

不同频率振动训练对亚急性期脑卒中患者肢体功能及远期生存状态的影响

崔振华 宋振华

海口市人民医院,海南 海口 570208

通信作者:宋振华

【摘要】 目的 探讨不同频率振动训练对亚急性期脑卒中患者肢体功能的影响。方法 选取 2017-07—2020-03 海口市人民医院收治的亚急性期脑卒中患者 100 例,按随机数字表法分为 A 组(高频, 25 例)、B 组(中频, 25 例)、C 组(低频, 25 例)和对照组(25 例)。对比 4 组 NIHSS、SQLS、FMA 和 MAS 评分和 P-ROM 和 A-ROM 及骨密度。结果 干预前,4 组 NIHSS、SQLS、FMA 和 MAS 评分和 P-ROM 和 A-ROM 及骨密度比较,无明显差异($P>0.05$)。干预后 1 个月和 2 个月,A 组 FMA 评分、P-ROM 和 A-ROM 均显著高于 B、C 和对照组,且 B 组显著高于 C 和对照组;A 组 MAS 评分显著低于 B、C 组和对照组,B 组显著低于 C 和对照组($P<0.05$)。干预 2 个月后,A 组骨密度显著高于 B、C 组和对照组,且 B 组显著高于 C 组和对照组;NIHSS 评分显著低于 B、C 组和对照组,且 B 组显著低于 C 组和对照组($P<0.05$)。干预 1、2、6 个月后,A 组 SQLS 评分显著低于 B、C 组和对照组,且 B 组显著低于 C 组和对照组($P<0.05$)。结论 亚急性期脑卒中患者振动训练,可促进其肢体功能恢复,有利于近期精神功能和远期生活质量的提升,其中高频振动训练效果更佳。

【关键词】 不同频率振动训练;亚急性期脑卒中;肢体功能;神经功能;生活质量

【中图分类号】 R743.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110(2022)04-0453-06

基金项目: 海南省卫健委科研项目(编号:琼卫科教(2019)13 号)

Effect of different frequency vibration training on limb function of patients with subacute stroke

CUI Zhenhua, SONG Zhenhua

Haikou People's Hospital, Haikou 570208, China

Corresponding author: SONG Zhenhua

【Abstract】 Objective To explore the effect of different frequency vibration training on the limb function of patients with subacute stroke. **Methods** One hundred patients with subacute stroke admitted in our hospital from July 2017 to March 2020 were selected and divided into group A (high frequency, 25 cases) and group B (intermediate frequency, 25 cases) according to the random number table method, group C (low frequency, 25 cases) and control group (25 cases). NIHSS, SQLS, FMA and MAS scores and P-ROM and A-ROM and bone density of the four groups were compared. **Results** Before intervention, there was no significant difference in NIHSS, SQLS, FMA and MAS scores, P-ROM, A-ROM and bone mineral density among the four groups ($P>0.05$). One month and 2 months after the intervention, the FMA score, P-ROM and A-ROM of group A were significantly higher than those of B, C and control group, and group B was significantly higher than group C and control group, while the MAS score of group A was significantly higher than that of group A. All were significantly lower than B, C and control group, and B group was significantly lower than C and control group ($P<0.05$). After 2 months of

DOI: 10.12083/SYSJ.211991

收稿日期 2021-11-22 本文编辑 关慧

本文引用信息:崔振华,宋振华. 不同频率振动训练对亚急性期脑卒中患者肢体功能及远期生存状态的影响[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(4): 453-458. DOI: 10.12083/SYSJ.211991

Reference information: CUI Zhenhua, SONG Zhenhua. Effect of different frequency vibration training on limb function of patients with subacute stroke [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25 (4) : 453-458. DOI: 10.12083/SYSJ.211991

intervention, the bone mineral density of group A was significantly higher than that of group B, C and control group, and group B was significantly higher than that of group C and control group, while the NIHSS score was significantly lower than that of group B, C and control group, and group B significantly Lower than C and control group ($P < 0.05$). After 1 month, 2 months and 6 months of intervention, the SQLS score of group A was significantly lower than that of group B, C and control group, and group B was significantly lower than that of group C and control group ($P < 0.05$).

