

Shangzhi Kangfu Jiqiren Xunlian Ji Pingjia Xitong

上肢康复机器人训练及 评价系统

纪 雯 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

上肢康复机器人训练及 评价系统

纪 雯 著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

上肢康复机器人训练及评价系统 / 纪雯著. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2017.12

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3879 - 5

I. ①上… II. ①纪… III. ①机器人—应用—上肢—
康复训练 IV. ①TP242.3②R496

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 326942 号

书 名 上肢康复机器人训练及评价系统
著 者 纪 雯
责任编辑 陈 慧
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 9.25 字数 230 千字
版次印次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
定 价 39.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着世界各国老龄化问题的日益突出,患有脑卒中的人数在不断增加,每年均有成千上万的人丧失一种或多种运动能力。目前,临床偏瘫康复治疗方法主要局限于康复医师对患者进行手把手、一对一的训练及评价,康复医师劳动强度大,治疗效果则主要取决于医师的技术水平、临床经验以及训练器械等不同,难以实现高强度、有针对性和重复性的康复训练要求。因此,如何科学合理地提高脑卒中患者的生活质量日益受到关注。为此,将先进的理论知识和技术引入到临床康复医学领域,提高脑卒中偏瘫患者的康复治疗水平,对患者本身、家庭和社会具有重要意义。

2016年10月国务院出台《关于加快发展康复辅助器具产业的若干意见》,这是中华人民共和国成立以来首次以国务院名义对康复辅助器具产业进行顶层设计和谋篇布局。该意见明确提出“坚持自主创新、开放合作”基本原则,推动康复辅助器具技术、管理、品牌、商业模式创新,着眼全球加强交流合作,提升市场竞争力。

康复辅助器具作为改善、补偿、替代人体功能和实施辅助性治疗以及预防残疾的产品,是提高脑卒中患者生活质量的重要工具,特别是康复机器人在辅助患者进行运动功能康复的过程中起到关键性的作用。

根据国家卫生部的统计,我国60岁以上的老年人已超过1.2亿,占全国人口的10%,脑血管病居人口死亡原因的第二位,而存活的患者均遗留了不同程度的偏瘫后遗症,给患者的家庭和社会带来了沉重的负担。因此,利用康复医疗手段对脑血管病后偏瘫患者的治疗和康复就显得尤为重要,相关学者们也在为改进康复方法和提高康复效果进行不断的研究。

基于上述内容,本书针对上肢运动功能受损的脑卒中患者,以5-DOF上肢康复机器人平台,构建上肢康复机器人训练及评价系统,注重上肢康复机器人系统中的训练及评价问题的研究,对上肢康复训练系统的国内外现状进行系统梳理,强化上肢康复系统中运动功能评价模型的建立,突出康复训练方案制定方法及关键性技术。

全书共分为6章,具体包括引言、上肢康复医学基础、上肢运动功能智能评价模型、基于系统聚类-案例推理的康复训练方案制定方法、基于模糊推理的康复训练方案制定方法、上肢康复机器人训练及评价系统的实现等章节。

由于著者水平有限,书中必有缺陷与不足,恳请读者提出宝贵意见以便改善。

著 者

2017年12月

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外上肢康复训练系统的发展综述	2
1.3 上肢运动功能医学评价的概况	9
1.4 相关技术的研究概况	12
第 2 章 上肢康复医学基础	16
2.1 脑中风	16
2.2 脑的可塑性原理	18
2.3 脑中风恢复过程的特点与规律	20
第 3 章 上肢运动功能智能评价模型	24
3.1 引言	24
3.2 加权德尔菲法	28
3.3 加权德尔菲-模糊综合评价法	32
3.4 基于德尔菲-模糊评价法的上肢运动功能智能评价模型	36
3.5 智能评价模型的验证	44
第 4 章 基于系统聚类-案例推理的康复训练方案制定方法	47
4.1 问题描述	47
4.2 康复案例的混合式表示	49
4.3 基于系统聚类的案例推理方法	55
4.4 基于系统聚类-案例推理制定康复训练方案	66
4.5 系统聚类的 CBR 算法验证	73
第 5 章 基于模糊推理的康复训练方案制定方法	76
5.1 问题描述	76
5.2 上下隶属度区间法	80
5.3 双向搜索的 EKM 降型法	86
5.4 上下隶属度-双向搜索区间二型模糊推理	96
5.5 基于双向搜索区间二型模糊推理制定康复训练方案	98
5.6 系统聚类-区间二型的康复训练方案制定方法	101

5.7 算法验证	105
第 6 章 上肢康复机器人训练及评价系统的实现	108
6.1 总体结构设计	108
6.2 功能模块的设计	109
6.3 算法模块设计	111
6.4 上肢康复机器人训练及评价系统的开发	114
6.5 上肢康复机器人训练及评价系统的测试	125
参考文献	129

