

前庭康复在神经康复中的应用进展

张启富 吴小平

神经康复领域常采用运动疗法、物理治疗、作业治疗以及辅助器具等改善中枢神经系统疾病所致的偏瘫、截瘫、脑瘫等运动功能障碍,其疗效已被大量临床研究证实;但同时有部分患者经康复干预后疗效欠佳,如认知功能、平衡功能、运动功能、肌张力障碍等改善效果不理想。相关研究发现,前庭康复干预能改善神经受损患者认知功能、平衡功能、运动功能及肌张力障碍等^[1]。本文就前庭康复在神经康复领域中的应用进行简要综述,包括其治疗机制、治疗方法、疗效评定、适应症及注意事项等。

前庭康复的起源及发展

前庭康复是指针对因中枢性疾病或外周前庭系统疾病致前庭功能异常而引起眩晕及平衡失调患者,采取以前庭电刺激或前庭训练为主的综合干预措施,加速机体前庭系统适应、习服或视觉、本体觉系统替代,使机体受损前庭功能及平衡功能得到改善,促进机体代偿,从而减轻患者症状^[2]。前庭康复在耳科常用于治疗各类前庭疾病患者,如良性阵发性位置性眩晕、前庭功能低下、老年性前庭功能异常和中枢性前庭功能紊乱等^[3]。在航空航天领域,前庭康复常用于治疗空间运动病^[4]。近年来前庭康复在神经康复领域中的应用报道越来越多。

前庭康复的机制

前庭康复治疗前庭疾病和空间运动病的机制包括前庭适应、前庭习服、前庭替代和前庭代偿等^[1];前庭康复在神经康复中的作用机制主要是中枢重塑机制。谢溯江等^[5]研究认为中枢血管性前庭综合征主要涉及 3 个解剖部位,分别是小脑绒球小结叶、位于桥脑延髓联合的第八颅神经入脑干处以及前庭核。小脑缺血性卒中与脑干缺血都可引起中枢血管性前庭综合征,其中以小脑缺血性卒中最为常见。Gu 等^[6]认为前庭系统是人体平衡系统的重要组成部分,其参与空间定位、情感调节、记忆等高级感知功能。Ventre-Dominey 等^[7]研究认为大脑皮质功能与前庭功能密切相关。Utz 等^[8]研究认为前庭电刺激可激活与记忆有关的多个皮质区域,如岛叶、颞上回、颞顶叶皮质、基底节、扣带回等,从而改善患者认知记忆能力。区永康等^[9]对急性前庭综合征后遗症姿势症状患者的前庭功能及康复疗效分析后指出,前庭康复训练是治疗姿势平衡障碍最有效方法之一,其治疗机制并非通过恢复外周受损的前庭功能,而是通过中枢重塑机制使控制姿势平衡的能力得到提高、恢复,与 Deveze 等^[2]研究结果一致。Iwata 等^[10]研究发现前庭康复训练

引起的前庭系统适应性变化与调控自主神经冲动传导及内分泌有关。时海波^[11]认为前庭功能的实现有赖于前庭系统前庭外周感受器(如内耳中 3 个半规管、椭圆囊和球囊)以及前庭中枢(前庭核团复合体及相关投射脑区)的功能整合;前者将相对于头部的角速度、线加速度、重力线等信息转化为神经信号,后者则首先在前庭核对双侧感受器信号进行整合,继而投射至脊髓、脑干、小脑、大脑皮质等广泛区域,调节相关肌肉张力,实现躯体平衡、眼球凝视等功能。

前庭康复的评定

前庭功能障碍患者主要表现为眩晕、头晕、不稳定感,常伴有恶心呕吐、视物旋转、面色苍白、心慌、出冷汗、眼球震颤、姿势平衡障碍等异常^[12]。前庭功能检查在耳科中应用较多,包括摇头眼震、前庭诱发肌源性电位、视频眼震图、前庭自旋转试验等^[13],上述方法能直接评定受试者前庭功能;而康复科常用的前庭平衡评定方法是伯格平衡量表(Berg balance scale, BBS)和平衡训练评定仪^[14],但上述方法主要评定机体平衡功能,在排除视觉、感觉等因素影响下可间接反映前庭功能;故临床常采用直接评定和间接评定相结合的方法评定患者前庭功能。

