

全身振动训练在内科康复中的应用进展

龚迪^{1a}, 王雪强^{1b}, 王惠芳²

【关键词】 全身振动训练, 临床应用; 内科疾病

【中图分类号】 R49 【DOI】 10.3870/zgkf.2018.05.022

随着国民生活方式的改变以及老龄化加重,呼吸、循环、代谢等内科病的发病率也不断走高,威胁着国民的健康。在疾病的管理中,主要是延缓疾病进展和减少并发症的发生。随着医学的发展,内科疾病的康复介入越来越受到重视,康复治疗不仅能改善患者的日常活动能力,提高生活质量,还能延缓疾病进展,减少并发症,所以康复医学在内科疾病的管理中逐渐受到关注。在康复干预中,运动疗法占有举足轻重的地位,其中全身振动训练(Whole-body Vibration, WBV)逐渐受到研究者们的关注^[1-2]。相较于在运动系统疾患,内科领域应用较晚,但其临床康复功效已得到证实,所以对于临床康复从业者来说,需要对这种方法进一步了解,进而根据实际情况选择性应用。作者通过检索多个数据库中 WBV 在内科领域的报道,并对近年的临床研究进行综述,使得我们对 WBV 有更全面的认识。

1 全身振动训练应用研究的概述

WBV 是通过振动仪器产生的机械振动波传递到人体,使神经系统、肌肉-骨骼系统以及心血管系统产生适应性反应来提高部分身体功能的运动方法^[3],目前具体的机制还没完全明确,多认为是振动产生的加速度力导致的一系列生理反应^[4]。振动产生的快速位移刺激肌梭等感受器,兴奋 α 运动神经元,引起肌肉的牵张反射而发生强直收缩,可以激活更多运动单位,增加能耗,又增加了血流量灌注,尤其是下肢血供^[5]。振动也被认为可以刺激关节内的本体感受器,使神经反馈通路更有效率,提升身体的敏捷性和平衡能力^[6]。此外振动增加身体负载,使骨受力增加,刺激骨再生,所以振动训练也被用于骨质疏松的治疗。

1987年 WBV 首先应用于竞技运动^[7],此后有关研究不断深入,应用的领域逐步扩展,尤其是近些年,

报道明显增多。从文献中看到,研究的对象涵盖了正常人群、高龄者、肥胖者、瘫痪病人、运动损伤以及内科疾患等各类人群,研究目的也从运动训练、保健扩展至疾病治疗和预防,研究地点从实验室发展到工作区、医院治疗区,甚至是 ICU^[8-9]。早期的应用研究主要集中在航天、运动、保健等领域,比如预防骨质疏松、体能训练、减肥等,如今 WBV 也逐渐被康复领域的研究者所关注,有关神经系统疾患,软组织疼痛,骨关节病的报道增长较多^[10-11]。如今,内科慢性疾病也成为致残和死亡的重要因素,WBV 在内科疾病的应用中也不断探索,尤其是在代谢、呼吸、循环等慢性疾病。不同的人群,选择的振动方案及治疗目的各异,这些研究成为临床应用的重要参考。

