

| 主 编 励建安

康复治疗技术 新进展

KANGFU ZHILIAO JISHU XINJINZHAN



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

康复治疗技术新进展

KANGFU ZHILIAO JISHU XINJINZHAN

主 编 励建安

副主编 刘元标

编 者 (以姓氏笔画为序)

万桂芳	王 红	王 玲	王 骏	王如蜜
卞 荣	邓胜勇	朱 毅	刘元标	刘守国
许光旭	孙增春	杜志宏	李 玲	李咏雪
励建安	肖明月	何成奇	余滨宾	汪 洁
沈 滢	张 亮	张 霞	张文通	张志杰
陆 晓	陈 翔	陈安亮	陈卓铭	林 枫
林爱翠	苑杰华	单春雷	孟祥博	胡筱蓉
项 洁	俞 君	袁 英	顾昭华	徐 嘉
高明霞	高绪仁	高敏行	黄 杰	常冬梅
梁 崎	程 凯	程亦男	焦 龙	温华聪
谢凌锋	窦祖林	蔡可书	蔡隆学	颜澄杰
霍 明	藤原俊之			



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

康复治疗技术新进展/励建安主编. —北京:人民军医出版社,2015.7

ISBN 978-7-5091-8560-5

I. ①康… II. ①励… III. ①康复医学 IV. ①R49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 152661 号

策划编辑:张利峰 文字编辑:王月红 陈 鹏 责任审读:黄栩兵

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927300—8700

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印、装:京南印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:24.75 字数:592千字

版、印次:2015年7月第1版第1次印刷

印数:0001—2000

定价:150.00元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

内容提要

编者分 7 章详细介绍了康复机器人、本体感觉神经肌肉促进技术、神经肌肉关节促进法治疗技术,以及肌力训练、牵引、牵伸、平衡训练、循环抗阻、呼吸训练、运动控制训练、功能性电刺激等 20 余项物理治疗技术;强制性运动疗法、压力治疗、HANDS 疗法等作业治疗技术;语义导航训练、失语症重复经颅磁刺激治疗、吞咽障碍非侵入性脑刺激治疗、声音辨别训练、听理解治疗、辅助沟通交流等言语治疗技术;行为分析、孤独症语言交流、视听觉统合训练、阅读训练等语言治疗技术;吞咽电刺激、导管球囊扩张、吞咽训练等吞咽治疗技术;辅助技术、假肢技术、上肢支具治疗技术等康复工程;化学去神经术——肉毒毒素注射治疗、溶神经技术等。本书涵盖了康复治疗技术领域的最新进展,包括新技术、新理念、新模式、新研究,可供康复医师、康复治疗师及相关人员参考使用。

前言

进入 21 世纪第二个十年以来,国家卫生行政主管部门为促进康复医学的发展,先后出台了综合医院康复医学科建设标准、学科建设与管理指南、开展建立完善康复医疗服务体系试点工作、“十二五”时期康复医疗工作指导意见、康复医院基本标准,以及康复医疗服务示范医院(三级综合医院)评选标准等重要的、宏观的指导性或规范性文件,并组织全国专家编写了《常用康复治疗技术操作规范》等具体实施规范,试图从政策和技术层面为促进康复医疗的快速发展,以满足人民群众不断增长的康复医疗需求、完善医疗服务体系和内容、保证康复医疗服务质量提供保证。

事物总是不断发展的,康复医疗的很多传统技术或经典治疗手段也在与时俱进,取得了相当的发展。因此,我们有必要了解常用康复治疗技术方面的最新进展,以实现为患者提供更加优质康复医疗服务的目标。为此,我们组织了国内治疗师和康复医师中的部分年轻精英,本着鼓励康复医疗的青年从业者及时总结临床经验和分享学习体会的目的,综述了部分有特定的技术内容和规范治疗手段的进展与康复同道分享。希望在提高编写人员自身业务水平的同时,也能为康复同道在繁重的工作之余了解本学科治疗技术的进步提供些许方便。

任何新的进步都可能存在争议和分歧。但由于水平有限,在编写过程中难免遗漏一些有意义的、较新的资料,从而使进展的描述或阐述存在不足,甚至偏颇之处,敬请读者不吝指出以便再版时修正。另外,我衷心希望通过《康复治疗技术新进展》能起到抛砖引玉的作用,或许可以以定期出版的方式总结和归纳康复治疗领域的最新进展,更好地实现聚集康复治疗的青年人才、创造交流机会的目的。同时,衷心希望参与编写的青年精英早日成长为该技术领域的骨干和栋梁。