前庭康复的治疗方法

前庭康复治疗方法与前庭作用机制相对应^[15]。对于耳科前庭疾病^[6],前庭适应性训练能改善患者主观症状,如在注视物体的情况下进行转头训练,具体方法如下:将物体置于患者鼻前 25 cm 处,嘱患者转头时注视物体,尽量保持视觉清晰,逐渐增加转头速度,重复练习 15~20 次为 1 组,每日重复练习 2~3 组。前庭习服性训练是指选择诱发病状的各种运动,且运动强度要能引出轻、中度症状,每次训练 5~15 min,每日重复训练 2~3 次;如治疗 4~6 周后症状无好转,该项练习应停止。前庭替代性训练主要增强患者凝视稳定性及对姿势和步态的控制,包括视觉刺激练习和本体感觉练习。视觉刺激练习:患者眼睛跟随视靶运动,包括扫视训练和凝视训练。通过扫视训练可改善扫视效率,降低潜伏期,提高准确性,并使患者动头时产生自主扫视,用以代偿前庭眼动反射不足。经反复练习和反馈,患者逐渐能够预见对头动反应所需的必要扫视。通过凝视训练,患者能保持视野内移动物体的视觉稳定,并通过与前庭眼动反射交互作用,帮助患者运动时维持凝视稳定。本体感觉练习:嘱患者分别睁眼、闭眼站在弹性垫上,站立时双脚分开与肩同宽,直视前方墙面目标,逐渐减少足底支撑面,练习双脚分开、并拢、踮脚跟等动作,每个姿势维持 15 s,每次训练 5~15 min,每日重复练习 2~3 次。前庭代偿性训练的目的在于改善静态、动态姿势控制及行走能力,包括静态练习和动态练习,找出姿势不稳的练习方法,每次训练 5~15 min,每天重复训练 3 次,并逐渐增加训练难度。

康复医学中前庭康复治疗机制主要是促进中枢重塑,包括前庭电刺激和前庭训练。前庭电刺激治疗时患者取坐位,将医用电极置于双乳突处,采用 0.5~1.0 mA, 1 Hz 双极直流电刺激,每次治疗 15~20 min, 1 次/天;或将阴极置于双乳突处、阳极置于 C₇ 棘突进行直流电刺激^[17]。对于成人其前庭训练方法常采用躯干旋转控制训练、转椅旋转训练、摇头刺激训练及海绵垫上步行训练等。转椅旋转训练方法^[18]:患者坐于转椅上,对部分无法坐稳患者可采用布带将其固定于转椅上,顺时针或逆时针交替旋转转椅,每 5 min 交换 1 次方向,以 20 转/分的速度旋转,每次训练 30 min,每天训练 1 次。摇头刺激训练^[19]包括平卧位摇头刺激训练和坐位摇头刺激训练。具体方法如下:①平卧位摇头刺激训练时患者平卧于治疗床上,头颈部伸出床沿外,治疗师坐于患者头侧,双手握住患者头部进行上下及左右方向摇动,摇动幅度达中线上下及左右各 30°,摇动频率为 1 Hz,各方向持续摇动时间均为 20 s,摇头练习结束后将患者头置于正中水平位,休息 20 s 后再进入下一个摇头刺激环节,总治疗时间为 10 min;患者平卧于平车上,将胸、腰及下肢用固定带固定,治疗师及陪护沿患者身体中线方向快速推拉平车,使患者头部能在身体中线方向来回移动,移动幅度约为 60 cm,频率为 0.5 Hz,持续时间为 20 s,推拉结束休息 20 s 后再进入下一个刺激环节,持续训练时间为 10 min。②坐位摇头刺激训练,患者取坐位,双膝、双脚分开与肩同宽,双足底触地,双手自然放置于双膝上,治疗师站于患者身后或跪于治疗床上,双手握住患者头部分别进行前后、左右水平加速度运动,持续时间各 20 s,每次摇头训练结束后患者将头置于正中水平位,休息 20 s 后再进入下一个摇头刺激环节,总训练时间为 10 min,每天训练 1 次,每周训练 5 d。海绵垫上训练^[20],患者脱鞋袜站于 2.0 m×1.0 m×0.1 m 海绵垫上,在治疗师保护下先进行海绵垫上站立训练,随着患者站立及步行能力提高,逐步过渡到单独海绵垫上步行训练。具体训练方法如下:①海绵垫上站立训练——依次进行睁眼站立静态平衡训练、闭眼站立静态平衡训练、睁眼站立自动态平衡训练、闭眼站立自动态平衡训练、睁眼站立他动态平衡训练、闭眼站立他动态平衡训练等,每持续训练 2~5 min 则休息 1~2 min;②海绵垫上步行训练——依次进行睁眼前步行训练、闭眼前步行训练、睁眼后退步行训练、闭眼后退步行训练、睁眼侧向步行训练、闭眼侧向步行训练等,每持续训练 2~5 min 则休息 1~2 min。总训练时间约为 25 min,每天训练 1 次,每周训练 5 d。