Conclusion Vibration training in subacute stroke patients can promote the recovery of their limb functions, and is conducive to the improvement of short-term mental function and long-term quality of life.

【Key words】 Different frequency vibration training; Subacute stroke; Limb function; Nerve function; Quality of life

脑卒中是神经内科常见脑神经功能障碍性疾病, 该病起病急、进展迅猛, 致死率和致残率均较高^[1]。数据显示^[2], 2012 年全国脑卒中患病率 114.8/10 万、发病率 246.8/10 万和病死率 114.8/10 万人年。目前, 内科治疗仍为有效阻断病情恶化的有效手段, 但急性期过后患者多存在严重肢体功能障碍, 不利于树立治疗自信心和近期精神功能恢复及远期生活质量提升。研究发现^[3-5], 亚急性期脑卒中患者多并发肢体功能障碍, 可能是由脑神经功能受损, 导致高级中枢对低级中枢失调, 进而引发肌张力异常和运动功能障碍。

振动训练是一种广泛应用于运动员康复和损伤预防的训练手段, 其通过对肌肉施加较小负荷, 以增强高阈值运动单位生物学活性和激活主动肌, 达到肌力改善和肢体放松的目的^[6]。但既往研究多关注振动训练对老年人平衡能力的影响^[7-8], 而尚无报道将该方案应用于亚急性期脑卒中肢体功能康复, 且有关振动训练振动频率参数的选择仍尚存争议。基于此, 笔者对海口市人民医院亚急性期脑卒中患者开展不同频率振动训练, 并通过观察其近期神经功能及肢体功能状态和远期生活质量, 旨在为振动训练的参数选用及其临床价值提供信息参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 对海口市人民医院 2017-07-2020-03 收治的亚急性期脑卒中患者 100 例进行随机对照实验, 纳入标准: (1) 头颅 MRI 或 CT 检查确诊, 符合亚急性脑卒中诊断标准^[9]; (2) 病情稳定且无炎症认知、语言障碍; (3) 首次发生的单侧皮层或皮层下脑卒中; (4) 能遵循指令进行训练; (5) 患者家属自愿签署知情同意书。排除标准: (1) 影响实验的骨关节疾病; (2) 有重要脏器功能衰竭或病情危重者; (3) 存在严重并发症, 如肺部感染等; (4) 治疗依从性差不能完成基本疗程; (5) 严重高血压, 心脏病。本次研究所纳入病例经我院伦理委员会批准。

1.2 方法 4 组患者均给予常规抗抑郁药物治疗,

口服 20 mg 盐酸帕罗西汀 (浙江华海药业股份有限公司 国药准字 H20031106 20 mg/片), 1 次/d。对照组患者予常规肢体训练, 包括单腿蹲、提踵、深蹲、半蹲, 患者每周一、三、五、日进行训练, 每个动作 5 组, 每组训练每个动作约 10 次, 每组持续约 1 min, 组间休息 30 s。振动训练参照巴洪冰训练方案开展, 所有患者均在振动平台上完成单腿蹲、提踵、深蹲、半蹲 4 个动作 (5 组, 1 min/组, 组间休息 30 s, 10 次/组), 仪器均购置于郑州羽丰医疗科技有限公司, 型号: Y-V2, 训练时间均为每周一、三、五、日, 下午 4~6 点。其中 A 组予高振频 (振幅 3 mm, 振频 45 Hz) 振动训练; B 组予中振频 (振幅 3 mm, 振频 30 Hz) 振动训练; C 组予低振频 (振幅 3 mm, 振频 15 Hz) 振动训练。

1.3 观察指标 (1) 分别予干预前和干预后 2 个月对 4 组患者 NIHSS 评分和骨密度进行测定。其中 NIHSS 评分量表得分越低代表患者神经功能缺损越轻; 骨密度采用山东国康骨密度仪对股骨颈处进行检测。(2) 分别于干预前、干预后 1 个月和干预后 2 个月, 采用改良 Ashworth 量表 (MAS)^[10] 和简化 Fugl-Meyer 量表 (FMA)^[11] 对 2 组患者肢体功能进行评定, 并记录同时间 2 组患者被动关节活动度 (P-ROM) 和踝关节背屈主动度 (A-ROM)。(3) 并于干预前和干预后 1、2、6 个月采用电话随访形式收集患者生活质量量表 (SQLS) 评分, SQLS 评分, 满分 100 分, 分数越高生活质量越差。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件分析, 计量资料以均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用 *t* 检验, 多组间比较采用 *F* 检验; 计数资料以率 (%) 表示, 采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异具统计学意义。

