

局部肌肉振动在脑卒中后痉挛治疗中的应用

蒋留军¹, 华艳¹, 白玉龙^{1,2}

【关键词】 局部肌肉振动; 脑卒中; 痉挛

【中图分类号】 R49; R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2020.09.011

痉挛是中枢神经损伤后上运动神经元综合征的阳性症状之一。大多数脑卒中患者在病程的不同阶段会出现不同程度的肌痉挛^[1]。Urban等^[2]报道缺血性脑卒中后6个月肢体痉挛的发生率达42.6%，崔利华等^[3]报道脑卒中后6个月肢体痉挛的发生率达65.7%。轻中度的肢体痉挛有助于患者的站立和转移，使患者的静脉回流增加从而减轻水肿，预防深静脉血栓。但同时它可能会限制肢体的活动能力，从而掩盖肢体恢复的潜力^[4]。临床工作中患者肢体痉挛常常阻碍随意运动的完成，造成动作协调困难、肢体姿势异常、足下垂步态、平衡障碍等一系列的问题，对患者的运动恢复产生很大的阻碍。目前临床上在排除诱因的情况下常用药物、物理因子治疗^[5]、运动疗法^[6]、A型肉毒毒素注射^[7]、重复经颅磁刺激等来缓解肌肉痉挛^[8]，促进患者肢体功能的恢复，但这些方法或疗效有限。近年来，局部肌肉振动(focal muscle vibration, FMV)在康复医学中被广泛应用，本文就其在脑卒中后痉挛治疗中的应用进展综述如下。

1 FMV 的概念

振动是一种具有正弦形状的机械振动，因此具有振幅、频率和相位角的特征。目前使用的振动装置有两大类：全身振动(whole-body vibration, WBV)和应用于一肌肉或协同肌肉群的局部振动^[9]。有研究认为全身振动可能会导致脊柱退化^[10]，而局部振动在安全的振幅和频率下不会造成身体损伤且不会引起局部的血管扩张^[11-12]。FMV是将患者局部(如四肢和躯干)接触振动源(振动治疗头)，通过机械振动作用于浅、深层肌肉，在振动过程中其他部位无振动或振动很弱，频率范围多在20~1000Hz^[13]。FMV具有良好的

耐受性、有效性和易用性，可用于减少痉挛，促进功能性活动中的运动和学习，甚至应用于步态训练中^[14]。

2 FMV 治疗脑卒中痉挛的作用机制

近年来，有越来越多的研究表明FMV对脑卒中后肢体痉挛及功能障碍有显著的改善^[15]，其可能的作用机制如下。

2.1 调节牵张反射 肌梭属于长度感受器，振动带来的机械刺激能够造成肌梭持续且重复的长度变化。Gail等^[16]发现局部振动导致肌肉中H反射和腱反射受到抑制，Pope等^[17]通过局部振动刺激股四头肌检查肌梭功能变化，结果显示振动后下肢H反射潜伏期延长，肌梭的反射明显受到抑制。Noma等^[18]观察到振动初始时肌肉发生反射性收缩，持续数分钟后反射性收缩消失，上肢痉挛得到缓解，且经测量痉挛缓解效应可维持30min。Ribotciscar等^[19]用显微神经摄影技术记录了胫骨前肌、趾长伸肌和腓骨长、短肌的肌梭初级终末，发现其中73%的患者肌腱振动后的静息活动和拉伸敏感性下降。另有研究表明，持续振动可能不仅抑制单突触的突触传递，而且抑制多突触Ia兴奋性通路的突触传递^[20]。

2.2 激活本体感觉系统 Fung等^[21]观察双侧跟腱振动结束前后躯干和下肢姿势定向和肌肉活动的变化，发现在评估振动对姿势和平衡的影响时，需要考虑振动作为本体感觉刺激的广泛影响。Conrad等^[22]将局部振动用于前臂腕屈肌，在应用振动刺激之前、期间和之后，分别记录终点稳定性、肌肉活动和握力。他们发现在局部振动下腕关节的本体感觉得到激活，整个偏瘫上肢活动的稳定性得到提高。Cordo等^[23]发现在一定的条件下，肌腱振动试验中反应的准确性比没有肌腱振动试验中的准确性高，这一发现让人们考虑振动能作为一种感觉刺激激活本体感觉系统。

2.3 提高运动皮质兴奋性 Smith等^[24]将振动施加到桡侧腕长伸肌，通过运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)的大小来测量皮质兴奋性，发现健康受试者的振动促进作用取决于刺激持续时间，短期振动能增强皮质脊髓兴奋性，从而改善中枢运动障碍

