

·综述·

太极拳运动对卒中后运动功能障碍影响及其机制的研究进展*

姜林鸿^{1,2} 齐 瑞^{1,3} 赵莉娟¹ 刘 杨¹ 张建忠^{1,2} 刘元红^{1,2}

脑卒中是当今威胁人类健康的主要疾病之一,具有高发病率、高致死率、高致残率等特点^[1]。卒中后常遗留有不同方面的功能障碍,其中以运动功能障碍的影响最为突出^[2]。对于运动功能障碍的康复治疗是综合的,过去以神经发育疗法,如Bobath技术、Brunnstrom技术、Rood技术、PNF技术等为主要治疗方法。除上述现代神经发育疗法外,临床上也常使用传统康复疗法如针灸、推拿及传统运动训练等促进卒中后的运动功能恢复。相较于针灸、推拿等被动干预治疗,传统运动训练属于主动康复运动,其中太极拳运动作为具有代表性的传统运动训练之一,在改善运动功能方面有其独特的优势。本文总结太极拳运动对卒中后运动功能障碍影响的研究概况并对其改善运动功能的机制进行总结归纳,以期与传统运动训练改善卒中后运动功能研究提供参考。

1 太极拳运动对卒中后运动功能障碍影响的研究概况

脑卒中后常因上运动神经元受损造成上运动神经元性瘫痪,运动系统失去其高位中枢控制,其中原始的、被抑制的、皮层以下中枢的运动反射进而释放,引发卒中后异常运动模式。其中,由脑卒中引发的异常运动模式主要表现为过高的肌张力以及运动反射异常,共同运动、联合反应、紧张性反射等脊髓水平的原始运动形成,使运动协调控制及平衡功能受到严重影响。卒中后肢体运动功能障碍的恢复主要依赖于大脑的可塑性以及脑部结构功能重组特性^[3],太极拳运动的本质是类似于Bobath疗法和本体感受神经肌肉促进技术,能运用于脑卒中后的功能康复^[4],促进运动皮质结构与功能重塑,积极改善运动功能^[5-6]。

1.1 对整体运动功能的影响

杨慧馨等^[7]使用简化太极拳运动对康复治疗期的卒中患者干预治疗,显示干预8周后,太极拳组的Fugl-Meyer评定积分显著高于现代常规综合康复治疗组($P<0.05$)。Xie等^[8]将244例脑卒中患者随机分为太极“云手”组和常规康复训练组,发现12周的太极“云手”训练较常规康复训练更有效改善脑卒中患者运动功能、跌倒风险及情绪抑郁,提高康

主动参与度,改善生活质量,利于脑卒中康复与社区融合。

1.2 对平衡功能及运动协调控制的影响

太极拳运动能有效改善平衡功能,减少跌倒风险及提高卒中后运动协调控制能力^[9-10]。Taylor-Piliac等^[11]将平均年龄70岁,病程3个月以上的145例社区卒中患者,随机分成太极拳组、健身运动组及常规护理组,各组进行12周的训练后,结果表明太极拳和健身运动均能提高有氧运动耐力、降低跌倒次数,而太极拳组的跌倒次数较健身运动和常规护理组少了2/3,更有效降低了跌倒率,改善卒中后患者平衡功能更为显著($P<0.05$)。脑卒中患者常常难以完成整套太极拳运动,Tao等^[12]研究表明太极“云手”能够有效提高卒中后平衡功能,为社区卒中患者提供更为经济合理的平衡康复技术。此外,研究表明太极拳运动能够促进卒中后患者偏瘫下肢主动肌和拮抗肌之间的协同,提高中枢对躯体和四肢的运动协调控制能力^[13-14]。

1.3 对步行功能的影响

王芾斌等^[15]观察太极“云手”训练对卒中后偏瘫患者步行功能的影响,发现太极“云手”训练有助于缩短偏瘫患者步行的两侧总支撑期,增加摆动期百分比,使步态时相更接近正常比例,提高步行质量和效率。Lyu等^[16]进行太极拳运动对卒中后康复影响的meta分析,结果提示,太极拳运动能提高卒中患者步行速度,改善步行能力,提高日常生活活动能力。