2 全身振动训练在内科康复中的应用

2.1 2型糖尿病 2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)是一种常见的代谢性疾病,因为胰岛素的分泌和利用协调机制失常,产生如“三多一少”等症状。糖尿病是心脑血管病的高危因素,而且会诱发末梢神经炎,造成肢体末端的温度、触觉减退,使患者对热,针刺等伤害的敏感性下降,受伤风险增加,而当外周血管尤其是下肢血管引变性导致循环受阻,就会罹患糖尿病足。同时疾病会引起患者疲劳,活动量减少,使患者的日常生活受到很大影响^[5]。糖尿病的管理策略中除了药物,科学的运动在疾病管理策略中占有重要的地位,推荐级别较高^[12-13]。2007年德国的一项临床研究首次报道了 WBV 的降糖效果^[14],随后开始受到更多人关注。Del 等^[15]针对非胰岛素抵抗的人群,选取频率渐增(12-14-16Hz),振时渐增(30-45-60s),振幅4mm的训练方案,12周后受试者的糖化血红蛋白和空腹血糖显著下降,同时还有改善血脂的作用^[11]。Lee 等^[16]选取仍然利用频率渐增(15-20-25-30Hz),振幅1~3mm的振动方案,6周后结果就糖化血红蛋白下降了0.8%^[10],两项研究均显示 WBV 在血糖控制中的裨益,值得借鉴。作者认为因 WBV 能在不增加疲劳的情况下诱发更多肌肉募集^[17],对于久坐和肥胖的糖尿病患者来说或更适合应用。糖尿病足由于神

收稿日期:2017-07-08

作者单位:1. 上海体育学院 a. 运动科学学院, b. 运动医学康复中心, 上海 200438; 2. 上海市阳光康复中心, 上海 201619

作者简介:龚迪(1988-),男,技师,主要从事运动损伤康复方面的研究。

通讯作者:王雪强, qiang897@163.com

经、血管病变造成血流不畅,组织灌注减少,发生溃疡而不易愈合,严重者会导致截肢,最近研究发现振动训练对糖尿病足患者有积极的效果。Johnson等^[5]利用频率26Hz,振幅2mm的垂直振动方案对10例老年患者进行观察,振动后的5min内下肢皮肤的血流量呈现一过性的快速上升^[13]。Rodríguez等^[18]选取54例糖尿病患者,频率30Hz,每周3次,并加入力量和放松训练,12周后经皮氧分压增加7mmHg,而且感觉的敏感度也有稍许的提高^[14]。这些研究的结果证明了WBV对糖尿病足预防和治疗益处。机制上,振动训练增加了组织的灌注,并会诱导血管新生,进而提高血氧含量^[19],对糖尿病足患者来说振动训练的安全性相对更高。糖尿病患者因为有肌力下降、神经传导通路异常、前庭问题而使平衡更差,跌倒发生率也就比正常人群高^[20],老年患者尤甚。Del等^[21]选择两侧交替振动方案(12~16Hz,振幅4mm;3次/周),配合弓步、提踵、上下台阶以及上肢的弹力带训练,12周后发现WBV可以减少闭眼时重心移动幅度,改善平衡控制能力,Lee等^[16]把WBV与平衡垫训练结合,结果与单纯的平衡训练相比改善更多。WBV提高了本体感觉的灵敏度,又加强了周围-中枢神经的传输控制进而增加了身体的灵活性^[15]。所以对预防糖尿病人群跌倒有实用价值。但是因为运动会影响血糖的变化,进行振动训练的过程中也需要注意低血糖的发生,训练前后做好预防和监测。

2.2 慢性阻塞型肺疾病 慢性阻塞型肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是一种进展性呼吸疾病,因呼吸困难,咳嗽,喘息等症状导致患者活动能力下降。除却药物,运动是COPD干预中重要的一个环节,在指南中的证据级别和推荐程度也都比较高^[22],运动疗法虽能延缓发病进程,改善呼吸功能,但因运动时会出现喘息等不适而导致患者难以坚持。WBV在COPD中的应用是近些年才出现的^[23-24],Gloeckl等^[25]对2014年以前的临床研究文献进行meta分析显示WBV对可提高COPD患者运动能力,并提升生活质量^[19]。新近发表的临床研究与此结果基本保持一致。Gloeckl等^[24]选取中重度中老年COPD患者加入交替振动干预,频率24~26Hz,振幅5mm,每周5次,3周后与只进行传统肌力和耐力训练对照,结果发现振动组的患者平衡能力、6min步行距离和下肢绝对肌力都显示出明显优势,但肌耐力增加不明显^[18]。Spielmanns等^[26]选取门诊COPD II~IV期患者在传统的运动干预基础之加入频率24~26Hz,振幅3mm的交替振动,可能与较高的流失率(49%)有关系,结果显示在运动能力如坐站实验和六分钟步