南京医科大学第二附属医院康复医学科刘元标主任和第一附属医院康复医学中心陈思婧医师为此书的编写付出了大量的精力,他们精益求精、一丝不苟的工作态度为提高本书的质量做出了极大的贡献,在此表示最衷心的感谢。

励建安

2015 年 2 月

目 录

第 1 章 物理治疗	1
第一节 康复机器人	1
第二节 本体感觉神经肌肉促进技术	15
第三节 神经肌肉关节促进法治疗技术	24
第四节 肌力训练技术	30
第五节 Thera-band	42
第六节 牵引	49
第七节 平衡训练技术	58
第八节 循环抗阻训练	65
第九节 呼吸训练技术	70
第十节 运动控制训练技术	75
第十一节 功能性电刺激技术	85
第十二节 光疗	92
第十三节 磁疗法	107
第十四节 温热疗法	116
第十五节 冷疗	129
第十六节 水疗	135
第十七节 经颅磁刺激治疗技术	146
第十八节 体外冲击波治疗技术	155
第十九节 全身振动疗法	162
第二十节 核心训练	173
第二十一节 牵伸训练	193
第 2 章 作业治疗	200
第一节 强制性运动疗法	200
第二节 压力治疗技术	205
第三节 HANDS 疗法	214
第 3 章 言语治疗	221
第一节 语义导航训练法	221
第二节 失语症重复经颅磁刺激治疗技术	228
第三节 吞咽障碍非侵入性脑刺激治疗技术	233
第四节 声音辨别训练技术	239

第五节	听理解治疗技术·····	243
第六节	辅助沟通交流技术·····	248
第4章	语言治疗 ·····	253
第一节	行为分析技术·····	253
第二节	孤独症语言交流技术·····	260
第三节	视听觉统合训练·····	264
第四节	阅读训练·····	269
第5章	吞咽治疗 ·····	280
第一节	吞咽电刺激技术·····	280
第二节	导管球囊扩张技术·····	288
第三节	吞咽训练技术·····	296
第6章	康复工程 ·····	311
第一节	辅助技术·····	311
第二节	假肢技术·····	333
第三节	上肢支具治疗技术·····	341
第7章	临床治疗 ·····	359
第一节	化学去神经术-肉毒毒素注射治疗 ·····	359
第二节	溶神经技术·····	373
第三节	虚拟现实治疗技术·····	382

第1章

物理治疗

第一节 康复机器人

一、概述

康复机器人作为医疗机器人的一个重要分支,它的研究贯穿了康复医学、生物力学、机械学、机械力学、电子学、材料学、计算机科学及机器人学等领域,已经成为国际机器人领域的研究热点之一。目前,康复机器人已被广泛应用到康复治疗、护理、辅助器具和家庭康复等方面。这不仅促进了康复医学的发展,也带动了相关领域的新技术和新理论的发展。

(一)发展历史

康复机器人是工业机器人和医用机器人的结合,到目前已有 50 多年的历史。最早的机器人应用始于 20 世纪 50 年代末,主要是为了代替工人们完成一些脏、险和人力难以实现的重型操作任务。早期的康复机器人起源于假肢和矫形器领域,20 世纪 60 年代初期出现了第一台康复机器人 Case Western University 机械手臂,意味着矫形器有了机械装置。20 世纪 70 年代中期,开始有了康复机器人技术的研究,早期出现了工作站形式的康复机器人,它们将现有的电动手臂和专门设计的工作台相结合,由程序化的指令控制手臂拿取工作台上的物品。直到 20 世纪 80 年代,康复机器人的研究才真正发展起来,美国、英国和加拿大在康复机器人方面的

研究处于世界的领先地位。1990 年以前,全球的 56 个研究中心分布在 5 个工业区内:北美、英联邦、加拿大、欧洲大陆及日本。之后康复机器人的研究进入到全面发展时期。目前,康复机器人的研究主要集中在康复机械手、步行机器人、康复治疗机器人、智能轮椅和辅助型康复机器人等几个方面。

(二)分类

康复机器人一般可分为治疗型机器人和辅助型机器人。前者主要用于功能障碍患者的康复治疗,改善其缺失的功能;后者主要用于帮助老年人和残疾人更好地适应日常工作和生活,部分补偿其弱化的机体功能。

