

# 脑卒中后自主神经功能障碍的康复治疗

张立超<sup>1</sup>, 冯婷怡<sup>1,2</sup>, 李源莉<sup>3,4</sup>, 单春雷<sup>1,3,4</sup>

【关键词】 脑卒中;自主神经功能障碍;神经机制;疼痛;康复治疗

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2022.12.011

自主神经功能障碍是脑卒中后常见的功能障碍之一,对其进行评定和康复治疗是脑卒中康复中重要的一部分<sup>[1]</sup>。尽管有大量关于卒中后自主神经功能障碍的文献,但对其诊断、评估缺乏共识,临床治疗方法单一,关注度不足。本文对脑卒中自主神经功能障碍有关的临床表现、神经机制、评定、常规康复治疗及基于神经调控的干预模式进行归纳总结,为进一步探究其机理及临床康复治疗提供依据和帮助。

## 1 脑卒中后自主神经功能障碍的临床表现

自主神经系统在大脑和脊髓中具有高度复杂的解剖和功能组织,通过不同的网络对正常和异常的心血管功能产生重大影响。脑卒中后心血管问题自主神经功能障碍表现为血压不稳定、体位性低血压、发热和心律失常,严重的出现脑心综合征等<sup>[2]</sup>。有一些研究表明患者卒中后抑郁(post-stroke depression, PSD)与自主神经功能障碍有关<sup>[3]</sup>。还有一些研究认为膀胱过度活动(尿急和尿频)或短暂性尿潴留与脑梗死导致短暂的自主神经功能障碍、膀胱充盈期间感觉障碍和排尿期间的逼尿肌活动不足等原因有关<sup>[4]</sup>。另外有一些研究发现交感神经过度活动可能抑制胃肠蠕动最终导致便秘<sup>[5]</sup>。卒中后肩-手综合征(should-hand syndrome, SHS)是一种以疼痛、出汗、手肿胀、血管运动不稳定和运动功能受损为特征的慢性疾病,患者存在肢体自主神经功能障碍和炎症,包括卒中后复杂性区

域疼痛综合征(complex regional syndrome, CRPS)或上肢反射性交感神经营养不良<sup>[6]</sup>。

临床上存在自主神经功能障碍的脑卒中患者一般预后较差。Korpelainen等<sup>[7]</sup>发现急性缺血性卒中(acute ischemic stroke, AIS)6个月后心率变异性(heart rate variability, HRV)受损与神经功能障碍严重程度呈一定正相关性。Li等<sup>[8]</sup>发现AIS3个月后,相比轻微自主神经功能障碍患者,严重自主神经功能障碍患者预后较差。Eleonora等<sup>[9]</sup>研究表明心率变异性增加和迷走神经控制降低的急性非心源性卒中患者有发生谵妄的风险。Arboix等<sup>[10]</sup>认为有自主神经功能障碍的脑卒中患者可能有发生心脏并发症的风险,导致不良结局与死亡率增高。

## 2 脑卒中后自主神经功能障碍的神经机制

研究表明高HRV可能导致卒中风险增加,长期以来,“自下而上”的机制被认为是自主神经调节的主要方式,其依赖于周围神经、激素与内啡肽。血液中激素及内啡肽物质的改变激活相关的脑干结构(如延髓腹外侧核、背内侧核等),再经由周围神经系统来对心脏和血管作出相应调控,从而维持人体正常心血管内环境,降低卒中风险<sup>[11]</sup>。与之相对,“自上而下”的机制则是大脑皮质对周围神经影响的方式,其涉及到感觉运动皮质、内侧前额叶皮质和岛叶皮质等主要脑区<sup>[12]</sup>。这些脑区自身或通过影响与情绪相关的边缘系统来激活涉及皮肤电导、瞳孔反应、心率和呼吸频率等变化的交感神经高兴奋性状态。许多脑卒中患者都被发现皮肤电导反应和心率变异性与健康人不同,同时急性期和病程6个月均出现交感神经皮肤反应(sympathetic skin reaction, SSR)双侧异常<sup>[13]</sup>,这一结论也支持了大脑皮质对自主神经有调控作用。