对于婴幼儿或儿童患者其前庭训练方法常采用荡秋千、滚筒内来回滚动、陀螺上旋转、巴氏球上仰卧位、俯卧位及坐位颠球训练等。荡秋千训练^[21]:治疗师抱住安静、未熟睡状态下的患儿坐在秋千上(将患儿头部控制在垂直方向上),也可将患儿以手-膝位姿势放置在秋千上(将患儿头部控制在水平方向上),根据患儿前庭功能损伤定位来决定患儿体位及秋千摆动方向(如前后摆动或左右摆动),将秋千以 2 s 摆动 1 个周期的速度前后或左右摆动,每摆动 30 s 则停止 5 s,每日累积摆动时间达 0.5~1.0 h,可分多次进行。滚筒内来回滚动训练:将安静、未熟睡状态下的睁眼患儿置于滚筒内,将滚筒以每圈 2 s 的加速度顺时针或逆时针旋转,每旋转 30 s 则停止 5 s,每日累积旋转时间达 0.5~1.0 h,可分多次进行。陀螺上旋转训练^[21]:将安静、未熟睡状态下的睁眼患儿置于塑料陀螺内,根据患儿前庭

功能损伤定位决定患儿体位,如坐位(低头 30°)、仰卧位(头居中)、左侧或右侧卧位等,将陀螺以每圈 2 s 的加速度顺时针或逆时针旋转,每旋转 30 s 则停止 5 s,每日累积旋转时间达 0.5~1.0 h,可分多次进行。Bobath 球上颠球训练^[21]:治疗师及陪护共同辅助患儿仰卧或俯卧于 Bobath 球上或垂直坐于 Bobath 球上,双手扶住并向下用力按压、放松患儿进行垂直地面上下振动训练,振幅约为 30 cm,每持续训练 20 s 则休息 20 s,再进入下一个刺激环节,总训练时间为 10 min,每天训练 1 次,每周训练 5 d。

前庭康复在神经康复领域中的具体应用

常见的中枢神经系统疾病(如脑卒中、脑外伤、脑性瘫痪、脊髓损伤等)能直接损伤神经功能或离断神经传导通路,致使患者出现认知功能、平衡功能、运动功能、自主神经功能等方面障碍^[22]。目前前庭康复在神经康复领域中的应用主要包括以下方面。

