

· 综述 ·

局部振动疗法抑制脑卒中后患者痉挛的研究进展

刘韬¹ 蒙利娇² 黄敏³ 戈岩蕾² 高强²¹成都市第二人民医院康复医学科,成都 610000; ²四川大学华西医院康复科,成都 610000;³四川大学华西第二医院康复科,成都 610000

通信作者:高强,Email:gaoqiang_hxkf@163.com

【摘要】 脑卒中后痉挛是脑卒中患者常见的并发症之一,影响患者的功能预后。本文选取 PubMed 和万方数据库中近十年以来关于局部振动治疗脑卒中后痉挛的文章,对痉挛产生的机制、局部振动疗法的作用机制以及振动治疗的参数进行分析,并对局部振动治疗的未来发展进行展望。

【关键词】 脑卒中; 痉挛; 振动疗法

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.05.020

脑卒中后痉挛是脑卒中患者常见的并发症之一,有文章报道,脑卒中后 1 个月痉挛的发生率为 27%,3 个月的发生率为 28%,18 个月的发生率为 34%^[1]。最早在 1974 年由 Lance^[2] 定义“痉挛是以牵张反射兴奋性增加引起的以速度依赖性的牵张反射亢进,伴有腱反射亢进为特征的运动障碍,属于上运动神经元综合征(upper motor neuron syndrome,UMNS)的一种”,也是目前临床应用最广泛的一种定义。1988 年 Young^[3] 在定义中加入了神经生理学因素,即“痉挛是一种由于脊髓内对于传入刺激的异常处理而导致的速度依赖性牵张反射增高”。Pandyan 等^[4] 在 2005 年的报道中提出,痉挛不是单纯的运动功能障碍,而牵张反射过度兴奋也不是产生痉挛的唯一原因。虽然痉挛的表现形式复杂多样,使得迄今为止尚未对其定义产生共识,但可以确定的是,牵张反射的异常是引起痉挛的非常重要的一个原因。

当被牵拉时,肌肉内部的肌梭感受器受到刺激产生兴奋,兴奋沿着对速度敏感的 Ia 型传入纤维和对长度敏感的 II 型传入纤维传入到脊髓,在脊髓内兴奋支配肌腹的 α -运动神经元和支配肌梭的 γ -运动神经元使被牵拉的肌肉收缩,又通过交互抑制而降低支配拮抗剂的 α -运动神经元的兴奋性,抑制拮抗肌收缩。有研究表明,使用表面肌电图检测健康人的肌肉,只有当被牵拉的速度大于 200(°)/s 时,才会出现牵张反射;而脑卒中后痉挛患者被牵拉肌肉的肌电活动与牵拉速度呈正线型相关,牵拉速度越快,肌肉的牵张反射越强;即使停止牵拉,牵张反射还会持续一段时间,在这期间肌肉处于等长收缩模式^[5]。而痉挛亦表现出对肌肉长度的敏感性,股四头肌长度越短痉挛程度越高,而在上肢屈肌和小腿三头肌的表现则相反^[5]。

痉挛的病理生理学机制

目前普遍认为,痉挛主要分为神经介导产生的痉挛和肌肉变性产生的痉挛两种病理生理学机制。

一、神经介导产生的痉挛

在下行传导束中,起自脑桥网状结构的腹内侧网状脊髓束和起自前庭神经核的前庭脊髓束对肌张力增高有促进的作用;起自延髓网状结构的背侧网状脊髓束抑制牵张反射的兴奋性。而大脑皮质通过皮质网状束兴奋延髓网状结构,对牵张反射起

调控作用^[5-7]。有研究表明,上运动神经元受损后,脊髓上传束对于牵张反射抑制与兴奋的平衡被打乱。

脊髓内信息处理的异常也会导致痉挛的产生,包括:① γ -环路系统的激活使肌梭兴奋性增加,导致脊髓内感觉输入增加;②牵张反射的反射回路中,突触前抑制和突触后抑制减少,使得脊髓内对于反射的抑制减少;③脊髓运动神经元内在特性改变,失去上运动神经元的抑制后, α -运动神经元处于高电位状态,导致敏感性增加,且会对瞬间刺激产生持续的放电反应^[6]。除此之外,上运动神经元损伤后的病理性重塑也会增加肌肉的兴奋性并且对外界刺激产生夸张的反应。在脊髓内,失去上运动神经元抑制的 α -运动神经元会分泌生长激素,促进周围突触的形成,使 α -运动神经元兴奋性增加^[5]。