脑卒中后血压异常的调节包含中枢机制和外周机制,例如交感神经活性降低导致持续血管舒张。压力反射的调节是由孤束核和延髓头端腹外侧核介导的。

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC2001600/04);国家自然科学基金项目(81874035);上海市卫生健康委加快中医药事业发展三年行动计划项目(ZY(2018-2020)-CCCX-2001-06, ZY(2018-2020)-FWTX-8002);上海市卫生健康委智慧医疗专项(2018ZHYL0216);上海申康医院发展中心临床科技创新项目(SHDC12018126)

收稿日期:2022-05-23

作者单位:1. 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院康复医学中心,上海 200437;2. 上海中医药大学岳阳临床医学院,上海 200437;3. 中医智能康复教育部工程研究中心,上海 201203;4. 上海中医药大学康复医学院,上海 201203

作者简介:张立超(1989-),男,主管技师,主要从事中西医结合神经康复方面的研究。

通讯作者:单春雷,shanlchappy@163.com

大脑皮质如岛叶(insular cortex, IC)、丘脑和内侧前额叶皮质(medial prefrontal cortex, mPFC)的兴奋性抑制也会引发此症状<sup>[14]</sup>。研究发现 IC 是心脏自主神经兴奋性的主要调节中心<sup>[15]</sup>。同时在关于抑郁症的机制研究中<sup>[16]</sup>,对膝下前扣带回皮层(subgenual anterior cingulate cortex, sACC)的脑深部刺激(deep brain stimulation, DBS)取得了不俗的疗效。Tao 等<sup>[17]</sup>在分析了与 sACC 密切相关的解剖位置相对表浅的前额叶皮质(prefrontal cortex, PFC)的解剖连接后,发现右侧和左侧 PFC 均与 sACC 紧密连接,但两半球之间的峰值解剖连接坐标略有不同:左侧 PFC 在解剖和功能上直接与 sACC 相连,而右侧 PFC 则与后扣带回皮层(posterior cingulate cortex, PCC)相连。其解剖连接的不同提示了不同精神症状患者对应不同的 PFC 部位机制。鉴于早年的研究发现应激事件的发生会激活下丘脑-垂体-肾上腺(hypothalamus - pituitary - adrenal, HPA)轴<sup>[18]</sup>,会导致与焦虑、抑郁等精神状态相关的糖皮质激素分泌急剧增加。而应激反应由连接前额叶皮质(prefrontal cortex, PFC)和杏仁核(amygdala)的神经回路控制,其中背外侧前额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)对杏仁核产生抑制作用<sup>[19]</sup>,也会影响相关激素释放。以上机制为脑卒中后自主神经功能障碍的中枢神经机制探究和治疗提供了前期理论依据。

### 3 主要评定指标与临床治疗

3.1 主要评定指标 临床上有很多方法用以评估脑卒中后自主神经功能障碍<sup>[20]</sup>,包括 HRV、立位血压变化、抬头倾斜测试、等长握力、出汗定量(蒸发量测定法)、压力反射敏感性、Valsalva 动作、深呼吸心率反应,以及血浆儿茶酚胺含量、肿瘤坏死因子  $\alpha$ 、白细胞介素-6 以及超敏 C 反应蛋白等检验指标。自主反应筛查作为脑卒中后自主神经功能障碍评估的工具量表,通过对自主神经功能评估进行量化,具有评估交感神经和副交感神经自主神经功能的优势,同时考虑了节前和节后结构<sup>[21]</sup>。它包括:使用定量泌汗运动轴突反射试验(一个上肢和三个下肢部位)评估节后交感泌汗运动功能;使用深呼吸心率反应和 Valsalva 比率评估心脏迷走神经功能;在 Valsalva 动作和抬头倾斜试验期间,测定心脏肾上腺素功能。HRV 称心率变异性,是自主神经调控心脏的评定指标,也是临床上运用最广泛的指标之一,它反映正常窦性心搏之间心动周期频率和时间的区别<sup>[22]</sup>。低频率(low frequency, LF)与高频率(high frequency, HF)之比(LF/HF)来反映心脏节律性改变规律及自主神经对心脑血管系统的影

响,其中 LF 表示交感神经功能而 HF 与副交感神经特异性有关,故 LF/HF 越低副交感神经占优势,反之交感神经占优势<sup>[23]</sup>。目前 HRV 分析方法包括频域、时域和非线性分析,通常使用动态心电图检测。也有学者在临床上使用 SSR 测定评估 PSD 导致的自主神经功能障碍<sup>[24]</sup>。这是一种电生理测试,记录交感神经系统激活后皮肤电导的变化,脑卒中后 CRPS 患者交感神经活动过度,SSR 可能增加。