1.4 对肌力、肌耐力的影响

长时间的太极拳运动能增强肌力、提高肌耐力,有效改善运动功能^[17]。杨慧馨等^[13]将105例脑卒中患者随机分为太极组、气功组和常规康复组,每组各35例,采用Fugl-Meyer评定量表下肢部分(Fugl-Meyer Assessment-Lower Extremities, FMA-LE)、表面肌电图(surface electromyography, sEMG)的积分肌电值(integrated electromyography, iEMG)和协调收缩率(co-contraction ratio, CR)评定疗效,干预8周末,太极拳组FMA-LE评分、踝背屈时胫骨前肌iEMG高于常规康复组($P<0.05$),胫骨前肌CR低于常规康复组和气功

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.08.021

*基金项目:上海市三年行动计划子项目—非药物治疗项目“基于机制的神经功能康复”[ZY(2018-2020)-CCCX-2004-05];上海市体育科技“综合计划”项目(18Z016)

1 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院,上海市,200437; 2 上海中医药大学; 3 通讯作者

第一作者简介:姜林鸿,男,硕士研究生;收稿日期:2020-07-31

组($P<0.05$),结果表明太极拳和气功训练8周后,小腿主动肌活动及肌力增强,拮抗肌收缩能力也增加。黄友德^[18]研究发现太极拳运动能显著增加脑卒中患者健侧和患侧肌肉运动诱发电位振幅,有效改善肌肉神经兴奋性,增强肌力,提高肌耐力。

1.5 对心肺功能的影响

太极拳运动能够改善卒中后患者的心肺功能,提高运动耐力。卒中后由于主动运动减少,而导致骨骼肌肌肉力量降低、运动耐力下降,同时也会导致心肺功能减退,而有氧能力的显著下降会影响运动功能恢复及其康复的进程^[19]。范金梅^[20]研究表明12周太极“云手”训练可以提高社区卒中患者肺活量,对血压具有明显降低作用,使氧脉搏增加,改善心肺功能。Zheng等^[21]进行170例符合缺血性脑卒中高风险受试者的随机对照试验,12周定期的太极拳运动后,太极拳组的脑血流动力学参数、左室射血分数、1s用力呼气量及肺活量最大值等指标均显著提高,结果表明太极拳有助于提高有氧运动能力、脑血管顺应性,能有效改善心肺功能。

1.6 对认知功能的影响

卒中后认知功能障碍所造成的对肢体运动信息处理能力的下降,严重影响卒中患者运动功能的恢复^[22]。Miller等^[23]、Wayne等^[24]进行太极拳运动对认知功能障碍影响的meta分析,结论表明太极拳运动后有认知功能障碍老年人的认知功能,学习、语言、记忆力及执行功能等均明显提高。刘思^[25]研究发现脑卒中患者进行6个月太极拳运动后,蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)较试验前在定向和总分上具有显著性差异($P<0.05$),而在延迟记忆、注意力、语言得分上差异具有非常显著性意义($P<0.05$),结论表明太极拳运动对促进卒中后患者认知功能的改善具有明显效果。

2 太极拳运动改善运动功能的机制研究

2.1 中枢神经系统

2.1.1 促进运动皮质脑区结构重塑和功能重组:大脑皮质区域主要参与脑组织结构重组,促进运动功能的恢复。影响运动功能恢复的主要脑区是额叶,包括运动前皮质(premotor cortex, PMC)、初级运动皮质(primary motor cortex, M1)、辅助运动皮质(supplementary motor cortex, SMC)以及背外侧前额皮质(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)^[26]。PMC是运动控制的关键区域,包括运动的准备、运动的感觉指导,或直接控制某些人体运动。SMC区功能包括运动规划、运动系列规划和身体两侧的协调。DLPFC与执行功能相关,包括自我控制、计划、决策和解决问题。脑卒中后对脑部的损伤波及运动皮质区或相关传导通路时,临床上即可表现出损伤对应部位的不同的运动功能障碍。

