·综述·

前庭康复治疗的现状与展望

王旭东[1]　姜楠[1]　郭爱松[2]
[1]南通大学医学院,南通　226001; [2]南通大学附属医院中医科,南通　226001
通信作者:郭爱松,Email:guoasg@ ntu.edu.cn

【摘要】 前庭康复治疗是基于运动锻炼的治疗方法,旨在缓解前庭功能障碍患者的头晕程度,改善凝视稳定性和姿势控制能力。本文主要从前庭康复治疗的方法与机制、临床应用、相关新技术等方面进行综述,旨在为从事前庭康复的医疗工作者提供参考。

【关键词】 前庭康复治疗; 头晕; 眩晕
DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.03.020

头晕是临床高发症状之一。随着年龄的增长,头晕发生率呈现出明显的上升趋势,女性更易受到影响,男女患病率比例约为 1.0∶2.7[1-2]。头晕会导致患者的跌倒风险和医疗支出增加,对社会的经济与生产造成一定的负担[3]。按病因不同,头晕可分为前庭性头晕、全身疾病相关的头晕以及病因不明的头晕[4]。当前庭系统相关通路发生病变或功能异常时,即会导致头晕[5]。前庭康复治疗是一种可缓解头晕、改善凝视稳定性和姿势控制的运动锻炼方法,主要用于因前庭功能障碍所致头晕患者的治疗[6]。本研究就前庭康复治疗的方法与机制、临床应用、新技术等进行综述,以期为前庭康复治疗的临床实践与研究提供参考。

前庭康复治疗的方法与机制

20 世纪 40 年代,前庭康复治疗(Cawthorne-Cooksey 练习)便被应用于前庭功能障碍患者,该练习包括在不同体位下完成一系列眼球运动和头颈、躯体运动[7]。为了满足临床精细化治疗的需求,前庭康复治疗方法逐渐发展为 4 类:凝视稳定性训练、习服训练、平衡及步态训练、耐力训练。

一、凝视稳定性训练

包括摇头固视和反向固视。具体方法:①摇头固视——要求前庭功能障碍患者凝视视野前方中央的静止物体(如卡片、符号等),伴随头部上下、左右摇动;②反向固视——要求前庭功能障碍患者追视一个移动的物体,头部则朝着物体的相反方向转动。此类练习是根据前庭适应机制而设计的,对于前庭眼反射增益降低的前庭功能障碍患者,头部运动时,视觉图像在视网膜上滑动,这种刺激将导致前庭中枢整合信息,增加前庭眼反射增益,缓解头晕症状,提高凝视稳定性[8]。

二、习服训练

习服训练是指让前庭功能障碍患者主动反复经历引起症状的特定刺激,如快速的车流、涌动的人群、超市货架等复杂的视觉刺激,以及体位改变等,刺激强度以能引起轻度至中度的症状为宜[9],从而提高耐受能力,主要用于改善体位变化、视觉刺激诱导的头晕。Brandt-Daroff 训练是耳石症患者特异性的习服训练[10]。

三、平衡及步态训练

平衡练习是指在改变视觉(如睁眼/闭眼)和本体觉输入(如脚踩在软垫/泡沫垫)的条件下维持平衡状态的训练,训练中还可通过减小支撑面来提高上述练习的难度,通过重心转移训练提高动态平衡能力。步态练习是让患者在行走时配合头部运动,如行进间伴头部的上下、左右摇动,绕“8”字等。这类训练的机制是感觉替代,即增加视觉和本体觉的比重,以代替缺失的前庭觉。有研究认为小脑内部模型可能主导了这一过程[11-12]。

四、耐力训练

耐力训练(如功率自行车、步行等)对于前庭症状的改善作用较小[13-14],主要用于改善前庭功能障碍患者因制动而导致的机体活动能力下降(如肌力、心肺功能下降)。

前庭康复治疗在外周前庭疾病中的应用

对于良性阵发性位置性眩晕,手法复位仍是一线治疗的首选方法[15]。但研究也支持手法复位联合前庭康复治疗可以进一步提高良性阵发性位置性眩晕的治疗效果[16-17]。若良性阵发性位置性眩晕患者不能配合手法复位或复位后残余头晕,可给予其前庭康复治疗,进而缓解残余症状,降低良性阵发性位置性眩晕的复发率[18-19]。