二、肌肉变性产生的痉挛

肌肉变性引起的痉挛主要是由于长期的制动和废用使得肌肉萎缩,肌肉内肌小节减少和结缔组织增加,使肌梭对于牵拉的敏感性增加^[7]。

振动疗法

振动治疗是一种机械振动引起肌肉震荡刺激神经肌肉系统,以获得特定反应效果的方法。研究表明,振动治疗对运动和感觉系统的恢复具有促进效果^[8]。相比于其它治疗痉挛的方法,如局部肉毒素注射、全身药物治疗、手术治疗等,局部振动疗法的优势在于安全无不良反应、成本/效益比低、便携且重复性好^[9-11]。

根据作用在人体的范围,振动疗法目前主要分为全身振动疗法、区域性振动疗法和局部振动疗法。全身振动疗法是由足或臀部接触振动平台,通过下肢或躯干将振动传导致全身的物理治疗方法;而区域性或局部振动疗法是指局部接触振动器而身体其它部分不振动,一般作用于肌腹或肌腱^[12]。

局部振动缓解痉挛的作用机制

一、局部振动对脊髓水平以上的影响

研究表明,振动刺激是通过皮肤上的感受器传导,包括浅层对 5~15 Hz 敏感的默克尔圆盘(Merkel disks)和对 20~50 Hz 敏感的梅斯纳小体(Meissner corpuscles),以及深层对 60~

400 Hz 敏感的帕西尼小体(Pacinian corpuscles),这些感受器将振动刺激传到脊髓,再经过中间神经元换元,将刺激传到对侧的内侧丘系^[9,13]。有学者使用正电子发射断层成像和功能磁共振成像观察患者脑部,发现 70~80 Hz 的振动刺激能够使 Ia 传入纤维以同样的频率发送冲动,增加中枢神经系统的感觉输入,影响 S1 区、M1 区、运动前区、扣带回的兴奋性,从而促进神经重塑的过程^[14-15]。而振动刺激还能改变局部的 γ -氨基丁酸活动,加强邻近细胞组织的联系^[9,14]。

局部振动治疗配合患者主动收缩,可以使支配该肌肉的初级运动皮质兴奋性发生可塑性改变,包括支配该肌肉的皮质容积减少以及支配其拮抗肌的皮质容积增加;而振动刺激能够通过肌梭的传入神经激活本体感觉系统,从而激活较大的 α -运动神经元和一些不活跃的肌纤维,增加该肌肉及其邻近协同肌的收缩能力;这些神经生理方面的变化,是降低患者肌张力和改善运动表现能力的基础^[9]。

二、局部振动对脊髓水平的影响

在脊髓水平上,100~200 Hz 的振动作用于放松的肌肉可引起紧张性振动反射(tonic vibration reflex,TVR),使肌肉产生不自主收缩,也影响肌肉的位置觉与运动表现,这可能是由于振动影响了脊髓反射,通过突触前抑制减少 T-反射和 H-反射^[14,16]。振动导致的突触后抑制消耗神经递质,产生的激活后抑制以及树突去极化是牵张反射降低最可能的解释^[9,17-18];而“占线效应”使 Ia 传入纤维对其它感觉刺激的敏感性降低,以及机械振动的传播使肌梭敏感性降低,也可能解释振动治疗引起的变化^[9]。Guang 等^[17]使用高速摄像机和图像处理技术量化了肌肉的振动,发现高频振动引发的 TVR,通过振动波的形式牵拉肌肉,以达到缓解痉挛的效果。

三、局部振动对肌肉的影响

有文章报道,肌肉的启动时间、共同运动、收缩程度、肢体的功能以及动作的协调性等皆有明显改善,振动疗法能够改善患者上肢的功能,从而提高患者的日常生活能力^[19-23]。