第 1 章 引 言

1.1 研究背景及意义

脑中风,可称为脑血管意外或脑卒中,是一种突然发生的、由脑血管病变引起的局限性脑功能障碍,持续时间超过 24 小时或引起死亡的临床综合征。脑卒中是一种脑部血管发生急性损伤导致的疾病,其后遗症主要表现为使患者失去原有自主运动及生活能力的偏瘫、面瘫、视力障碍、语言表达障碍等,其中偏瘫是中风后最常见的症状^[1-3]。根据国家卫生部的统计,我国 60 岁以上的老年人已超过 1.2 亿,占全国人口的 10%,脑血管病居人口死亡原因的第二位,而存活的患者均遗留了不同程度的偏瘫后遗症,给患者的家庭和社会带来了沉重的负担^[4-7]。因此,利用康复医疗手段对脑血管病后偏瘫患者的治疗和康复就显得尤为重要,相关学科的学者们也在为改进康复方法和提高康复效果进行不断的研究。

人体上肢用于从事各种复杂动作和精细活动,它的运动功能直接影响人类的日常生活能力。因而,偏瘫后上肢运动能力的恢复是康复医疗领域的重要主题。目前,临床康复工作流程如图 1-1 所示。

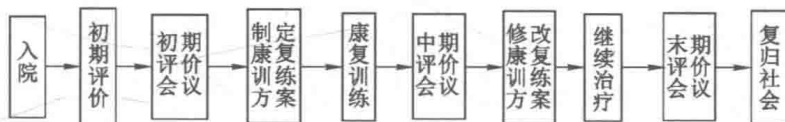


图 1-1 康复工作流程图

由图 1-1 可知,康复工作过程主要包括康复评价和康复治疗。其中康复治疗包括制定康复训练方案和进行康复训练两个方面。首先,对患者的功能状况和潜在能力等患者病情进行判断,即对患者进行康复评价,它是康复治疗的前提。其次,利用康复评价的结果,根据康复目标制定康复训练方案,进而指导患者的康复训练。其中,康复训练方案的制定是康复训练的基础,在患者的康复中起关键作用。最后,按照所制定的康复训练方案对患者进行康复训练,使得患者早日实现生活自理。康复训练是康复治疗的主要手段,是实现患者生活自理的有效手段,通过对偏瘫患肢进行康复训练来维持患肢的关节活动度、防止患肢肌肉萎缩、增强患肢肌力、促进患肢功能的恢复。临床康复中进行上肢运动治疗时,康复医师通常据自身经验对患者进行一对一的评价,然后据患者病情,通过会诊的形式设定康复目标,并制定康复训练方案,最后以徒手方式或借助机械器具对患肢进行一对一的连续被动训练,反复地引导患者患肢运动直到其能够复现正常的动作。在评价和训练过程中,治疗医师的经验和体力起到了主导作用,加之患者病发后引起的语言及认知功能的损伤,削弱了医师与患

者之间针对康复治疗过程的交互作用,而且康复训练方案的制定过程历时长,需要耗费大量的人力和物力^[8],因而,传统的临床运动康复治疗具有康复效率低下、医师劳动强度大、患者参与意识低等局限。为此,本书引用智能控制技术进行研究。

在智能控制技术中,专家系统(expert system)是一个具有大量专门知识与经验的程序系统,它根据一个或多个人类专家提供的领域知识、经验进行推理和判断,模拟人类专家做决策过程来解决那些需要专家解决的复杂问题^[9]。简言之,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。自1968年世界上研制第一个专家系统DENDRAL以来,专家系统技术已经获得了非常迅速的发展,被广泛应用于医疗诊断、图像处理、冶金电子、石油化工、金融决策、教学、军事等领域^[10]。

由于专家系统具有模拟人类专家解决领域问题的功能,为了减轻康复医师的负担、缩短康复训练方案的制定时间,基于专家系统的思想,构建了上肢康复机器人训练及评价系统。

上肢康复机器人训练及评价系统是将机器人技术和智能技术引入到临床康复医学领域而产生的一种替代康复医师完成患肢的康复评价、制定康复训练方案的系统,其出现为上肢偏瘫患者的康复开辟了新的技术途径,弥补了临床运动治疗的诸多不足。上肢康复机器人训练及评价系统可对脑卒中偏瘫患者进行定量的康复评价,以准确地判断患者的病情;打破了医患之间一对一的局限,不仅将医师从繁重、反复的训练任务中解脱出来,而且使得集中康复医疗和远程康复医疗成为可能;另外,上肢康复机器人训练及评价系统可针对不同的患者和同一患者的不同康复期,制定相应的康复训练方案,激励患者的主动运动意识,指导5-DOF上肢康复机器人完成对患者的康复训练,从而减少脑卒中康复治疗的时间,提高康复效率,为脑卒中患者带来了福音。上肢康复机器人训练及评价系统的研究、发展将促进医学、工学的资源互补,对学科的交叉发展、康复技术的发展、康复治疗水平的提高和社会康复事业的进步具有重大现实意义,对患者本身、家庭和社会具有重要意义。

