

脑卒中患者平衡及步行能力的康复训练研究进展

郭启程,王亚娟,赵潇潇,周笑涵,姜永梅

【关键词】 脑卒中;平衡功能;步行能力

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2022.07.012

脑卒中是导致患者死亡的全球第二大致病因素,是导致病患功能障碍最常见的原因之一。随着医疗的发展脑卒中的发病率有所下降,但卒中后幸存者的数量是增加的,导致了家庭社会的负担增加^[1]。为了提高卒中幸存者的生活质量以及减轻家庭社会负担,康复医学在我国近年来快速发展。卒中幸存者存在意识、言语、运动以及平衡功能障碍等诸多问题。国内的专家已经达成共识在早期予以脑梗死患者予以合适强度的运动处方干预可以有效提高患者预后,降低患者住院时间^[2],而在运动处方中的设计当中,很多学者认为平衡问题应该是卒中后患者恢复的最值得关注的方面之一,而且是否能行走是患者及家属最为关注的部分,下肢运动功能与平衡的关系息息相关,所以探索一种训练方法既可以兼顾患者平衡功能也能有效提高患者下肢的运动功能成为了近些年学界探索的热点^[3-4]。并且随着神经基础科学的进步,多种脑刺激方式的应用以及计算机模拟、机器人辅助技术的发展^[5],给予康复治疗技术注入了许多新鲜的血液,有效地提升了患者的治疗效果。本文从康复治疗技术方面来介绍平衡和步行能力恢复新的进展。

1 核心肌肉训练

核心肌肉是指许多支撑构成腰-骨盆-臀复合体的肌肉,Farries和Greenwood将腹横肌、膈肌、盆底肌和腰多裂肌的深层纤维描述为局部肌肉,而腹直肌、竖脊肌、腰大肌为整体肌肉^[7]。核心肌肉通过稳定躯干的中轴给四肢的主动运动提供了力的稳定支撑点,从而使四肢可以在神经支配下完成随意运动而非以粗大低效的运动模式进行活动。学者Koshiro Haruyama在卒中患者的临床试验中发现,与常规康复训练相比较,通过规律、充分、特定的核心训练,内容包括择性腹肌收缩训练(abdominal drawing-in maneuver, ADIM)骨盆的选择性运动,每天训练20min,每周5次,持续4

周。可以在同样的训练时间内更好地提高患者的动态坐位平衡能力、髋关节的活动度、起立行走测试(timed "up & go", TUG)、功能性步行能力(Functional ambulation category, FAC)^[8]。核心肌训练并不是万能的, Tamaya Van Crieckinge教授在试验中发现虽然额外的每天1h,每周4d,持续4周的躯干肌的核心训练提高了平衡能力、躯干的运动功能,并且步行能力包括步速、步幅以及步宽都有着显著的提高,但是在下肢运动学相关指标包括髋、膝、踝在运动时的关节活动度都未见明显的差异,并且额外的训练时间也打乱了患者的日常生活^[10]。

2 阻力训练

平衡依赖于神经系统和肌肉骨骼系统之间复杂的相互作用,为了使身体保持平衡,肌肉适时的收缩对于维持平衡至关重要,尤其是下肢肌肉力量。在卒中患者中普遍存在力量的减弱,导致患者功能的下降以及跌倒风险的增加^[11-12]。卒中患者如何进行有效且合适的下肢力量训练,不同的专家有着不同看法。Lund等^[13]通过设置有氧训练组,下肢阻力训练组,以及上肢训练组进行对照研究,结果表明3组参与者平衡能力以及步行能力均有提高,但是3组间并没有明显的差异,提示物理训练确实能提高患者平衡能力,但与训练的方式无明显相关性。另外一些研究发现通过8周、每周2次的渐进式的阻力训练可以较对照组(普通神经康复物理治疗)在坐位站起功能评分、TUG上有显著提高,同时值得一提的是渐近性抗阻训练对心血管系统也是有益的,试验组较对照组收缩压以及舒张压均有所下降,虽然并没有统计学差异^[14]。关于阻力训练的训练强度, Lamberti教授团队^[15]研究表明与高强度训练项目相比,低强度的训练项目在提高患者灵活性、平衡能力、生活质量和肌肉力量等方面显示出了优势。