单侧前庭功能低下是指单侧外周前庭感觉器官或前庭神经功能的部分或完全丧失。单侧前庭功能低下常由前庭神经炎、梅尼埃病、创伤、手术干预、耳毒性药物或迷路的其它损害引起。Tokle 等[20]比较了急性单侧前庭神经炎的两种治疗方案的效果,对照组给予 10 d 的泼尼松龙治疗,试验组在此基础上进行前庭康复治疗,结果显示试验组的头晕症状改善优于对照组,此后 12 个月的随访时期内这种优势仍然存在,说明前庭康复治疗前庭神经炎的效果可以长期维持。Michel 等[21]探讨了急性单侧前庭功能低下后前庭康复治疗的介入时机,3 组患者分别于发病后 2 周内、发病后 3~4 周、发病后 1 个月以上进行凝视稳定性训练,每周 2 次,每次 30 min,共 4 周,干预后 3 组患者的头晕残障量表评分均有改善,发病后 1 个月以上进行治疗的患者评分明显高于其它两组,发病后 2 周内开始治疗的患者在动态视力和前庭眼反射增益方面显著改善,代偿性扫视百分比降低,提示对于急性单侧前庭功能低下的患者,应尽早进行前庭康复治疗。Scheltinga 等[22]将急性单侧前庭功能低下患者按年龄分为青年组、中年组、老年组(60~74 岁),3 组患者均接

受前庭康复治疗(主要是平衡训练),13 周后,3 组患者受累侧前庭眼反射功能恢复正常,闭眼站于软垫时,中年组身体摇摆速度恢复正常的时间为 3.7 周,而老年组为 9.6 周,该项研究表明,前庭康复治疗有助于改善所有年龄段的前庭眼反射水平,60 岁以上人群平衡能力的改善速度较慢。Smółka 等[23]研究证实,有监督的、个性化的前庭康复治疗对慢性单侧前庭功能低下患者步态平衡、头晕程度的改善幅度,优于传统的 Cawthorne-Cooksey 练习。综上所述,单侧前庭功能低下发生后,应尽早进行前庭康复治疗;任何年龄区间的单侧前庭功能低下患者都可能从前庭康复治疗中获益,但老年人需要更长的时间实现康复目标;对单侧前庭功能低下患者的前庭康复治疗进行监督,有助于取得更好的临床疗效。

双侧前庭功能低下是指双侧外周前庭感觉器官或前庭神经功能的部分或完全丧失,多见于双侧梅尼埃病、使用耳毒性药物、感染、先天性缺陷等。有研究探究了运动类型对双侧前庭功能低下患者动态视敏度康复的影响,试验组进行凝视稳定性训练,对照组进行扫视练习(头部不动),干预后,仅试验组患者的动态视敏度得到了显著改善[24-25]。Maslovara 等[26]的研究比较了前庭康复治疗对于慢性单侧前庭功能低下和双侧前庭功能低下临床作用的差别,结果表明 2 组患者均可以从中获益,活动平衡信心评分、头晕残障量表评分均得到了改善。Gillespie 等[27]对 30 例双侧前庭功能低下患者进行了前庭康复治疗干预,结果显示 18 例患者的症状得到了改善。

前庭康复治疗在中枢前庭疾病中的应用

Furman 等[28]提出,偏头痛相关环路与中枢前庭通路之间存在大量重叠。研究表明,前庭康复治疗可以改善前庭性偏头痛患者的头晕和平衡能力[29-31],其可能的机制是前庭性偏头痛患者经前庭康复治疗后,额叶、岛叶活动减少,小脑活动增多[32-33]。Sugaya 等[34]研究报道,前庭康复治疗还可以改善前庭性偏头痛患者的头痛症状,前庭刺激可能通过其与丘脑核团、孤束核的联系来调节体感知觉,从而减轻疼痛。值得注意的是,仅有不到 16% 的患者进行过前庭康复治疗,表明前庭康复治疗在前庭性偏头痛患者中并未得到广泛应用[35]。

