [J]. Laryngoscope, 2021, 131(2):E582.
- [39] Verbecque E, Wuyts FL, Vanspauwen R, et al. The Antwerp Vestibular Compensation Index (AVeCI): an index for vestibular compensation estimation, based on functional balance performance [J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2021, 278(6):1755-1763.

(收稿日期:2021-10-20)