1. 治疗型机器人 功能障碍的患者接受治疗型机器人治疗时,一般需要治疗师在旁边设定和监测机器人。使用机器人进行康复治疗最有效的是上肢和下肢的运动治疗。机器人可以很好地代替物理治疗师和作业治疗师的双手,主要有以下几个原因。①一旦正确设置,机器人可以长时间持续地提供自动的运动训练,且不会疲劳。②机器人的传感器可以测量患者所做的运动,以及量化患者任何的功能进步,这些微小的进步都可能极大地鼓励患者继续治疗。事实上,常用的临床量表在一定程度上很难发现这些微小的进步。③机器人可以提供治疗师无法提供的治疗训练类型,如放大运动的错误从而促进

患者进行改善。

2. 辅助型机器人 辅助型机器人一般根据其侧重于操作、移动或认知来分类。①操作辅助型机器人进一步分为固定平台机器人、便携式平台机器人和移动自动平台机器人。固定平台机器人可以在厨房、桌面或床上执行功能。便携式平台机器人通过将机械臂连接到电动轮椅上,进行抓握和移动物体;或者与其他设备和装置连接,如开门。移动自动平台机器人可以通过语音控制或其他手段在家里或工作场所执行操作任务。②移动辅助型机器人进一步分为具有导航系统的电动轮椅,能够智能步行的移动机器人。③认知辅助型机器人进一步分为交流辅助机器人和看护机器人,其中交流辅助机器人可以帮助有交流障碍的老年痴呆、孤独症或其他疾病患者,如宠物机器人。

二、适应证

1. 神经损伤 神经康复在整个康复医疗中占有非常重要的地位,目前,治疗型康复机器人主要集中在神经损伤患者运动功能的再训练上,如脑卒中、脊髓损伤、脑外伤、帕金森病、多发性硬化患者。许多研究已经证明大量的重复训练是非常有效的训练方法,然而康复的人力费用加大了治疗成本。使用机器人对这些患者进行康复训练是一种自动训练技术,既不需要高成本的“一对一”康复训练,也能得到很好的训练效果。

2. 儿童发育障碍 治疗型康复机器人还能用于儿童发育障碍患者,包括与孤独症儿童进行沟通,观察和教育脑瘫患儿,评估儿童认知障碍,以及用于其他发育障碍的患者。

3. 残疾人和老年人 2011年WHO世界残疾报告指出,目前全球超过10亿人或15%的世界人口带有某种形式的残疾而生存。很多国家已开始进入老龄化社会,老年人有着较高的残疾风险,以及与残疾有关的慢性健康状况增加;另外,疾病、交通意外、灾

难、饮食、药物滥用等也造成了大量残疾。这些残疾人需要通过改善功能或改善环境才能重新获得功能,因此需要大量的康复治疗和看护服务。治疗型康复机器人可以帮助他们运动训练,实现功能重建。辅助型康复机器人不但可以照料他们的日常生活,还能帮他们找回自信、自尊的感觉,重新融入社会。

因而,康复机器人的研究得到越来越多的关注。康复机器人的发展借鉴了工业机器人的技术和经验,又在人机接口、智能化和控制能力等方面开展了深入的研究,使它们更适合各种神经损伤患者、脑瘫、孤独症、残疾人和老年人使用。经过不断的努力,已开发了各种类型的康复机器人,也对相关技术进行了深入的研究,取得了丰硕成果。

三、研究进展

(一)上肢康复机器人

1. 常用的上肢康复机器人 下面介绍临床上普遍应用的上肢治疗型康复机器人,这些机器人是从1980年开始发展的。

(1) MIT-MANUS: 第一个经过广泛临床试验的机器人治疗设备是 MIT-MANUS, 由美国麻省理工学院研制, Interactive Motion 公司把其作为 InMotion 2 用来出售, 现在已经具有一定的商业价值(图 1-1A)。它有一个处于同一平面的 2 个关节臂, 使用选择性兼容的装配机器人臂, 有 2 个自由度, 可以实现患者的肩、肘和手在水平和垂直平面内的运动。在治疗过程中, 把患者的手臂(如脑卒中患者的瘫痪手臂)固定在一个特制的手臂支撑套中, 手臂支撑套固定在机器人臂的末端, 患者的手臂按计算机屏幕上规划好的特定轨迹运动, 屏幕上显示出虚拟的机器人操作杆的运动轨迹, 患者通过调整手臂的运动可以使两条曲线尽量重合, 从而达到康复训练的目的。如果患者的手臂不能主动运动, 机器人臂可以像传统康复治疗师那样带动患者的手臂运动。MIT-MANUS 已经进