基金项目：上海申康医院发展中心郊区三级医院临床能力建设项目(SHDC12014906)；上海市卫生健康委员会中医药科研项目(2020LQ008)

收稿日期：2019-10-13

作者单位：1. 复旦大学附属华山医院北院康复医学科，上海 201907；2. 复旦大学附属华山医院康复医学科，上海 200040

作者简介：蒋留军(1995-)，男，技师，主要从事脑卒中的康复治疗与临床研究。

通讯作者：白玉龙，dr_baiyl@fudan.edu.cn

患者的肌肉功能。Yang等^[25]认为振动使受检肌肉的MEPs持续增加,而邻近肌肉的兴奋性降低。振动也显著改变了患者的皮质脊髓束的兴奋性。Marconi等^[26]用振动刺激肱二头肌和桡侧腕屈肌,发现肌肉痉挛程度与皮质内抑制量之间有显著相关性,最大运动诱发电位和短间隔皮质内抑制在振动后显著提高,提示振动能够提高皮质脊髓束兴奋性并产生皮质内抑制。在肌肉上应用振动刺激可以增加肌肉记录的MEPs,提高运动皮质兴奋性^[27]。肌肉的振动输入对运动皮层回路的兴奋性有不同的调节作用^[28]。局部振动作为一种本体感觉刺激,能够引起包括梅氏小体、环层小体、肌梭在内的多种感受器兴奋,感觉冲动传入至感觉皮质,通过感觉运动皮质间联系提高了运动皮质的兴奋性,影响了中枢对运动功能的调控^[29-30]。

2.4 改变肌肉生物力学 脑卒中后痉挛会引起胶原和弹性组织纤维化、肌纤维长度缩短、肌肉厚度减小等一系列结构改变^[31-32]。局部振动的直接作用部位是肌肉,其产生的振动波能够沿肌肉肌腱复合体进行传导,肌肉通过弹性能的储存与释放,一方面肌肉组织间的粘连得到物理松解,另一方面肌肉胶原和弹性组织的工作能力提高^[33]。Guang等^[34]将频率为75Hz的振动作用在肱二头肌腹部,用检测仪对肌肉形态进行识别以显示肌肉纤维的拉伸,并通过磁共振成像证实了肌肉拉伸与轮廓变形的一致性。通过研究分析,他们提出局部振动通过产生振动波来拉伸肌肉。

3 FMV在脑卒中痉挛的临床研究

在临床中,局部振动仪器的外形构造、振动探头、振动幅度有所不同,但其原理相似^[35],本文仅针对FMV治疗脑卒中后痉挛进行简要介绍。

3.1 FMV在脑卒中后上肢痉挛的研究 FMV在脑卒中上肢痉挛的治疗中应用较多,其中在发病时间、与其他治疗方法的联合对比、干预位点、多种方式联合干预等的不同选择上均有涉及。在针对脑卒中发病时间的研究中,Noma等^[18,36]先后在2009年和2012年进行2次实验,其发病时间分别为2个月~19个月和<1个月,结果发现无论发病时间长短,FMV均有降低肌肉痉挛的效果。袁小敏等^[37]观察发病时间<3个月的脑卒中偏瘫患者,发现FMV有助于提高偏瘫早期患者上肢功能的恢复。Paoloni等^[30]纳入至少6个月慢性脑卒中患者进行FMV治疗,发现患者运动的平稳性和协调性得到改善。同样Tavernese等^[38]发现FMV能在短期内改善慢性脑卒中患者上肢伸肌的运动性能。在慢性脑卒中(病程>1年)的研究中,Caliandro等^[39]、Costantino等^[40]和Casale等^[41]也发现局

