·康复医学工程·

# 康复训练机器人与传统中医康复方法相结合的探讨 *

叶晓勤[1] 季林红[2] 谢雁鸣[1,3] 黄立男[2]

康复训练机器人是目前研究的热点方向之一，近些年来,国内外的一些偏瘫康复研究机构相继推出了一系列的偏瘫康复训练机器人，辅助脑卒中偏瘫患者进行肢体康复训练。然而目前的康复训练机器人训练功能单一,还不能完全满足临床康复训练的需要。因此有必要增加康复训练机器人的功能,而中医传统康复是我们的优势,如何将二者结合在一起提高疗效,使之更适用于临床,是我们需要研究和考虑的课题。

## 1 康复训练机器人的研究现状

康复机器人的研制与临床使用起源于美国。其目的一方面是为脑损伤患者提供安全、高强度和以任务为导向的训练,另一方面有助于减轻康复工作者的负担,降低日益高涨的卫生成本。

近 20 年来，国外的一些偏瘫康复机构相继研发出一系列的偏瘫康复训练设备，用于辅助患者进行肢体康复训练,并显示出良好的临床应用前景。如 1993 年 Lum 等研制的手-物体-手的系统 (hand-object-hand system)尝试对一只手功能受损的患者进行康复训练[1-2]及随后研制的双手上举的康复器(bimanual lifting rehabilitator),用来训练患者用双手将物体举起这一动作 [3];1995 年美国麻省理工学院的 Hogan 和 Krebs 等研制的一种称作 MIT-MANUS 的脑神经辅助康复机器人并应用于临床[4-5];1999 年及随后 2000 年 Reinkensmeyer 等研制的 ARM Guide,用来辅助治疗和测量脑损伤患者上肢运动功能 [6];2000 年 VA/Stanford 的 Burgar 等研制的镜像运动使能器(mirror-image motion enabler,MIME),它既可以提供平面运动训练,也可以作三维运动训练[7]。其中比较有代表性的是 MIT-MANUS，它能够像治疗师一样锻炼脑卒中患者的手臂,有助于恢复患者由于脑卒中而瘫痪的肩部和肘部的运动功能。MANUS 具有辅助或阻碍手臂的平面运动功能,也可以精确测量手的平面运动参数,并为患者提供视觉反馈。它的不足之处在于其实现的动作基本上是平面的,这就限制了训练方案的改进,而且它向患者提供的训练动作不是从患者本身的需要出发,因而不能达到最佳的训练效果[8]。2004 年起,美国西北大学开始研制一种结合了虚拟现实技术的机器人辅助康复系统[9-10],以便能更好地研究神经系统康复及学习的机制，主要运用在脑卒中后患者的上肢运动功能康复上;该系统通过计算机程序,将运动轨迹和训练环境以等尺寸的三维图形具体化,并将训练过程中患者所做的运动轨迹与要求轨迹之间的误差放大地显现出来,以此来加强患者运动功能学习和康复的效果。2007 年，英国南安普敦大学的 Freeman 等 [11-13] 研制了一款结合了功能电刺激(functional electrical stimulation, FES) 的机器人辅助脑卒中康复治疗平台,患者在牵引式康复机器人带动下进行康复训练,同时接受功能性电刺激，该机器人的目的是改善上肢的感觉-运动功能。

国内康复机器人的研究较国外起步较晚,目前仍处于实验室成果阶段。清华大学从 2000 年开始即开展了机器人辅助神经康复的研究,已经成功研制出了国内第一台多关节康复训练机器人——上肢复合运动康复机器人(upper extremity compound movement,UECM)[14-15],并进行临床实验,取得了初步效果。该机器人具有辅助中枢神经系统损伤患者完成临床上要求的肩肘关节复合运动康复训练内容要求,以及可调的多模式运动辅助技术、运动功能的自动检测评定手段,以及根据评定结果对训练模式进行调整的策略、在训练过程中肢体运动对患者自身的运动感知器的刺激和生物反馈对患者的补偿性刺激的方式规划的关键技术。2008 年,清华大学在原有的 UECM 的基础上添加了调节运动斜面的功能,使其成为可实现多位姿训练的康复机器人平台[16]。并在其后的实验中证明,调节运动斜面的训练方式可以有针对性地对受损的肌肉与关节进行重点训练[17]。