行了广泛的临床试验,第一个临床试验比较了单纯的传统治疗和传统治疗加上机器人治疗对急性脑卒中患者的影响。结果表明,机器人额外治疗更有利于患者的运动恢复。后续研究表明,MIT-MANUS对慢性脑卒中患者同样有效。MIT-MANUS系列研究的机器人训练时间和强度一般为每周3次,共6周或每周4~5次,共7周。

(2) 镜像运动增强 (the mirror image movement enabler, MIME): 镜像运动增强系统采用了 Puma-560 机器人手臂来协助患者的手臂运动(图 1-1B)。它通过一个定制的夹板连接到手上,当相互作用的力量过大时连接器会松开。与 MIT-MANUS 相比, MIME 允许手臂更自然的活动,因为其具有 6 个方向的自由度;但必须依赖力量反馈,这样患者才能驱动机器人手臂。MIME 研发了 4 种控制模式。在被动模式下,患者完全放松,机器人通过所需的模式移动手臂。在活动辅助模式下,患者开始主动朝着目标移动,然后触发机器人给予一个带动手臂移向目标的平稳的运动力量。在主动约束模式下,机器人手臂是一种保护措施,防止患者手臂的运动轨迹远离目标。最后,在镜像模式下,通过数字化联动测量患者非受累侧手臂的运动轨迹,然后控制受累侧手臂在镜像对称的路径上移动。MIME 的初步临床试验发现,慢性脑卒中患者接受治疗型机器人的协助可以提高其活动能力,其与接受传统的物理和作业治疗的效果相似。

(3) GENTLE/s: GENTLE/s 系统使用商业机器人 HapticMaster 来协助患者运动,如通过玩视频游戏(图 1-1C)。HapticMaster 具有 4 个方向的自由度,通过力量反馈实现高带宽的力量控制。Amirabdollahian 等的研究表明,慢性脑卒中患者通过使用 GENTLE/s 系统可以提高他们的运动能力。

(4) ARM Guide: ARM Guide 是一个类似长号的机械臂,可以朝不同方向移动,然后

锁定在某个方向上,并可以协助手臂在一条直线上移动(图 1-1D)。慢性脑卒中患者接受 ARM Guide 机器人的协助,可以达到提高其活动能力的目的。然而, Kahn 等研究发现,机器人辅助运动下活动能力的提高程度与单纯进行同等强度活动训练的对照组相似。尽管这项研究的样本量较小($n=19$),但仍表明患者本身的运动效果是康复的一个关键因素;并提示未来研究应该谨慎控制运动训练的量;并通过比较 ARM Guide 和 MIME 的数据结果,提示了患者在运动前产生明确的力量形式比患者仅凭借机械完成动作更有效。遗憾的是,ARM Guide 没有解决机器人力量对运动恢复的影响问题。

(5) Bi-Manu-Track: Bi-Manu-Track 是目前最简单的机器人设备之一(图 1-1E)。此设备使用两个马达,每只手臂用一个马达,可以让双腕关节屈或伸,也可以协助前臂旋前或旋后。在一个临床试验中,22 名亚急性患者(如脑卒中后 46 周)进行 800 次运动,即每天 20min,每周 5d,共 6 周;其中一半运动是机器人驱动双臂进行运动,另一半是患者的健侧手臂带动患侧手臂进行运动;对照组患者腕伸肌接受同等时间的电刺激,诱发肌肉的自主活动。结果表明,机器人训练组 Fugl-Meyer 量表得分比对照组高 15 分。

2. 新型的上肢康复机器人 近几年,一些研究机构研发新的康复机器人系统,以下包括一些正在临床试验或正在研发的上肢康复机器人。

(1) T-WREX: T-WREX 是一个被动的 外骨骼手臂矫形器,通过弹性绷带支持手臂并抵抗重力,同时仍然允许大范围的手臂运动(图 1-2A)。通过采用一个简单的手握传感器,该设备允许功能较差的患者实践简单的模拟现实演习,如购物、烹饪等。慢性脑卒中患者通过此设备可以增加运动能力,获得的效果与使用 MIT-MANUS 和 MIME 相似。



图 1-1 常用的上肢康复机器人

A. MIT-MANUS; B. MIME; C. GENTLE/s; D. ARM Guide; E. Bi-Manu-Track

(2) ARMin; ARMin 是一款新型的外骨骼式机器人, 可以支持整个手臂(图 1-2B)。这款机器人通过与虚拟环境相结合, 可以整合出游戏般的场景, 这样患者通过玩游戏来进行治疗, 效果积极。已通过对众多脑卒中和脊髓损伤患者的测试和改进, 未来其技术研究将集中在评价新的肩部刺激方法和实行