多项脑形态学检测研究显示^[27-28],长期太极拳运动后在特定脑区如右前额叶皮层、左侧颞上回、右前中沟具有相似的皮层增厚模式。与不做任何运动的人相比,太极拳练习者前额叶和颞叶的皮层显著增厚^[29]。值得注意的是,最大的皮层厚度差异还是在中央前回,前中央沟位于M1,负责观察和执行运动任务,中央前回的表面积和太极拳实践之间的显著相关性表明太极拳运动可以增强相应处理运动相关信息的能力。此外,太极拳运动后右侧中央前回的功能同质性增加,左侧前扣带回和DLPFC的功能同质性减低。功能同质性增强是大脑整合能力提升的表现,可实现增强调控骨骼肌运动控制能力的效果,反之则为整合能力降低的表现,控制能力不足^[30]。太极拳运动可诱导大脑左右前额叶、顶叶运动区和枕叶,产生显著激活,增加前额叶参与了运动控制,改善前额叶、运动区和枕叶在肌源性活动、交感神经活动和内皮细胞代谢活动中的联系,补偿了脑区之间的驱动—反馈机制^[31]。激活神经环路是目前康复训练影响脑部相关结构,进而促进功能恢复的主要机制之一。脑卒中患者在进行康复训练时可观测到强激活的脑区,而这部分脑区的激活带动了相应功能的恢复。太极拳运动能够显著激活额叶及其他运动皮层脑区、增厚皮层,促进大脑结构性和功能性重塑,并改善卒中后运动功能障碍。

2.1.2 增加脑源性神经营养因子:卒中后脑组织会启动自发性的修复,多种神经营养因子的表达上调和水平上升,帮助促进脑部的结构和功能重塑。脑源性神经营养因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)是促进神经再生和突触可塑性的因子,参与发育和神经修复过程中的神经细胞增值、存活和分化^[32]。太极拳运动能有效提高外周BDNF水平^[33],促进对神经修复具有重要作用的干细胞—神经干细胞的增殖、迁移和分化,改变脑内神经元的形态,增加突触终末密度和促进树突和轴突生长,完成对损伤神经的再生和修复,重新建立运动冲动信号转导的通路。

2.1.3 促进脑内血管再生和血液循环:卒中后局部病灶缺血缺氧,脑内血液循环障碍造成脑区组织无法进行正常新陈代谢严重影响运动功能的恢复。缺血性脑卒中后进行运动训练能够改善脑血流动力学状态及能量供应,增加缺血灶血流灌注量,促进受损处血管的修复和再生。脑缺血后血流再灌注能够促进神经祖细胞增殖,增殖的神经干细胞有向梗死病灶区迁移的趋势,从而补充受损神经细胞,减轻脑缺血所致损伤^[34]。太极拳运动是一种低中强度的有氧运动,长期运动训练能促进脑部血管内皮因子表达,促进血管发生、侧支循环建立和代偿性血流量增加,提高病灶尚未坏死的神经细胞兴奋性^[35],促进运动神经元功能恢复及运动皮质结构重塑,从而促进运动功能恢复。

2.1.4 激活神经网络,提高神经兴奋性,增强脑区活跃性:卒

中可造成由上至下的高水平运动导引系统和静息态运动网络之间的连接遭到破坏,运动皮层区之间的神经网络连接障碍^[36]。静息态功能性核磁共振成像检查发现(functional magnetic resonance imaging, fMRI)对比一般步行运动,太极拳运动时默认模式网络(default mode network, DMN)、感觉运动网络(sensory motor network, SMN)和视觉网络(visual network, VN)中均可观察到强度不等的脑区激活^[37],且激活效果较一般步行运动更为显著。同样与单一反复的拉伸运动训练相比,太极拳运动过程中可使得海马区、枕颞叶灰质等脑区的容积增大,因为太极拳运动过程中需要记忆各项动作的内容和顺序,并需要不断进行动作转换,能够使控制记忆、思维以及言语控制能力的中央前回、颞叶、前额叶、语言区等多个脑区活跃性增加,容积增大,激活整个神经网络,最终实现对运动和运动执行的一个整体改善效果^[38]。