2 结果

2.1 2 组受试者一般资料比较 2 组受试者一般资料比较, 见表 1。

2.2 4 组受试者 NIHSS 和骨密度比较 干预前, 4 组 NIHSS 评分 (8.31 ± 2.12 vs 8.28 ± 2.09 vs 8.27 ± 2.10 vs 8.26 ± 2.10) 和骨密度 (0.79 ± 0.29 vs 0.82 ± 0.28 vs

表 1 2 组受试者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data of two groups of subjects

组别	n	性别(男/女)	年龄/岁	病程/d	出血/梗死
A 组	25	15/10	62.87±4.67	52.87±4.91	7/18
B 组	25	16/9	63.01±4.85	52.91±4.89	8/19
C 组	25	14/11	62.96±4.73	52.90±4.91	7/18
对照组	25	15/10	62.99±4.94	53.01±4.87	9/16
F 值		2.93	1.85	2.12	2.71
P 值		0.13	0.37	0.26	0.11

0.78±0.30 vs 0.79±0.28) (g/cm³) 均无显著差异 ($P > 0.05$)。干预 2 个月后, A 组 NIHSS 评分显著低于 B、C 组和对照组 (3.18±1.09 vs 4.43±1.28 vs 5.41±1.58 vs 5.97±1.28), 而骨密度显著高于 B、C 组和对照组 (0.93±0.32 vs 0.89±0.13 vs 0.87±0.12 vs 0.81±0.10) (g/cm³) ($P < 0.05$)。见图 1~2。

2.3 4 组患者关节活动度比较 干预前, 4 组 P-ROM (14.01±2.81 vs 14.03±2.79 vs 14.02±2.81 vs 14.03±2.80) 和 A-ROM (5.09±0.47 vs 5.10±0.50 vs 5.11±0.49 vs 5.09±0.51) (°) 比较均无显著差异 ($P > 0.05$)。干预 1 个月后, A 组 P-ROM (17.83±2.25 vs 16.12±2.28 vs 15.67±2.29 vs 14.55±2.13) 和 A-ROM

(8.76±1.01 vs 6.73±0.52 vs 5.67±0.49 vs 5.23±0.50) (°) 均显著高于 B、C 组和对照组 ($P < 0.05$)。干预 2 个月后, A 组 P-ROM (21.31±2.32 vs 19.27±2.29 vs 18.20±2.17 vs 15.31±2.02) 和 A-ROM (10.79±0.61 vs 9.68±0.59 vs 8.21±0.87 vs 7.09±0.98) (°) 均显著高于 B、C 组和对照组 ($P < 0.05$)。见图 3~4。

2.4 4 组受试者 FMA 和 MAS 评分比较 干预前, 4 组 FMA 评分 (17.98±2.03 vs 17.95±2.06 vs 18.01±2.10 vs 17.96±2.09) 和 MAS 评分 (2.61±0.51 vs 2.59±0.49 vs 2.63±0.52 vs 2.60±0.49) 比较均无显著差异 ($P > 0.05$)。干预 1 个月后, A 组 FMA 评分 (26.35±2.31 vs 23.59±2.90 vs 21.83±2.79 vs 20.63±2.78) 和