行实验上没有显出疗效优势,本文作者的另一项研究利用低频振动(6~10Hz)明显改善了轻至重度COPD患者的肌力、步行能力、平衡控制以及呼吸状况^[27]。Pleguezuelos等^[27]利用垂直振动方法,选取频率35Hz,振幅2mm,每周3次,6周后,6min步行能力测试和血氧饱和度比传统的有氧运动增加明显,但最大吸气和最大呼气压改善不显著^[22]。也有研究者早期即介入,Timm等^[29]对还在住院的COPD患者在进行呼吸、被动运动等治疗时,一组患者每天加入6min的振动干预,出院时患者的生活质量,尤其是6min步行测试都较对照组显著的提高,但也没有发现呼吸功能上的差别。总体来说,WBV可以改善患者的运动能力和生活质量,且不适反应较少,但对呼吸功能的作用不能确定,对COPD的康复来说,振动训练或许可作为一种辅助方法,但不能替代传统的运动。统观这些研究,振动往往会和如静蹲、牵伸等结合练,利用机械振动激活更多的肌肉参与,达到增强运动强度的效果。但有的研究者也发现振动训练会对慢性阻塞型肺疾病的患者产生其他潜在的影响,比如心率加快,II型肌纤维参与更多导致无氧环境下的疲劳增加^[30],所以对慢性阻塞型肺疾病患者来说在实际应用时需要对患者的情况全面的把握。

2.3 肺动脉高压 在循环系统疾病中,肺动脉高压(pulmonary arterial hypertension, PAH)是一种呈进行性发展的临床综合征,肺血管结构发生改变导致血流动力学异常,以及心功能下降,患者最后因右心衰竭而死亡,病程中也会因活动功能水平不断下降而致残,是一种较严重的内科疾病。内科药物治疗是延缓进程的基础,研究证明了运动疗法干预和药物配合对患者更有益处^[31],但运动的依从性对这类患者来说是一个难题。Gerhard等^[32]首次报道了把WBV在肺动脉高压人群的应用研究,22例肺动脉压 ≥ 25 mmHg,肺动脉楔压 ≤ 15 mmHg的PAH患者,药物治疗同时进行振动和非振动对照。选择正弦振动法,频率20Hz,振幅20mm,四周内完成16个小时的训练后,与对照组相比,运动功能有明显改善,其中6min步行能力测试就增加 39.7 ± 7.8 m。所有患者的综合评分后耗氧量峰值 $+65.7$ mL/min,无氧阈值 $+40.9$ mLVO₂/min,肌力 $+4.4\%$,且患者没有不良反应出现。结果证明WBV的安全性高和运动依从性好都显示出振动训练的应用优势。但至今相关的报道非常少,所以需要更多临床探究。