并评价更深层次的日常生活活动(ADL)作业训练; 未来其临床工作将集中在评价患者康复受益程度的临床研究; 上肢康复应用 ARMin 的疗效是否高于结构相对简单的机器人尚待论证。

(3) NeReBot; NeReBot 是具有 3 个方向自由度的机器人, 可以在空间轨迹上慢慢移

动患者的手臂(图 1-2C)。与接受单纯传统康复治疗的脑卒中患者比较,早期进行上肢机器人感觉运动训练的患者上肢运动损伤和功能恢复显著提高,随访 8 个月后效果维持不变。

(4) 日常生活活动训练机器人(ADLER):ADLER 结合了日常生活活动训练和机器人辅助治疗技术,找到一种新的模式,进行的运动动作更自然,并报道最初伸展动作如何被实物影响和这些动作偏离直线轨道是怎样被最小运动模式预测的(图 1-2D)。该模式主要用于在机器人训练环境中产生运动轨迹,不过这一模式在产生日常生活活动的功能性轨迹上还存在不足。

(5) RehaRob: RehaRob 是使用工业机器人来移动患者的手臂,可以沿着任意的轨迹进行移动(图 1-2E)。

(6) 肌电控制穿戴式机器人支具:肌电控制穿戴式机器人支具是一款针对肘关节的机器人(图 1-2F)。应用这款支具对脑卒中后慢性偏瘫患者的运动训练的初步研究结果显示,它能成功控制脑卒中患者的严重偏侧功能障碍。

(二) 下肢康复机器人

步态训练是神经损伤后恢复活动能力的重要方面,其中减重活动平板训练(body-weight supported treadmill training, BWSTT)是常用的方式。20 世纪 90 年代,许多研究表明,BWSTT 可以恢复脊髓损伤患者或脑卒中后偏瘫患者的步态。根据损伤程度的不同,患者进行 BWSTT 时至少需要 3 名治疗师的协助,其中一名治疗师帮助其固定或移动骨盆,另外两名治疗师坐在跑步机两侧帮助患者摆动或支撑腿部。由于这样的步态训练需要过多的劳动力并加重治疗师的负担,并且难以实现高强度、有针对性和重复性的训练要求,自动化的步态训练方式应运而生。下肢康复机器人主要指步态康复训练机器人,这种机器人不是帮助患者进行平地的

步态训练,而是主要集中在 BWSTT 上,因为 BWSTT 可以更好地实现自动化。根据动力输入方式可分为腿部驱动和足底驱动两种类型。腿部驱动步态康复训练机器人通过牵引患者大腿和小腿协调摆动完成腿部步行动作,足底驱动步态康复训练机器人通过驱动患者足部模拟步行过程中踝关节的运动轨迹来进行步态训练。机器人辅助下 BWSTT 通常只需要一名治疗师,主要是帮助患者进出机器人和监测治疗。

1. 常用的步态康复训练机器人

(1) GT-I 步态康复训练机器人:GT-I 步态康复训练机器人通过两个脚踏板与患者的下肢相互作用,而不需要治疗师协助摆动下肢(图 1-3A)。但是,由于踏板大幅度降低足部与地面或活动平板间的感觉传导,使得步态更容易偏离自然。GT-I 踏板由一个单独的驱动机制驱动,通过摇杆系统将下肢沿着一个固定步态轨迹运动。通过改变齿轮之间的距离可以调整步幅。通过头顶的固定带负担身体的重量。躯干通过连接带和足部的曲轴在矢状面上移动。目前关于 GT-I 步态康复训练机器人的研究主要集中在欧洲。有报道,30 名亚急性脑卒中患者通过 GT-I 训练后,平地行走能力得以改善,但随访 6 个月与无机器人辅助训练的对照组无显著差异。其中 80% 的患者认为 GT-I 训练让他们感觉到是机器人在协助,而不是治疗师在协助,因为机器人辅助训练不需要过多人力且更加舒适。其余 20% 的患者则认为肢体的摆动似乎不太自然,并且这种训练方式不太有效。还有研究对脑卒中患者进行时间匹配的机器人训练和传统训练,发现机器人训练组在很大程度上可恢复步行能力。