香港理工大学于 2007 年开始研制的一种意向驱动式康复机器人系统 (intention-driven rehabilitation robotic system, PolyJbot)[18-20],则是一种利用表面肌电信号(sEMG)来判断患者运动意向,以此控制机器人在主动运动时施加辅助力和阻抗力的持续肌电驱动机器人系统。

## 2 康复训练机器人康复训练的优势和局限性

DOI10.3969j.issn.1001-1242.2010.08.017

* 基金项目:国家高技术研究发展计划(“863”计划)基金资助项目(2007AA02Z4B2)

1 中国中医科学院中医临床基础医学研究所,北京,100700; 2 清华大学摩擦学国家重点实验室智能与生物机械分室; 3 通讯作者

作者简介:叶晓勤,男,在站博士后,主治医师; 收稿日期:2009-12-22

机器人辅助康复训练的最终目标是恢复人体组织的运动功能,实现肌体组织的自然化动作。由于借助了机器人技术、传感技术和信息技术,机器人辅助康复训练具备人工训练所不具备的最大的优势在于机器人不仅可以对患者肢体施加精确的力与运动控制、也可以记录详实的治疗数据及图形,为临床康复医生提供客观、准确的治疗和评价参数,以促进改善康复效果和提高康复效率的潜力,同时它还可以排除人为因素,不会受到治疗师水平的影响,保证了训练过程中的效率和强度,实现长期、稳定的重复训练,有利于提高康复训练的效果。但是,由于目前的康复训练机器人运用于临床的康复机制及运动训练方案、训练的评价方法等还处于摸索阶段, 机器人技术完全应用于临床康复训练还需要深入、系统的研究和探索,因此,对机器人进行改良,开展与其他临床康复方法的有机结合以提高其临床康复效果,以及扩展其治疗手段是非常有必要的。

## 3 中医康复方法在脑卒中偏瘫康复中的优势和特点

中医康复医学是一门年轻的学科, 其概念在 20 世纪 80 年代后才被提出,但它的基本组成部分——中医康复治疗技术,在我国古代典籍中早就有大量的记载。经历了历代医家的努力,中医康复学发展出中药、针灸、按摩、熏洗、气功、导引、食疗等行之有效的方法。与现代康复方法相比,中医康复治疗方法是以中医理论为指导,以阴阳五行学说、脏腑经络学说、病因病机学说、气血津液学说等位基础,以中医学整体观念和辨证论治为指导, 具有独特的理论特色和治疗优势。特别是在治疗脑卒中偏瘫方面,中医康复方法历经多年临床验证,具有历史悠久、疗效确切、无明显毒副作用、费用低廉等诸多优势,受到广大医患双方的普遍青睐。

## 4 现代康复和中医传统康复方法相结合的重要性

现代康复医学治疗脑卒中偏瘫主要以运动疗法为主,并在康复评定、康复医学工程等方面颇有特色,但在治疗手段上还有待中医传统康复方法的补充。

传统中医康复治疗方法如中药、针灸、按摩、熏洗等对偏瘫的弛缓和痉挛两种状态具有明显的效果[21]。从目前国内康复临床来看,脑卒中偏瘫应用针灸疗法比较多,也是我国传统方法中治疗脑卒中偏瘫的主要治疗方法。近年来,随着现代康复理论的发展和普及,不少中西医结合工作者认识到治疗脑卒中偏瘫需要传统中医康复方法与现代康复医学相结合,并进行了大量的临床验证,取得了可喜的成果。如李响将 112 例脑卒中偏瘫患者随机分为单纯训练组, 单纯针灸组及训练针灸综合组,结果显示,训练针灸综合组疗效显著优于单纯训练组和单纯针灸组,认为康复训练配合针灸对改善偏瘫肢体的运动功能具有更显著的作用[22]。李玉岭等将 150 例脑卒中偏瘫患者随机分为训练组、针灸组及综合组,结果显示康复训练配合针灸的疗效高于单纯训练和淡出针灸[23]。林景琳等将 132 例首发脑梗死患者分为综合组和对照组各 66 例,综合组同时应用针刺疗法,结果显示治疗 2 个月后,上肢运动功能积分、患腕主动活动范围、功能独立性评定量表中促进进食、熟悉、穿脱上衣等评分,综合组明显优于对照组。认为脑梗死患者早期采用综合疗法可以明显促进日常生活活动能力的最大程度恢复,对患者预后有良好的影响[24]。