#### 3.2 康复治疗

3.2.1 呼吸训练、有氧运动和心理治疗 常规的呼吸训练、心理治疗和有氧运动可以调控脑卒中患者自主神经功能。章志超等<sup>[25]</sup>发现常规康复干预(包括药物治疗)结合渐进性吸气肌抗阻训练及呼吸控制训练能有效改善 PSD 患者日常生活能力、抑郁情绪状态及 HRV 指标。容伟等<sup>[26]</sup>通过心理干预结合帕罗西汀治疗 PSD 患者后发现患者汉密尔顿抑郁量表评分、匹兹堡睡眠质量指数评分、词语流畅性测验、SSR 波起始波潜伏期及波幅均明显优于治疗前,患者体内 5-羟色胺水平提高,抑郁状态及自主神经功能得到明显改善。Yao 等<sup>[27]</sup>使用生理相干与自主平衡系统(self-generate physiological coherence system, SPCS)发现其可以减轻患者的疲劳和抑郁,改善患者的 HRV。脑卒中后患者肾素-血管紧张素系统呈现病理状态,焦虑、抑郁等消极情绪的产生过程与交感神经和自主神经的神经调节机制有关。SPCS 是以心脑交互作用理论和减压理论为基础的心肺训练系统,动态显示患者训练时的 HRV 的变化,帮助平衡患者的自主神经系统,协调和改善 HRV,改变脑电波活动,促进额叶底部与杏仁核纤维束连接。Rodrigo<sup>[28]</sup>的研究表明脑卒中患者在休息时 LF/HF 和整体变异性较低,副交感神经占优势,在有氧运动时交感神经占优势,并且在休息 30min 后 LF/HF 没有恢复到基线水平,与健康老年人反应一致,此前 HRV 模式分析已运用于健康人群的运动处方制定,提示其也可以作为一种简易且无创的评估工具,帮助脑卒中患者制定安全有效的运动处方。

3.2.2 其他传统物理疗法 AZRA 等<sup>[29]</sup>研究表明,相比于经皮神经电刺激(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)治疗,在脑卒中反射性交感神经营养不良患者肩关节三角肌、肱二头肌肌腱进行激光照射疗法可以减少肩关节疼痛,减轻手背肿胀程度,降低抑郁发生率,改善日常生活能力。以往很多学者对于 SHS 治疗更多关注于肿胀、疼痛、关节活动度等功能障碍问题,也有一部分学者通过调控交感神经进行治疗。Sourov 等<sup>[30]</sup>用镜像疗法治疗脑卒中后

上肢交感神经营养不良后发现与对照组相比,镜像治疗的试验组在水肿、疼痛强度、功能活动指标上的改善更显著。在随访2周时,改善得以持续。淋巴组织中存在交感神经元,交感神经系统与炎症密切相关,脑卒中患者表现出较弱的延迟交感反应和交感功能障碍,导致皮肤血管收缩和循环不良,进而导致SHS患者肢体内炎性液体积聚。因此,通过针对动机和意识进行的镜像治疗可能通过诱导抗炎反应,激活交感神经群发的活动,以纠正水肿<sup>[31]</sup>。徐胜等<sup>[32]</sup>发现神经松动术可以有效改善卒中后痉挛模式所导致的周围神经活动性下降和张力增高,从而缓解SHS伴随的交感神经症状,提高交感营养状态。Asli等<sup>[33]</sup>研究表明常规物理治疗结合上肢有氧运动是治疗CRPS的一个很好的综合方法,患者疼痛、抑郁及健康状态得到显著改善。其治疗机制是CRPS中的神经源性炎症是由神经肽(如P物质、血管活性肠蛋白和缓激肽)触发的,在进行交感神经干预后,疼痛和炎症减轻<sup>[34]</sup>。Bucry等<sup>[35]</sup>将脑卒中患者分为CRPS组和无CRPS组,冷热交替浴(contrast bath, CB)治疗后2组瘫痪手的SSR振幅均显著降低,此外,CB降低了CRPS组健康侧手的SSR振幅,而无CRPS组无显著变化,一方面大面积的大脑皮层激活具有跨半球作用,而CB利用大面积感觉运动皮层兴奋性提高来影响多模态感觉加工,另一方面表明CB具有降压作用,降低交感神经系统的张力,增强体质,减少心肌耗氧量。也有研究表明CB在冷水浴结束时对交感神经系统的张力有更明显的作用<sup>[36]</sup>。

