

儿童脑瘫康复机器人研究进展

史瑶, 曹建国, 贡国俊, 王景刚

【关键词】 儿童脑瘫; 康复机器人; 康复治疗

【中图分类号】 R49; R742.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2021.10.011

1 康复机器人概述

康复机器人从属于医疗机器人, 涵盖了康复医学、生物力学、计算机科学等多个领域, 近些年成为研究热点^[1]。起初康复机器人在医疗实践上是用于恢复患者肢体运动功能^[2], 最早应用于治疗是持续被动机(Continuous Passive Motion, CPM), CPM机是一种利用康复医学中连续被动运动基本原理对受伤肢体进行康复治疗^[3], 随着科学技术发展及研究的深入, 神经运动康复治疗机器人成为研究及应用热点, 基于神经系统可塑性, 人们试图研发机器人像临床医生一样来辅助有神经系统疾病的患者改善其受损肢体功能, 激发患者中枢神经系统重组和代偿, 进而改善患者功能障碍, 通过成人脑卒中、脊髓损伤等康复机器人的研发, 人们开始将注意力转到研发脑瘫儿童康复辅助机器人上, 试图通过机器人辅助训练, 促进脑瘫儿童康复。

2 儿童脑瘫康复治疗概述

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫^[4], 是指一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群, 是由胎儿时期或婴幼儿时期脑部非进行性脑损伤所致。脑瘫常伴有感觉、知觉、认知、交流和行为障碍, 以及癫痫和继发性肌肉、骨骼问题。儿童脑瘫康复治疗主要有物理治疗(physical therapy, PT)包括运动疗法和物理因子疗法, 作业治疗(occupational, OT), 言语治疗(speech therapy, ST), 药物治疗, 传统医学康复疗法, 手术治疗。运动疗法包括神经发育疗法^[5], 神经易化技术, 强制性诱导疗法, 引导式教育等; 物理因子疗法包括功能性电刺激疗法^[6], 生物反馈、蜡疗、水疗等; 作业治疗是从患儿日常生活、学习、认知等活动中选择一些作业, 对患儿进行训练, 改善患儿功

能; 言语治疗主要包括构音障碍训练, 吞咽功能障碍训练和语言发育迟缓训练; 目前药物治疗属于脑瘫的辅助治疗, 主要包括抗癫痫药物、降低肌张力药物、抑制不自主运动药物、神经肌肉阻滞剂等, 其中A型肉毒毒素(botulinum toxin A, BTX-A)应用较为广泛^[7]; 传统医学康复包括针灸^[8]、推拿等治疗; 手术治疗作为脑瘫康复治疗的一种辅助疗法, 目的是矫正畸形和挛缩, 改善肢体运动功能, 主要包括选择性脊神经后跟切断术, 矫形手术。近年来许多新技术应用到儿童脑瘫的康复治疗中, 互联网技术用来改善脑瘫患儿社交功能^[9], 脑机接口(brain-computer interface, BCI)技术利用脑电图来监测脑电活动^[10], 让患儿控制外接设备进行交流、移动、康复训练等活动, 重复经颅磁刺激也广泛应用于改善脑瘫患儿运动及言语功能^[11], 肌电反馈体感游戏是基于已研究成熟的肌电生物反馈技术, 结合体感游戏, 提高患儿参与康复训练的配合度^[12]。

随着科学技术的发展, 机器人技术应用于脑瘫患儿康复治疗中, 从起初的运动类康复机器人到现在的远程康复机器人系统, 多种类的康复机器人应用于治疗, 将成为儿童脑瘫康复治疗的重要手段之一^[13]。

3 康复机器人分类及应用现状

儿童脑瘫康复治疗机器人可从不同角度进行分类, 下面就目前康复机器人在脑瘫患儿中的应用进行分类介绍。

3.1 运动类康复机器人 脑瘫是儿童残疾的主要原因之一, 主要影响患儿运动功能, 包括上肢运动功能, 下肢运动功能, 步态等方面, 运动类康复机器人是依据运动学及动力学为基础研发的一类康复机器人, 通过主动及被动训练来改善患儿运动功能。

3.1.1 上肢康复机器人 上肢康复机器人^[14]是利用机器人力学设计带动脑瘫患儿, 对其肩、肘、腕等关节进行全方位运动训练。Holley等^[15]开发的上肢功能康复机器人治疗系统, 研究选取年龄在7~14岁之间脑瘫患儿, 通过机器人手臂和手腕组成机械臂对患儿上肢提供主动训练, 研究表明其可改善患儿上肢运动功能及其协调能力, 但其适用年龄范围具有局限性。