2.4 动脉硬化 动脉硬化是高血压、糖尿病和心脑血管系统疾病高危因素。当血管的弹性变差,造成血管的舒缩调节能力下降,会增加心脏后负荷。血管本

身会随着年龄的增加弹性变差^[33],而对于绝经后妇女和肥胖人群,硬化程度就更明显。对血管硬化的预防和治疗是心脑血管疾病预防的重要组成。运动干预占有重要作用,包括中等强度的有氧训练和高强度的抗阻运动,但高强度抗阻的作用还没有确定^[34-35]。有的研究者把视线投向 WBV。近些年为数不多的研究显示对健康人、肥胖人群和老年人群动脉硬化改善作用。2008年,Otsuki等^[36]让10名健康青年人群进行26Hz,屈膝60°静蹲,10min震动训练后,发现受试对象臂踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity,baPWV)明显下降,1h后才恢复到基线水平,baPWV作为全身系统动脉硬化程度的重要指标之一,振动训练对动脉硬化有即刻改善效应。随后 Arturo Figueroa等^[34]选取15名健康年轻人在静态屈膝60°静蹲时进行比较观察,振动组利用40Hz,振幅1mm,强度为5.37g,10min,在两种情况下股踝脉搏波传导速度(Femoral-Ankle pulse wave velocity,FaPWV)在5min后都有下降,非震动组在15min后回归基线水平,而振动组则可以在30min后依然显示低于基线值,进一步说明振动训练有改善动脉硬化的即刻效应^[27]。长期干预的研究也有报道。lai等^[37]在中老年人群中进行了3个月的振动干预后,baPWV与初始阶段相比明显的下降,也说明有助于改善老年人动脉血管粥样硬化程度。在一些特殊人群身上,Arturo Figueroa等^[35,38-40]针对年轻肥胖和绝经后高血压女性进行一系列的研究,选取频率范围25~40Hz振幅1~2mm,渐进增加强度的训练,最长干预时间达12周,结果都显示出baPWV和或faPWV较基线水平明显下降,与瓜氨酸等药物结合,硬化程度还会进一步改善,交互作用更明显,为临床康复提供了新的思路。脑卒中患者也是血管硬化的高危人群,血管硬化与卒中再发生密切相关。Andrew等^[41]首次报道了振动训练在脑卒中患者中的即刻效应,同样发现了能够改善患者的偏瘫下肢和全身的硬化指标,30min后才会回到基线水平。但一些研究的结果有不同,Yule等^[42]对脑卒中后残疾患者进行振动干预的临场初步探索,进行4周的干预后,结果显示振动训练并不能显示出改善患者的动脉硬化水平,但作者认为,可能与研究的样本量和干预的时间不够,因此振动训练对脑卒中后遗症患者的作用需要更多长期的研究观察。

虽然振动训练可以减轻硬化的程度,但具体的生理机制仍不明确,有研究者认为或可能是振动产生的肌肉舒缩导致血管形成机械性压迫和放松,还有研究认为是振动训练刺激血管释放一氧化氮量增加,因导致的血管平滑肌的进一步松弛,进而使得血管弹性增

加,也可能是减轻了肌肉的交感神经的过度兴奋^[43],具体的原因和机制需要更多基础研究。

3 展望

WBV在临床中应用不断发展,我们也会对其有更多的认识,虽然内科领域应用研究相对较晚,临床价值已经凸显出来。但内科疾病往往多病因交织,所以有很多问题要注意,精准化医疗需要研究证据支持,所以WBV也需要更多的基础研究来指导临床应用,虽然目前的研究表明振动训练能够让患者受益,但我们仍然需要对长期干预的有效性进行观察。