1.2 国内外上肢康复训练系统的发展综述

当今,国内外因心脑血管疾病丧失运动能力的人数不断增加,利用康复医学手段对患者进行康复治疗受到国内外学者的广泛关注。脑卒中患者的康复治疗主要依据脑功能重塑原理:康复训练可促进脑功能重塑,脑功能重塑则能够弥补已失去的行为能力和肢体功能。经康复医学证明,多数人可以通过配备康复器具和康复训练等康复治疗手段,部分或全部地改善或恢复其丧失的肢体功能,提高生活质量^[11,12]。近年来,国内外专家潜心钻研,相继研制出一些上肢康复训练系统,并已经取得了一定的成果。

1.2.1 国外上肢康复训练系统研究概况

目前,国外科研机构对上肢康复训练系统的研究越来越多,主要涉及机械结构、训练方式、康复策略等方面,而且有些已进入临床测试阶段。

第一台经临床测试并已取得一定商业成就的上肢康复训练系统是麻省理工学院所研制的MIT-MANUS机器人^[13](如图1-2所示),该系统采用连杆的机械机构,患者患肢通过握住机构末端,由机器人牵引完成平面内的二维运动训练,实现患者的肩、肘康复训练。

MIT-MANUS机器人的特点是具有反向可驱动性,采用阻抗控制技术实现机械末端的平滑性和柔顺性,遵从患者平滑快速运动。同时,该装置还可为患者提供视觉反馈,使患者



图 1-2 MIT-MANUS 康复机器人(美国)

进行简单的视频游戏训练,例如:移动光标进入目标位置,这时系统根据患者不同程度的病情,辅助患者以直线或圆为路径在整个桌面进行运动训练,训练时间及模式依据患者在视频游戏中的表现和实时数据来确定。可以说,MIT-MANUS 康复装置是在平面运动训练中无需力反馈而使患肢力量得到大范围锻炼的最简单的机械设备之一。MIT-MANUS 上肢康复训练系统的临床实验结果表明,MIT-MANUS 机器人在急性及慢性脑卒中患者的运动功能恢复中均起到一定作用,其可很好地促进肌肉群恢复,治疗效果优于常规方法,且不会给患者带来损伤和其他副作用^[14]。

从 1999 年开始,斯坦福大学研发镜像运动使能器(mirror-image motion enabler, MIME)的系列康复机器人^[15-18](如图 1-3 所示)。MIME 康复机器人系统采用了 Puma-560 机械臂以辅助患肢进行康复运动,患肢通过支撑架及连接器与其相连以防止作用力过大而受到伤害。与 MIT-MANUS 相比,MIME 康复机器人六自由度可实现手臂二维或三维空间运动,当健侧进行主动运动时,负责监测的光电编码器记录运动轨迹,并将数据传送给 Puma 机器人,带动患侧对健侧运动进行复制,实现双侧肢体的镜像运动。MIME 康复机器人开发了四种训练模式:① 被动模式,患者由机器人在设定模式下带动患肢进行运动;② 主动约束模式,患肢向目标运动,机器人作为辅助设备防止其偏离设定目标;③ 助力模式,患者开始朝目标运动的同时机器人也向目标平滑运动,帮助患者完成训练过程;④ 镜像模式,患肢由镜像对称的路径控制,跟随健侧进行运动。



MIME- I



MIME- II



MIME- III

图 1-3 MIME 康复机器人(美国)

经临床研究发现,接受 MIME 康复机器人辅助训练的患者,其患肢运动功能要优于传统作业疗法,主要表现在临床运动损伤等级的提高、力量的增加和运动范围的扩大^[19]。文献^[20]详细阐述了 MIME 康复机器人采用哪种控制模式或何种练习组合可提高康复训练效果,临床表明,MIME 康复机器人作为医疗设备在康复治疗中对患者有一定的疗效,说明了机器人功能在运动功能重塑方面是有效的。

图 1-4 为美国加州大学和芝加哥康复研究所研制的名为康复辅助及测量引导的训练装置(assisted rehabilitation and measurement guide, ARM Guide),该装置具有三个自由度 Yaw, Pitch 和 Reach,通过手动调节其中两个自由度 Yaw 和 Pitch,使患者完成不同直线轨迹的伸手训练^[21]。在训练过程中,将患者手臂绑在机器人的夹板上,沿直线轨道练习 5 个

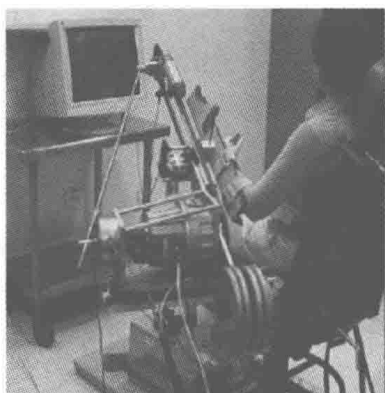


图 1-4 ARM Guide 训练机器人(美国)