太极拳主动调整意念活动,是与皮层高级活动相关的意念控制,能增强大脑皮层运动中枢活动性,提高神经细胞兴奋性^[39]。卒中后患侧在执行主动运动和被动运动时其脑激活区分布、激活强度有显著差异,主动运动在脑区激活中表现出更高的激活频率。患肢执行主动运动时,脑激活区主要位于对侧感觉运动区(sensorimotor cortex, SMC)、M1、双侧辅助运动区(supplementary motor area, SMA)及同侧小脑,而被动运动时激活脑区则没有这种向对侧集中的趋势,表现为两侧运动相关脑区被激活范围及程度类似,其原因可能是主动运动和被动运动在神经传导通路中的感受器不同以及信息传递通路不同导致的^[40]。

2.2 肌肉、骨骼等运动系统

2.2.1 增强肌力、肌耐力,降低肌张力:太极拳运动富有节律性地,连绵不断地移动重心,肢体缠绕等动作帮助患者重新建立已经丧失的神经肌肉功能,其有节奏地对肌肉和骨骼进行应力和刺激,从而达到强化肌肉和骨骼的效果^[41]。有效协调原动肌和调节拮抗肌的协调能力,提高运动神经元募集能力,使运动单位增加,促进肌肉力量及肌耐力提高。太极拳训练强调调整姿势、调整呼吸及调整心境,“用意不用力”,太极拳能够降低肌张力可能是由于从皮质运动区发出的神经冲动激活了脊髓神经的抑制系统,重新调整了肌肉张力,使原本处于不平衡工作状态的肌肉得到调整^[42]。

2.2.2 提高本体感觉,增强运动协调控制:卒中后高位中枢对低位中枢的调控受损,使低位中枢各种反射释放并亢进,运动或感觉传导系统发生改变,感觉输入异常、肢体各肌群之间协调控制失调、本体感觉下降及运动模式异常等均可造成平衡功能障碍,进而影响运动功能恢复^[43]。太极拳运动过程中大部分时间保持屈膝半蹲状态,有较多的单腿支撑平衡姿势,需要前庭系统和其他系统良好协调,长期训练可增强膝关节运动控制能力,减少身体晃动幅度,使身体重心转移

到不同的空间位置,通过不断的关节加压和肌肉牵拉来刺激肢体的位置觉、关节觉,增强本体感觉的输入,促进下肢本体感觉康复,提高本体感觉,改善平衡功能^[44]。此外,太极拳步态较正常步态稳定性低,训练时身体必须调动神经肌肉控制策略、增加肌肉力量进行适应性改变,以维持身体动态平衡^[45]。

2.2.3 提高核心稳定性:研究表明,核心稳定性训练对卒中后患者的运动功能、平衡功能和活动性有益,以及对改善患者的动态坐姿和站立以及步态具有积极的长期作用^[46-48]。太极拳运动的技术原理与现代核心稳定力量训练理念相吻合,训练过程中体现平衡重心、能量转换和协调运作,采取以腰部为核心的圈转、波浪和螺旋相结合的三维运动形式,提高核心稳定性^[49]。

2.3 呼吸、心血管系统

2.3.1 提高肺通气与换气,改善肺组织弹性:太极拳运动作为一项轻中度的有氧运动,连续缓慢的动作与深呼吸相配合,能够增加膈肌力量^[50]。其“调息”过程增强呼吸肌氧代谢功能而改善内呼吸过程,依靠本身所具有的呼吸肌力量减少呼吸频率,增加呼吸深度保证供氧。训练过程中采用腹式呼吸要求气向下沉,呼吸要做到“深、长、细、缓、匀、柔”,保持“腹实胸宽”状态,对保持肺组织弹性和顺应性有良好的促进作用^[51]。同时与拳法动作相配合,运动中采用以膈肌升降为主的深慢腹式呼吸且呼吸由意识引导,在高级呼吸中枢调控下,肌肉舒缩与呼吸周期进行“开吸合呼”的配合,使胸廓扩张与回缩程度明显增加,胸内压发生大幅度变化,同时由于肺泡的扩张,支气管壁受外向牵拉作用使呼吸道扩张,一定程度上降低了气道阻力,使肺泡通气量增加^[52]。另外,腹压增加时挤压血液回心,肺循环血量增多,通气血流比值增加,血氧饱和度提高,加速排除二氧化碳,提高换气功能^[53]。