3 多感觉输入感觉整合训练

躯体感觉、视觉、前庭觉的任一项的减退及缺失都会导致平衡能力的下降,因为躯体感觉、视觉和前庭感

收稿日期:2021-11-18

作者单位:大连医科大学附属第二医院,辽宁大连116031

作者简介:郭启程(1991-),男,在读研究生,主要从事脑卒中康复研究。

通讯作者:姜永梅,2514795137@qq.com

觉减退导致中枢整合障碍是卒中患者平衡障碍的最重要原因之一。感觉输入的中枢整合是指当某一感觉输入缺失或不足时,动员其他潜在的感觉系统,以克服感觉缺失所导致的问题,通过感觉替代、躯体功能适应等方式重新将缺失的神经传导通路再激活,让患者功能得到进步,提高日常生活能力^[16]。

3.1 视觉反馈训练 随着科技的进步,不同于以往通过镜面反馈来进行纠正患者的中枢感觉整合系统。目前各国的研究多以虚拟现实反射疗法(Virtual Reality Reflection Therapy, VRRT)来进行。不同学者尽管他们应用了不同的类型的虚拟现实(Virtual Reality, VR)设备,但是在他们研究报告中都发现患者较普通对照训练组在平衡以及步行能力上有着显著的提高,并且在一些有趣的 VR 游戏中进行训练,让患者得到更多的乐趣,提高了患者的依从性^[17-18]。

3.2 前庭觉的康复训练 前庭觉系统的功能是检测头部的角速度运动(半规管)和线性运动(耳石:椭圆囊和球囊)。通过感受身体尤其是头部速度以及加速度变化进而将信息传递入中枢进行整合。虽然前庭康复既往针对的患者群体往往是外周前庭功能障碍,但是近年来也有专家对卒中患者的前庭功能康复产生了兴趣,Tramontano 等^[19]通过设计试验,2 组均进行持续 4 周、每周 2 次的训练,前庭康复组采用每次 20min、每周 3 次、持续 4 周的凝视训练以及前庭刺激训练,观察组应用同等训练剂量的常规平衡训练,发现前庭训练组在步速和步长有明显的进步,表明前庭康复训练在提高卒中患者平衡及步行功能方面是有效的。

3.3 强化本体感觉的刺激 本体感觉作为身体图式构成最重要的成分之一,对于身体平衡的维持至关重要。为了增强本体感觉输入,一些新的训练方法也被引入到神经康复中,全身振动平台能够产生不同频率和幅度的机械振动,广泛用于提高运动员和成年人的肌肉性能。Lee 等^[20]研究发现,在一些瘫痪较严重的卒中患者的恢复早期,应用全身震动仪进行坐位平衡训练可以更好地提高患者的躯干平衡能力,在平衡功能评价的过程中虽然没有体现出明显优势,但与常规坐位平衡训练方法相比,也没有表现出劣势。所以对于严重卒中亚急性且坐位平衡能力较差的患者,尝试使用全身震动仪可能是一个不错的选择。

4 非侵入性脑刺激

4.1 经颅直流电刺激 在过去的三十年中,经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)应用日益增多,它通过对大脑皮层兴奋性的直接改变从而达到影响患者机体功能的目的^[21]。但是

其研究主要集中在言语、促醒以及上肢运动功能的恢复这些方面,研究下肢运动功能报告并不多见。Zandvliet 等^[24]通过设计试验比较经小脑直流电刺激在卒中患者和健康的年龄相仿人群进行比较,发现在训练时在健侧小脑应用 1.5mA 直流电刺激 20min 同时进行平衡功能训练 1 周,其在短期内可以提高患者站立平衡能力。Picelli 等几位学者^[25-27]分别在其研究中发现其作为辅助工具刺激患者大脑半球或者小脑并且结合经皮神经电刺激(transcutaneous electrical stimulation, TENS),机器人训练、或者单纯结合步行训练均可有效提高患者平衡以及步行能力。