目标点的伸手运动,并利用传感器测量患者前臂施力大小^[22]。康复训练疗程完成后,患者通过完成日常生活动作与练习时记录的轨迹范围、直线度、平滑度进行对比,来检验运动功能的恢复情况。临床试验证实,慢性中风患者利用 ARM Guide 训练机器人进行训练可改善其患肢的运动能力,但是,ARM Guide 训练装置的设计思路与机构特点决定了其训练方式的单一性,此次试验中的一个重要发现——患者的主观努力是运动功能恢复的关键因素。

美国亚利桑那州立大学研制的一种可穿戴式上肢助力运动装置 RUPERT (robot upper extremity repetitive therapy device),如图 1-5 所示,该装置可以对肩部屈伸、肘部屈伸、前臂旋前旋后、腕部屈伸四个自由度进行驱动,肩、肘腕部均装有关节位置及压力传感器,根据患者肢体运动时的压力以调节 RUPERT 施加给患者的助力^[23-25]。

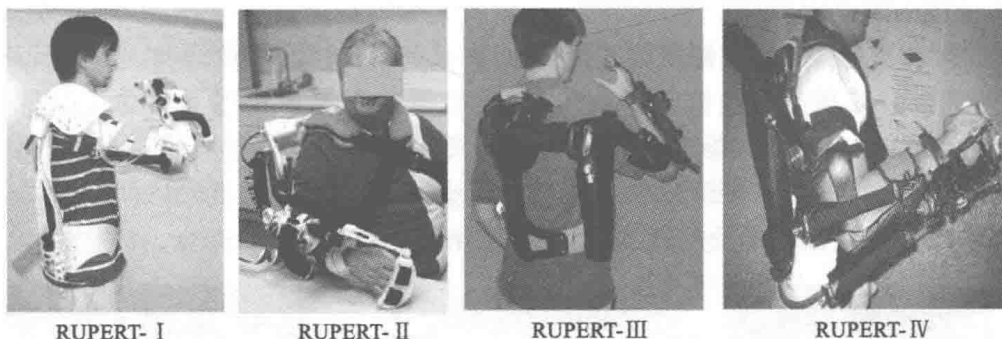


图 1-5 RUPERT 穿戴式助力机器人(美国)

瑞士苏黎世大学 (University of Zurich) 设计了名为 ARMin 的上肢康复机器人,如图 1-6 所示。该机器人包含 9 个自由度(2 个被动和 7 个主动的自由度),每个关节均有助于测量和记录状态的位置传感器和力传感器。ARMin 机器人^[26]可辅助患者进行临床运动训练,其有四种控制模式:① 轨迹记录模式,康复医师引导手臂运行,机器人记录运动过程并以不同速度重复运动;② 定义运动训练模式,医师通过指定一些已定义的标准动作进行训练;③ 点到达模式,患肢向图像显示的目标位置运动,机器人辅助和引导其完成训练动作;④ 患者引导力辅助模式,患者引导运动路径,机器人负责位置和速度的测量,并预测所需的力。试验表明,接受 ARMin 机器人辅助训练的患者,其患肢运动功能要优于传统作业疗法。



图 1-6 ARMin 康复机器人(瑞士)

另外,德国柏林的 Klinik 实验室和弗朗荷费研究所发明的 Bi-Manu-Track 训练机(如图 1-7 所示)通过选择不同的控制方法,改变了以往的训练方式^[27-29]。



图 1-7 Bi-Manu-Track 训练机(德国) 和 MIME 机器人治疗后 Fugl-Meyer 得分^[31-34]。

随着科技的发展,2010 年英国利兹大学研制出 iPAM(intelligent pneumatic arm movement)双重机器人系统^[35](如图 1-8 所示),对脑卒中上肢偏瘫患者提供重复的运动治疗。该系统通过控制系统调节机械臂对患者提供的辅助力,利用两个机械臂牵引患者的前臂和大臂,完成手臂在空间上的自由运动,实现多关节复合运动。经临床测试,iPAM 双重机器人系统对脑卒中患者上肢康复有明显的疗效。

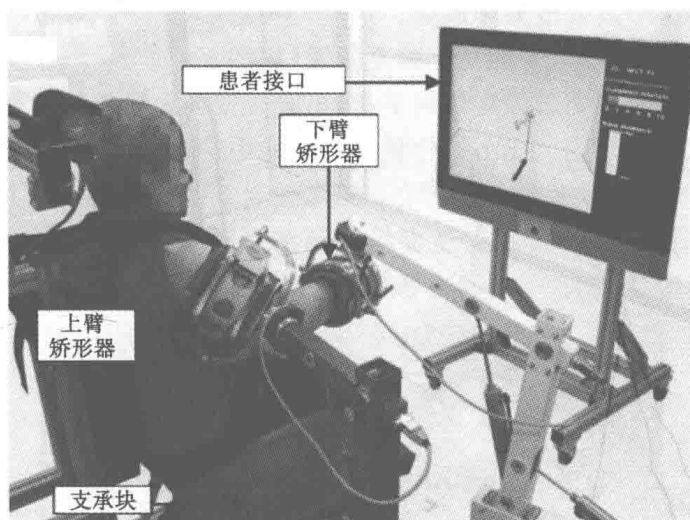


图 1-8 iPAM 双重机器人系统(英国)