局部振动疗法治疗痉挛的参数

一、频率与振幅

目前,频率为 100~500 Hz、振幅为 2 mm 或 4 mm 的振动在临床治疗上得到广泛的应用,但最有效的频率和振幅的范围还不确定^[9]。Costantino 等^[9]使用 300 Hz 的振动刺激偏瘫患者的肱三头肌、桡侧腕长伸肌、腕短伸肌,发现治疗后患者上肢肌张力下降,且改善了患侧肌力和日常生活质量。而局部振动结合患者自主运动可以长期地改变对侧初级运动中枢的兴奋性,这可能是减少痉挛和改善运动功能的神经生理学基础。Casale 等^[10]研究表明,使用频率为 100 Hz,振幅为 2 mm,平均压力为 250 mBar 的局部振动,刺激拮抗肌肱三头肌结合物理治疗可以明显降低患者肱二头肌肌张力水平,在改善功能方面要优于单纯使用物理治疗,且疗效更持久。李金贤等^[24]使用 6~11 Hz 频率对患者上臂和前臂各行 5 min 的局部振动治疗,并使患者进行肘关节、腕关节的伸展运动,结果发现治疗后患者的运动表现能力更优。郭钢花等^[25]将患者摆放在坐位抗痉挛体位下,使用频率为(6.0±3.0) Hz 的变频振动疗法结合康复训练,发现抗痉挛效果远远大于单纯的康复治疗。叶智慧等^[26]让患者将手放在振动平台,肘关节处于伸展,使用低频(10 Hz)低振幅

(4 mm)的局部振动给患者治疗,亦能够缓解痉挛情况。也有学者认为,能刺激躯体感觉和运动中枢的最佳振动频率为 75 Hz^[14]。

二、作用部位

研究表明,使用振动疗法刺激痉挛肌本身^[9]或者刺激其拮抗肌^[10]都能达到降低肌张力的效果,这可能是由于刺激拮抗肌所产生的反牵张反射使得痉挛肌肌张力降低。另外,振动作用于痉挛肌的不同部位,所产生的效果也会有差异,Lee 等^[16]使用表面肌电图检测振动刺激相同肌肉的不同部位的效果,发现作用于肌腹的刺激效果要明显优于作用于肌腱的刺激效果。目前,临床上常见的刺激部位为上肢的肩胛周围肌肉、肱二头肌、腕伸肌^[27-28],以及下肢的股四头肌和胫前肌,通过缓解局部的痉挛以改善患者肢体功能^[14]。

小结与展望

脑卒中发作后严重影响人们的日常生活,其中痉挛是非常重要的一个原因。振动疗法不仅可以治疗脑卒中后的肌痉挛,还能提高运动单元的募集速度,改善运动的协调性,以提高患者的肢体功能^[20]。此外,振动刺激还能影响中枢神经元的兴奋性,加强感觉中枢与运动中枢之间的神经传导,促进脑卒中后神经重塑过程^[9,14-15]。临床上常使用局部振动刺激痉挛肌肉,缓解痉挛,提高患者的运动表现能力^[14]。还有学者建议在脑卒中早期,患者昏迷阶段即使用局部振动治疗,以促进神经重塑过程^[29]。

近年来,局部振动治疗脑卒中后痉挛的相关研究越来越多,脑卒中后不同时期使用不同参数的治疗方案对患者痉挛的影响及功能恢复的疗效还需进一步研究,以达到精准康复水平。另外,有学者提出,使用便携式局部振动治疗仪为患者提供长期的振动刺激,也可以对振动的频率、振幅、持续间歇时间进行编程^[29],让患者佩戴着治疗仪完成日常活动,以改善运动表现能力,并达到训练的效果。随着科技的发展,医生也能够通过治疗仪反馈得到患者 24 h 张力变化,为患者调整治疗方案,并远程指导患者训练。

参 考 文 献

- [1] Kuo CL, Hu GC. Post-stroke spasticity: a review of epidemiology, pathophysiology, and treatments[J]. Int J Gerontol, 2018, 12(4): 280-284. DOI:10.1016/j.ijge.2018.05.005.
- [2] Lance JW, Burke D. Mechanisms of spasticity[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1974, 55(8): 332-337.
- [3] Young RR. The physiology of spasticity and its response to therapy[J]. Ann N Y Acad Sci, 1988, 531: 146-149. DOI:10.1111/j.1749-6632.1988.tb31820.x.
- [4] Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP, et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement[J]. Disabil Rehabil, 2005, 27(1-2): 2-6. DOI: 10.1080/09638280400014576.
- [5] Trompetto C, Marinelli L, Mori L, et al. Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 1-8. DOI:10.1155/2014/354906.
- [6] Li S, Francisco GE. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity[J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9: 192. DOI: 10.