除了针灸疗法外, 推拿亦是我国康复医学的特色之一,有专家提出运用推拿早期介入脑卒中偏瘫康复治疗的同时[25],将现代康复医学治疗该病的一些方法也加以吸纳,对脑梗死患者偏瘫肢体运动功能的回复起到很大作用,可以起到很好的疗效。孙国荣应用严隽陶推拿治疗脑梗死后偏瘫的方法,对 30 例脑梗死患者进行早期推拿治疗,结合康复医学的运动训练方法,结果总有效率为 100%,其中痊愈 20%,有效占 80%,推拿能促进增快血液和淋巴的循环,加快水肿的吸收,使肿胀、挛缩缓解或消除,通过活动关节,接触关节疼痛、僵硬,从而使患侧肢体功能恢复[26]。

## 5 研制有中医特色康复训练机器人的意义

现代康复和中医传统康复方法各具特色, 各有所长,把这两种方法综合应用,优化组合,并体现在康复训练机器人的功能上,使其更好地为患者服务是我们现在研究的课题。

目前国内外的偏瘫康复训练机器人都是基于现代康复的运动疗法而研制而成的,与传统康复形式相比这些偏瘫康复训练设备所能同时完成的康复训练方式相对比较固定,并不能对所有病患特点取得最佳疗效。综合康复疗法已经是脑卒中偏瘫的常用临床康复治疗手段,临床研究表明,多种刺激可以获得更好的康复效果[27]。基于经络腧穴理论的传统中医康复疗法(如针灸、推拿等疗法)治疗脑卒中偏瘫历史悠久,疗效显著,因此,将中医康复技术引入并实现外部穴位刺激疗法的智能化具有很高的参考和研究价值。将这些方法与现代机器人康复手段结合在一起,对传统康复方法的分析和研究,深入探讨其作用机理,并将其纳入现代康复医学中,使其成为一种新的康复训练理论体系具有非常重要的临床意义。此外,实现基于中医经络腧穴理论的外部刺激疗法的智能化和自动化,排除了人为因素,并提供了一个可调控的平台,对于中医传统康复方法的现代化和规范化及进一步开展相关中医康复规律的研究也具有有重要现实意义。

## 6 康复机器人与中医传统康复方法相结合的方式探讨

目前临床常用的中医康复治疗方法有中药、针灸、按摩、熏洗等,这些方法对偏瘫的弛缓和痉挛两种状态具有明显的效果[21]。然而并不是每一种中医康复方法都适合与康复训练

机器人相结合，选择何种中医康复方法添加到康复机器人中,以及这些康复方法采取何种刺激方式均是一个需要考虑的问题。下面以针灸、按摩及熏洗疗法为例探讨其与现有的康复机器人相结合的方式。

**6.1** 康复机器人与针灸疗法相结合的方式探讨

传统针灸疗法属于侵入性治疗,存在感染、疼痛、晕针等副作用,这些副作用的存在限制了传统针灸在康复机器人中的应用,因此有必要寻找一种具有无(微)创痛、无菌、强度可调、安全、适用范围广等特点的针灸方法。无创痛“针灸”、“无创痛穴疗学”作为传统针灸的发展,目前已形成了一门独立的学科,发展了 20 余种无创痛穴位疗法,内容涵盖了多种现代科技如超声波、音频电、激光、红外线、紫外线、红光、电按、电兴奋、超短波、微波、药物离子导入等电、磁、冷、热穴疗成果[28—29]。然而并非所有的穴位疗法均适合添加到康复机器人中,电刺激正是其中一种临床应用广泛,疗效确切的穴位疗法。越来越多的基础及临床试验证据表明,电刺激是促进神经康复的有效手段,特别对于缓解疼痛及改善慢性脑卒中患者的躯体功能具有良好的疗效[30—37]。经皮穴位电刺激作为其中的一种非侵入性疗法,没有传统电针可能导致感染、疼痛、晕针等副作用,且具有操作方便,副作用小,疗效可靠的优势,值得国内临床推广应用[38]。将其添加到康复机器人中,有望提高康复机器人的疗效。