4.2 重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) rTMS 如同经颅直流电刺激类似,也是通过改变患者中枢神经兴奋性的方式对其运动功能进行调控,通过不同的刺激方式或者刺激不区域可能会产生不同效果。既往的研究表明在卒中恢复期开始时,对侧小脑与运动神经网络的功能重组密切相关,小脑周期性 θ -短阵快速脉冲刺激(cerebellar intermittent θ -burst stimulation, CRB-iTBS)是一种新型 rTMS, Giacomo Koch 通过随机对照双盲试验证明在卒中的慢性恢复期,经过 3 周、每周 5 次、每次 90min 的传统物理治疗,且在每节物理训练前使用 CRB-iTBS 刺激对侧小脑区域,其脉冲刺激强度设定在主动运动阈值的 80%,整个试验过程中共计刺激产生 1200 次脉冲,结果发现试验组较对照组在 Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)以及步宽上均有进步,且后顶叶皮层兴奋性得到同步提高,其证明 CRB-iTBS 与传统物理治疗结合是一种有效的策略,通过参与卒中患者小脑皮质重组过程,促进步行能力和平衡恢复。何建华等^[28]在其试验中发现在卒中发病早期的患者群体中,通过常规物理结合 pro-kin 平衡仪结合的形式进行 4 周,每周 6 次的综合康复训练,试验组额外加用 rTMS 对其健侧初级运动皮层进行低频连续刺激,刺激强度为阈值 80%,频率 1Hz,共计进行 1800 次脉冲刺激,结果显示试验组无论在 BBS 和运动功能评定(Fugl - Meyer Motor Assessment, FMA)较对照组均有显著提高,Pro-kin 平衡指标,试验组中运动长度以及运动椭圆面积较对照组也有显著的减少,反应了患者综合平衡能力的进步。在卒中患者平衡康复的干预过程中 rTMS 疗效确切且与 tDCS 相比,无头皮局部电刺激带来的不适感以及潜在电烧伤风险,值得在临床中推广。

5 水中训练

一般康复训练多以陆地上训练为主,它有着便利、

经济以及与生活环境息息相关等优点,但陆地上训练对关节和肌肉可以造成大量的冲击压力,可能会导致应力性骨折、肌肉损伤和疼痛。以水为媒介的锻炼过程中,这些陆地训练的缺点便可避免,水中训练通过减少作用于肌肉骨骼系统的重力,从而减少肌肉和关节上的生物力学压力,此外,静水压力和粘性力提供了一种不同于在陆地上体验的本体感受和感觉反馈从而影响感觉平衡系统的控制^[29]。So Young Lee 将跑步机与水中训练结合在一起,使患者可以在水中进行自动跑步机训练,结果显示与普通陆地训练组相比,其双侧膝关节的伸肌以及偏瘫侧屈肌的最大力量得到有效提高,BBS、FMA 评分有显著提高,差异有统计学意义^[30]。脑卒中患者运动时处于一种低效高耗能模式,水中浮力的减重效果使得患者活动起来更自如,并且与同有减重效果的吊带跑步机相比,水中的训练更加灵活自如,不受吊带的限制或者束缚^[29]。虽然水中训练有着诸多好处,但是其对患者限制要求也较多,比如有皮肤传染性疾病、皮肤有破溃切口的患者等不能进行水中运动。并且我们在给患者提供这种训练时,也要结合陆地训练,毕竟最终是要让患者恢复在陆地上的步行能力。

6 机器人辅助训练

机器人辅助步行训练(robot-assisted gait training, RAGT)是近年来最热门的康复治疗发展方向之一,它同过单独或者与其他的训练方式相结合的形式不仅提供了不错的治疗效果,并且节省了人力资源,在发达国家或者人力成本较高的地区还有着不俗的经济效益^[31]。但是使用机器人辅助下的步行训练是否比常规的物理治疗更优异,尚未得到广泛的认同。Kim 等^[32]在临床试验中通过以机器人辅助训练结合常规物理治疗和全程常规物理治疗进行对比,发现了幕下卒中患者在 RAGT 组静态以及动态平衡能力得到更好的恢复,并且下肢运动功能也得到了提高。Jayaraman 等^[33]在其研究中也报道了在有一定步行能力的卒中患者(步行速度 0.4~0.8 m/s 限制性的社区步行)中,外骨骼机器人辅助下的步行训练较传统功能步行训练更加优异。但是在 Yeon-Gyo Nam 教授团队^[34]的最近的研究中发现,在慢性脑卒中患者群体中(患病 3 个月以上),虽然试验机器人辅助组和对照组均能在 2 周内提升患者平衡能力以及步行能力,但是组间比较没有统计学上的差异。使用机器人训练有效却不优于传统治疗。未来对于机器人辅助训练的研究,不仅在开发上要继续提高机器的性能,也要从训练切入时机以及适合人群上研究,从而更好地提高患者