持续性姿势性-感知性头晕(persistent postural perceptual dizziness, PPPD)的临床特征包括持续性的头晕(至少 3 个月)、非旋转性眩晕以及主观的不稳感。在直立姿势、运动或视觉刺激的条件下,患者的症状会加重[36]。中枢神经系统的功能性和结构性改变是其重要的病理机制[37]。Nada 等[38]的研究表明,为期 6 周的前庭康复治疗可以有效改善 PPPD 患者头晕相关的功能、身体障碍,但较长的病程可能会影响前庭康复治疗的疗效。Herdman 等[39]认为前庭康复治疗联合认知行为疗法(cognitive behavioural therapy,CBT)会取得更好的治疗效果。考虑到PPPD是一种慢性疾病,所以有关 PPPD 的研究应适当延长随访时间,以评估前庭康复治疗对 PPPD 的长期治疗效果。

脑卒中患者因运动功能和高级脑功能损伤,存在较高的跌倒风险。Tramontano 等[40]的研究证实,与常规平衡训练相比,前庭康复治疗可以显著改善亚急性脑卒中患者的步行速度与步幅。前庭眼反射功能与步态显著相关[41],在 Mitsutake 等[42]的研究中,发现前庭康复治疗可以显著提高脑卒中患者的前庭眼反射功能,并改善步态。Zhao 等[43]发现凝视稳定性训练可以提高脑卒中患者患侧的重心转移与单腿站立能力,从而降低跌倒风险。需要特别注意的是,与健康对照组相比,脑卒中患者在受到前庭刺激时更容易失去站立平衡[44],因此在对脑卒中患者进行前庭康复治疗时,尤其要做好安全监护,规避不良事件的发生。

多发性硬化是一种免疫介导性疾病,主要病变特点是中枢神经系统炎性脱髓鞘。患者往往会出现头晕、疲劳感、动态凝视稳定性和平衡控制能力下降[45-46]。Tramontano 等[47]的研究发现,与常规神经康复相比,前庭康复治疗可以更为有效地提高多发性硬化患者的平衡功能和日常生活活动能力。此外,前庭康复治疗在缓解患者疲劳感方面也更具优势。Hebert 等[48]在研究中发现,无论多发性硬化患者是否存在脑干或小脑损伤,前庭康复治疗均能改善头晕、平衡、疲劳和与健康相关的生活质量指标。

创伤性脑损伤是指因外来暴力造成的脑部损伤,可导致意识障碍、记忆缺失、神经功能障碍等。此前,前庭康复治疗在创伤性脑损伤中应用的研究较少,多为回顾性研究、病例报道[49-52]。近期的一些随机对照研究提供了新的证据。Schneider 等[53]研究报道,采用颈部理疗联合前庭康复治疗,可以加快运动相关性脑震荡患者头晕、头痛、颈部疼痛症状的恢复,使患者能更早恢复正常运动。Tramontano 等[54]研究证实,重度创伤性脑损伤患者也可以从前庭康复治疗中获益。

前庭康复治疗在其它疾病中的应用

由于前庭系统与认知相关神经系统、自主神经系统、内分泌系统等存在联系[55],所以通过前庭康复治疗刺激前庭系统,将有可能对一些非前庭疾病的治疗产生帮助。郑继青等[56]比较了认知行为疗法、认知行为疗法联合前庭康复治疗两种治疗方案对注意力缺陷多动障碍患儿的治疗效果,结果表明联合治疗方案的效果更好,由此认为注意力缺陷多动障碍患儿可以从前庭康复治疗中获益。张启富等[57]的研究发现,前庭康复治疗有助于增强上运动神经元膀胱功能障碍患者的膀胱功能,进而降低尿道感染的风险,其潜在机制是前庭康复治疗可能通过影响自主神经、内分泌以及运动系统,间接调控膀胱功能。在另一项研究中,前庭康复治疗被发现有助于改善脊髓损伤患者心血管系统的自主神经调控能力,从而降低循环系统并发症的风险[58]。此外,前庭刺激能够缓解经前综合征患者的精神症状[59]。