此外,还有一些常见的上肢康复训练设备,如:用于改善手指运动能力的 Rutgers 机器人手^[36],三自由度的升降式摇臂结构的 GENTLE/S 的上肢康复训练机器人^[37],替代康复医师帮助患者增强肌肉能力的 REHAROB 治疗系统^[38],用于上肢康复的远程操作的主从控制系统^[39],三自由度 NeReBot 机器人^[40,41],通过虚拟感觉训练提高患者运动能力的运动感觉恢复训练站^[42],多自由度手指康复机器人^[43],对脑卒中后上肢运动功能损伤进行量化的新型康复机器人 ACT-4D^[44],便携式触觉可穿戴式手臂机器人系统^[45],驱动前臂支撑系统^[46],以及利用扰动观测器进行康复的辅助机器人系统^[47]。

综上,国外上肢康复训练系统主要特征如表 1-1 所列。

表 1-1 国外上肢康复训练系统主要特征

上肢康复训练系统	运动形式	DOF	手臂支撑	康复运动模式	传感器类型	评价体系
MIT-MANUS	平面	3	半	被动、主动	力矩传感器	无
MIME 系列	二维或三维	6	半	被动、助力、主动、镜像	力矩传感器、编码器	无
ARM Guide	直线	3	半	被动、主动	力矩传感器	有
RUPERT	三维	4	全	助力	位置和力矩传感器	无
ARMin	三维	9	全	轨迹记录、定义运动、点到达、引导力辅助	位置及力矩传感器	无
Bi-Manu-Track	平面	2	全	被动、主动	编码器、力矩传感器	无
iPAM	三维	5	全	助力	力矩传感器	无
GENTLE/S	三维	3	全	被动、主动协助、阻抗	力矩传感器	无

1.2.2 国内上肢康复训练系统的研究概况

我国在康复机器人方面的研究起步较晚，还在起步阶段^[48-54]，缺乏创意理念和原创性成果，尤其对上肢康复机器人的研究更是凤毛麟角，现有的一些上肢康复机构结构简单，运动形式单一。目前，国内已开始这方面的研究，虽然在技术水平和灵活性上与国外相比还有一定差距，但也取得了一定的进展和成果。

清华大学研制了二连杆机构的复合康复装置(如图 1-9 所示)。患者将手腕放置在机械臂末端支架上，在伸展时可通过固定四根手指，由装置带动上肢执行水平面内的多模式上肢平面复合运动；或者在抓握的情况下握住机构末端的手柄将手固定在末端上，再通过机械臂带动患者进行平面内的复合运动训练^[48,49]。该装置针对患者病情的不同阶段，利用相应的训练模式进行康复训练，提出了平面速度场控制和平面力场控制，实现了辅助直线的速度场、辅助圆运动的速度场，直线运动的力场算法设计与训练策略。

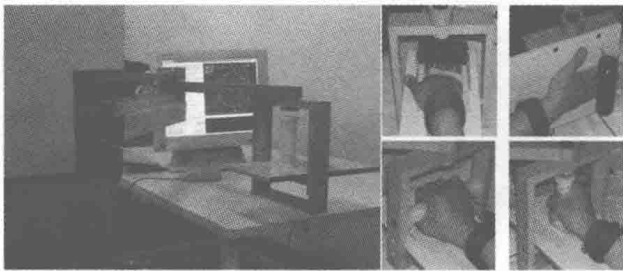


图 1-9 二连杆机构康复装置

台湾成功大学设计的一种应用于平面上肘关节屈/伸运动的康复机器人^[50]，如图 1-10 所示，其机器手臂结构设计采用五连杆平行驱动机构方法，利用模糊控制器实现位置与力量控制，应用伺服马达驱动机器手臂。在对一定数量的正常人和偏瘫患者进行圆形轨迹运动的临床试验中，可记录康复训练过程中的轨迹路径、速度及机器手臂与受试者手部之间的接触力量。

哈尔滨工程大学研制的手臂康复训练器采用桌式结构^[51,52]，利用单片机的控制带动受训者的左右手臂以不同模式进行训练，其中主动训练模式为将患者双手固定在训练手

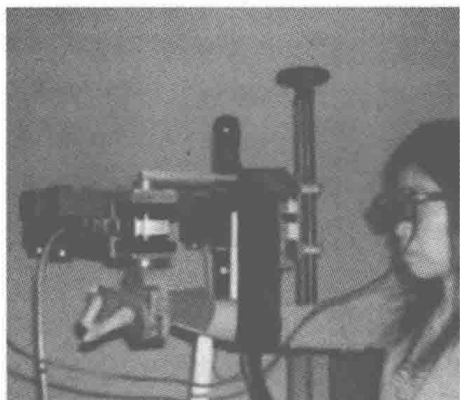


图 1-10 肘关节康复机器人

柄上,调节其摆动速度,带动双臂完成水平面内运动训练。在主从训练模式中,由健手推动手柄运动,另一手柄工作于位置跟随方式,实现“从手”跟随“主手”的运动。阻尼训练模式中,患手推动手柄运动使之偏离中位时,手柄施加与受力方向相反的阻力(阻力大小可调)。