(2) Lokomat 步态康复训练机器人:Lokomat 步态康复训练机器人主要由步态矫正器、体重支持系统和跑台组成(图 1-3B)。患者佩戴一个机器人外骨骼系统在活动平台上进行步行训练,髋关节和膝关节受

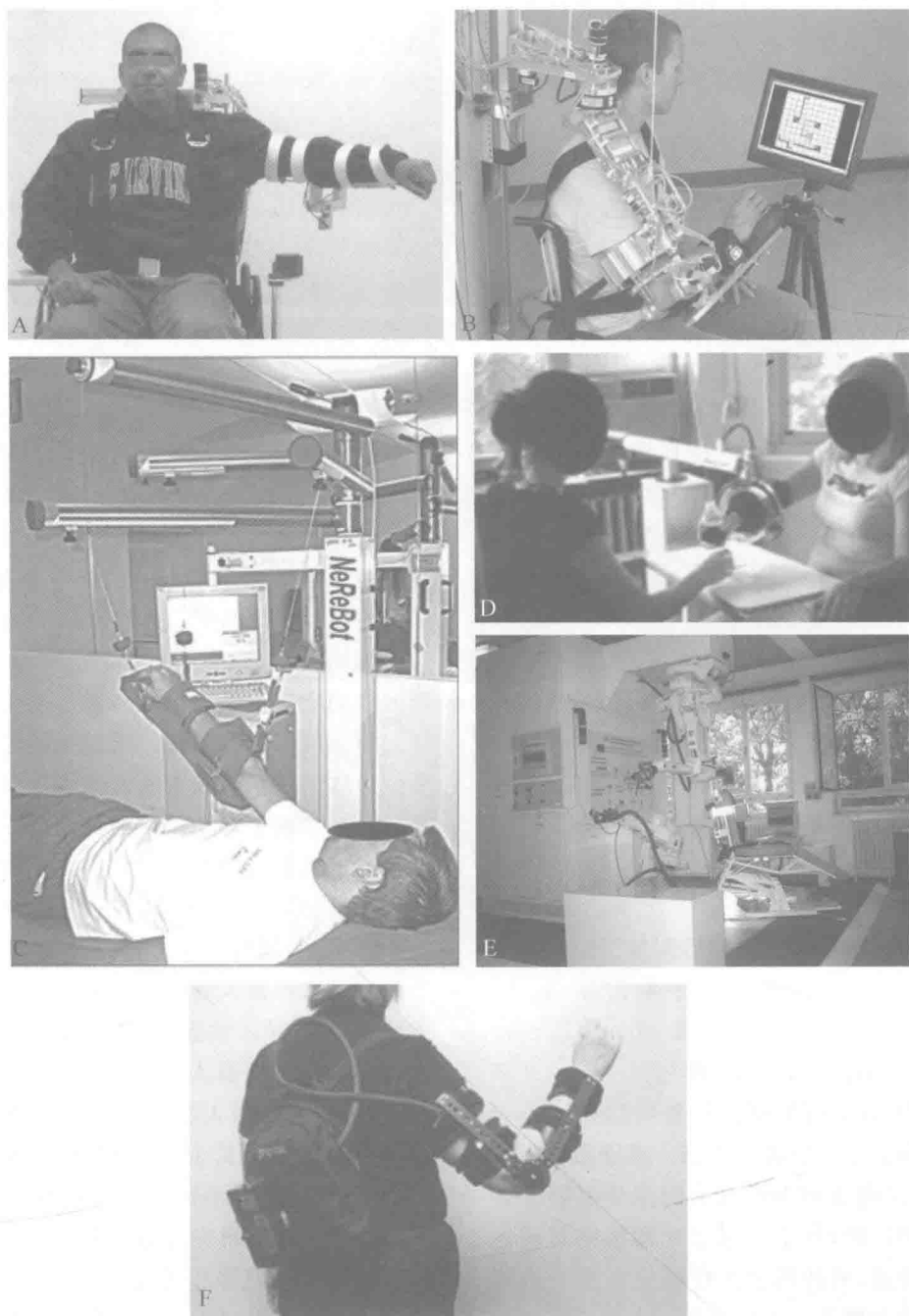


图 1-2 新型的上肢康复机器人

A. T-WREX; B. ARMin; C. NeReBot; D. ADLER; E. RehaRob; F. 肌电控制穿戴式
机器人支具

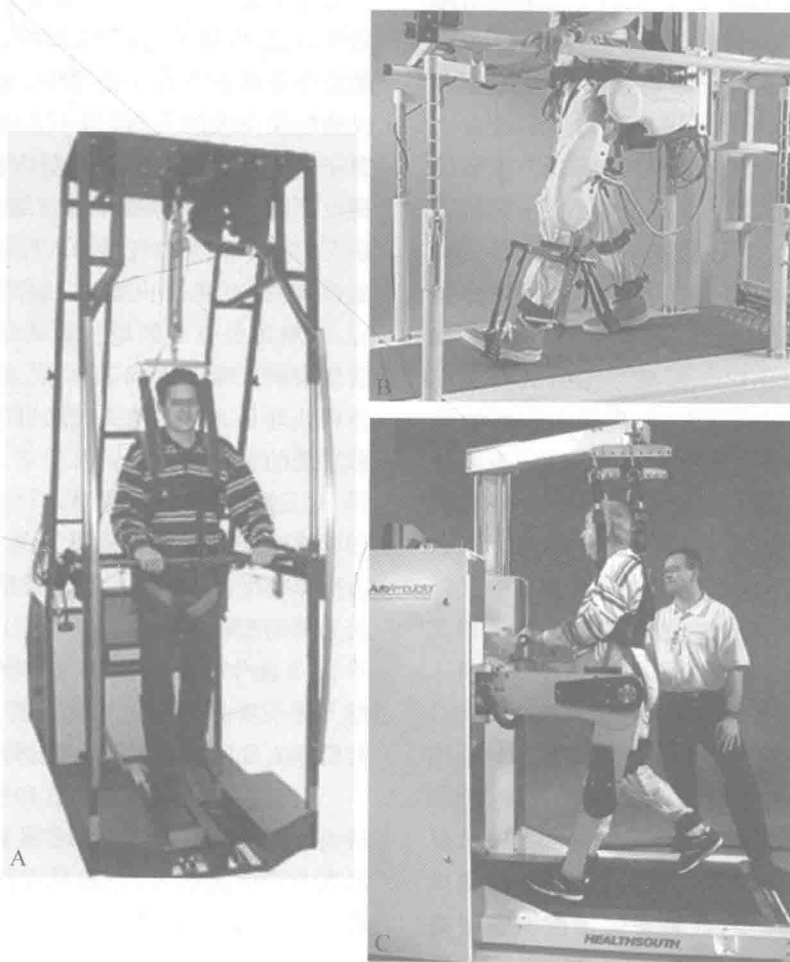


图 1-3 步态康复训练机器人

A. GT-I 步态康复训练机器人; B. Lokomat 步态康复训练机器人;
C. AutoAmbulator 步态康复训练机器人

一个完整的外骨骼式结构驱动。在步态训练时,4个关节(髋关节和膝关节)受 Lokomat 系统软件控制,确保沿着预设的生理步态轨迹进行训练。身体的重量通过头顶的固定带来负担。机器人辅助的步态模式是根据患者制定的,适当的感输入可以增加患者的积极性。患者和治疗师都可实时了解患者自身的肌肉活动性和外骨骼式结构的工作情况。

目前已有几十个关于 Lokomat 步态康复训练机器人康复受益程度的试验和临床研究。2005 年,Wirz 和同事们最先报道了 Lokomat 康复机器人辅助下 BWSTT 训练