一、前庭康复在认知障碍患者中的应用

前庭康复可改善患者认知功能,包括患者智力、记忆力及情绪控制等方面。Smith^[23]及 Previc 等^[24]研究认为前庭功能障碍与认知障碍密切相关,前庭康复有助于改善认知功能。陈光辉等^[17]对血管性痴呆患者行双侧乳突直流电刺激治疗,发现治疗组患者简易智力测试量表(mini-mental state examination, MMSE)、蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)和斯特鲁色词测验 Stroop color word test, SCWT)评分均较对照组明显增加,认为前庭电刺激可改善血管性痴呆患者认知功能。Wilkinson 等^[25]研究认为前庭电刺激可改善神经功能正常或脑损伤患者视觉功能速度和准确度,提高其记忆力。周发明等^[26]通过对阿尔茨海默病患者行双侧乳突直流电刺激治疗,发现前庭电刺激组患者视觉记忆错误率降低,反应时间缩短,视觉记忆力明显提高,认为前庭电刺激通过激活大脑与记忆相关区域,从而达到改善认知功能效果。Meli 等^[27]应用前庭康复技术治疗伴有焦虑及抑郁情绪的前庭功能缺失患者,结果显示治疗组患者状态-特质焦虑量表(state-trait anxiety inventory, STAI)和抑郁量表(centre for epidemiological studies depression scale, CES-D)评分均较对照组明显降低,认为前庭康复干预能改善患者负性情绪。

二、前庭康复在平衡障碍患者中的应用

前庭康复可改善患者平衡功能,进而提高患者日常生活活动能力。Pal 等^[28]对帕金森患者进行前庭低强度直流电刺激,将阴极置于双乳突处,阳极置于 C₇ 棘突处,发现治疗后患者躯干摇晃明显减少,认为前庭电刺激能明显提高帕金森患者平衡能力。Chen 等^[29]采用头部旋转配合双眼凝视目标方法对脑卒中偏瘫平衡功能障碍患者进行训练,结果显示治疗组患者 Fugl-Meyer 平衡功能评分及巴塞尔指数(Barthel index, BI)评分均优于对照组,认为前庭训练可明显改善患者平衡功能,提高其日常生活活动能力。余国强等^[30]采用荷兰智能化运动控制系统对脑卒中偏瘫患者躯干进行旋转控制训练,结果显示治疗组患者 Berg 平衡功能量表评分明显优于对照组,认为强化躯干旋转控制训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能具有显著改善作用。张启富等^[20]采用海绵垫上训练配合康复训练治疗脑卒中平衡障碍患者,结果发现治疗组患者 Berg 平衡功能量表评分较对照

组明显增高,认为前庭康复训练有助于改善脑卒中患者平衡功能。

三、前庭康复在运动功能障碍患者中的应用

前庭康复可改善患者运动功能,包括患者下肢运动功能、步行能力及单侧忽略症状。Hummel 等^[31]通过回顾性研究发现前庭低强度直流电刺激可明显改善缺血性脑卒中患者运动功能,并且初步证明低强度直流电刺激是通过调整大脑皮质功能进而促进患者运动功能恢复。梁天佳等^[19]采用摇头刺激结合体位旋转方法治疗脑卒中偏瘫患者,发现治疗组患者功能性步行量表(functional ambulation category, FAC)分级、Fugl-Meyer 运动功能评分(Fugl-Meyer assessment, FMA)和 Barthel 指数(BI)评分均较对照组增高,认为前庭康复训练能改善患者步行能力和下肢运动功能,最终提高患者日常生活活动能力。Kaibe 等^[32]通过对右侧大脑病变伴左侧空间忽略患者进行坐位头部旋转训练,结果发现治疗组患者单侧忽略程度较对照组明显改善,认为前庭康复可改善患者单侧忽略症状。