**6.2** 康复机器人与按摩疗法相结合的方式探讨

按摩是人类最古老的物理疗法，按摩有利于舒筋活血、消除疲劳和防治疾病。目前市场上的按摩类治疗仪器按其对人体的按摩方式大致可以分为两大类，一类是模拟人的指腹、手指关节或手掌等部位,以机械力量作用于人体表面,对人体表面进行按、挤、揉等动作,起到舒筋活血、改善局部皮肤微循环的作用;另一类是以电极板接触人体体表,输出各种类型的电磁波产生按、揉、抓等动作作用于人体表面,并通过刺激末梢神经,也使局部毛细血管扩张,皮肤温度升高,血流速度加快,起到中医的活血化瘀、改变局部新陈代谢的作用[39]。

然而目前市场上按摩类治疗仪大多以针对躯体或颈、肩及头面部为主,治疗部位相对固定,有利于机器的操作。考虑到上肢活动范围大,不容易固定,而且现有的康复机器人针对上肢的机械牵引装置空间有限,这些因素都不利于机器进行有效地模拟传统按摩的动作进而进行有效地治疗。电极板接触体表通过输出各种电磁波产生按、揉、抓等动作的方式所需空间较小,同样达到刺激末梢神经、活血化瘀的作用。随着现代科技如红外技术、调制中频电等在医疗器械中的应用,结合了现代科技的按摩理疗器械,能够使经穴点位接受更多的刺激方式,达到局部充血、加速人体血液循环、疏通全身经络、消除疲劳的作用,从而达到提高疗效的结果。

**6.3** 康复机器人与熏洗疗法相结合的方式探讨

熏洗是借药力与热力的作用,使腠理疏通、气血流畅而达到治疗目的一种外治法。熏洗疗法已经广泛应用于外科、骨外科、皮肤科、肛肠科、五官科等各个学科。近年来,熏洗疗法应用于脑卒中也屡见报道,查询文献,主要应用于脑卒中并发疼痛、肿胀的最为多见[40—45]。

## 7 问题与展望

康复机器人与中医传统康复方法相结合的优势是不容置疑的,然而要实现现代康复与传统中医康复在以康复机器人为平台的真正结合,除了技术问题外,首先要解决以下两个方面的问题。一是刺激方式的选择。中医康复方法种类繁多,然而并非每种方法都适合添加到康复机器人中,以上仅就中医康复方法中临床应用较多,疗效确切的几种疗法作初步探讨。二是刺激点的选择。穴位疗法的治疗关键在于如何取穴及取穴准确与操作正确。中医传统康复都是基于中医理论为指导,经络腧穴为基础的方法。中医传统康复方法经历了几千年的发展，形成了自己一套独特的理论体系及方法，在穴位刺激点的选择上有自己一套独特的理论和方法。近年来，有人根据经络穴位处呈现低阻抗和高电导率的特性,研制出穴位探测装置及经穴定位国际标准及国家标准的制定均为取穴的准确性奠定了基础。

传统中医康复方法的引入为康复机器人的研制提供了一条新的思路。通过虚拟现实、脑电、肌电技术及基于中医经络理论的中医康复技术与机器人技术的集成,有望向患者提供全方位的刺激,全面促进中枢神经的重组和代偿。这些研究将对临床研究神经康复技术的发展起到积极的指导和推动作用。

## 参考文献


[1] Lum PS,Reinkensmeyer DJ,Lehman SL. Robotic assist devices for bimanual physical therapy:preliminary experience [J]. IEEE Transactions Oil Rehabilitation Engineering,1993,1 (3):185—191.