对 20 名不完全性脊髓损伤患者的影响,发现训练后患者平地行走速度和耐力都有显著性改善,其中 16 名患者比训练前平均提高了 50%。但是,训练前后患者对步行辅助器、矫形器或外部的物质支持的需求没有显著改变。一项对 67 例初发脑卒中后 3 个月内亚急性期患者的研究表明,Lokomat 组在独立步行能力方面优于普通理疗组。2009 年,Kelly 等对 16 名脑卒中后偏瘫患者的研究表明,Lokomat 组的自选步行速度和患侧步长比得到改善,而对照组只有平衡能力稍有改善。

近年来,对 Lokomat 机器人的研究不再局限在脑卒中和脊髓损伤患者,涉及更多病种。2008 年,Lo 等把多发性硬化患者分为两组,分别为 Lokomat 训练组与传统减重活动平板训练组,结果表明两组步态训练结果没有显著性差异。2009 年,一项对脊髓减压病患者的研究表明,经过 3 个月的 Lokomat 步态康复训练后,患者的美国脊髓损伤协会评分由 C 级升到 D 级,脊髓独立性评定和 Berg 平衡表评分均有提高。使用机器人可以加大训练时间和强度,但机器人训练的最佳强度和时长目前尚无定论,不同的研究者选取的训练强度和时长也不一样。因此,在未来应该用对照试验和大样本研究来论证在中度和严重慢性期脑卒中患者中机器人辅助治疗的疗效和费用效益。