2.3.2 改善心肌弹性,调节自主神经兴奋性:太极拳动作轻柔均匀,强调心静专注,能够减少神经末梢激活释放的去甲肾上腺素,稳定心血管运动神经,改善心血管平滑肌的弹性,降低外周总阻力,增加心血管反应性舒张能力,增强心肌收缩力、减慢心率,延长心脏舒张期,增加每搏输出量^[54]。此外,太极拳运动过程中能降低交感神经张力,增加副交感神经张力,引起自主神经系统的变化,调节交感与副交感神经兴奋性平衡,能够有效降低血压,控制心室率^[55]。

3 小结

太极拳运动多方面、多层次、综合的影响卒中后患者的运动功能,对运动功能障碍改善具有显著的积极促进作用。但在临床实际运用中仍然遇到诸多问题,值得思考和解决。太极拳运动作为一种运动康复疗法,对卒中患者的运动功能有一定要求,其运动招式繁杂,部分动作难度大,不易在短时

间内掌握。广义太极拳运动缺乏针对性,采用完整的太极拳动作编排会提高患者自身消耗,增加各种负担,甚至对病情有负性影响。因此,如何根据Brunnstrom分期特点、肢体活动状况等,设计出基于现代康复理论经优化、针对性强的运动训练处方,是我们运用运动训练恢复运动功能所需要思考的问题。卒中后患者运动功能恢复采取综合康复措施,需要探讨如何将太极拳运动和现代康复训练有机结合,开辟新的中医传统运动康复途径。此外,需要进一步探索太极拳运动康复作用机制的科学内涵,为运动训练方案设计提供思路和依据。