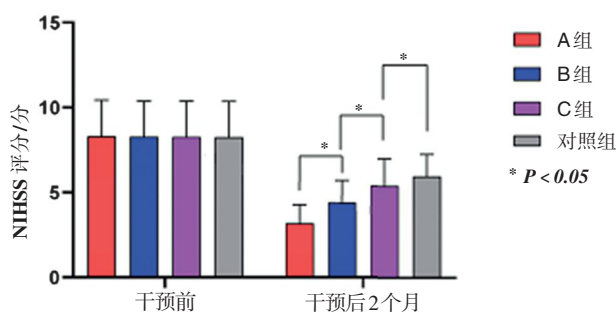


图 1 4 组 NIHSS 评分比较

Figure 1 Comparison of NIHSS scores of four groups

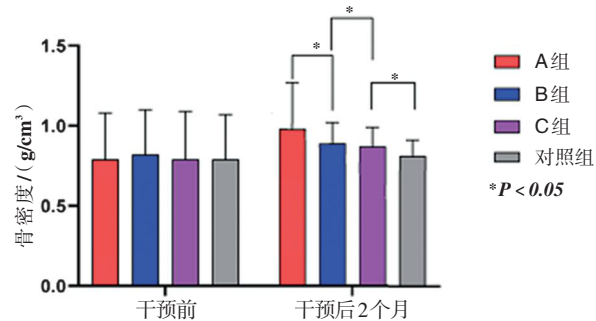


图 2 4 组骨密度比较

Figure 2 Comparison of bone mineral density of four groups

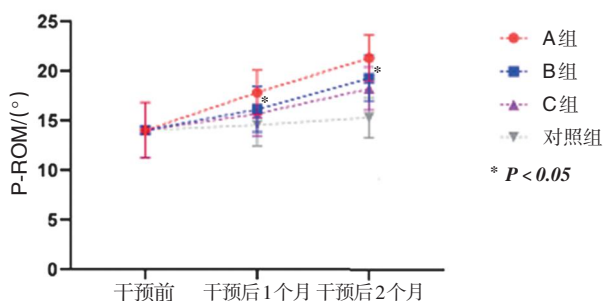


图 3 4 组 P-ROM 比较

Figure 3 Comparison of four groups of P-ROM

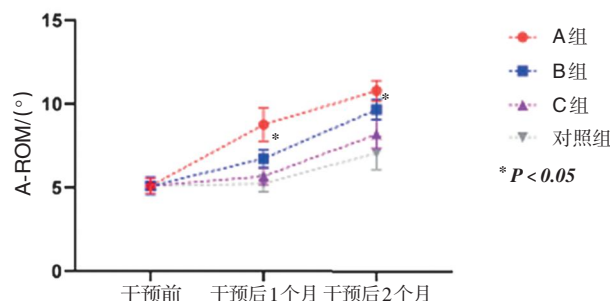


图 4 4 组 A-ROM 比较

Figure 4 Comparison of four groups of A-ROM

MAS 评分 (1.37 ± 0.43 vs 1.75 ± 0.54 vs 1.97 ± 0.96 vs 2.12 ± 1.10) 均显著高于 B、C 组和对照组 ($P < 0.05$)。干预 2 个月后, A 组 FMA 评分 (31.17 ± 2.85 vs $28.67 \pm$

2.65 vs 25.83 ± 2.67 vs 23.54 ± 3.87) 和 MAS 评分 (0.98 ± 0.39 vs 1.29 ± 0.43 vs 1.38 ± 0.87 vs 1.52 ± 0.98) 均显著高于 B、C 组和对照组 ($P < 0.05$)。见图 5~6。