前庭康复治疗领域的新技术

随着科技的进步,一些新技术有望成为前庭康复治疗的有效辅助与补充方法。

前庭植入是指经迷路途径将电极植入至外淋巴空间靠近壶腹神经处,通过刺激神经末梢,恢复或部分恢复前庭功能[60]。目前,有关前庭植入病例的报道较少,且主要集中在西方国家[61]。前庭植入的主要适应症是双侧前庭功能低下[62]。据报道,前庭植入可以恢复双侧前庭功能低下患者的前庭眼反射增益,提高姿势控制能力[63-64]。然而,也有研究显示,前庭植入会对双侧前庭功能低下患者的听力造成损害[65],不良事件是前庭

植入临床应用所面临的挑战之一。

感觉增强是指通过额外的感官信息(如震动触觉、听觉、电触觉等),进而为身体运动提供反馈[66]。目前,感觉增强设备的开发更加注重“时间”、“空间”上的便捷性。Kingma 等[67]设计了震动触觉腰带,当躯干向某一方向倾斜时,该方向的触觉器被激活,通过产生震动提醒某个方向上的倾斜,当躯干恢复直立后,触觉器就停止提示,研究纳入的 31 例双侧前庭功能低下患者中,有 23 例患者的主观平衡能力和生活质量有所改善。值得注意的是,对于双侧前庭功能低下的患者,应用触觉震动反馈执行双任务时需要更长的反应时间[68]。提示执行双任务时,应减少对患者的外界干扰。

虚拟现实通过传感器技术创造沉浸式虚拟环境。本文前述的“凝视稳定性训练、习服训练”,均可以借助虚拟现实平台展现。Stankiewicz 等[69]研究表明,虚拟现实辅助下的前庭康复治疗效果并不优于传统前庭康复治疗,但受试者的主观满意度较高。Viziano 等[70]则认为虚拟现实联合传统前庭康复治疗可以进一步提高治疗效果。量效关系可能是导致不同结果的重要原因。Bergeron 等[71]认为,虚拟现实辅助下的前庭康复治疗见效至少需要 150 min。

国内的前庭康复治疗尚未普及,患者居家治疗也会因依从性问题而不能取得理想的治疗效果。基于互联网的前庭康复治疗有望改变这一现状,郑贵亮等[72]基于互联网平台开展前庭康复治疗,结果发现 82 例居家康复患者的依从性好,总体有效率为 91.7%。Geraghty 等[73]的研究也证实了基于互联网的前庭康复治疗的有效性。从卫生经济学的视角看,互联网背景下的前庭康复治疗更具成本优势[74]。

总结与展望

综上所述,无论是外周性还是中枢性前庭疾病患者,当其前庭代偿尚未建立时,通过前庭康复治疗均有望改善头晕、平衡障碍等症状。

我国的前庭康复治疗起步较晚,未来需要进行高质量的临床研究,深入探讨前庭康复治疗用于不同疾病时的最佳治疗参数,并评估其对不同疾病的长期治疗作用,形成符合本国国情的循证指南。此外,前庭康复治疗的相关研究需要重点关注儿童、老年人两类人群,并加快新技术的研发与应用。

参 考 文 献

[1] Sedeño-Vidal A, Hita-Contreras F, Montilla-Ibáñez MA. The effects of vestibular rehabilitation and manual therapy on patients with unilateral vestibular dysfunction: a randomized and controlled clinical study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(22): 15080. DOI: 10.3390/ijerph192215080.

[2] Neuhauser HK. The epidemiology of dizziness and vertigo[J]. Handb Clin Neurol, 2016, 137: 67-82. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00005-4.

[3] Tyrrell J, Whinney DJ, Taylor T. The cost of Ménière's disease: a novel multisource approach[J]. Ear Hear, 2016, 37(3): e202-e209. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000264.

[4] 中华医学会神经病学分会,中华神经科杂志编辑委员会. 眩晕诊治多学科专家共识[J]. 中华神经科杂志, 2017, 50(11): 805-812. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2017.11.002.

[5] Manso A, Ganança MM, Caovilla HH. Vestibular rehabilitation with visual stimuli in peripheral vestibular disorders[J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2016, 82(2): 232-241. DOI: 10.1016/j.bjorl.2015.05.019.

[6] 宋宁, 祁晓媛, 张赛, 等. 前庭康复的临床研究进展[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(26): 2091-2094. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210223-00474.

[7] Afrasiabifar A, Karami F, Najafi Doulatabad S. Comparing the effect of Cawthorne-Cooksey and Frenkel exercises on balance in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2018, 32(1): 57-65. DOI.1177/0269215517714592.