收稿日期: 2020-09-04

作者单位: 深圳市儿童医院康复科, 广东 深圳 518000

作者简介: 史瑶(1991-), 女, 主治医师, 主要从事儿童康复、神经康复方面的研究。

通讯作者: 曹建国, caojgsz@126.com

Yagna Pathak 等^[16]以日常生活活动能力所需的运动学和动力学为基础,对6~15岁的脑瘫患儿及正常儿童上肢运动范围进行对比,开发出一种康复治疗机器人,为脑瘫患儿在日常生活活动中提供帮助,同时能改善脑瘫患儿上肢运动功能。Edward 等^[17]研发的便携式上肢康复机器人,可产生足够的末端效应力进行功能性抗阻训练,来帮助上肢肌肉力量不足的脑瘫患儿恢复上肢功能。丁伟利等^[18]研发的基于 Kinect 为交互设备的上肢康复训练系统,针对患者不同的康复需求,系统建立了通用动作库和游戏库,来达到主动锻炼患者上肢功能的目的。

3.1.2 下肢康复机器人 下肢康复机器人可分为站立式和坐卧式两种,作用是辅助支撑患儿身体,帮助患儿形成自然步态,同时进行功能训练,其还包含了踝关节康复机器人这一类机器人,随着机器人技术的发展,混合动力的三自由度踝关节康复机器人逐步应用到康复治疗中,为脑瘫患儿踝关节康复提供了一种新的训练方法^[19]。

金星等^[20]应用德国 Lo-Kohelp 集团研制的下肢康复机器人 Lo-koHelp 系统,通过对患儿评估情况来调节其步行速度和坡度,配合其完成步行动作,研究入组4~6岁的脑瘫患儿,坐位平衡 ≥ 1 级,给予每天20min,1周6次,训练8周的训练强度,研究表明其对患儿下肢运动功能有改善作用。杜佳音等^[21]自制的脑瘫儿童下肢康复器是一种包含主动模式和被动模式训练下肢肌力的康复机器人,可辅助痉挛型脑瘫患儿进行下肢肌力训练,也可进行助力训练和抗阻训练,研究选取28例年龄在5~12岁,脑瘫粗大运动功能分级(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)为I~III级,排除孤独症或合并癫痫的脑瘫患儿,行每天20min,3个月为1个疗程的训练强度,研究表明其在改善脑瘫患儿粗大运动功能方面有良好效果。卢振利等^[22]设计了以 Kinect 为基础的人机交互设备的脑瘫康复训练系统,该系统的特点在于设计了运动捕捉、运动数据记录、分析和评价功能,可了解患者目前及训练后的功能状态,为医生和治疗师提供有意义的信息,但该系统是针对年龄偏大(5岁以上)的脑瘫儿童设计,具有年龄适用的局限性。周志浩等^[23]研发的踝关节康复机器人系统(robotic ankle-foot rehabilitation system, RARS-II),研究选取平均年龄为7岁的脑瘫患儿6例,行每组训练10个周期,每个周期10s的训练强度,研究表明该系统可改善脑瘫患儿跖屈肌群挛缩及软组织顺应性,该系统的特点是采用了可编程的嵌入式系统,使控制指令和实时数据通过无线传感器网络与计算机软件进行通讯,此设计可使治疗师

和受试者实时看到运动关节位置,力矩参数、训练任务参数,以便调整训练模式。

3.1.3 步态康复机器人 脑瘫最常见的症状是肌肉痉挛,肌肉痉挛可导致关节挛缩,四肢控制不良,造成患儿许多日常生活活动完成困难,其中最主要的是步行^[24],无效的步态模式会导致患儿走路缓慢,易疲劳,并限制他们日常生活活动能力,研究表明^[25],步态康复机器人作为一种有效的步态康复装置,为脑瘫患儿步态训练提供了一种新方法。