参考文献

- [1] Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, et al. Heart disease and stroke statistics—2018 update: a report from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2018, 137(12): e67—e492.
- [2] Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Correction to: Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2017, 48(12): e369.
- [3] Yukihiro H. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients [J]. *Journal of Nippon Medical School*, 2015, 82(1): 4—13.
- [4] Zhang Y, Liu HW, Zhou L, et al. Applying Tai Chi as a rehabilitation program for stroke patients in the recovery phase: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2014, 15(1):484.
- [5] Yang Y, Li XY, Gong L, et al. Tai Chi for improvement of motor function, balance and gait in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2014, 9(7):e102942.
- [6] Ge L, Zheng QX, Liao YT, et al. Effects of traditional Chinese exercises on the rehabilitation of limb function among stroke patients: A systematic review and meta-analysis [J]. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2017, 29(29):35—47.
- [7] 杨慧馨, 唐强. 太极拳用于脑卒中患者运动功能障碍康复的临床观察 [J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(10):1146—1148.
- [8] Xie GL, Rao T, Lin LL, et al. Effects of Tai Chi Yunshou exercise on community-based stroke patients: a cluster randomized controlled trial [J]. *European Review of Aging and Physical Activity*, 2018, 15(1):17.
- [9] Zhong DL, Xiao QW, He QW, et al. Tai Chi for improving balance and reducing falls: A protocol of systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine*, 2019, 98(17): e15225.
- [10] Li YF, Zhang YJ, Cui CY, et al. The effect of Tai Chi exercise on motor function and sleep quality in patients with stroke: A meta-analysis [J]. *International Journal of Nursing Sciences*, 2017, 4(3):314—321.
- [11] Taylor-Piliae RE, Hoke TM, Hepworth JT, et al. Effect of Tai Chi on physical function, fall rates and quality of life among older stroke survivors [J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2014, 95(5):816—824.
- [12] Tao J, Rao T, Lin L, et al. Evaluation of Tai Chi Yunshou exercises on community-based stroke patients with balance dysfunction: a study protocol of a cluster randomized controlled trial [J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 15(1):31.
- [13] 杨慧馨, 刘晓蕾. 太极拳和八段锦对脑卒中患者偏瘫下肢运动功能和表面肌电的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25(1):101—106.
- [14] 王红雨, 张林. 24式简化太极拳对老年人平衡功能的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2013, 33(13):3011—3013.
- [15] 王芎斌, 侯美金, 陶静, 等. 太极“云手”对脑卒中偏瘫患者步态影响的相关性研究 [J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(12):1328—1333.
- [16] Lyu DY, Lyu XX, Zhang Y, et al. Tai Chi for stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Frontiers in Physiology*, 2018, 9(9):983.
- [17] Penn IW, Sung WH, Lin CH, et al. Effects of individualized Tai-Chi on balance and lower-limb strength in older adults [J]. *BMC Geriatrics*, 2019, 19(1):235.
- [18] 黄友德. 太极拳运动对脑卒中患者运动功能及神经兴奋性的影响研究[D]. 上海:上海体育学院, 2016.
- [19] 刘建华, 董继革, 黄宝靓. 心肺康复对脑卒中患者运动功能恢复的效果 [J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25(11):1342—1347.
- [20] 范金梅. 太极“云手”对脑卒中患者心肺功能的影响研究[D]. 福州:福建中医药大学, 2017.
- [21] Zheng GH, Zheng X, Li JZ, et al. Design, methodology and baseline characteristics of Tai Chi and its protective effect against ischaemic stroke risk in an elderly community population with risk factors for ischaemic stroke: a randomised controlled trial [J]. *BMJ Open*, 2015, 5(12): e009158.
- [22] Shigaki CL, Frey SH, Barrett AM. Rehabilitation of post-stroke cognition [J]. *Seminars in Neurology*, 2014, 34(5): 496—503.
- [23] Miller SM, Taylor-piliae RE. Effects of Tai Chi on cognitive function in community-dwelling older adults: A review [J]. *Geriatric Nursing*, 2014, 35(1):9—19.
- [24] Wayne PM, Walsh JN, Taylor-piliae RE, et al. Effect of Tai Chi on cognitive performance in older adults: systematic review and meta-analysis [J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2014, 62(1):25—39.