部振动能够抑制上肢痉挛、改善手功能。通过以上研究可知无论早期或慢性期脑卒中患者,FMV均可有助于患者的上肢痉挛减轻和功能恢复。在对比治疗研究中,Noma等^[36]在常规拉伸治疗的基础上为试验组增加FMV,发现FMV较常规拉伸更能降低脑卒中患者的肌张力。廖长艳等^[42]通过深层肌肉刺激仪和肌电生物反馈仪做对比观察,两者均作用于偏瘫患者肱二头肌肌腹,发现深层肌肉刺激仪更能有效地降低脑卒中患者上肢肌张力。另外在联合治疗方面,Celletti等^[43]探究FMV联合神经促进技术在脑卒中后上肢康复治疗中的应用,对照组为FMV联合常规康复治疗,发现以神经生理学为基础的康复技术与FMV相结合,能更显著地改善慢性脑卒中患者的功能障碍。在干预肌肉方面,Caliandro等^[39]、Paoloni等^[30]和Noma等^[18,36]将FMV应用于上肢屈肌,发现FMV能降低肌肉痉挛。Casale等^[41]、Costantino等^[40,44]将FMV应用于上肢伸肌,通过分析他们认为上肢伸肌的振动能降低屈肌的痉挛程度。由此可以看出不管是作用于上肢屈肌(痉挛肌)或伸肌,其患者的上肢功能均得到有效的改善。对于这种现象的相关机制目前不明确,可能与FMV作用于上肢伸肌引起其兴奋并通过交互抑制来改善痉挛肌的肌张力有关,也可能与FMV激活本体感觉系统,促进不活跃的肌肉纤维募集,通过增强伸肌的肌力从而掩盖痉挛肌的肌张力有关。

3.2 FMV在脑卒中下肢痉挛的研究 FMV对患者姿势控制要求低,且简便易操作,也常被应用于缓解下肢特定肌肉的痉挛。Park等^[45]观察FMV作用于患侧胫前肌对偏瘫步态的影响,发现振动刺激胫前肌后,整体步态参数(速度和步频)明显增加,而时间参数(步长时间、步幅时间和双肢支撑时间)明显减少。Lee等^[46]观察FMV对脑卒中患者姿势摆动和步态的影响,结果显示振动后患者的步行速度提高、步长增大、步行节律性和受累侧支撑相时间明显增加,痉挛所致的偏瘫步态得到改善。Kawahira等^[47]将振动器用绷带固定在胫前肌和臀中肌上,通过对功能性振动刺激对偏瘫患者下肢步态速度影响的分析,发现刺激时步态速度比不刺激时快。Paoloni等^[48]研究FMV在慢性脑卒中患者步行功能中的影响,通过使用时间-距离、运动和表面肌电图等评估方法,结果发现实验组的平均步态速度、正常侧摆速度、双侧跨步长度和正常侧趾离地率均有中度改善。由于FMV对脑卒中患者下肢的相关研究较少,不足以进行相关总结,仅能从功能上看出FMV对脑卒中偏瘫患者的步态改善,笔者认为这种改善可能与机械振动刺激和有效的大脑重组有

关。

3.3 FMV 在脑卒中患者治疗中的注意事项 在临床研究中,研究者多选择肌张力 ≥ 1 级的患者^[30,38,40-41,43],另外用于脑卒中后患者肢体痉挛不同阶段的区别以及应用最佳时期等相关问题需要进一步研究。针对 FMV 虽然暂无相关副作用的报道,但短时间振动不利于治疗效果,长时间振动增加肌肉疲劳^[49],同时治疗师应正确执行操作,避开患者骨骼,大动、静脉等。

4 总结

本文综述了 FMV 在脑卒中痉挛中的应用,分析 FMV 在缓解痉挛方面的可行性和有效性,总结振动治疗对于脑卒中患者肌肉痉挛的可能机制,为现有临床治疗脑卒中痉挛提供新的思路,治疗师可以使用 FMV 来缓解痉挛、改善肢体功能。FMV 在脑卒中后痉挛的应用有明确的疗效,是一种安全、有效的治疗方法,但目前仍在临床试验阶段,还未得出公认的治疗参数,如振动频率、振幅、治疗时间及疗效持续时间等。因此,针对 FMV 的具体参数以及疗效持续时间应作为今后研究重点方向,以获得更多证据支持其在临床的使用,使其在脑卒中患者肌肉痉挛中的应用更加规范化。