【参考文献】

- [1] 郑则广, 齐亚飞, 朱顺平. 慢性阻塞性肺疾病肺康复治疗进展及实践[J]. 中国实用内科杂志, 2010, 30(4): 314-316.
- [2] Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2003, 35(6): 1033-1041.
- [3] 谭景旺, 吴雪萍. 全身振动训练对老年人下肢功能和慢性疾病影响的研究与进展[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(8): 1288-1293.
- [4] 姜彦涛. 振动训练改善中老年骨质疏松的安全性及有效性[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(42): 6378-6384.
- [5] Johnson PK, Feland JB, Johnson AW, et al. Effect of Whole Body Vibration on Skin Blood Flow and Nitric Oxide Production [J]. Journal of Diabetes Science & Technology, 2014, 8(4): 889-894.
- [6] Greulich T, Nell C, Koepke J, et al. Benefits of whole body vibration training in patients hospitalised for COPD exacerbations-a randomized clinical trial[J]. BMC Pulmonary Medicine, 2014, 14(1): 1-9.
- [7] 卜淑敏, 韩天雨. 全身振动训练在运动训练和康复领域中的应用及研究进展[J]. 北京体育大学学报, 2014, 37(8): 65-70.
- [8] Alter P, Boeselt T, Nell C, et al. Feasibility and safety of whole-body vibration therapy in intensive care patients[J]. Critical care (London, England), 2017, 21(1): 91-97.
- [9] Kaeding TS, Karch A, Schwarz R, et al. Whole-body vibration training as a workplace-based sports activity for employees with chronic low-back pain[J]. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2017, 20(1): 1-13.
- [10] 刘丹, 汪宗保, 段文秀. 全身振动训练对膝关节骨性关节炎的作用[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2015, 9(23): 148-151.
- [11] 张丽, 瓮长水. 全身振动训练及其对脑卒中患者运动功能康复价值[J]. 中国实用内科杂志, 2013, 33(8): 587-590.
- [12] Chudyk A, Petrella RJ. Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis[J]. Diabetes Care, 2011, 34(5): 1228-1233.
- [13] Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. Jama the Journal of the American Medical Association, 2011, 305(17): 1790-1799.
- [14] Baum K, Votteler T, Schiab J. Efficiency of vibration exercise