3.2.3 针灸 我国传统的针灸治疗对自主神经也有调控作用。王轩等<sup>[37]</sup>发现针刺曲泽穴组时logLF/HF与治疗前比增高,针刺曲泽穴和天井穴时LF、HF与治疗前比较降低,都可使HRV频域指标达到正常范围,且相比之下针刺曲泽穴能更好调控患者自主神经平衡性。文立杨等<sup>[38]</sup>发现相比于针刺非经非穴组(左侧大钟穴下1cm),针刺大钟穴组各个时间段(针刺前、针刺时、留针时、出针时、出针后)的LF、HF、LF%、HF%、TP低于非经非穴组,大钟穴组针刺各个时间段LF/HF高于非经非穴组,提示针刺左侧大钟穴可以降低右侧脑梗死患者交感神经活性和迷走神经活性,改善患者交感神经与自主神经的平衡张力,降低患者总的自主神经功能,治疗还具有一定的针刺遗留效应。张亚君等<sup>[39]</sup>通过针刺内关、气海、水沟、人迎、血海等穴发现脑卒中导致的脑心综合征患者心血管和神经系统反应明显减少,心脑血管保护效应加强,其机制可能为心脏自主神经状态被调节后抑制应激反应从而减少儿茶酚胺的含量有关。

3.2.4 远端缺血后适应 远端缺血后适应(remote ischemic preconditioning, RIPostC)是指靶器官在缺血持续一段时间之后,在远端器官进行几轮短暂缺血和再灌注循环缺血的适应,对靶器官有较好的内源性保护作用<sup>[40]</sup>。Lin等<sup>[41]</sup>发现AIS患者在健侧上臂接受4个周期的交替充气(袖套充气至200mmHg)和放气,每次5min,每天1次,共30d。通过HRV评估自主神经功能,结果提示除LF/HF以外,所有HRV参数均随时间显著增加。RIPostC组在第7d和第30d所有正常R-R间期(SDNN心动周期标准差)和高频的标准偏差值,以及在第30d相邻正常R-R间期(pNN50)之间的差异百分比值均显著高于假刺激组,PNN描述心动周期的逐搏变异,比值越大提示迷走神经张力越高,表明30d的RIPostC训练可通过增强脑卒中患者的总自主神经活动和迷走神经活动,减少残疾的发生,其介导自主神经功能的机制有待进一步研究。魏琳等<sup>[42]</sup>通过Ewing测试和HRV等方法评估也发现远端缺血后适应有类似的结论。

3.2.5 非侵入性神经调控 大脑皮质是心血管等自主神经控制的关键结构,所以认为能有效调节大脑皮质功能的非侵入性神经调控技术例如经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)和经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)等可通过对大脑皮质产生持续、长时程的影响来调节心率,血压等自主神经兴奋性,在脑卒中、自闭症谱系障碍<sup>[43]</sup>、神经退行性疾病、运动障碍、耳鸣、慢性疼痛和功能性神经障碍等神经疾病中广泛应用。Hasan等<sup>[44]</sup>在一项CPSP的研究中发现,使用10Hz高频rTMS作用于患侧初级运动皮质(M1)可以有效缓解CPSP患者上肢疼痛并降低热阈值,改善冷感觉。但实验不能确认热阈值降低相关的岛叶和ACC的激活是M1区直接影响亦或是通过初级感觉皮层(S1)或丘脑来间接影响。Malfitano等<sup>[45]</sup>同样使用10Hz的rTMS作用于CPSP患者M1区减轻患者疼痛的主观感觉、提高痛阈,同时通过对患者神经电生理指标的分析发现与健康人相比反映皮质-皮质兴奋性的指标ICF双侧均抑制,iSP持续时间减少,同时反映皮质-脊髓兴奋性的rMT并未受到影响,作者认为这一结果或许与 $\gamma$ -氨基丁酸选择性的抑制双侧通路或是与参与疼痛感觉评估来调节运动皮质兴奋性相关的丘脑损伤相关。同样是针对中枢性疼痛(central neuropathic pain, CNP)的研究,Galhardoni等<sup>[46]</sup>使用真假10Hz深部重复性经颅磁刺激(deep repetitive transcranial magnetic stimulation, dTMS)作用于脑卒中或脊髓损伤导致的CNP患者的脑岛后上叶(posterior superior