[8] Whitney SL, Alghwiri AA, Alghadir A. An overview of vestibular rehabilitation[J]. Handb Clin Neurol, 2016, 137: 187-205. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00013-3.

[9] 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. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000120.

[10] 时海波. 前庭代偿机制研究新进展及其临床意义[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2016, 36(9): 1346-1350. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2016.09.017.

[11] 张洋浔, 张潇洋, 容永豪, 等. 前庭代偿机制与前庭康复治疗[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(26): 2095-2098. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2016.09.017.

[12] Carriot J, Jamali M, Cullen KE. Rapid adaptation of multisensory integration in vestibular pathways[J]. Front Syst Neurosci, 2015, 9: 59. DOI: 10.3389/fnsys.2015.00059.

[13] Enticott JC, Vitkovic JJ, Reid B, et al. Vestibular rehabilitation in individuals with inner-ear dysfunction: a pilot study[J]. Audiol Neurootol, 2008, 13(1): 19-28. DOI: 10.1159/000107434.

[14] Krebs DE, Gill-Body KM, Riley PO, et al. Double-blind, placebo-controlled trial of rehabilitation for bilateral vestibular hypofunction: preliminary report[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 1993, 109(4): 735-741. DOI: 10.1177/019459989310900417.

[15] Bhattacharyya N, Gubbels SP, Schwartz SR, et al. Clinical practice guideline: benign paroxysmal positional vertigo (update)[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2017, 156(3_suppl): S1-S47. DOI: 10.1177/0194599816689667.

[16] Rodrigues DL, Ledesma AL, 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. DOI: 10.1097/MAO.0000000000002324.

[17] Se To PL, Singh DKA, Whitney SL. Effects of customized vestibular rehabilitation plus canalith repositioning maneuver on gait and balance in adults with benign paroxysmal positional vertigo: a randomized controlled trial[J]. J Vestib Res, 2022, 32(1): 79-86. DOI: 10.3233/VES-190731.

[18] Sun LB, Zheng ZY, Wang BQ, et al. Curative effect analysis of the vestibular rehabilitation training on residual dizziness after successful canalith repositioning maneuvers in patients with benign paroxysmal positional vertigo[J]. Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi, 2017, 31(12): 897-900. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2017.12.001.

[19] 徐晔, 付敏, 张楠. 良性阵发性位置性眩晕手法复位后对残余症状不同干预方法的疗效观察[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2016, 30(14): 1146-1149. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2016.14.015.

[20] 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. DOI: 10.1097/MAO.0000000000002443.

[21] Michel L, Laurent T, Alain T. Rehabilitation of dynamic visual acuity in patients with unilateral vestibular hypofunction: earlier is better[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020, 277(1): 103-113. DOI: 10.1007/s00405-019-05690-4.

[22] Scheltinga A, Honegger F, Timmermans DP, et al. The effect of age on improvements in vestibulo-ocular reflexes and balance control after acute unilateral peripheral vestibular loss[J]. Front Neurol, 2016, 7: 18. DOI: 10.3389/fneur.2016.00018.

[23] Smółka W, Smółka K, Markowski J, et al. The efficacy of vestibular rehabilitation in patients with chronic unilateral vestibular dysfunction [J]. Int J Occup Med Environ Health, 2020, 33(3): 273-282. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.01330.

[24] Herdman SJ, Hall CD, Schubert MC, et al. Recovery of dynamic visual acuity in bilateral vestibular hypofunction[J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2007, 133(4): 383-389. DOI: 10.1001/archotol.133.4.383.

[25] 姜树军, 韩鹏, 孙永海, 等. 美国理疗协会《周围前庭功能低下前庭康复临床指南更新版》解读[J]. 中国研究型医院, 2022, 9(2): 17-22. DOI: 10.19450/j.cnki.jcrh.2022.02.005.

[26] Maslovara S, Butkovic-Soldo S, Peric M, et al. Effect of vestibular rehabilitation on recovery rate and functioning improvement in patients with chronic unilateral vestibular hypofunction and bilateral vestibular hypofunction[J]. NeuroRehabilitation, 2019, 44(1): 95-102. DOI: 10.3233/NRE-182524.