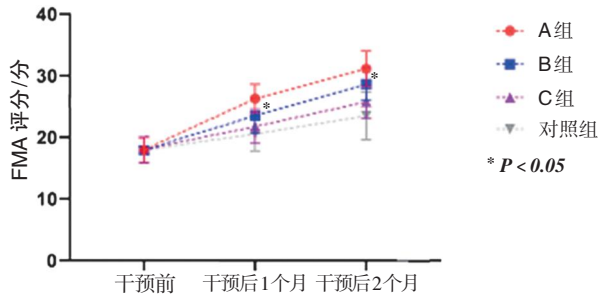


图5 4组FMA评分比较

Figure 5 Comparison of FMA scores of four groups

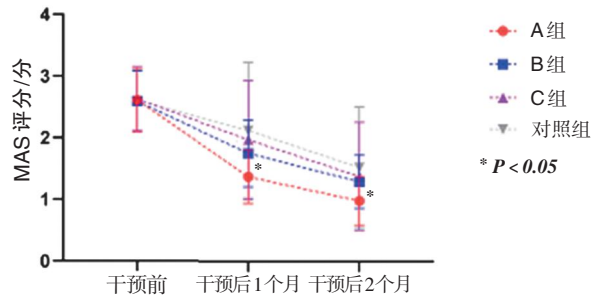


图6 4组MAS评分比较

Figure 6 Comparison of MAS scores of four groups

2.5 4组受试者SQLS评分比较 干预前, 4组SQLS评分 (28.12 ± 7.95 vs 28.20 ± 7.86 vs 28.15 ± 7.90 vs 28.31 ± 7.87) 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。干预 1、2、6 个月后, A 组 SQLS 评分均显著低于 B、C 组和对照组 (21.83 ± 3.78 vs 26.72 ± 5.83 vs 26.63 ± 5.79 vs 27.65 ± 6.97)、(18.69 ± 4.27 vs 21.69 ± 5.71 vs 24.62 ± 6.12 vs 25.16 ± 7.13)、(14.37 ± 5.89 vs 16.89 ± 6.13 vs 19.87 ± 6.89 vs 23.16 ± 7.13) ($P < 0.05$)。见图 7。

效方案改善亚急性期脑卒中患者肢体功能成为临床探讨的热点和难点。振动训练作为一种近年来新兴的训练方式, 在康复领域受到广泛关注, 此训练方式可通过将机械振动作用于人体以改善患者功能, 促进患者康复。据陈红等^[15]的研究发现, 在振动训练中当振动频率设置的不同, 对神经肌肉能够起到不同的刺激作用, 当频率 < 20 Hz 时能够起到放松作用, 当频率 > 50 Hz 时, 会增加肌肉疲劳。基于此, 本次实验对收治亚急性期脑卒中患者开展不同振动训练, 以期对脑卒中患者的术后振动训练提供依据。

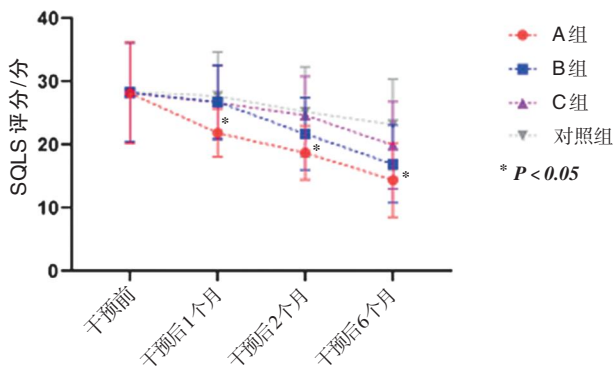


图7 4组SQLS评分比较

Figure 7 Comparison of SQLS scores of four groups

3 讨论

脑卒中患者亚急性期后常遗留肢体功能障碍, 给社会及其家庭造成了严重的负担, 临床数据显示^[12], 脑卒中患者中约 72% 存在下肢功能障碍。研究证实^[13], 卒中后患者上运动神经元产生病变受损, 是其肢体感觉和协调能力异常的主要诱发因素, 赵香梅等^[14]发现肢体障碍为脑梗死患者治疗依从性的独立危险因素。而脑卒中患者早期神经功能康复、远期生活质量与其治疗依从性密切相关, 因此探寻有

实验结果显示, 干预后 A、B 和 C 组 NIHSS 评分均显著低于对照组, 证实早期肢体功能康复有利于脑卒中患者神经功能恢复, 这与孔雪等^[16]研究结果基本一致。分析原因可能为: 卒中患者多对疾病和治疗缺乏认知加之卒中多发病突然易导致患者产生恐惧、信心不足等负面情绪影响治疗依从性。研究证实^[17], 卒中病发后 3~6 h 为黄金抢救时间, 而针对亚急性期患者早期的持续治疗对降低致残率和病死率十分重要。振动训练可通过改善卒中患者肢体功能, 协助其树立治疗信心, 提升依从性, 进而利于早期精神功能康复^[18-19]。但针对亚急性期脑卒中患者振动频率参数的选择目前尚存争议, 为此笔者通过给予收治患者不同频率振动训练干预, 并观察其肢体功能改善情况, 以期探寻其具体机制和最佳频率参数。