Meltem 等^[26]设计了一种机器人步态训练装置,该装置旨在改善脑瘫患儿步态模式,是基于轨迹、力和阻抗控制范式开发的,末端控制器用来测量人体与机器人的交互作用数据,研究选取24例痉挛型偏瘫,GMFCS 分级为II级的患儿,予以每周3次,共12周的训练强度,研究表明其对患儿步行速度、耐力及平衡稳定性有明显改善^[27]。Mataki 等^[28]使用混合性辅助肢体机器人(Hybrid Assistive Limb, HAL)对脑瘫患儿进行辅助步态训练,研究选取12例平均年龄为16岁的脑瘫患儿,行每次20min训练,研究表明,训练后患儿步态中单腿支撑相时间增加、伸髋角度增大、屈膝角度减小,改善了患儿的步态功能。Cristina Bayón 等^[29]研发的 CPWalker (Cerebral Palsy Walker, CP-Walker),是一种步态康复机器人训练平台,该系统由外骨骼牵引器和智能步态控制终端两部分组成,外骨骼牵引器对患者提供支撑,智能步态控制终端可提供五种步态模式,通过设定体重,步态速度,运动范围三种参数制定个体化训练方案,其还包括姿势控制策略,在患者进行不良步态姿势时进行声音反馈。

3.2 语言类康复机器人 脑瘫并发语言障碍的患儿需通过语言康复及多种训练方式来改善患儿的语言功能障碍,语言类康复机器人试图通过数字化康复机器人设备,对患儿语音进行分析并针对个体进行个体化康复治疗,可提供多种康复训练模式,有助于进一步提高康复疗效。

卢振利等^[30]研发的机器人辅助脑瘫康复语义训练系统由语音识别模块、主机程序组成,基于语音识别技术,通过收集患儿语音后进行语音的改正和校正,包括单字识别与训练,语句识别与训练,以改善患儿构音和发音功能,研究选取2例脑瘫患儿,进行8次训练,研究表明该系统对患儿语言康复具有一定作用,但在使用过程中因个体差异,出现语音识别正确率有差异的问题,还需进一步调试完善。沈玄霖等^[31]研发的脑瘫康复机器人语音识别系统,让患儿对图片进行命名,将采集的声音信号通过语音识别技术录入、识别、对比,从而判断其正确率和反应时,研究选取了平均年龄

为 8 岁(5~13 岁)的脑瘫患儿 16 例,进行该系统训练,研究发现,随着识图次数增加,患儿用时逐渐减少,正确率提高,表明该系统对脑瘫患儿治疗具有有效性。

3.3 社会辅助类康复机器人 社会辅助机器人(socially assistive robotics SAR)作为社交互动机器人(social interaction, SIR)和辅助机器人(assistive robot, AR)的交汇点^[32],旨在通过社会辅助机器人与患者互动中产生参与激励作用,促进患者康复目标实现。研究表明有患儿主动意图参与的康复训练^[33],对患儿神经系统的重建和功能恢复更有效。

Kozyavkin 等^[34]使用一种类似人型的机器人,设计了 9 种机器人行为与声音和音乐相结合的运动场景,通过遥控操作激活其中一个场景,对 6 例 4~9 岁的脑瘫患儿在此场景下进行 7 次训练,研究表明,其对患儿的运动治疗有激励作用。Rabiatul 等^[35]验证了一种社会辅助机器人用于脑瘫患儿的康复治疗,选取 2 例脑瘫患儿,行每周互动 1 次,为期 8 周的训练,研究表明人机交互增强了患儿参与治疗的注意力,有促进其运动功能改善的作用。Alberto 等^[36]使用 NAO 机器人作社会辅助机器人,参与到脑瘫儿童的物理治疗中,辅助一例 8 岁,GMFCS 分级为 III 级的脑瘫儿童训练,通过与社会辅助机器人互动产生动机,促进患儿参与训练的持久性及目标的实现,研究表明社会辅助机器人可提高脑瘫儿童参与治疗的积极性,但该研究属于初步研究,还需扩大样本量,进一步验证。

3.4 新技术类康复机器人 随着科学技术的发展及应用,越来越多的新技术融合到机器人的开发研究中来,虚拟现实技术及远程技术的开发及应用,是康复机器人今后的发展趋势,这一类机器人的研发使康复训练更加精准化,多样化,个体化。

3.4.1 虚拟现实结合机器人系统 虚拟现实技术具有交互性,沉浸性,想象性等特点,机器人辅助中使用虚拟现实技术的三个重要目标是:①生物反馈给病人;②通过增加视听功能增强场景真实性;③增加病人动机。不同的虚拟场景可以描述各种虚拟任务,打破时间、空间限制,灵活性好,而且对患者所执行任务的质量给予及时反馈。虚拟增强了真实的环境,可促进患者积极参与所期望的活动,也在认知功能、肢体运动功能、平衡协调功能、日常生活能力等各方面发挥作用。另外,因患者可以在更现实的环境中训练,使患者感到更有趣,从而激励其训练更长时间,或更多频率,提高其训练依从性^[37]。