[27] Gillespie MB, Minor LB. Prognosis in bilateral vestibular hypofunction [J]. Laryngoscope, 1999, 109(1): 35-41. DOI: 10.1097/00005537-199901000-00008.

[28] Furman JM, Marcus DA, Balaban CD. Vestibular migraine: clinical aspects and pathophysiology[J]. Lancet Neurol, 2013, 12(7): 706-715. DOI: 10.1016/S1474-4422(13)70107-8.

[29] 卜豪英, 魏新侠, 鲁新月, 等. 前庭康复对前庭性偏头痛患者疗效及自发性脑活动的影响[J]. 医学理论与实践, 2022, 35(11): 1962-1964. DOI: 10.19381/j.issn.1001-7585.2022.11.070.

[30] 刘金环, 薛言言, 张智风, 等. 确诊型前庭性偏头痛患者临床特征及前庭康复操对其 DHI 评分、EQ-5D 评分的影响[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(2): 17-19. DOI: 10.3969/j.issn.1009-3257.2022.02.006.

[31] Vitkovic J, Winoto A, Rance G, et al. Vestibular rehabilitation outcomes in patients with and without vestibular migraine[J]. J Neurol, 2013, 260(12): 3039-3048. DOI: 10.1007/s00415-013-7116-7.

[32] 秦新, 胡晓飞, 陈杰, 等. 前庭康复对前庭偏头痛患者大脑自发性神经活动影响的静息态功能磁共振研究[J]. 磁共振成像, 2021, 12(9): 1-5. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2021.09.001.

[33] Liu L, Hu X, Zhang Y, et al. Effect of vestibular rehabilitation on spontaneous brain activity in patients with vestibular migraine: a resting-state functional magnetic resonance imaging study[J]. Front Hum Neurosci, 2020, 14: 227. DOI: 10.3389/fnhum.2020.00227.

[34] Sugaya N, Arai M, Goto F. Is the headache in patients with vestibular migraine attenuated by vestibular rehabilitation[J]. Front Neurol, 2017, 8: 124. DOI: 10.3389/fneur.2017.00124.

[35] Power L, Shute W, McOwan B, et al. Clinical characteristics and treatment choice in vestibular migraine[J]. J Clin Neurosci, 2018, 52: 50-53. DOI: 10.1016/j.jocn.2018.02.020.

[36] 汤勇, 闫志慧, 薛慧, 等. 持续性姿势-感知性头晕专家共识[J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(6): 992-996. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2922.2021.06.022.

[37] Sun L, Xiang K. A review on the alterations in the brain of persistent postural-perceptual dizziness patients and non-pharmacological interventions for its management[J]. Rev Neurosci, 2020, 31(6): 675-680. DOI: 10.1515/revneuro-2019-0109.

[38] Nada EH, Ibraheem OA, Hassaan MR. Vestibular rehabilitation therapy outcomes in patients with persistent postural-perceptual dizziness [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2019, 128(4): 323-329. DOI: 10.1177/0003489418823017.

[39] Herdman D, Norton S, Murdin L, et al. The INVEST trial: a randomised feasibility trial of psychologically informed vestibular rehabilitation versus current gold standard physiotherapy for people with persistent postural perceptual dizziness[J]. J Neurol, 2022, 269(9): 4753-4763. DOI: 10.1007/s00415-022-11107-w.

[40] Tramontano M, Bergamini E, Iosa M, et al. Vestibular rehabilitation training in patients with subacute stroke: a preliminary randomized controlled trial[J]. NeuroRehabilitation, 2018, 43(2): 247-254. DOI: 10.3233/NRE-182427.

[41] Honaker JA, Lee C, Shepard NT. Clinical use of the gaze stabilization test for screening falling risk in community-dwelling older adults[J]. Otol Neurotol, 2013, 34(4): 729-735. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31827d8a5f.

[42] Mitsutake T, Sakamoto M, Ueta K, et al. Effects of vestibular rehabilitation on gait performance in poststroke patients: a pilot randomized controlled trial[J]. Int J Rehabil Res, 2017, 40(3): 240-245. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000234.