振动训练的提出是为防止宇航员骨骼质量和肌肉水平下降, 其应用效果受频率和振幅影响^[20]。有基础实验证实^[21], 振动训练可促进大鼠骨骼和骨骼肌质量提升, 且有利于大鼠病灶局部血流灌注的增加。振动训练通过给肌肉施加被动加速度, 可减轻

关节和韧带的冲击负荷,降低机体所受地面冲击力,有利于促进骨密度增加,利于下肢运动功能恢复及减轻下肢痉挛程度^[22]。ROSCHEL 等^[23]研究证实促进骨密度水平提升有利于肢体负重、运动功能等康复。本次实验结果显示干预后 1 个月, A 组 FMA 和 MAS 评分及 A-ROM 和 P-ROM 度和骨密度均显著优于 B、C 组和对照组,表明高频振动可在较短周期改善患者肢体功能。笔者认为原因可能为:适当物理刺激可影响 IGF-1 表达,改变骨骼肌代谢酶活性,进而促进骨骼肌纤维肥大,从而改善其肢体功能。在生物学层面,CK 与 ATP 再生、肌肉收缩、细胞内能量运转密切相关,而振动训练可刺激 CK 表达,从而调控下游 GLUT4 和 AMPK 蛋白表达,其中 GLUT4 属葡萄糖转运蛋白的一种,主要在脂肪细胞的胞浆和骨骼肌中表达,机体处于运动状态时 GLUT4 会呈高表达,这有利于骨骼肌适应运动刺激,而 AMPK 对其转运和表达发挥着重要作用,当肌肉进行运动收缩时,处于细胞浆中的 AMPK 表达会激活,一方面过表达的 AMPK 可激活细胞核内蛋白表达,促进 GLUT4 表达,进而影响骨骼肌的葡萄糖摄取,另一方面过表达的 AMPK 可促进葡萄糖转运体表达或增强葡萄糖转运体的转位,直接增强骨骼肌摄取、利用更多单位的葡萄糖,从而促进骨骼肌纤维增长^[24-26]。在神经学层面,振动刺激可影响前庭器官、皮肤机械振动感应器和提升初级、次级肌梭传入纤维兴奋性,进而改变中枢神经系统兴奋性,而肌肉自然运动状态时,首先募集慢收缩的小体积细胞,而后才募集收缩较快的大体积细胞,但振动刺激的介入,激活运动神经元池对运动单位的募集,增加肌肉力量,改善肢体功能^[27]。CHENG 等^[28]研究证实振动训练可增强肌肉收缩过程中运动单位的募集。进一步分析实验结果显示,干预 2 个月后, A 组 FMA 和 MAS 评分及 A-ROM 和 P-ROM 度均显著优于 B、C 组和对照组,证实高频振动更有利于脑卒中患者肢体功能恢复。但亦有研究表明^[29-30],长期高频振动训练不利于患者骨骼肌增加。分析原因可能为,本次实验采用 5 min/次的短时间单次振动,有效降低了单次振动对患者机体产生的应激反应,而高频的振动有效增强了肌肉的刺激量,利于梭外肌纤维内的本体感受器接受更多刺激,进而利于募集更多运动神经元参加活动,即表现为高频组肢体功能改善更加显著。为评定近期肢体功能好转促进神经功能康复的远期价值,笔者随访了干预后 6 个月患者生活质量情况,结果显示, A 组 SQLS 评分显著低于 B、C 组和对照组,这预示高频振

动训练效果更佳对改善亚急性脑卒中患者远期生活质量效果显著。

给予亚急性期脑卒中患者振动训练可促进肢体功能康复,且高频振动训练效果更佳,有利于改善早期治疗依从性,利于近期神经功能恢复和远期生活质量提升。但本次实验尚存未对患者神经功能和骨密度情况进行动态监测和纳入样本量过低及观察周期短的不足之处,尚需进一步设置大样本实验,以对高频振动训练的实际应用价值加以论证。