[2] Reinkensmeyer DJ,Lehman SL,Lum IX3. A bimanual therapy robot:controller design and prototype experiments[J]. Proceedings of the Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology,1993,15:938—939.

[3] Lum PS,Lehman SL, Reinkensmeyer DJ. The bimanual lifting rehabilitator:an adaptive machine for therapy of stroke patient [J]. IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering,1995,3(2):166—174.

[4] Krebs HI,Hogan N,Aisen ML,et al. Robot-aided neurorehabilitation [J].IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering,1998,6(1):75—87.

[5] Krebs HI,Volpe BT,Aisen ML,et al. Increasing productivity and quality of care:robot-aided neuro-rehabilitation [J]. Journal of Rehabilitation Research and Development,2000,37(6):639—652.

[6] Reinkensmeyer DJ,Kahn LE,Averbuch A,et al. Understanding

and treating arm movement impairment after chronic brain injury:Progress with the ARM guide [J]. Journal of Rehabilitation Research and Development,2000,37(6):653—662.

[7] Burgar CG,Lum PS,Shor PC,et al. Development of robot for rehabilitation therapy: The PALO Alto VM Stanford experience [J]. Journal of Rehabilitation Research and Development, 2000,37(6):663—673.

[8] 王耀兵,季林红,王广志,等.脑神经康复机器人研究的进展与前景[J].中国康复医学杂志,2003,18(4):230—231.

[9] Patton JL, Dawe G, Scharver C, et al. Kenyon. Robotics and Virtual Reality: The Development of a Life-Sized 3-D System for the Rehabilitation of Motor Function [C]. In: Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2004(7): 4840—4843.

[10] Patton JL, Dawe G, Scharver C, et al. Robotics and virtual reality: A perfect marriage for motor control research and rehabilitation[J]. Assistive Technology, 2006, 18(2): 181—195.

[11] Freeman CT, Hughes AM, Burridge JH, et al. A robotic workstation for stroke rehabilitation of the upper extremity using FES [J]. Medical Engineering & Physics, 2009, 31 (3): 364—373.

[12] Freeman CT, Hughes AM, Burridge JH, et al. An experimental facility using functional electrical stimulation for stroke rehabilitation of the upper limb [C]. In: Proceedings of 10th IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics. 2007: 393—400.

[13] Freeman CT, Hughes AM, Burridge JH, et al. Iterative learning control of FES applied to the upper extremity for rehabilitation[J]. Control Engineering Practice, 2009, 17(3): 368—381.

[14] 胡宇川, 季林红. 一种偏瘫上肢复合运动的康复训练机器人[J]. 机械设计与制造, 2004(6): 47—49.[G]胡宇川. 偏瘫上肢复合运动康复训练机器人的研制[D]. 北京:清华大学. 2004.

[15] ZHANG Xiufeng, JI Linhong, GUO Liyun. A novel robot neurorehabilitation for upper limb motion [C]. In: Proceedings of the 27th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Shanghai International Convention Center, Shanghai. 2005: 5040—5043.

[16] 陈里宁. 实现多位姿训练的上肢康复机器人平台的研制[D]. 北京:清华大学. 2008.

[17] 王子羲, 陈里宁, 姚重阳, 等.上肢机器人辅助康复治疗中变换作业面对复合运动训练的影响 [J]. 中国康复医学杂志,2009, 24(1): 65—67.

[18] Song R, Tong KY, Hu XL,et al. Assistive control system using continuous myoelectric signal in robot-aided arm training for patients after stroke [J]. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering,2008,16(4):371—379.

[19] Tong RKY. Intention-driven rehabilitation robotic system[J]. The Journal of the Hong Kong Institution of Engineers, 2008, 20.

[20] Hu XL, Tong KY, Song R, et al. Variation of muscle coactivation patterns in chronic stroke during robot-assisted elbow training [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2007, 88: 1022—1029.

[21] 张文生,张丽慧.中风偏瘫中医康复原则探讨[J].中国康复医学杂志,2001,16(3):182—183.