Qinyin 等^[38]对 NJIT-RAVR 系统应用于脑瘫儿童进行了可行性研究,该系统将自适应机器人技术与复杂的 VR 仿真技术相结合,使患者与丰富的虚拟环

境进行交互,研究选取 2 名痉挛型偏瘫患儿,年龄分别为 10 岁、7 岁,予以每周 3d,每次 1h,共 3 周的训练,研究表明该系统可成功应用于脑瘫患儿,同时发现该虚拟现实结合机器人系统可增加患儿训练时的注意力,从而提供的更大的训练刺激,康复疗效明显提高。

3.4.2 远程康复机器人 远程康复是应用计算机网络技术、控制技术和测试技术,提供临床医生与病人之间视听交互作用,患者可在家使用康复训练系统训练,由相应的传感器等设备将患者的训练数据上传到康复中心,临床医生和治疗师可对患者个人的训练数据进行评估及设置更新训练参数,患者将更新的训练计划下载到家庭康复机器人继续进一步训练,研究表明家庭远程辅助康复机器人是治疗儿童脑瘫方便有效的方法^[39]。

陈凯等^[40]研发了一种通过医生与患者进行远程互动,定期评估和更新康复训练的便携式远程康复机器人,研究选取 23 例平均年龄 9 岁,GMFCS 分级为 I~III 级的脑瘫患儿,在家庭环境下,对其踝关节进行了 6 周的辅助训练,采用生物力学和临床评估评价治疗效果,研究发现,经远程康复机器人干预后,患儿踝关节被动和主动运动范围明显增加,下肢平衡和控制能力增强。

4 发展趋势

综上所述,儿童脑瘫的康复治疗具有挑战性,包括人员配备有限和住院时间有限,需要提供高效率的替代治疗方法。康复机器人可使康复训练具有一致性和持续性,实现治疗方案、治疗强度和康复评估的参数化。但我国现在实施的康复机器人项目都是常规的机器人辅助治疗方法,另外现有的康复机器人适用的年龄范围有局限性,大多不适用于低年龄段患儿,因此需要康复机器人拥有更多训练模式和灵活的参数调节方式及可操作性。结合虚拟现实技术,人工智能技术研发康复机器人系统已成为未来的发展方向,虚拟现实是利用计算机硬件和软件创建的交互模拟^[41],为用户提供场景,使其能够参与到虚拟世界,形成交互,在虚拟现实系统相互的反馈中达到身临其境的效果;虚拟现实结合康复机器人训练系统不仅能够增加患者训练的依从性和参与性,而且还有利于开发更多对患者量身定做的训练^[42],以适应患者需求。人工智能技术可使机器人具有强大数据储存及即时分析反馈作用,使反馈信息,中枢数据处理,输出调整信息成为闭环控制系统,智能化设定个体化的精准康复治疗模式,设计情景化人机交互模式,简化医生操作流程,为精准康复提供一种模式。

随着各种先进的机器人控制技术、人机接口技术、远程技术、人工智能技术等引入到康复领域^[43],远程康复治疗机器人成为可能,远程康复机器人使患者能够在家进行康复训练^[44],通过远程数据访问,使患者能够及时得到医生的指导信息和训练方案,使康复治疗实现个体化、精确化、智能化,这也是今后康复机器人的发展方向和目标。