四、前庭康复在肌张力障碍及自主神经控制异常患者中的应用

前庭康复可调节脊髓损伤患者肌张力,改善患者心脏、血压的自主神经调控功能。伍明等^[33]采用旋转训练治疗脊髓损伤后肌痉挛患者,结果发现治疗组患者躯干及四肢痉挛程度较对照组明显减轻,认为旋转训练能整合前庭系统及中枢功能,调节机体张力。张启富等^[18]采用顺时针和逆时针交替旋转训练对脊髓损伤后心脏和血压自主神经调控异常患者进行干预,结果发现治疗组患者心脏和血压自主神经调控异常人数明显减少,认为前庭康复训练可减少脊髓损伤患者心脏和血压自主神经调控异常出现频率,改善患者心脏和血压自主神经功能。

五、前庭康复促进患儿运动及智力发育

前庭康复可促进患儿运动功能发展,改善患儿平衡功能,促进患儿智力发育。龙耀斌等^[34]采用强化摇头刺激治疗痉挛型脑瘫患者,发现治疗组患儿粗大运动训练量表(gross motor function measurement, GMFM)评分较治疗前明显提高,且优于对照组,认为强化摇头刺激可改善痉挛型脑瘫患儿前庭功能,进一步提高其运动能力。封廖芸等^[21]通过塑料陀螺或简易转椅旋转、荡秋千或轴位摇头训练对新生儿高胆红素血症高危儿进行早期干预,经 8 周干预后,发现治疗组姿势平衡改善情况明显优于对照组,且智力发育更明显,认为早期前庭干预有助于改善新生儿高胆红素血症高危儿姿势平衡,促其智力发育。周开斌等^[35]对脑瘫患儿进行一系列前庭康复训练,包括荡秋千、滚筒内来回滚动、转椅旋转、巴氏球上仰卧位、俯卧位、坐位颠球以及被动摇头前庭刺激运动等,结果发现治疗组患儿 Berg 平衡量表评分较治疗前及对照组均明显增加,认为前庭训练能有效改善脑瘫患儿平衡能力,减轻其前庭障碍程度。汤淑斌等^[36]对早产儿进行以前庭功能训练为主的综合干预,结果发现治疗组患儿神经运动评估异常项目较对照组明显减少,发育商较对照组增高,认为以前庭功能训练为主的综合干预能改善早产儿神经运动发育,对早产儿早期发育商具有积极作用。

前庭康复的注意事项

前庭康复不论是前庭电刺激或是前庭训练都存在一定风险,为减少风险应注意如下事项:①前庭电刺激时注意控制电

流大小,以免烫伤。②前庭训练过程中治疗师应注意监测患者脉搏、血压、呼吸等生理指标及观察患者训练后反应,以便控制合适的训练强度及训练量,如患者出现头晕、面色苍白、冷汗、恶心、呕吐等不良反应须暂停治疗,先休息一会待症状缓解后继续进行。③训练时必须有专人在旁保护,以防摔倒。④开始训练时旋转速度应缓慢,待适应后再加快速度;对慢速旋转仍不能适应者可减少旋转圈数,并根据训练情况逐渐增加;训练结束时应缓慢降低速度直至停止;训练结束后应坐下休息数分钟。⑤不要在饱餐后进行训练。

结语

机体前庭系统参与空间定位、情感调节、记忆等高级感知功能,通过前庭外周感受器和前庭中枢功能整合,控制自主神经系统,调节相关肌肉张力,实现躯体平衡、眼球凝视等功能,故前庭电刺激或前庭康复训练能改善脑部疾病所致记忆认知障碍、平衡功能障碍和运动功能障碍,改善脊髓疾病引起的肌张力障碍和自主神经异常控制,促进患儿运动和智力发育;但要注意训练时密切监测及保护,以免出现意外。并且最近有研究证据表明,前庭康复可降低神经康复者跌倒风险,改善头晕情况,提高平衡及步行能力,最终提高患者生活质量^[37]。随着前庭康复作用机制不断深入,其在神经康复领域中的应用必将越来越广泛。