【参考文献】

- [1] Wissel J, Manack A, Brainin M. Toward an epidemiology of post-stroke spasticity [J]. *Neurology*, 2013, 80(3 Suppl 2): S13-S19.
- [2] Urban PP, Wolf T, Uebele M, et al. Occurrence and Clinical Predictors of Spasticity After Ischemic Stroke [J]. *Stroke*, 2010, 41(9): 2016-2020.
- [3] 崔利华, 山磊, 杨宇琦. 首次脑卒中后 6 个月内肢体痉挛情况调查 [J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(12): 1144-1146.
- [4] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会神经康复学组, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑卒中早期康复治疗指南 [J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(6): 405-412.
- [5] Satow T, Kawase T, Kitamura A, et al. Combination of Transcranial Direct Current Stimulation and Neuromuscular Electrical Stimulation Improves Gait Ability in a Patient in Chronic Stage of Stroke [J]. *Case Rep Neurol*, 2016, 8(1): 39-46.
- [6] 韩光. 对于康复运动疗法治疗脑卒中后偏瘫肌痉挛的效果观察 [J]. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2014, (6): 35-35.
- [7] 张萍, 宋朝晖. A 型肉毒毒素治疗不同时期脑卒中后肢体痉挛 20 例 [J]. *医药导报*, 2018, 37(2): 202-205.
- [8] Wupuer S, Yamamoto T, Katayama Y, et al. F-Wave Suppression Induced by Suprathreshold High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Poststroke Patients with Increased Spasticity [J]. *Neuromodulation*, 2013, 16(3): 206-211.
- [9] Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2010, 108(5): 877-904.
- [10] Cardinale M, Pope M. The effects of whole body vibration on humans: Dangerous or advantageous [J]. *Acta Physiol Hung*, 2003, 90(3): 195-206.
- [11] Casale R, Ring H, Rainoldi A. High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2008, 19(5): 998-1004.
- [12] Zange J, Molitor S, Illbruck A, et al. In the unloaded lower leg, vibration extrudes venous blood out of the calf muscles probably by direct acceleration and without arterial vasodilation [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2014, 114(5): 1005-1012.
- [13] 王颖. 机械振动疗法及其在康复治疗中的应用 [J]. *中国康复医学杂志*, 2004, 19(8): 633-636.
- [14] Murillo N, Valls-Sole J, Vidal J, et al. Focal vibration in neurorehabilitation [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2014, 50(2): 231-242.
- [15] Liepert J, Binder C. Vibration-induced effects in stroke patients with spastic hemiparesis-A pilot study [J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2010, 28(6): 729-735.
- [16] De Gail P, Lance JW, Neilson PD. Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1966, 29(1): 1-11.
- [17] Pope ZK, Defreitas JM. The effects of acute and prolonged muscle vibration on the function of the muscle spindle's reflex arc [J]. *Somatosens Mot Res*, 2015, 32(4): 254-261.
- [18] Noma T, Matsumoto S, Etoh S, et al. Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients [J]. *Brain Injury*, 2009, 23(7): 623-631.
- [19] Ribotciscar E, Rossidurand C, Roll JP. Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man [J]. *Neurosci Lett*, 1998, 258(3): 147-150.
- [20] Desmedt JE, Godaux E. Mechanism of the vibration paradox: excitatory and inhibitory effects of tendon vibration on single soleus muscle motor units in man [J]. *J Physiol*, 1978, 285(1): 197-207.
- [21] Fung J, Thompson C, Belanger M. Effects of bilateral Achilles tendon vibration on postural orientation and balance during standing [J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118(11): 2456-2467.
- [22] Conrad MO, Scheidt RA, Schmit BD. Effects of Wrist Tendon Vibration on Targeted Upper-Arm Movements in Poststroke Hemiparesis [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(1): 61-70.
- [23] Cordo P, Gurfinkel VS, Bevan L, et al. Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement [J]. *J Neurophysiol*, 1995, 74(4): 1675-1688.
- [24] Smith L, Brouwer B. Effectiveness of muscle vibration in modulating corticospinal excitability [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2005, 42(6): 787-794.
- [25] Yang BS. Presentation 1: Influence of Muscle Vibration on Corticospinal Excitability in Persons Following Stroke [J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2006, 87(10): e9-e9.
- [26] Marconi B, Filippi GM, Koch G, et al. Long-term effects on cortical excitability and motor recovery induced by repeated muscle vibration in chronic stroke patients [J]. *Neurorehabil Neural Re-*