[43] Zhao R, Lu J, Xiao Y, et al. Effects of gaze stabilization exercises on gait, plantar pressure, and balance function in post-stroke patients: a randomized controlled trial[J]. Brain Sci, 2022, 12(12): 1694. DOI: 10.3390/brainsci12121694.

[44] Mitsutake T, Chuda Y, Oka S, et al. The control of postural stability during standing is decreased in stroke patients during active head rotation[J]. J Phys Ther Sci, 2014, 26(11): 1799-1801. DOI: 10.1589/jpts.26.1799.

[45] 徐振, 王一迪, 张月, 等. 运动干预对多发性硬化患者疲劳症状影响的 Meta 分析[J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28(5): 568-577. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2022.05.012.

[46] Loyd BJ, Agnew L, Fangman A, et al. Characterizing gaze and postural stability deficits in people with multiple sclerosis[J]. Mult Scler Relat Disord, 2021, 55: 103205. DOI: 10.1016/j.msard.2021.103205.

[47] Tramontano M, Cinnera AM, Manzari L, et al. Vestibular rehabilitation has positive effects on balance, fatigue and activities of daily living in highly disabled multiple sclerosis people: a preliminary randomized controlled trial[J]. Restor Neurol Neurosci, 2018, 36(6): 709-718. DOI: 10.3233/RNN-180850.

[48] Hebert JR, Corboy JR, Vollmer T, et al. Efficacy of balance and eye-movement exercises for persons with multiple sclerosis (BEEMS)[J].

Neurology, 2018, 90 (9): e797-e807. DOI: 10. 1212/WNL. 0000000000005013.

[49] Alsalaheen BA, Mucha A, Morris LO, et al. Vestibular rehabilitation for dizziness and balance disorders after concussion[J]. J Neurol Phys Ther, 2010, 34(2): 87-93.DOI:10.1097/NPT.0b013e3181dde568.

[50] Kleffelgaard I, Soberg HL, Bruusgaard KA, et al. Vestibular rehabilitation after traumatic brain injury: case series[J]. Phys Ther, 2016, 96(6): 839-849.DOI:10.2522/ptj.20150095.

[51] Adams J, Moore B. Return to meaningful activities after a multi-modal rehabilitation programme among individuals who experience persistent dizziness and debility longer than 9 months after sustaining a concussion: a case series[J]. Physiother Can, 2017, 69(3): 249-259. DOI:10.3138/ptc.2015-81ep.

[52] Rúbago CA, Wilken JM. Application of a mild traumatic brain injury rehabilitation program in a virtual realty environment: a case study [J]. J Neurol Phys Ther, 2011, 35(4): 185-193.DOI:10.1097/NPT.0b013e318235d7e6.

[53] Schneider KJ, Meeuwisse WH, Nettel-Aguirre A, et al. Cervicovestibular rehabilitation in sport-related concussion: a randomised controlled trial[J]. Br J Sports Med, 2014, 48(17): 1294-1298.DOI: 10.1136/bjsports-2013-093267.

[54] Tramontano M, Belluscio V, Bergamini E, et al. Vestibular rehabilitation improves gait quality and activities of daily living in people with severe traumatic brain injury: a randomized clinical trial[J]. Sensors (Basel), 2022, 22(21):8553. DOI:10.3390/s22218553.

[55] 钟佳珂,伊海金. 前庭功能障碍对认知功能影响的研究进展[J]. 中华耳科学杂志,2023,21(4):522-527. DOI:10.3969/j.issn.1672-2922.2023.04.014.

[56] 郑继青, 龙耀斌. 前庭康复对注意力缺陷多动障碍儿童的疗效观察[J].重庆医学,2021, 50(2): 263-266,270.DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.02.018.

[57] 张启富, 吴小平, 陈在娟, 等. 前庭康复训练治疗脊髓损伤伴上运动神经元膀胱的疗效观察[J].广西医学, 2017, 39(4): 530-531,534.DOI:10.11675/j.issn.0253-4304.2017.04.29.

[58] 张启富, 龙耀斌, 陈在娟, 等. 前庭康复训练治疗脊髓损伤后心脏和血压自主神经异常调控[J]. 实用医学杂志,2016, 32(23): 3905-3907.DOI:10.3969/j.issn.1006-5725.2016.23.028.