insula, PSI)或 ACC,发现只有真刺激作用于 PSI 的 CPN 患者的热阈值降低,故支持选用岛叶作为 CNP 治疗的主要靶点。根据 Okano 等<sup>[47]</sup>的研究,在 10 名运动员的左侧颞叶(temporal cortex, TC)也就是 T3 点上使用 10mA 的阳极 tDCS 后 LF/HF 降低,同时测得左 TC 的诱导电场且实验组主观疲劳量表评分下降。以此为基础,Heinz 等<sup>[48]</sup>在脑卒中患者进行跑步机训练前使用电流强度 2mA 的 tDCS 阳极放置于左 TC,结果同样支持 tDCS 能影响副交感神经调制。而在 AIS 的自主神经功能障碍的研究方面,He 等<sup>[49]</sup>将频率为 18kHz 电流强度 10mA 的经皮乳突电刺激(percutaneous mastoid electrical stimulator, PMES)应用于发病时间 3h 内急性缺血性脑卒中患者,成功缓解 AIS 患者的 HRV 异常。

#### 4 小结与展望

脑卒中中的各个阶段常伴随不同的自主神经功能障碍,对患者后期的功能恢复、心理健康和社会家庭职能回归均造成重大阻碍。其发生和作用机制涉及体液、免疫、神经等多方面,目前仍在探索中。前文总结了目前临床上主要的中西医结合物理康复治疗和非侵入性神经调控干预脑卒中后自主神经功能障碍的理论机制和方法。然而即使国内外对脑卒中后的自主神经功能障碍高度关注,但实际临床疗效依然欠佳,疗效维持的时间也较短,评估指标也无统一。国内研究多集中于脑卒中后遗症期,而针对急性期的干预方式稀少且单一。因此针对脑卒中后自主神经功能障碍的机制和干预新方法值得进一步探索。