- 3389/fnhum.2015.00192.
- [7] Naro A, Leo A, Russo M, et al. Breakthroughs in the spasticity management: are non-pharmacological treatments the future[J]. J Clin Neurosci, 2017, 39:16-27. DOI:10.1016/j.jocn.2017.02.044.
- [8] 黄亚琴,何成奇,杨永红,等.局部振动治疗对脊髓损伤患者下肢痉挛及自理能力的疗效分析[J].中国康复,2015,30(4):271-273. DOI:10.3870/zgkf.2015.04.009.
- [9] 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, 2017, 53(1):32-40. DOI:10.23736/S1973-9087.16.04211-8.
- [10] 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.
- [11] Picelli A, Santamato A, Chemello E, et al. Adjuvant treatments associated with botulinum toxin injection for managing spasticity: an overview of the literature[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2019, 62(4):291-296. DOI:10.1016/j.rehab.2018.08.004.
- [12] 张小满,石萍,喻洪流.振动疗法在康复中的研究及应用[J].北京生物医学工程,2016,35(5):538-543. DOI:10.3969/j.issn.1002-3208.2016.05.16.
- [13] Poenaru D, Cinteza D, Petrusca I, et al. Local application of vibration in motor rehabilitation - scientific and practical considerations[J]. Maedica, 2016, 11(3):227-231.
- [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] Lopez S, Bini F, Percio CD, et al. Electroencephalographic sensorimotor rhythms are modulated in the acute phase following focal vibration in healthy subjects[J]. Neuroscience, 2017, 352:236-248. DOI:10.1016/j.neuroscience.2017.03.015.
- [16] Lee G, Cho Y, Beom J, et al. Evaluating the differential electrophysiological effects of the focal vibrator on the tendon and muscle belly in healthy people[J]. Ann Rehabil Med, 2014, 38(4):494-505. DOI:10.5535/arm.2014.38.4.494.
- [17] 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. DOI:10.1109/TNSRE.2018.2816953.
- [18] Alfonsi E, Paone P, Tassorelli C, et al. Acute effects of high-frequency microfocal vibratory stimulation on the H reflex of the soleus muscle: a double-blind study in healthy subjects[J]. Funct Neurol, 2015, 30(4):269-274. DOI:10.11138/fneur/2015.30.4.269.
- [19] 陈钊德,龙耀斌,梁天佳,等.局部振动对脑卒中后偏瘫患者上肢痉挛和功能障碍的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2015,37(8):600-601. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.08.011.
- [20] 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. DOI:10.3233/NRE-141131.
- [21] Aprile I, Di Sipio E, Germanotta M, et al. Muscle focal vibration in healthy subjects: evaluation of the effects on upper limb motor performance measured using a robotic device[J]. Eur J Appl Physiol, 2016, 116(4):729-737. DOI:10.1007/s00421-016-3330-1.
- [22] 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. DOI:10.7417/CT.2017.1979.
- [23] Minetto MA, Botter A, Gambero G, et al. Contralateral effect of short-duration unilateral neuromuscular electrical stimulation and focal vibration in healthy subjects[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2019, 54(6):911-920. DOI:10.23736/S1973-9087.18.05004-9.
- [24] 李金贤,张虹.局部振动对脑卒中后偏瘫患者上肢痉挛和功能障碍的影响[J].中国保健营养,2019,29(12):15-17. DOI:10.3969/j.issn.1004-7484.2019.12.010.
- [25] 郭钢花,梁英姿,刘蓓豪,等.坐姿抗痉挛体位下变频振动疗法对脑卒中患者上肢痉挛及运动功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2017,39(11):811-814. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.11.003.
- [26] 叶智慧,郭永亮,冯重睿,等.振动疗法治疗卒中后上肢屈肌痉挛疗效观察[J].医学理论与实践,2017,30(11):1696-1697. DOI:10.19381/j.issn.1001-7585.2017.11.081.
- [27] 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. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2018.08.013.
- [28] 吴超.局部振动训练对脑梗偏瘫患者上肢痉挛和功能康复的疗效分析[J].健康研究,2016,36(5):539-541. DOI:10.3969/j.issn.1674-6449.2016.05.019.
- [29] Bento VF, Cruz VT, Ribeiro DD, et al. The vibratory stimulus as a neurorehabilitation tool for stroke patients: proof of concept and tolerability test[J]. NeuroRehabilitation, 2012, 30(4):287-293. DOI:10.3233/NRE-2012-0757.

(修回日期:2021-01-20)

(本文编辑:汪 玲)