参考文献

- [1] 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. DOI: 10.3988/jen.2011.7.4.184.
- [2] Deveze A, Bernard-Demanze L, Xavier F, et al. Vestibular compensation and vestibular rehabilitation. Current concepts and new trends [J]. Neurophysiol Clin, 2014, 44 (1): 49-57. DOI: 10.1016/j.neucli.2013.10.138.
- [3] 王密, 卢伟. 前庭康复治疗的研究进展 [J]. 听力学及言语疾病杂志, 2014, 22 (5): 545-548. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2014.05.024.
- [4] 强东昌, 贾宏博, 姜媛媛. 前庭刺激对心血管自主神经调节及位耐力影响 [J]. 航天医学与医学工程, 2012, 25 (1): 26-29.
- [5] 谢溯江, 郑颖鹃, 张琳. 中枢血管性急性前庭综合征研究进展 [J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7 (22): 10251-10255. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2013.22.098.
- [6] Gu Y, DeAngelis GC, Angelaki DE. A functional link between area MSTd and heading perception based on vestibular signals [J]. Nat Neurosci, 2007, 10 (8): 1038-1047.
- [7] Ventre-Dominey J, Nighoghossian N, Denise P. Evidence for interacting cortical control of vestibular function and spatial representation in man [J]. Neuropsychologia, 2003, 41 (14): 1884-1898.
- [8] Utz KS, Dimova V, Oppenlander K, et al. Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—a review of current data and future implications [J]. Neuropsychologia, 2010, 48 (10): 2789-2810. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.002.
- [9] 区永康, 黄秋红, 郑亿庆, 等. 急性前庭综合征后遗姿势症状患者的前庭功能与康复疗效分析 [J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,