#### 【参考文献】

- [1] Sposato LA, Hilz MJ, Aspberg S, et al. Post-Stroke Cardiovascular Complications and Neurogenic Cardiac Injury[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2020,76(23): 2768-2785.
- [2] Juraschek SP, Taylor AA, Wright JT, et al. Orthostatic Hypotension, Cardiovascular Outcomes, and Adverse Events[J]. *Hypertension*, 2020,75(3): 660-667.
- [3] Kircanski K, Williams LM, Gotlib IH. Heart rate variability as a biomarker of anxious depression response to antidepressant medication[J]. *Depression and Anxiety*, 2019,36(1): 63-71.
- [4] Tateno F, Sakakibara R, Aiba Y, et al. Bladder Autonomic Dysfunction after a Parietal Stroke[J]. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 2020,29(4): 104620-104627.
- [5] Liu Z, Ge Y, Xu F, et al. Preventive effects of transcutaneous electrical acustimulation on ischemic stroke-induced constipation mediated via the autonomic pathway[J]. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2018,315(2): 293-301.
- [6] Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. [J]. *Pain*, 2004,108(1-2): 192-198.
- [7] Korpelainen JT, Sotaniemi KA, Huikuri HV, et al. Abnormal heart rate variability as a manifestation of autonomic dysfunction in hemispheric brain infarction. [J]. *Stroke*, 1996,27(11): 2059-2063.
- [8] Xiong L, Tian G, Leung H, et al. Autonomic Dysfunction Predicts Clinical Outcomes After Acute Ischemic Stroke[J]. *Stroke*, 2018,49(1): 215-218.
- [9] Rollo E, Marotta J, Callea A, et al. Heart rate variability and delirium in acute non-cardioembolic stroke: a prospective, cross-sectional, cohort study[J]. *Neurological sciences*, 2021,43(4): 2423-2431.
- [10] Abe T, Olanipekun T, Igwe J, et al. Trends, Predictors and Outcomes of Ischemic Stroke Among Patients Hospitalized with Takotsubo Cardiomyopathy. [J]. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 2021,30(10): 106005-106011.
- [11] Weinstein G, Davis-Plourde K, Beiser AS, et al. Autonomic Imbalance and Risk of Dementia and Stroke: The Framingham Study [J]. *Stroke*, 2021,52(6): 2068-2076.
- [12] Sequeira H, Viltart O, Ba-MHamed S, et al. Cortical control of somato-cardiovascular integration: neuroanatomical studies. [J]. *Brain research bulletin*, 2000,53(1): 87-93.
- [13] 陈小红,周凤,樊海风,等. 卒中中偏瘫患者的神经电生理研究 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2019,22(2): 154-158.
- [14] Van Eden CG, Buijs RM. Functional neuroanatomy of the prefrontal cortex: autonomic interactions. [J]. *Progress in brain research*, 2000,126(1): 49-62.
- [15] Oppenheimer S, Cechetto D. The Insular Cortex and the Regulation of Cardiac Function. [J]. *Comprehensive Physiology*, 2016,6(2): 1081-1133.
- [16] Hitti FL, Cristancho MA, Yang AI, et al. Deep Brain Stimulation of the Ventral Capsule/Ventral Striatum for Treatment-Resistant Depression: A Decade of Clinical Follow-Up [J]. *The Journal of clinical psychiatry*, 2021,82(6): 213973-213980.
- [17] Tao Q, Yang Y, Yu H, et al. Anatomical Connectivity-Based Strategy for Targeting Transcranial Magnetic Stimulation as Antidepressant Therapy. [J]. *Frontiers in psychiatry*, 2020,11(2): 236-249.
- [18] Dickerson SS, Kemeny ME. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. [J]. *Psychological bulletin*, 2004,130(3): 355-391.
- [19] Chen F, Ke J, Qi R, et al. Increased Inhibition of the Amygdala by the mPFC may Reflect a Resilience Factor in Post-traumatic Stress Disorder: A Resting-State fMRI Granger Causality Analysis. [J]. *Frontiers in psychiatry*, 2018,9(3): 516-522.
- [20] 陈鸿,姜劲峰,王欣君. 卒中后自主神经功能障碍的诊治进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2018,24(3): 296-299.
- [21] Baker J, Kimpinski K. An updated normative data set from the autonomic reflex screen representative of Southwestern Ontario [J]. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2019,97(2): 107-111.