4 参考文献

- [1] HOSHINA K, KATO M, ISHIMARU S, et al. Impact of the urgency and the landing zone on rates of in-hospital death, stroke, and paraplegia following thoracic endovascular aortic repair in Japan [J]. *J Vasc Surg*, 2021, 74 (2) : 556-568. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.12.091.
- [2] 中国老年医学学会急诊医学分会,中华医学会急诊医学分会卒中学组,中国卒中学会急救医学分会. 急性缺血性脑卒中急诊急救中国专家共识 2018 [J]. *中国卒中杂志*, 2018, 13 (9) : 956-957. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2018.06.001.
- [3] WU D, MA J, ZHANG L, et al. Effect and Safety of Transcutaneous Auricular Vagus Nerve Stimulation on Recovery of Upper Limb Motor Function in Subacute Ischemic Stroke Patients: A Randomized Pilot Study [J]. *Neural Plast*, 2020, 2020 (10100) : 1-9. DOI: 10.1155/2020/8841752.
- [4] HUANG S, LIU P, CHEN Y, et al. Effectiveness of Contralaterally Controlled Functional Electrical Stimulation versus Neuromuscular Electrical Stimulation on Upper Limb Motor Functional Recovery in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial [J]. *Neural Plast*, 2021, 2021: 1987662. DOI: 10.1155/2021/1987662.
- [5] MEKBIB D B, ZHAO Z, WANG J, et al. Proactive Motor Functional Recovery Following Immersive Virtual Reality-Based Limb Mirroring Therapy in Patients with Subacute Stroke [J]. *Neurotherapeutics*, 2020, 17 (4) : 1919-1930. DOI: 10.1007/s13311-020-00882-x.
- [6] PENG G C, YANG L D, WU C Y, et al. Whole body vibration training improves depression-like behaviors in a rat chronic restraint stress model [J]. *Neurochem Int*, 2021, 142 (97) : 104-107. DOI: 10.1016/j.neuint.2020.104926.
- [7] XIE L, YI S X, PENG Q F, et al. Retrospective study of effect of whole-body vibration training on balance and walking function in stroke patients [J]. *World J Clin Cases*, 2021, 9 (22) : 6268-6277. DOI: 10.12998/wjcc.v9.i22.6268.
- [8] DELEU P A, HONEINE J L, YIOU E, et al. Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Human Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Front Neurol*, 2019, 10: 627. DOI: 10.3389/fneur.2019.00627.
- [9] 王寒明,杨傲然,王欢,等.机器人辅助步态训练联合综合康复训练对脑卒中患者步态及生活质量的影响 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24 (20) : 1793-1801. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.20.005.
- [10] SANTOS P, GASPARI R C, PADULA N, et al. Translation and cross-cultural adaptation to Brazilian Portuguese of the Modified Tardieu Scale for muscle tone assessment among patients with spinal cord injury [J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2021, 79 (7) : 135-139. DOI: 10.1590/0004-282X-anp-2020-0366.
- [11] KU P H, CHEN S F, YANG Y R, et al. The effects of Ai Chi for balance in individuals with chronic stroke: a randomized