训练疗效。

7 基于扰动的平衡训练

卒中患者由于平衡能力的下降导致了跌倒的风险增加,患者会适应性减少外出活动的次数以及范围,从而避免跌倒,这种保护策略减少了摔倒的风险但同时也使患者的运动功能、平衡能力进一步下降,造成了生活质量的下降^[35]。基于扰动的平衡训练是通过增加外界对患者的平衡控制的干扰来实现的,比如让患者踢球从而产生内源性的扰动,又或者让治疗师在旁适当的推、挤、碰患者让其在一定程度上失去平衡从而达到平衡训练的目的。由于训练时频繁地干扰患者平衡的建立,让患者面对复杂情况的肌肉的反应速率得到提高^[36]。Mansfield 等^[37]在试验过程中发现,与常规平衡康复训练相比,其在简易平衡评定系统测试(mini-balance evaluation systems test, mini-BESTest)中的平衡反应方面有着显著的提高,这和其训练的特性是相关的。但在其他平衡子项中与常规的训练相比没有明显差异,且这种平衡反应的能力能够保持 6 个月以上,有效地预防了跌倒的可能,提高了患者的活动信心。

8 传统中医在现代康复中的应用

中医历来重视疾病的预防与康复,通过太极拳、气功、汤药、针刺以及拔罐等中医治疗手段和现代的康复理念以及技术相结合的方式,不仅取得不错的疗效,也得到业界更多的重视^[38]。Huang 等^[39]在对太极拳腿法的研究中发现经过白鹤亮翅、金鸡独立等腿法动作的训练,共 12 周,与常规康复平衡训练相比,患者平衡能力、稳定极限、抗跌倒能力、下肢的功能均有显著的提高。

9 电子生物反馈技术

电子生物反馈技术是通过将受测试者身体的一些生物信号的改变,通过电子设备的输入、处理以及输出成其他可以被受测者观察到信息,而受测者通过这些信息进行自身的反馈调节进而改善自己对机体的控制。对于提高患者的平衡和步行能力而言,近年来也有一些临床研究,各种形式的平衡仪通过患者重力对压力板的感受器的作用,通过电子显示器的方式让患者直观地观察到自身重心的改变,从而提高自身平衡及步行能力^[17, 40]。同视觉反馈一样,声音的电子生物反馈也可有助于患者功能的康复。Jung 等^[42]在其设计的压力传感听觉反馈手杖的临床试验中发现,通过听觉反馈限制患者过度应用健侧手杖负重,更好地提

高了患者的躯干肌肉的激活能力以及降低手杖最大负重时的压力,并且提高了 TUG,有效地使患者在一个更正的力线下进行运动,并形成习惯。

10 小结

卒中带来的平衡障碍是卒中患者康复过程中很重要的一个方面,贯穿了患者康复的各个阶段,每个阶段患者不同的平衡问题都需要康复团队针对性进行康复指导,这样才能取得最佳的疗效,tDCS、rTMS、VR、电子生物反馈、平衡仪以及 RAGT 等都能有效提高患者的疗效,中国传统医学也在现代康复的应用中大放异彩。对平衡训练的研究应该从训练剂量、干预阶段以及适应的人群来综合选择,有计划的组合使用多种多样的康复手段。21 世纪以来脑神经科学的发展十分迅速,通过研究大脑不同神经通路对肢体控制,以及肢体运动对大脑皮层以及相关神经核团的重塑和激活,让我们对卒中神经康复能有更深的了解。未来研究的方向或许可以通过直接对中枢神经精细化的干预来实现功能的进步,或者通过脑芯片植入技术重新构造完整的神经网络。在向高端领域努力的时候也不能忘记我国地域广阔,经济发展不平衡,在资源有限的情况下,如何在基层医院以性价比最高的康复形式来保证广大人民群众的身心健康也应该是我们关注的重点。