东南大学针对脑卒中偏瘫患者的康复训练,设计了一种基于运动想象脑电的上肢康复机器人系统,如图 1-11 所示,利用肢体运动三维动画刺激患者进行运动想象,并通过 USB 脑电放大器采集运动想象脑电信号,PC 机利用虚拟现实技术进行视觉反馈,同时控制康复机器人。试验证明,该系统使用患者上肢的运动想象脑电信号直接控制康复机器人进行训练,在很大程度上促进了运动神经功能的康复^[53]。

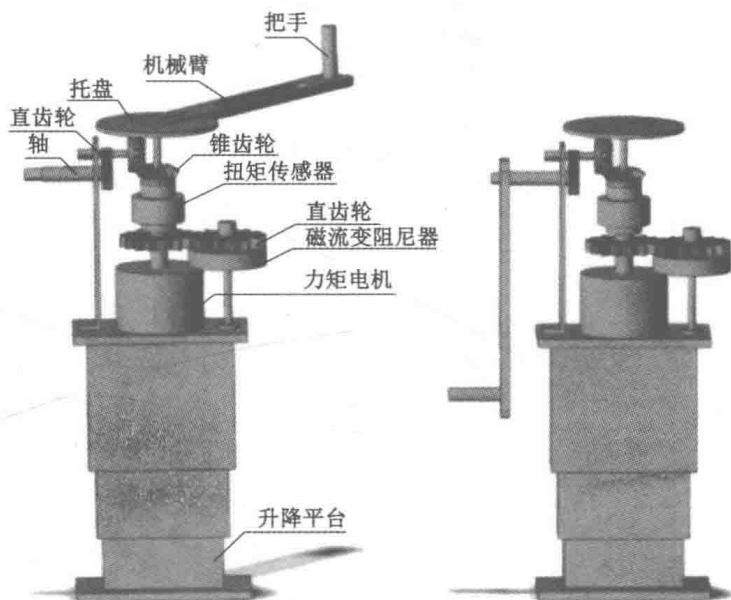


图 1-11 基于运动想象脑电的上肢康复机器人

东华大学结合临床康复医学理论及临床康复经验对上肢康复机器人方案进行研究,设计了一种应用于偏瘫患者康复训练的气动驱动的上肢康复柔性机器人^[54],采用外骨骼穿戴式结构,在结构设计上体现了仿生性的要求,实现了 5 个自由度的运动。东北大学基于哈工大的五自由度上肢康复机器人,开发了上肢康复训练方案及评价系统^[55]。天津大学开发出一种可供偏瘫患者根据自己的运动意图控制其残肢运动的辅助康复系统^[56]。

华中科技大学针对脑卒中和脑外伤患者的运动功能障碍问题,设计了一种新型可穿戴式多自由度上肢康复机器人,如图 1-12 所示,采用气动肌肉驱动,能有效辅助患者完成肩伸、肩旋、肘伸、指掌和指间关节的复合功能运动训练。试验结果验证了所设计的上肢康

机器人的可用性和有效性^[57]。同时设计了一款集成功能性电刺激的穿戴式康复机器人^[58]。

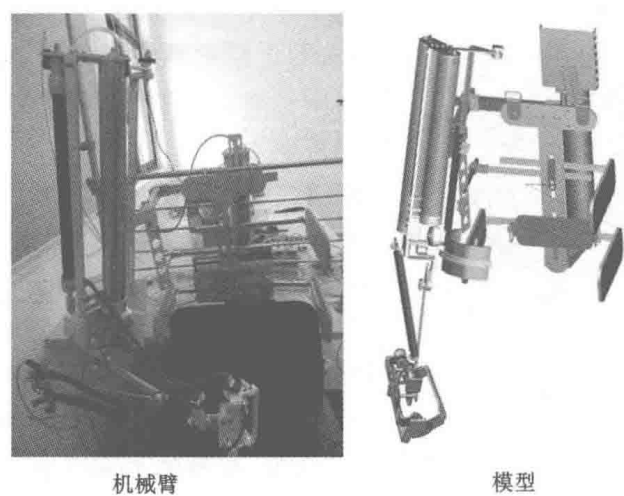


图 1-12 基于气动肌肉驱动的穿戴式多自由度上肢康复机器人

综上,国内上肢康复训练系统主要特征见表 1-2。

表 1-2 国内上肢康复训练系统主要特征

上肢康复训练系统	运动形式	DOF	手臂支撑	康复运动模式	传感器类型	评价体系
清华连杆式康复机器人	平面	3	全	被动、助力、主动、抗阻	力矩传感器	有
台湾肘关节康复设备	平面	3	全	阻力	力矩传感器	无
哈工程桌面康复机器人	平面	1	半	被动、主从、阻尼	力矩传感器	无
东南的基于运动想象脑电的上肢康复机器人系统	三维	3	半	运动想象	USB 脑电放大器	无
东华气动驱动的上肢康复柔性机器人	三维	5	全	被动、半主动、主动	力矩传感器	无
华科大新型可穿戴式多自由度上肢康复机器人	三维	多	全	被动、主动	霍尔传感器	无