- 2016, 30(8):613-616. DOI:10.13201/j.issn.1001-1781.2016.08.07.
- [10] Iwata C, Abe C, Tanaka K, et al. Role of the vestibular system in the arterial pressure response to parabolic-flight-induced gravitational changes in human subjects [J]. *Neurosci Lett*, 2011, 495(2):121-125. DOI: 10.1016/j.neulet.2011.03.052.
- [11] 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.
- [12] Bisdorff AR, Staab JP, Newman-Toker DE. Overview of the International Classification of Vestibular Disorders [J]. *Neurol Clin*, 2015, 33(3):541-550. DOI:10.1016/j.ncl.2015.04.010.
- [13] Cohen HS, Gottshall KR, Graziano M, et al. International guidelines for education in vestibular rehabilitation therapy [J]. *J Vestib Res*, 2011, 21(5):243-250. DOI:10.3233/VES-2011-0424.
- [14] 张谦, 张继荣.脑卒中患者平衡功能障碍的康复现状[J].中国康复, 2015, 30(2):137-139. DOI:10.3870/zgkf.2015.02.022.
- [15] Arnold SA, Stewart AM, Moor HM, et al. The effectiveness of vestibular rehabilitation interventions in treating unilateral peripheral vestibular disorders: a systematic review [J]. *Physiother Res Int*, 2017, 22(3). DOI:10.1002/pr.1635.
- [16] 迟放鲁.前庭康复的机制及应用前景[J].中国医学文摘耳鼻喉科学, 2008, 23(5):244-245.
- [17] 陈光辉, 周发明, 上官守琴, 等.前庭电刺激对血管性痴呆患者认知功能影响[J].湖北医药学院学报, 2014, 33(2):128-130. DOI:10.13189/j.issn.1006-9674.2014.02.008.
- [18] 张启富, 龙耀斌, 陈在娟.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的效果观察[J].实用医学杂志, 2016, 32(23):107-109. DOI:10.3969/j.issn.1006-5725.2016.23.00.
- [19] 梁天佳, 龙耀斌, 曹锡忠.摇头刺激结合体位旋转训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能及步行能力的影响[J].中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(11):859-861. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2011.011.018.
- [20] 张启富, 曹锡忠, 吴小平.海绵垫上训练配合康复训练治疗脑卒中平衡障碍的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志, 2016, 38(8):623-625. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.08.021.
- [21] 封廖芸.早期前庭干预联合常规康复治疗对NHB高危儿姿势平衡和智力发育的影响[D].南宁:广西医科大学, 2015.
- [22] Gregoire CA, Goldenstein BL, Floriddia EM, et al. Endogenous neural stem cell responses to stroke and spinal cord injury [J]. *Glia*, 2015, 63(8):1469-1482. DOI:10.1002/glia.22851.
- [23] Smith PF. Dyscalculia and vestibular function [J]. *Med Hypotheses*, 2012, 79(4):493-496. DOI:10.1016/j.mehy.2012.06.032.
- [24] Previc FH, Krueger WW, Ross RA, et al. The relationship between vestibular function and topographical memory in older adults [J]. *Front Integr Neurosci*, 2014, 8:46. DOI:10.3389/fnint.2014.00046.
- [25] Wilkinson D, Nicholls S, Pattenden C, et al. Galvanic vestibular stimulation speeds visual memory recall [J]. *Exp Brain Res*, 2008, 189(2):243-248. DOI:10.1007/s00221-008-1463-0.
- [26] 周发明, 任重, 陈光辉.前庭电刺激对AD患者视觉记忆恢复的影响[J].湖北医药学院学报, 2016, 35(2):142-144. DOI:10.13819/j.issn.1006-9674.2016.02.010.
- [27] Meli A, Zimatore G, Badaracco C, et al. Effects of vestibular rehabilitation therapy on emotional aspects in chronic vestibular patients [J]. *J Psychosom Res*, 2007, 63(2):185-190. DOI:10.1016/j.jpsychores.2007.02.007.
- [28] Pal S, Rosengren SM, Colebatch JG. Stochastic galvanic vestibular stimulation produces a small reduction in sway in Parkinson's disease [J]. *J Vestib Res*, 2009, 19(3-4):137-142. DOI:10.3233/VES-2009-0360.
- [29] Chen PY, Hsieh WL, Wei SH, et al. Interactive wiimote gaze stabilization exercise training system for patients with vestibular hypofunction [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2012, 9:77. DOI:10.1186/1743-0003-9-77.
- [30] 余国强, 陈方川.强化躯干旋转控制训练对脑卒中患者平衡及ADL能力的影响[J].中国康复医学杂志, 2014, 29(11):1081-1083. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.11.018.
- [31] Hummel FC, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke [J]. *Lancet Neurol*, 2006, 5(8):708-712.
- [32] Kaibe S, Okita M, Kaba H. Perception of active head rotation in patients with severe left unilateral spatial neglect [J]. *J Clin Neurosci*, 2017, 7(41):41-45. DOI:10.1016/j.jocn.2017.01.003.
- [33] 伍明, 龙耀斌, 曹锡忠, 等.旋转训练对脊髓损伤患者痉挛的疗效[J].中国康复理论与实践, 2016, 22(5):577-580. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2016.05.019.
- [34] 龙耀斌, 郭利平.强化前庭刺激在痉挛型脑瘫康复中的临床应用[J].广西医科大学学报, 2012, 29(6):924-925.
- [35] 周开斌, 吴小平.穴位注射鼠神经生长因子结合前庭训练对脑瘫患儿平衡功能的作用[J].中国康复医学杂志, 2012, 27(6):568-569.
- [36] 汤淑斌, 杜亚梅, 胡春维, 等.早期综合干预对早产儿早期发育商的影响[J].中国儿童保健杂志, 2014, 22(12):1331-1333. DOI:10.11852/zgetbjzz2014-22-12-32.
- [37] Whitney SL, Alghadir AH, Anwer S. Recent evidence about the effectiveness of vestibular rehabilitation [J]. *Curr Treat Options Neurol*, 2016, 18(3):13. DOI:10.1007/s11940-016-0395-4.

(修回日期:2018-01-29)

(本文编辑:易浩)