- pair, 2011, 25(1):48-60.
- [27] Constantino C, Galuppo L, Romiti D. Efficacy of Mechano-Acoustic Vibration on Strength, Pain, and Function in Poststroke Rehabilitation: A Pilot Study[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21(5):391-399.
- [28] Karin Rosenkranz, John C. Rothwell. Differential effect of muscle vibration on intracortical inhibitory circuits in humans[J]. *J Physiol*, 2003, 551(2):649-660.
- [29] Lapole T, Temesi J, Arnal PJ, et al. Modulation of soleus corticospinal excitability during Achilles tendon vibration[J]. *Exp Brain Res*, 2015, 233(9):2655-2662.
- [30] Paoloni M, Tavernese E, Fini M, et al. Segmental muscle vibration modifies muscle activation during reaching in chronic stroke: A pilot study[J]. *Neurorehabilitation*, 2014, 35(3):405-414.
- [31] Kwah LK, Herbert RD, Harvey LA, et al. Passive mechanical properties of gastrocnemius muscles of people with ankle contracture after stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93(7):1185-1190.
- [32] Lieber RL, Ward SR. Cellular mechanisms of tissue fibrosis. 4. Structural and functional consequences of skeletal muscle fibrosis [J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2013, 305(3):C241-C252.
- [33] Smilde HA, Vincent JA, Baan GC, et al. Changes in muscle spindle firing in response to length changes of neighboring muscles[J]. *J Neurophysiol*, 2016, 115(6):3146-3155.
- [34] Guang H, Ji L, Shi Y. Focal Vibration Stretches Muscle Fibers by Producing Muscle Waves[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2018, 26(4):839-846.
- [35] 肖悦, 许光旭. 振动治疗在脑卒中后肢体痉挛中的应用进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(6):742-746.
- [36] Noma T, Matsumoto S, Shimodozono M, et al. Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients: a proof-of-principle study[J]. *J Rehabil Med*, 2012, 44(4):325-330.
- [37] 袁小敏, 据红艳. 重复局部肌肉振动疗法对脑卒中偏瘫早期患者上肢功能恢复的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(8):938-941.
- [38] Tavernese E, Paoloni M, Mangone M, et al. Segmental muscle vibration improves reaching movement in patients with chronic stroke. A randomized controlled trial[J]. *Neurorehabilitation*, 2013, 32(3):591-599.
- [39] Caliendo P, Celletti C, Padua L, et al. Focal muscle vibration in the treatment of upper limb spasticity: a pilot randomized controlled trial in patients with chronic stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93(9):1656-1661.
- [40] Costantino C, Galuppo L, Romiti D. Short-term effect of local muscle vibration treatment versus sham therapy on upper limb in chronic post-stroke patients: A randomized controlled trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2016, 53(1):32-40.
- [41] Casale R, Damiani C, Maestri R, et al. Localized 100 Hz vibration improves function and reduces upper limb spasticity: a double-blind controlled study[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2014, 50(5):495-504.
- [42] 廖长艳, 张佳佳. 电动深层肌肉刺激仪降低脑卒中患者上肢肌张力的疗效观察[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2019, 19(12):112-113.
- [43] Celletti C, Sinibaldi E, Pierelli F, et al. Focal muscle vibration and progressive modular rebalancing with neurokinetic facilitations in post-stroke recovery of upper limb[J]. *Clin Ter*, 2017, 168(1):e33-e36.
- [44] Constantino C, Galuppo L, Romiti D. Efficacy of mechanoacoustic vibration on strength, pain, and function in poststroke rehabilitation: a pilot study[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21(5):391-399.
- [45] Park JM, Lim HS, Song CH. The effect of external cues with vibratory stimulation on spatiotemporal gait parameters in chronic stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(2):377-381.
- [46] Lee SW, Cho KH, Lee WH. Effect of a local vibration stimulus training programme on postural sway and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *Clin Neurophysiol*, 2013, 27(10):921-931.
- [47] Kawahira K, Higashihara K, Matsumoto S, et al. New functional vibratory stimulation device for extremities in patients with stroke [J]. *Int J Rehabil Res*, 2004, 27(4):335-337.
- [48] Paoloni M, Mangone M, Scettri P, et al. Segmental muscle vibration improves walking in chronic stroke patients with foot drop: a randomized controlled trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2010, 24(3):254-262.
- [49] Mottram CJ, Maluf KS, Stephenson JL, et al. Prolonged Vibration of the Biceps Brachii Tendon Reduces Time to Failure When Maintaining Arm Position With a Submaximal Load[J]. *J Neurophysiol*, 2006, 95(2):1185-1193.

作者·读者·编者

参考文献著录格式

参考文献:文稿中有关引用资料以近期出版的期刊及著作为主,应用资料必需是正式发行的出版物,按在文稿中首次出现的顺序编码,并用方括号标注如“曾敏等^[1]报道”。参考文献著录格式应将作者的前1~3名列出,3名后加等。①著作:作者·书名[M]·出版地:出版社,年,起止页码。②期刊:作者·文稿题[J]·期刊名,年,卷(期):起止页码。