- [25] 刘思. 太极拳练习对脑卒中患者执行功能影响的实验研究[D]. 上海:上海体育学院, 2016.
- [26] 梅程瑶,倪隽,单春雷. 脑卒中运动障碍后脑区恢复与功能联接机制研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(2):239—243.
- [27] Lazar SW, Kerr CE, Wasserman RH, et al. Meditation experience is associated with increased cortical thickness[J]. Neuroreport, 2005, 16(17):1893—1897.
- [28] Grant JA, Courtemanche J, Duerden EG, et al. Cortical thickness and pain sensitivity in zen meditators[J]. Emotion, 2010, 10(1):43—53.
- [29] Wei GX, Xu T, Fan FM, et al. Can Taichi reshape the brain? A brain morphometry study[J]. PLoS One, 2013, 8(4):e61038.
- [30] 张勇, 吕迪阳, 李匡时, 等. 太极拳的功能性磁共振成像研究进展与思路探讨[J]. 磁共振成像, 2019, 10(9):711—714.
- [31] 谢晖. 基于近红外光谱法的太极拳训练对脑功能影响实验研究[D]. 济南:山东大学, 2018.
- [32] Zhang Q, Liu G, Wu Y, et al. BDNF Promotes EGF-induced proliferation and migration of human fetal neural stem/progenitor cells via the PI3K/Akt pathway [J]. Molecules, 2011, 16(12):10146—10156.
- [33] Sungkarat S, Boripuntakul S, Kumfu S, et al. Tai Chi improves cognition and plasma BDNF in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial [J]. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2018, 32(2):142—149.
- [34] Nakagawa S, Kim JE, Lee R, et al. Regulation of neurogenesis in adult mouse hippocampus by cAMP and the cAMP response element-binding protein[J]. The Journal of Neuroscience, 2002, 22(9): 3673—3682.
- [35] 谢财忠, 刘新峰, 唐军凯. 脑卒中患者平衡功能与自理能力的相关性 [J]. 中国康复医学杂志, 2010, 25(2):149—151+155.
- [36] Inman CS, James GA, Hamann S, et al. Altered resting-state effective connectivity of fronto-parietal motor control systems on the primary motor network following stroke[J]. NeuroImage, 2012, 59(1):227—237.
- [37] Yue C, Zhang Y, Jian M, et al. Differential effects of Tai Chi Chuan (motor-cognitive training) and walking on brain networks: a resting-state fMRI study in Chinese women aged 60[J]. Healthcare (Basel), 2020, 8(1):67.
- [38] 王乾贝, 绳宇. 太极拳运动对社区轻度认知障碍老年人认知功能的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(6):645—649.
- [39] 符晓艳, 王羚入, 邓月月, 等. 主动运动对脑梗死患者康复效果的研究[J]. 中华护理杂志, 2018, 53(11):1309—1314.
- [40] 蔡伟森, 吴毅, 吴军发, 等. 缺血性脑卒中患者患手主动运动及被动运动时的功能性磁共振研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(4):270—273.
- [41] Song QH, Zhang QH, Xu RM, et al. Effect of Tai-chi exercise on lower limb muscle strength, bone mineral density and balance function of elderly women[J]. Int J Clin Exp Med, 2014, 7(6):1569—1576.
- [42] Li FZ, Harmer P, Fitzgerald K, et al. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease[J]. N Engl J Med, 2012, 366(6):511—519.
- [43] 付常喜, 张秋阳. 太极拳对脑卒中偏瘫患者平衡功能及步行能力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(5):536—539.
- [44] 刘体军, 秦萍, 陈杏枝. 太极拳改善脑卒中患者平衡功能的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2009, 31(11):781—782.
- [45] Yang F, Liu W. Biomechanical mechanism of Tai-Chi gait for preventing falls: A pilot study[J]. Journal of Biomechanics, 2020, 105(105):109769.
- [46] 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]. Clin Rehabil, 2017, 31(11):1492—1499.
- [47] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2017, 31(3):240—249.
- [48] Chen X, Gan Z, Tian W, et al. Effects of rehabilitation training of core muscle stability on stroke patients with hemiplegia[J]. Pak J Med Sci, 2020, 36(3): 461—466.
- [49] 蔡开明. 现代核心训练理念审视下传统太极拳技术原理及应用 [J]. 北京体育大学学报, 2014, 37(8):140—144.
- [50] Niu RC, He RX, Luo BL, et al. The effect of tai chi on chronic obstructive pulmonary disease: a pilot randomised study of lung function, exercise capacity and diaphragm strength [J]. Heart Lung Circ, 2014, 23(4):347—352.
- [51] 荣湘江, 李春治, 梁丹丹. 太极拳运动对中老年人心肺功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24(4):345—347.
- [52] 杜舒婷, 丁连明, 王春霞, 等. 太极拳运动对慢性阻塞性肺疾病患者运动耐力及肺功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2013, 28(4):374—376.
- [53] 潘怡, 王振兴, 闵婕, 等. 24式简化太极拳在慢性阻塞性肺疾病稳定期肺康复中的疗效评价[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(6):681—686.
- [54] Sun L, Zhuang LP, Li XZ, et al. Tai Chi can prevent cardiovascular disease and improve cardiopulmonary function of adults with obesity aged 50 years and older: A long-term follow-up study[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(42):e17509.
- [55] Lee SH, Kim BJ, Park IH, et al. Effects of taichi on grade 1 hypertension: A study protocol for a randomized controlled trial[J]. Trials, 2020, 21(1):177.