- [22] 李汝莉, 王尧. 脑卒中患者心率变异性的频域分析[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2020,8(16): 57-58.
- [23] Jennings JR, Sheu LK, Kuan DC, et al. Resting state connectivity of the medial prefrontal cortex covaries with individual differences in high-frequency heart rate variability. [J]. *Psychophysiology*, 2016,53(4): 444-454.
- [24] 李国强, 张岩颖, 兰婷, 等. 交感神经皮肤反应和事件相关电位在卒中后抑郁患者自主神经功能损害和认知功能障碍的相关研究[J]. 航空航天医学杂志, 2020,31(3):288-290.
- [25] 章志超, 刘金明, 周芳, 等. 呼吸训练对卒中后抑郁患者自主神经功能及情绪状态的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(5):402-406.
- [26] 容伟, 伍新田, 王爱梅, 等. 心理干预联合帕罗西汀治疗对卒中后抑郁患者认知、睡眠及自主神经功能的影响研究[J]. 中国临床医生杂志, 2018,46(10): 1194-1197.
- [27] Wang Y, Xiao G, Zeng Q, et al. Effects of focus training on heart rate variability in post-stroke fatigue patients [J]. *Journal of Translational Medicine*, 2022,20(1):59-62.
- [28] Raimundo RD, Zangirolami RJ, Leone C, et al. The Use of Cardiac Autonomic Responses to Aerobic Exercise in Elderly Stroke Patients: Functional Rehabilitation as a Public Health Policy[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021,18(21): 11460-11471.
- [29] Karabegović A, Kapidžić DS, Ljuca F. Laser therapy of painful shoulder and shoulder-hand syndrome in treatment of patients after the stroke [J]. *Bosnian journal of basic medical sciences*, 2009,9(1): 59-65.
- [30] Saha S, Sur M, Ray Chaudhuri G, et al. Effects of mirror therapy on oedema, pain and functional activities in patients with post-stroke shoulder - hand syndrome: A randomized controlled trial [J]. *Physiotherapy Research International*, 2021, 26(3):1902-1911.
- [31] 彭辉, 周海云. 镜像运动疗法对脑梗死偏瘫患者肢体功能恢复的影响[J]. 临床心身疾病杂志, 2019,25(4): 25-28.
- [32] 徐胜, 张敏, 武笑笑, 等. 神经松动术对脑卒中后肩手综合征患者的疗效观察[J]. 中国康复, 2021,36(3): 154-157.
- [33] Topcuoglu A, Gokkaya NK, Ucan H, et al. The effect of upper-extremity aerobic exercise on complex regional pain syndrome type I: a randomized controlled study on subacute stroke [J]. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2015,22(4): 253-261.
- [34] Kalita J, Vajpayee A, Misra UK. Comparison of prednisolone with piroxicam in complex regional pain syndrome following stroke: a randomized controlled trial. [J]. *QJM: monthly journal of the Association of Physicians*, 2006,99(2): 89-95.
- [35] Yavuz Keleş B, Önder B, Kesiktaş FN, et al. Acute effects of contrast bath on sympathetic skin response in patients with post-stroke complex regional pain syndrome [J]. *Somatosensory & motor research*, 2020,37(4): 320-325.
- [36] Sorokina EI, Iachmenev NV, Goncharova OI. The effect of contrast baths on physical work capacity and autonomic regulation in hypertension patients. [J]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*, 1994,20(5): 4-7.
- [37] 王轩, 程光宇, 文丽杨, 等. 针刺天井穴、曲泽穴对中风患者心率变异性频域指标的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2020,29(10): 1067-1070.
- [38] 文立杨, 程为平, 程光宇, 等. 针刺左侧大钟穴对右侧脑梗死恢复期患者自主神经功能影响[J]. 上海针灸杂志, 2021,40(5): 541-545.
- [39] 张亚君, 林楠, 陈茜茜, 等. 针刺对急性缺血性卒中继发脑心综合征患者心脏自主神经功能失衡和儿茶酚胺的影响[J]. 上海针灸杂志, 2020,39(2): 131-136.
- [40] England TJ, Hedstrom A, O'Sullivan S, et al. Remote Ischemic Conditioning After Stroke Trial): A Pilot Randomized Placebo Controlled Phase II Trial in Acute Ischemic Stroke. [J]. *Stroke*, 2017,48(5): 1412-1415.
- [41] Li S, Hu X, Zhang M, et al. Remote ischemic post-conditioning improves neurological function by AQP4 down-regulation in astrocytes. [J]. *Behavioural brain research*, 2015,289(1): 1-8.
- [42] 魏琳. 远端缺血后适应对急性缺血性卒中自主神经功能及预后影响研究[D]. 南方医科大学临床医学, 2019.
- [43] Kang J, Zhang Z, Wan L, et al. Effects of 1Hz repetitive transcranial magnetic stimulation on autism with intellectual disability: A pilot study. [J]. *Computers in biology and medicine*, 2022, 141: 105167.
- [44] Hasan M, Whiteley J, Bresnahan R, et al. Somatosensory change and pain relief induced by repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with central poststroke pain. [J]. *Neuromodulation: journal of the International Neuromodulation Society*, 2014,17(8): 731-736.
- [45] Malfitano C, Rossetti A, Scarano S, et al. Efficacy of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Acute Central Post-stroke Pain: A Case Study. [J]. *Frontiers in neurology*, 2021,12(9): 742567-742579.
- [46] Galhardoni R, Aparecida SV, García-Larrea L, et al. Insular and anterior cingulate cortex deep stimulation for central neuropathic pain: Disassembling the percept of pain. [J]. *Neurology*, 2019,92(18): 2165-2175.
- [47] Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. [J]. *British journal of sports medicine*, 2015,49(18): 1213-1218.
- [48] Heinz G, Angelis K, Dal Corso S, et al. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Exercises Treadmill on Autonomic Modulation of Hemiparetic Patients Due To Stroke-Clinic Test, Controlled, Randomized, Double-Blind. [J]. *Frontiers in neurology*, 2019,10(9): 1402-1410.
- [49] He L, Wang J, Liu Y, et al. Percutaneous mastoid electrical stimulator alleviates autonomic dysfunction in patients with acute ischemic stroke. [J]. *Neurological research*, 2018,40(11): 995-1000.