[59] Johny M, Kumar SS, Rajagopalan A, et al. Vestibular stimulation for management of premenstrual syndrome[J]. J Nat Sci Biol Med, 2017, 8(1): 82-86.DOI:10.4103/0976-9668.198365.

[60] Fornos AP, Guinand N, van de Berg R, et al. Artificial balance: restoration of the vestibulo-ocular reflex in humans with a prototype vestibular neuroprosthesis[J]. Front Neurol, 2014, 5:66.DOI:10.3389/fneur.2014.00066.

[61] 李华伟, 吴沛霞, 李文妍. 理性看待前庭康复新兴技术[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2022, 57(3): 237-240.DOI:10.3760/cma.j.cn115330-20210604-00334.

[62] van de Berg R, Ramos A, van Rompaey V, et al. The vestibular implant: opinion statement on implantation criteria for research[J]. J Vestib Res, 2020, 30(3): 213-223.DOI:10.3233/VES-200701.

[63] Azevedo YJ, Ledesma AL, Pereira LV, et al. Vestibular implant: does it really work? A systematic review[J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2019, 85(6): 788-798.DOI:10.1016/j.bjorl.2019.07.011.

[64] Fornos AP, van de Berg R, Armand S, et al. Cervical myogenic potentials and controlled postural responses elicited by a prototype vestibular implant[J]. J Neurol, 2019, 266(Suppl 1): 33-41.DOI:10.1007/s00415-019-09491-x.

[65] Chow MR, Ayiotis AI, Schoo DP, et al. Posture, gait, quality of life, and hearing with a vestibular implant[J]. N Engl J Med, 2021, 384 (6): 521-532.DOI:10.1056/NEJMoa2020457.

[66] Sienko KH, Whitney SL, Carender WJ, et al. The role of sensory augmentation for people with vestibular deficits: real-time balance aid and/or rehabilitation device[J]. J Vestib Res, 2017, 27(1): 63-76. DOI:10.3233/VES-170606.

[67] Kingma H, Felipe L, Gerards MC, et al. Vibrotactile feedback improves balance and mobility in patients with severe bilateral vestibular loss[J]. J Neurol, 2019, 266(Suppl 1): 19-26. DOI: 10.1007/s00415-018-9133-z.

[68] Lin CC, Whitney SL, Loughlin PJ, et al. The use of vibrotactile feedback during dual-taskstanding balance conditions in people with unilateral vestibular hypofunction[J]. Otol Neurotol, 2018, 39(5): e349-e356.DOI:10.1097/MAO.0000000000001764.

[69] Stankiewicz T, Gujski M, Niedzielski A, et al. Virtual reality vestibular rehabilitation in 20 patients with vertigo due to peripheral vestibular dysfunction[J]. Med Sci Monit, 2020, 26:e930182.DOI:10.12659/MSM.930182.

[70] Viziano A, Micarelli A, Augimeri I, et al. Long-term effects of vestibular rehabilitation and head-mounted gaming task procedure in unilateral vestibular hypofunction: a 12-month follow-up of a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2019, 33(1): 24-33. DOI: 10.1177/0269215518788598.

[71] Bergeron M, Lortie CL, Guitton MJ. Use of virtual reality tools for vestibular disorders rehabilitation: a comprehensive analysis[J]. Adv Med, 2015,2015:916735.DOI:10.1155/2015/916735.

[72] 郑贵亮, 刘凌峰, 陈建勇,等. 基于移动互联网的前庭康复训练指导平台的开发与应用[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,2020, 34(5): 78-81.DOI:10.6040 /j.issn.1673-3770.1.2020.076.

[73] Geraghty AW, Essery R, Kirby S, et al. Internet-based vestibular rehabilitation for older adults with chronic dizziness: a randomized controlled trial in primary care[J]. Ann Fam Med, 2017, 15(3): 209-216.DOI:10.1370/afm.2070.

[74] van Vugt VA, Bosmans JE, Finch AP, et al. Cost-effectiveness of internet-based vestibular rehabilitation with and without physiotherapy support for adults aged 50 and older with a chronic vestibular syndrome in general practice[J]. BMJ Open, 2020, 10(10): e035583.DOI: 10.1136/bmjopen-2019-035583.

(修回日期:2023-12-29)

(本文编辑:凌　琛)