- for glycemic control in type 2 diabetes patients[J]. *International Journal of Medical Sciences*, 2007,4(3):159-163.
- [15] Del P-CB, Alfonso-Rosa RM, Del P-CJ, et al. Effects of a 12-wk whole-body vibration based intervention to improve type 2 diabetes[J]. *Maturitas*, 2014,77(1):52-58.
- [16] Lee K, Lee S, Song C. Whole-body vibration training improves balance, muscle strength and glycosylated hemoglobin in elderly patients with diabetic neuropathy[J]. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 2013,231(4):305-314.
- [17] 张国兴, 刘四文. 全身振动训练对脑卒中患者平衡及步行能力的影响[J]. *中国康复*, 2011,26(6):418-420.
- [18] Rodríguez RG, Núñez CL, Alessi MA, et al. Effect of mechanical vibration on transcutaneous oxygen levels in the feet of type 2 diabetes mellitus patients[J]. *Medicina Clínica*, 2017,148(1):16-19.
- [19] Sañudo B, Alfonsorosa R, Del PB, et al. Whole body vibration training improves leg blood flow and adiposity in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2013,113(9):2245-2252.
- [20] Morrison S, Colberg SR, Parson HK, et al. Relation between risk of falling and postural sway complexity in diabetes[J]. *Gait & Posture*, 2012,35(4):662-668.
- [21] PJ Del, RM Alfonso-Rosa, JL Ugia, et al. A primary care-based randomized controlled trial of 12-week whole-body vibration for balance improvement in type 2 diabetes mellitus[J]. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2013, 94(11):2112-2127.
- [22] Goldstein J, Plioplys S, Zelko F, et al. Multidisciplinary approach to childhood epilepsy: exploring the scientific rationale and practical aspects of implementation[J]. *Journal of Child Neurology*, 2004,19(5):362-378.
- [23] Gloeckl R, Heinzlmann I, Baeuerle S, et al. Effects of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease—a randomized controlled trial[J]. *Respiratory Medicine*, 2012,106(1):75-83.
- [24] Gloeckl R, Jarosch I, Bengsch U, et al. What's the secret behind the benefits of whole-body vibration training in patients with COPD? A randomized, controlled trial[J]. *Respiratory Medicine*, 2017,126(1):17-24.
- [25] Gloeckl R, Heinzlmann I, Kenn K. Whole body vibration training in patients with COPD: A systematic review[J]. *Chron Respir Dis*, 2015,12(3):212-221.
- [26] Spielmanns M, Gloeckl R, Gropp JM, et al. Whole-Body Vibration Training During a Low Frequency Outpatient Exercise Training Program in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: A Randomized, Controlled Trial[J]. *Journal of Clinical Medicine Research*, *J Clin Med Res*, 2017,9(5):396-402.
- [27] Spielmanns M, Boeselt T, Gloeckl R, et al. Low-Volume Whole-Body Vibration Training Improves Exercise Capacity in Subjects With Mild to Severe COPD[J]. *Pneumologie*, 2017,62(3):315-323.
- [28] Pleguezuelos E, Perez ME, Guirao L, et al. Effects of whole body vibration training in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Respirology*, 2013, 18(6):1028-1034.
- [29] Greulich T, Nell C, Koepke J, et al. Benefits of whole body vibration training in patients hospitalised for COPD exacerbations—a randomized clinical trial[J]. *BMC Pulmonary Medicine*, 2014, 14(1):1-9.
- [30] 王朴, 雒晓甜, 张驰, 等. 全身振动训练对心肺功能影响的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2017,32(1):117-120.
- [31] Weinstein AA, Chin LM, Keyser RE, et al. Effect of aerobic exercise training on fatigue and physical activity in patients with pulmonary arterial hypertension[J]. *Respiratory Medicine*, 2013,107(5):778-784.
- [32] Gerhardt F, Dumitrescu D, Gärtner C, et al. Oscillatory whole-body vibration improves exercise capacity and physical performance in pulmonary arterial hypertension: a randomised clinical study[J]. *Heart*, 2017,103(8):592-598.
- [33] Munakata M. Dynamic whole-body vibration training: a unique upstream treatment from the muscle to the arterial system and central hemodynamics[J]. *Hypertension Research Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 2017,40(5):436-438.
- [34] Figueroa A, Vicil F, Sanchez-Gonzalez MA. Acute exercise with whole-body vibration decreases wave reflection and leg arterial stiffness[J]. *American Journal of Cardiovascular Disease*, 2011, 1(1):60-67.
- [35] Figueroa A, Jaime SJ, Alvarezalvarado S. Whole-body vibration as a potential countermeasure for dynapenia and arterial stiffness [J]. *Integrative Medicine Research*, 2016,5(3):204-211.
- [36] Otsuki T, Takanami Y, Aoi W, et al. Arterial stiffness acutely decreases after whole-body vibration in humans[J]. *Acta physiologica*, 2010,194(3):189-194.
- [37] Lai CL, Chen HY, Tseng SY, et al. Effect of whole-body vibration for 3 months on arterial stiffness in the middle-aged and elderly[J]. *Clin Interv Aging*, 2014, 9(7):821-828.
- [38] Figueroa A, Alvarez-Alvarado S, Ormsbee MJ, et al. Impact of L-citrulline supplementation and whole-body vibration training on arterial stiffness and leg muscle function in obese postmenopausal women with high blood pressure[J]. *Experimental gerontology*, 2015, 63(1):35-40.
- [39] Figueroa A, Gil R, Wong A, et al. Whole-body vibration training reduces arterial stiffness, blood pressure and sympathovagal balance in young overweight/obese women[J]. *Hypertension Research Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 2012,35(6):667-672.
- [40] Figueroa A, Kalfon R, Madzima TA, et al. Whole-body vibration exercise training reduces arterial stiffness in postmenopausal women with prehypertension and hypertension[J]. *Menopause—the Journal of the North American Menopause Society*, 2014,21(2):131-136.
- [41] Koutnik AP, Wong A, Kalfon R, et al. Acute passive vibration reduces arterial stiffness and aortic wave reflection in stroke survivors[J]. *European journal of applied physiology*, 2014,114(1):105-111.
- [42] Yule CE, Stoner L, Hodges LD, et al. Does short-term whole-body vibration training affect arterial stiffness in chronic stroke? A preliminary study[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2016, 28(3):996-1001.
- [43] Darren P, Casey, Timothy B, et al. Relationship between muscle sympathetic nerve activity and aortic wave reflection characteristics in young men and women[J]. *Hypertension*, 2011, 57(3):421-427.