【参考文献】

- [1] Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *The Lancet Neurology*, 2019, 18(5): 439-458.
- [2] 中国脑梗死急性期康复专家共识组. 中国脑梗死急性期康复专家共识 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2016, 38(1): 39.
- [3] Graham S, Roth E, Brown D. Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills [J]. *Journal of neuroengineering rehabilitation*, 2018, 15(1): 92.
- [4] Koch G, Bonni S, Casula E, et al. Effect of Cerebellar Stimulation on Gait and Balance Recovery in Patients With Hemiparetic Stroke: A Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA neurology*, 2019, 76(2): 170-178.
- [5] Kannan L, Vora J, Bhatt T, et al. Cognitive-motor exergaming for reducing fall risk in people with chronic stroke: A randomized controlled trial [J]. *NeuroRehabilitation*, 2019, 44(4): 493-510.
- [6] Hibbs A, Thompson K, French D, et al. Optimizing performance by improving core stability and core strength [J]. *Sports medicine*, 2008, 38(12): 995-1008.
- [7] Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering [J]. *Acta orthopaedica Scandinavica Supplementum*, 1989, 230:1-54.
- [8] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of Core Stability Training on Trunk Function, Standing Balance, and Mobility in Stroke Patients [J]. *Neurorehabilitation neural repair*, 2017, 31(3): 240-249.
- [9] Cabanas-Valdés R, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M, et al. Long-term follow-up of a randomized controlled trial on additional core stability exercises training for improving dynamic sitting balance and trunk control in stroke patients [J]. *Clinical rehabilitation*, 2017, 31(11): 1492-1499.
- [10] Van Crielinge T, Hallemaans A, Heressens N, et al. SWEAT2 Study: Effectiveness of Trunk Training on Gait and Trunk Kinematics After Stroke; A Randomized Controlled Trial [J]. *Physical therapy*, 2020, 100(9): 1568-1581.
- [11] English C, McLennan H, Thoirs K, et al. Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review [J]. *International journal of stroke : official journal of the International Stroke Society*, 2010, 5(5): 395-402.
- [12] Farzadfard M, Sheikh Andalibi M, Thrift A, et al. Long-term disability after stroke in Iran: Evidence from the Mashhad Stroke Incidence Study [J]. *International journal of stroke : official journal of the International Stroke Society*, 2019, 14(1): 44-47.
- [13] Lund C, Dalgas U, Grønberg T, et al. Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke [J]. *Disability rehabilitation*, 2018, 40(20): 2408-2415.
- [14] Gambassi B, Coelho-Junior H, Paixão Dos Santos C, et al. Dynamic Resistance Training Improves Cardiac Autonomic Modulation and Oxidative Stress Parameters in Chronic Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial [J]. *Oxidative medicine cellular longevity*, 2019, 5382843. doi:10.1155/2019/5382843.
- [15] Lamberti N, Straudi S, Malagoni A, et al. Effects of low-intensity endurance and resistance training on mobility in chronic stroke survivors: a pilot randomized controlled study [J]. *European journal of physical rehabilitation medicine*, 2017, 53(2): 228-239.
- [16] Jang S, Lee J. Impact of sensory integration training on balance among stroke patients: sensory integration training on balance among stroke patients [J]. *Open medicine*, 2016, 11(1): 330-335.
- [17] Zhang M, You H, Zhang H, et al. Effects of visual feedback balance training with the Pro-kin system on walking and self-care abilities in stroke patients [J]. *Medicine*, 2020, 99(39): e22425.
- [18] Bergmann J, Krewer C, Bauer P, et al. Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial [J]. *European journal of physical rehabilitation medicine*, 2018, 54(3): 397-407.
- [19] 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.