- controlled trial [J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1) : 1201–1203. DOI: 10.1038/s41598-020-58098-0.
- [12] TAKI S, IMURA T, IWAMOTO Y, et al. Effects of Exoskeletal Lower Limb Robot Training on the Activities of Daily Living in Stroke Patients: Retrospective Pre-Post Comparison Using Propensity Score Matched Analysis [J]. *J Stroke Cerebrovasc*, 2020, 29 (10) : 105–109. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.10.5176.
- [13] FRANCESCHINI M, CERAVOLO MG, AGOSTI M, et al. Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: a possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2012, 26 (5) : 456–62. DOI: 10.1177/1545968311427406.
- [14] 赵香梅, 杨先芝, 李法良, 等. 河南某医院脑梗死静脉溶栓治疗依从性分析 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2017, 9 (7) : 54–56. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.07.013
- [15] 陈红, 黄雨滢, 黄厚强. 不同频率的全身振动训练对脑卒中患者平衡功能及步行功能的影响 [J]. *实用医学杂志*, 2021, 37 (16) : 2160–2163. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2021.16.026
- [16] 孔雪, 汤智伟, 李树香, 等. 综合康复治疗脑卒中后上肢痉挛的临床研究 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24 (14) : 1210–1214. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.15.018.
- [17] STRBIAN D, AHMED N, WAHLGREN N, et al. Intravenous thrombolysis in ischemic stroke patients with isolated homonymous hemianopia: analysis of Safe Implementation of Thrombolysis in Stroke-International Stroke Thrombolysis Register (SITS-ISTR) [J]. *Stroke*, 2012, 43 (10) : 2695–2698. DOI: 10.1161/STROKEAHA.112.658435.
- [18] YANG Z H, MILLER T, XIANG Z, et al. Effects of different vibration frequencies on muscle strength, bone turnover and walking endurance in chronic stroke [J]. *Sci Rep*, 2021, 11 (1) : 121–132. DOI: 10.1038/s41598-020-80526-4.
- [19] RIGONI I, BONCI T, BIFULCO P, et al. Characterisation of the transient mechanical response and the electromyographical activation of lower leg muscles in whole body vibration training [J]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1) : 6232. DOI: 10.1038/s41598-022-10137-8.
- [20] LAU R W, YIP S P, PANG M Y. Whole-body vibration has no effect on neuromotor function and falls in chronic stroke [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2012, 44 (8) : 1409–1418. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31824e4f8c.
- [21] PENG G, YANG L, WU C Y, et al. Whole body vibration training improves depression-like behaviors in a rat chronic restraint stress model [J]. *Neurochem Int*, 2021, 142 (9) : 26–31. DOI: 10.1016/j.neuint.2020.104926.
- [22] SZOPA A, DOMAGALSKA-SZOPA M, SIWIEC A, et al. Effects of Whole-Body Vibration-Assisted Training on Lower Limb Blood Flow in Children With Myelomeningocele [J]. *Front Bioeng Biotech*, 2021, 10 (9) : 601–607. DOI: 10.3389/fbioe.2021.601747.
- [23] ROSCHEL H, BARROSO R, TRICOLI V, et al. Effects of Strength Training Associated With Whole-Body Vibration Training on Running Economy and Vertical Stiffness [J]. *Randomized Controlled Trial J Strength Cond Res*, 2015, 29 (8) : 2215–2220. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000857.
- [24] NGUYEN B L, YOSHIHARA T, DEMINICE R, et al. Alterations in renin-angiotensin receptors are not responsible for exercise preconditioning of skeletal muscle fibers [J]. *Sports Med Health Sci*, 2021, 3 (3) : 148–156. DOI: 10.1016/j.smhs.2021.06.003.
- [25] JM A, BL A, RC B, et al. The effects of plyometric jump training on lower limb stiffness in healthy individuals: A meta-analytical comparison [J]. *J Sport Health Sci*, 2021, 24 (21) : 53–56. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.05.005.
- [26] 贾党培, 李莉, 姬鹏博, 等. 康复训练联合行为学疗法对老年脑卒中偏瘫患者的影响 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2019, 22 (11) : 1234–1239. DOI: 10.12083/SYSJ.2019.11.169.
- [27] VIELLEHNER J, POTTHAST W. The Effect of Cycling-specific Vibration on Neuromuscular Performance [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2021, 53 (5) : 936–944. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002565.
- [28] CHENG L, QIAN L, CHANG S, et al. Effects of whole-body vibration training with the same amplitude and different frequencies on the proximal femoral bone density in elderly women [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 2020, 61 (7) : 39–43. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.11514-7.
- [29] BORGES I, SALES D D, MARIE S, et al. Exercise Training Attenuates Ubiquitin-Proteasome Pathway and Increases the Genes Related to Autophagy on the Skeletal Muscle of Patients With Inflammatory Myopathies [J]. *J Clin Rheumatol*, 2021, 2021, 27 (6) : 224–231. DOI: 10.1097/RHU.0000000000001721.
- [30] TRYFONOS A, TZANIS G, PITSOLIS T, et al. Exercise Training Enhances Angiogenesis-Related Gene Responses in Skeletal Muscle of Patients with Chronic Heart Failure [J]. *Cells*, 2021, 10 (8) : 1915–1918. DOI: 10.3390/cells10081915.