【参考文献】

- [1] 周媛,王宁华. 康复机器人概述[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(4):400-403.
- [2] Erlandson R F. Applications of robotic/mechatronic systems in special education, rehabilitation therapy, and vocational training: a paradigm shift[J]. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, 1995, 3(1):22-34.
- [3] Khalili, Zomlefer. An intelligent robotic system for rehabilitation of joints and estimation of body segment parameters[J]. IEEE transactions on bio-medical engineering, 1988,35(2): 138.
- [4] 李晓捷,唐久来,马丙祥,等. 脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(19):1520-1520.
- [5] Bukhovets B, Romanchuk AP. The physical development of children with cerebral palsy in use of Bobat's method in physical therapy course[J]. Physical Education, Sport, Kinesitherapy Research Journal, 2017, 2(3):82-88.
- [6] 谭丽萍,吕智海,谭丽艳,等. 功能性电刺激对痉挛型脑瘫儿童上肢运动功能的影响[J]. 中国康复, 2017, 32(5):370-372.
- [7] Bo H, Hyun C, Sang-Jee L, et al. Efficacy of Repeated Botulinum Toxin Type A Injections for Spastic Equinus in Children with Cerebral Palsy—A Secondary Analysis of the Randomized Clinical Trial[J]. Toxins, 2017, 9(8):253.
- [8] 吴紫娟,熊淑英,杨晓莉. 头针配合康复训练对脑瘫患儿运动功能的影响[J]. 中国康复, 2019, 34(4):203-2069.
- [9] Raghavendra P, Newman L, Grace E, et al. 'I could never do that before': effectiveness of a tailored Internet support intervention to increase the social participation of youth with disabilities [J]. Child Care Health Dev, 2013, 39(4):552-561.
- [10] Daly I, Billinger M, Laparra-Hernandez J, et al. On the control of brain-computer interfaces by users with cerebral palsy[J]. Clin Neurophysiol, 2013, 124(9):1787-1797.
- [11] 王黎帆,刘建军,张雁,等. 重复经颅磁刺激治疗脑瘫患儿的疗效观察[J]. 中国康复, 2020, 35(2):91-94.
- [12] Wood K C, Lathan C E, Kaufman K R. Feasibility of Gestural Feedback Treatment for Upper Extremity Movement in Children With Cerebral Palsy[J]. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 2013, 21(2):300-305.
- [13] 张备,孙莉敏,朱俞岚,等. 小儿脑瘫康复治疗技术研究与进展[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(1):65-68.
- [14] 华裕,朱敏,张跃. 儿童康复机器人应用现状及发展趋势[J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(6):667-670.
- [15] Holley D, Theriault A, Kamara S, et al. Restoring ADL function after wrist surgery in children with cerebral palsy: A novel Bilateral robot system design[J]. IEEE International Conference on Rehabilitation, 2013, 24(6):24-26.
- [16] Pathak Y, Johnson M. An upper limb robot model of children limb for cerebral palsy neurorehabilitation[C]. Engineering in Medicine & Biology Society. IEEE, 2012.
- [17] Edward W, Jane G, Chih-Kang C, et al. A Portable Passive Rehabilitation Robot for Upper-Extremity Functional Resistance Training [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2019, 66(2):496-508.
- [18] 丁伟利,郑亚卓,苏玉萍,等. 基于 Kinect 交互的上肢虚拟康复系统设计与研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2015(03):563-568.
- [19] 曾祥锋. 基于混合动力的踝关节康复机器人及训练策略研究[D]. 华中科技大学, 2019:1-136.
- [20] 金星,孟兆祥,尹正录,等. 康复机器人辅助步行训练对脑瘫患儿步行能力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(9):825-828.
- [21] 杜佳音,范艳萍,李鑫,等. 自制脑性瘫痪儿童下肢康复器的研制及临床效果[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(4):430-432.
- [22] 卢振利,沈玄霖,刘军,等. 基于 Kinect 动作交互模式的脑瘫康复训练系统设计[J]. 高技术通讯, 2016, 26(12): 1014-1021.
- [23] Wang R L, Zhou Z H, Xi Y C, et al. Preliminary study of robot-assisted ankle rehabilitation for children with cerebral palsy[J]. Journal of Peking University Health Sciences, 2018, 50(2):207-212.
- [24] 孙爱萍,毕胜,赵海红,等. 痉挛型脑瘫患儿个体化康复治疗前后步态特征分析[J]. 中国康复, 2020, 35(6):317-320.
- [25] Hedel H J A V, Meyer-Heim A, Christina Rüschoftz. Robot-assisted gait training might be beneficial for more severely affected children with cerebral palsy: Brief report[J]. Pediatric Rehabilitation, 2015, 19(6):410-415.
- [26] Yazıcı, Meltem, Livanelioğlu, et al. Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy[J]. Gait & Posture, 2019, 70(3):397-402.
- [27] 徐国政,宋爱国,李会军. 康复机器人系统结构及控制技术[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(4):717-720.
- [28] Matsuda M, Mataka Y, Mutsuzaki H, et al. Immediate effects of a single session of robot-assisted gait training using Hybrid Assistive Limb (HAL) for cerebral palsy[J]. Journal of Physical Therapy, 2018, 30(2):207-212.
- [29] Bayón, C, Ramírez, O, Serrano J I, et al. Development and evaluation of a novel robotic platform for gait rehabilitation in patients with Cerebral Palsy: CPWalker[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2017, 91(1):101-114.
- [30] 卢振利,蒋睿萱,马志鹏,等. 基于表情和语音交互的脑瘫康复训练系统[J]. 高技术通讯, 2019, 29(3):287-294.
- [31] 沈玄霖,周菁,胡晓蕾. 脑瘫康复机器人语音识别系统的研发与临床应用[J]. 中国社区医师, 2018, 34(35):169-170.
- [32] Pérez P J, Garcia-Zapirain B, Mendez-Zorrilla A. Caregiver and social assistant robot for rehabilitation and coaching for the elderly [J]. Technology and Health Care, 2015, 23(3):351-357.
- [33] Lotze M, Braun C, Birbaumer N, et al. Motor learning elicited by voluntary drive[J]. Brain, 2003, 126(4):866-872.
- [34] Kozyavkin V O, Kachmar, Ablikova. Humanoid Social Robots in the Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy[C]. in Interna-