1.2.3 上肢康复训练系统的发展趋势

通过对上述国内外上肢康复训练系统的研究发现,作为一种新兴的神经康复治疗技术,上肢康复训练系统的研究正在日益发展、不断创新,而且国外一些设备已进行临床试验,并取得良好的治疗效果。然而,现阶段上肢康复训练系统均是对上肢偏瘫患者进行早期或中期康复,这些系统尚存在一些问题,具体如下:

(1) 缺乏临床医学指导:上肢康复机器人的工作对象是上肢运动功能受损的偏瘫患者,因此其功能的实现必须以临床康复医学知识为理论基础,康复评价和康复训练方案都必须与偏瘫患者的康复进程紧密结合,现有系统多沿袭传统机器人的设计思路,削弱了机器人与

康复学科间的融合。

(2) 缺少康复评价功能:康复训练系统的两大基本功能是康复训练和康复评价,只有系统地将二者结合起来,才能充分发挥康复机器人技术在康复医学领域的优势。现阶段康复训练系统的研究更多地集中在机械设计及运动控制,缺少结合医学理论的康复评价方法,脱离了康复机器人用于“康复治疗”的初衷。

(3) 缺少综合评价分析:现阶段康复机器人康复评价指标大多为各自独立的评价指标,一般是从几个方面同时进行评价分析,却缺少系统综合评价的过程,使得康复评价结果不够全面和完整。

(4) 缺乏康复训练方案制定的功能:康复机器人的基本功能是康复训练,然而,康复训练方案是康复训练的基本依据。只有将二者有机的结合起来,才能充分发挥康复机器人在康复领域的优势。现阶段康复机器人缺少结合康复医学理论的康复训练方案的制定方法。

总结上述研究,上肢康复训练系统——机器人神经康复辅助治疗技术的研究可从以下几个方面进行:

(1) 符合康复医学理论:康复机器人是机械体与机器人控制技术相结合的产物,但其目的在于进行康复治疗,因此无论是在康复训练还是康复训练方案的制定上,都需要依据康复医学理论的基本原理,才能保证患者的康复治疗效果。

(2) 设计康复评价方法:现阶段临床康复评价方法适用于人工操作,需要设计适用于康复机器人的康复评价方法,使得康复机器人可以达到从“康复训练”到“康复评价”的协调统一。

(3) 运用综合评价分析:各行各业都需要进行评价活动,这不仅需要对被评价事物的各个方面进行逐一分析,更需要综合各方面的评价结果以得到整体的评价水平,因此,需要借助于综合评价的理论指导,使得康复评价更具有科学性和系统性。

(4) 研究康复训练方案的制定方法:现阶段临床康复训练方案均为医师依据其自身经验进行制定,适用于人工操作,需要研究适用于康复机器人的训练方案的制定方法,充分发挥机器人技术在信息处理方面的优势,使得康复机器人可以有效地对患者进行康复训练。

1.3 上肢运动功能医学评价的概况

目前对康复结局的评价即疗效评价是采用世界卫生组织《国际功能分类》的基本框架。临床康复治疗过程为:评估—确定目标—制定治疗措施—实施—评估疗效—修改治疗方案。

康复评价是对患者的功能状况和潜在能力的判断,也是对患者各方面情况的资料收集、量化、分析及与正常标准进行比较的全过程,并借此制定出合适的康复治疗方案、评估治疗效果和预测预后功能等。康复评价是康复治疗和康复训练的前提。

康复评价的主要评定内容^[59]有:脑损害严重程度的评定、脑卒中运动功能评定、日常生活活动能力评定、感知觉功能评定、言语功能评定、吞咽障碍评定、认知功能评定和心理评定。其中脑损害严重程度的评定主要有格拉斯哥昏迷量表、脑卒中患者临床神经功能缺损程度评定表和美国国立研究院脑卒中评定量表。

脑卒中运动功能评定包括肌力、关节活动度、肌张力、痉挛、步态分析和平衡功能等项。常用的方法有Brunnstrom运动功能恢复六级分期表、运动评定量表、改良Ashworth痉挛

评定量表等,其中临床较多使用的上肢运动功能评价方法有 Bobath 评价法^[60]、Brunnstrom 评价法^[61]、上田敏评价法^[62,63]以及 Fugl-Meyer 评价法^[64]等。

(1) Bobath 评价法

Bobath 评价法是治疗师通过观察患者、直接对患者的躯干四肢进行手法操作,并且通过与患者交谈弄清患者存在功能障碍的相关情况。Bobath 在其专著中的理论部分讨论了联合反应、共同运动、分离运动及姿势反射在评价中的作用,其重点是检查姿势反射的改变。Bobath 评价法的评价过程较为烦琐,具体内容如下:

- ① 判断影响正常运动产生的异常肌张力(肌张力,指肌肉静止或放松状态下肌肉的紧张度)和异常运动模式是否存在以及在肢体的分布情况;
- ② 确定正常运动反应是否有缺陷,包括躯干和四肢自动的姿势反应和有意识的运动模式;
- ③ 分析患者完成功能性运动模式的能力,包括全身性运动任务和特定的自理、职业和娱乐活动。

(2) Brunnstrom 评价法

Brunnstrom 评价法是 Brunnstrom 在观察了大量偏瘫患者的基础上,结合肌力、肌张力变化情况,总结了偏瘫恢复的过程,即著名的 Brunnstrom 分期,如表 1-3 所列。

表 1-3 Brunnstrom 运动功能恢复六级分期评价表

分期	运动特点	上肢表现
I	无随意运动	无任何运动
II	联合反应、共同运动	仅出现协同运动模式
III	随意出现的共同运动	可随意发起协同运动
IV	共同运动模式打破,开始出现分离运动	出现脱离协同运动的活动
V	肌张力逐渐恢复,有分离精细运动	出现相对独立于协同运动的活动
VI	运动接近正常水平	运动协调近于正常

Brunnstrom 法强调脑卒中偏瘫恢复的六个阶段,将上肢、下肢和手分别按这六个阶段进行评定。这种评价法简单实行,在以前康复评定中得到了广泛的应用。但是该方法只进行分级,没有将其量化,评定治疗效果的敏感性(敏感性指该评价方法在康复评价的过程中评价内容的完整率)较差,因此,虽然在临床康复中仍然广泛使用,但显然不能满足现代偏瘫康复研究的需要。

(3) 上田敏评价法

上田敏评价法是日本上田敏教授根据 Brunnstrom 评价法提出的一种评价方法。该法将上肢、下肢运动各设计出 11 个检查动作,根据患者对检查动作的完成情况来确定患者上肢、下肢的功能级别。上田敏评价法在 Brunnstrom 评价法的基础上,将 Brunnstrom 的六个阶段划分为十二个阶段。

上田敏教授认为 Brunnstrom 评价法正确地把握了脑卒中偏瘫恢复过程,判定标准基本明确,但是 Brunnstrom 的分期不够精细,为了增加敏感性,上田敏教授将偏瘫的恢复过程增加为十二期进行评测。其中,Brunnstrom 的 I、II、III、IV、V、VI 期分别相当于上田敏

的 0、(1、2)、(3、4、5、6)、(7、8)、(9、10、11)、12 期,因此上田敏评价法和 Brustrom 评价法没有本质上的差别。

(4) Fugl-Meyer 评价法

Fugl-Meyer 评价法作为脑卒中后偏瘫的一种综合躯体功能评价法,近年来在国内外应用已日见增多,它也是目前中国医科大学附属医院康复科对偏瘫患者进行康复效果评价的主要方法。Fugl-Meyer 评价法是由瑞典医生 Fugl Meyer 等人在 Brunnstrom 运动评价法的基础上发展而来的,根据每一种动作基本完成、部分完成或小部分完成情况制定出三级评分量表,其中 Fugl-Meyer 评价表的部分内容如表 1-4 所列。

表 1-4 Fugl-Meyer 评价表的部分内容

部位	运动功能评测	评分标准
上肢	I 上肢反射活动	0 分:不能引出反射活动;2 分:能够引出反射活动
	A 肱二头肌腱反射	
	B 肱三头肌腱反射	
	II 屈肌共同运动	0 分:完全不能进行;1 分:部分完成;2 分:无停顿充分完成
	肩关节上提	
	肩关节后缩	
	外展(至少 90°)	
	外旋	
	肘关节屈曲	
	前臂旋后	
	III 伸肌共同运动	0 分:完全不能进行;1 分:部分完成;2 分:无停顿充分完成
	肩关节内收/内旋	
	肘关节伸展	
	前臂旋前	
	IV 伴有共同运动的活动	0 分:没有明显活动;1 分:手必须通过髂前上棘;2 分:能顺利进行
	手触腰椎	
	肩关节屈曲 90°,肘关节伸直	
	肩 0°,肘屈 90°,前臂旋前、旋后	

Fugl-Meyer 评价法是将 Brunnstrom 评价法进一步量化,是目前公认的、使用最为广泛的评价方法,该评价法由运动、平衡、感觉、关节活动度及疼痛等五部分组成,内容详细,提高了评价的可信度和敏感度。

综上,临床的上肢运动功能康复评价方法主要是康复医师根据单个临床量表进行评分,依据医师经验定性地判断患者的运动功能损伤程度,康复医师劳动强度大。同时,经康复医学证明,上肢运动功能评价与神经功能和日常生活活动能力的评价密切相关,单一采用运动