[22] 李响.112 例中风偏瘫患者分组治疗的康复疗效分析[J].中国康复理论与实践,1997,3(1):22—24.

[23] 李玉玲,杨玉峰,洪丽.康复训练配合针灸治疗中风偏瘫的疗效分析[J].现代康复,2000,4(1):75.

[24] 林景琳,吴桂昌,杨锦玲,等.急性脑梗死针刺与运动疗法对上肢运动功能的影响[J].中国康复,2006,21(2):85—86.

[25] 严隽陶,孙武权,齐瑞,等.康复推拿治疗脑卒中的思路与经验[J] .上海中医药大学学报,2007,21(1):1—3.

[26] 孙国荣.严隽陶老师推拿治疗脑梗塞后偏瘫的经验[J].按摩与导引,2005,21(6):24—25.

[27] 王茂斌.脑卒中康复研究的进展[J].中国康复医学杂志,2001,16(5):264—265.

[28] 傅晨旭. 针灸医学走向世界与无创痛" 针灸"[J]. 甘肃中医, 1994,7(4):27—28.

[29] 魏稼.无创痛穴疗学--未来的针灸医学[J].中国针灸,2001,21(8):469—471.

[30] Cameron MH. Physical Agents in Rehabilitation: From Research to Practice [M].Philadelphia:W.B.Saunders,1999. 370—397.

[31] Lamppl C, Kreczi T, Klingler D. Transcutaneous electrical nerve stimulation in the treatment of chronic pain:predictive factors and evaluation of the method [J].Clin J Pain,1998,14: 134—142.

[32] Somers DL,Somers MF.Treatment of neuropathic pain in a patient with diabetic neuropathy using transcutaneous electrical nerve stimulation applied to the skon of the lumbar region[J]. Phys Ther,1999,79:767—775.

[33] Hui-Chan CWY,Levin MF.Stretch reflex latencies in spastic hemiparetic subjects are prolonged after transcutaneous electrical nerve stimulation[J].Can J Neuro Sci,1993,20:97—106.

[34] Levin MF, Hui-Chan CWY. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions [J]. Electroencephal Clin Neuroghysiol, 1992,85:131—142.

[35] Levin MF, Hui-Chin CWY. Conventional and acupuncture like transcutaneous electrical nerve stimulation excite similar afferent fibers[J].Arch Phys Med Rehabil,1993,74:54—60.

[36] Tekeoolu Y,Adak B,Goksoy T.Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) on Brthel Acticities of Daily Living(ADL) Index score following stroke[J].Clin Rehabil,1998.12: 277—280.

[37] Wang AMK,Su TY,Tang FT,et al.Clinical trial of electrical acupuncture on hemiplegic stroke patients [J].Am J Phys Med Rehabil,1999,78:117—122.

[38] Shamay SM.Ng, Christina WY.Hui-Chan,魏妮.经皮电神经刺激在脑卒中康复中的应用：时尚与事实 [J]. 继续医学教育, 2007,21(15):1—3.

[39] 汪卫东.按摩仪不能代替按摩医[J].中国健康月刊,1997,(8): 28.

[40] 朱瑞雪.中药熏洗治疗脑卒中后肩手综合征 52 例[J].中医外治杂志,2001,10(6):48.

[41] 姚木铭.桂枝生姜汤熏洗治疗肩手综合征 32 例[J].中医外治杂志,2001,10(20): 31.

[42] 石奕丽. 针刺配合中药熏洗治疗中风偏瘫后患肢水肿 43 例[J]. 上海针灸杂志,2003,22(10):11—12.

[43] 杨迎民.红花熏洗液配合康复训练治疗中风偏瘫 165 例[J]. 现代中西医结合杂志,2008,17(9):1351—1352.

[44] 黄欣,胡钢.透骨散熏洗治疗中风并发肢体疼痛 32 例[J].中医外治杂志,2001,10(1):21.

[45] 康国喜. 中药熏洗治疗中风后肢体肿胀 50 例 [J]. 新中医, 2003,35(3):52.