- tional Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. 2014;255-323.
- [35] Rabiatal, Adawiah, Abdul, et al. Use of Humanoid Robot in Children with Cerebral Palsy: The Ups and Downs in Clinical Experience[J]. Procedia Computer Science, 2015, 76(12):394-399.
- [36] Alberto J, Buitrago, Marcela A, et al. A motor learning therapeutic intervention for a child with cerebral palsy through a social assistive robot[J]. Disability and rehabilitation. Assistive technology, 2019,15(3):357-362.
- [37] Weiss P L, Tirosh E, Fehlings D. Role of Virtual Reality for Cerebral Palsy Management[J]. Journal of Child Neurology, 2014, 29(8):1119-1124.
- [38] Qiu Q, Ramirez D A, Saleh S, et al. The New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: a feasibility study[J]. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2009, 6(1):1-10.
- [39] Molinaro A, Micheletti S, Pagani F, et al. Action Observation Treatment in a tele-rehabilitation setting: a pilot study in children with cerebral palsy[J]. Disability and Rehabilitation, 2020, 17(8):1-6.
- [40] Chen K, Wu Y N, Ren Y, et al. Home-Based Versus Laboratory-Based Robotic Ankle Training for Children With Cerebral Palsy: A Pilot Randomized Comparative Trial[J]. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 2016,97(8):1237-1243.
- [41] Ilaria B, Daniele L, Nicola M, et al. Wearable Haptics and Immersive Virtual Reality Rehabilitation Training in Children With Neuromotor Impairments[J]. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2018,26(7):1469-1478.
- [42] Mcnish R N, Chembrammell P, Speidel N C, et al. Rehabilitation for Children With Dystonic Cerebral Palsy Using Haptic Feedback in Virtual Reality: Protocol for a Randomized Controlled Trial[J]. JMIR Research Protocols, 2019, 8(1):11-47.
- [43] Reyes F, Niedzwecki C, Gaebler-Spira D. Technological Advancements in Cerebral Palsy Rehabilitation[J]. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 2019,31(1):117-129.
- [44] 张晓玉, 王凯旋. 机器人辅助技术、康复机器人与智能辅具[J]. 中国康复, 2013, 28(4):246-248.

• 外刊拾粹 •

全身振动联合血流限制训练

血流限制(BFR)运动允许通过低负荷阻力运动获得肌肉肥大。此外,全身振动(WBV)已被证明可以在某些情况下增强训练效果。本研究评估了在抗阻训练期间,WBV联合BFR的训练效果。受试者包括23名未经训练的成年人,随机分配到WBV组或BFR+WBV组。所有人均进行10组WBV练习,每天20分钟,每周3天,持续8周。WBV+BFR组接受相同的WBV治疗,同时通过充气袖带向大腿近端施压,进行动脉闭塞以实施BFR。在第一个训练日评估急性效应,同时评估受试者的自感用力度、肌肉质量、最大力量、肌肉耐力和血清血液水平的变化。BFR+WBV组的肌肉质量在八周内显著增加,但WBV组没有。与基线相比,两组患者的腿部力量和肌肉耐力均显著增加($P<0.05$),但联合组增加更明显($P<0.05$)。单次重复最大量测试在联合组增加了11%($P<0.05$),WBV组增加了4.5%,BFR+WBV组的效果明显更好($P<0.05$)。结论:与仅接受WBV训练相比,接受常规WBV+BFR训练可以在更大程度上增加大腿的肌肉质量、最大力量和肌肉耐力。(张阳译)

Cai Z, et al. Effects of Whole-Body Vibration Training Combined with Blood Flow Restriction on Muscle Adaptation. Euro J Sport Sci. 2021. doi:10.1080/17461391.2020.1728389.

中文翻译由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织

本期由 中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)倪朝民教授 主译编