- [20] Lee J, Kim S, Lee K, et al. The effect of a whole-body vibration therapy on the sitting balance of subacute stroke patients: a randomized controlled trial [J]. *Topics in stroke rehabilitation*, 2017, 24(6): 457-462.
- [21] Bikson M, Grossman P, Thomas C, et al. Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016 [J]. *Brain stimulation*, 2016, 9(5): 641-661.
- [22] Marquez J, Van Vliet P, Mcelduff P, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS): does it have merit in stroke rehabilitation? A systematic review [J]. *International journal of stroke : official journal of the International Stroke Society*, 2015, 10(3): 306-316.
- [23] Nitsche M, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation [J]. *The Journal of physiology*, 2000, 633-639.
- [24] Zandvliet S, Meskers C, Kwakkel G, et al. Short-Term Effects of Cerebellar tDCS on Standing Balance Performance in Patients with Chronic Stroke and Healthy Age-Matched Elderly [J]. *Cerebellum*, 2018, 17(5): 575-589.
- [25] Picelli A, Chemello E, Castellazzi P, et al. Combined effects of cerebellar transcranial direct current stimulation and transcutaneous spinal direct current stimulation on robot-assisted gait training in patients with chronic brain stroke: A pilot, single blind, randomized controlled trial [J]. *Restorative neurology neuroscience*, 2018, 36(2): 161-171.
- [26] Seo H, Lee W, Lee S, et al. Robotic-assisted gait training combined with transcranial direct current stimulation in chronic stroke patients: A pilot double-blind, randomized controlled trial [J]. *Restorative neurology neuroscience*, 2017, 35(5): 527-536.
- [27] Ojardias E, Azé O, Luneau D, et al. The Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on the Walking Performance of Chronic Hemiplegic Patients [J]. *Neuromodulation : journal of the International Neuromodulation Society*, 2020, 23(3): 373-379.
- [28] 何建华, 杨振, 万绍文, 等. 低频重复经颅磁刺激联合平衡仪训练对脑卒中患者平衡功能的影响 [J]. *中国康复*, 2021, 36(11): 657-660.
- [29] Saleh M, Rehab N, Aly S. Effect of aquatic versus land motor dual task training on balance and gait of patients with chronic stroke: A randomized controlled trial [J]. *NeuroRehabilitation*, 2019, 44(4): 485-492.
- [30] Lee S, Im S, Kim B, et al. The Effects of a Motorized Aquatic Treadmill Exercise Program on Muscle Strength, Cardiorespiratory Fitness, and Clinical Function in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Pilot Trial [J]. *American journal of physical medicine rehabilitation*, 2018, 97(8): 533-540.
- [31] Sale P, Franceschini M, Waldner A, et al. Use of the robot assisted gait therapy in rehabilitation of patients with stroke and spinal cord injury [J]. *European journal of physical rehabilitation medicine*, 2012, 48(1): 111-121.
- [32] Kim H, Shin J, Yang S, et al. Robot-assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single-blinded randomized controlled trial [J]. *Journal of neuroengineering rehabilitation*, 2019, 16(1): 99.
- [33] Jayaraman A, O'Brien M, Madhavan S, et al. Stride management assist exoskeleton vs functional gait training in stroke: A randomized trial [J]. *Neurology*, 2019, 92(3): e263-e73.
- [34] Nam Y, Park J, Lee H, et al. Further effects of electromechanically assisted gait trainer (Exowalk[®]) in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial [J]. *Journal of rehabilitation medicine*, 2020, 52(9): jrm00097.
- [35] Jönsson A, Lindgren I, Delavaran H, et al. Falls After Stroke: A Follow-up after Ten Years in Lund Stroke Register [J]. *Journal of stroke cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 2021, 30(6): 105770.
- [36] Gerards M, Mccrum C, Mansfield A, et al. Perturbation-based balance training for falls reduction among older adults: Current evidence and implications for clinical practice [J]. *Geriatrics gerontology international*, 2017, 17(12): 2294-2303.
- [37] Mansfield A, Aquil A, Danells C, et al. Does perturbation-based balance training prevent falls among individuals with chronic stroke? A randomised controlled trial [J]. *BMJ open*, 2018, 8(8): e021510.
- [38] 于波, 张勇. 中医综合康复治疗治疗中风病的研究概述与问题探讨 [J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(1): 3.
- [39] Huang S, Yu X, Lu Y, et al. Body weight support-Tai Chi footwork for balance of stroke survivors with fear of falling: A pilot randomized controlled trial [J]. *Complementary therapies in clinical practice*, 2019, 37:140-170.
- [40] Ghomashchi H. Investigating the effects of visual biofeedback therapy on recovery of postural balance in stroke patients using a complexity measure [J]. *Topics in stroke rehabilitation*, 2016, 23(3): 178-183.
- [41] Cha Y, Kim J, Choi Y, et al. Effects of gait training with auditory feedback on walking and balancing ability in adults after hemiplegic stroke: a preliminary, randomized, controlled study [J]. *International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation*, 2018, 41(3): 239-243.
- [42] Jung K, Bang H, In T, et al. Gait training with auditory feedback improves trunk control, muscle activation and dynamic balance in patients with hemiparetic stroke: A randomized controlled pilot study [J]. *Journal of back musculoskeletal rehabilitation*, 2020, 33(1): 1-6.