2. 新型的下肢康复机器人

(1)动力型康复器械(hart walker, HW) 2007 年日本东京大学机械工程学院 Hiroshi 等研制出了一种动力型康复器械,它由两个竖直的膝踝足矫形器和一个四轮车组成,由于腰部是连接在康复器械的竖直杆上,减少了患者摔倒的风险,而且在保证正确姿态的同时患者的双手也是自由的,可以进行一些辅助操作。

(2)AutoAmbulator 步态康复训练机器人:AutoAmbulator 步态康复训练机器人由两个机械臂协助患者进入机器人,根据需要提供支持患者的体重,患者下肢通过连接带把大腿和踝关节连接起来(图 1-3C)。目前 AutoAmbulator 步态康复训练机器人在多个康复中心进行临床试验,主要集中在美国。针对脑卒中患者的单盲、随机的临床试验正在进行,目的是为了评估其有效性。

(3)Intelligent Walking Assistive Robot:韩国西江大学的 Intelligent Walking Assistive Robot,其设计是为了增加体弱和行走不便的老年人的运动范围和活动能力。该外骨骼结构上的显著特点是整个装置由两

个部分组成:外骨骼和手推车。所有的驱动元件,包括电池和马达,以及控制器等较重的周边设备都布置在手推车中,这样一方面可以减轻操作者的负担,另一方面亦可以保证老年人的行走平衡。在控制方面,他们采用类似于肌电信号的肌纤维收缩信号,利用绑在大腿和小腿上的气囊内气体的压力变化来测得,而在人腿自由摆动,即肌纤维不收缩时,则利用关节处的电位计式角度传感器的信号来触发驱动器的动作,传感器信号的融合和处理是通过便携式计算机中的模糊控制来实现的。

(三)辅助型康复机器人

辅助型机器人主要可分为 3 种类型,包括操作辅助型机器人、移动辅助型机器人和认知辅助型机器人。

1. 操作辅助型机器人 操作辅助型机器人进一步分为固定平台机器人、便携式平台机器人和移动自动平台机器人。

(1)固定平台机器人:这种类型常见的机器人包括日常生活活动和作业操作辅助型机器人及厨房机器人,一般具有机械操作臂和适合于操作臂完成各项任务的环境系统。Handyl 康复机器人是一种家庭式日常生活活动机器人,最初是为脑瘫患者进食而设计的,是世界上最成功的一种低价康复机器人系统,现在许多发达国家的严重残疾者经常使用这种机器人(图 1-4A)。目前正在生产的机器人能完成 3 种功能,是由 3 种可以拆卸的滑动托盘来分别实现的,包括吃饭/喝水托盘、洗脸/刮脸/刷牙托盘和化妆托盘,可以根据患者不同的要求灵活地更换,以适应他们身体残疾的情况。Handyl 具有以 PC104 技术为基础的新控制器,并具有多种功能,如语音识别、语音合成、传感器的输入、手柄控制及步进电机的输入等。Handyl 还具有通话功能,在操作过程中可以为护理人员及患者提供有用的信息,包括简单的操作指令及有益的指示,并可以用多种语言表达。这种

装置可以大大提高 Handy1 的方便性,而且有助于突破语言的障碍。以进食为例, Handy1 的工作步骤如下:在 Handy1 的托盘部分装有一个光扫描系统,它使患者能够从餐盘的任何部分选择食物。简而言之,一旦系统通电,餐盘中的食物就被分配到若干格中,共有 7 束光线在餐盘的后面从左向右扫描。患者只用等到光线扫到他想要的食物的那一格的后面时,就可以按下单一的开关,启动 Handy1。机器人前进到餐盘中所选中的部分,盛出一满勺食物送入患者口中。患者可以按照自己希望的速度盛取食物,这一过程可以重复进行,直到盘子空了为止。机器人上的计算机始终跟踪盘子中被选中食物的地方,并自动控制扫描系统越过空了的地方。利用托盘上的第 8 束光线,患者在吃饭时可以够得到任何地方的饮料。Handy1 的简单性和多功能性为有特殊需求的患者提供了较大的自主性,使他们增加了融入“正常”环境中的机会。

专业的作业操作辅助型机器人(Pro-VAR)是一种基于 PUMA-260 机械臂的试验原型机(图 1-4B)。这种机械臂安装在横置于顶部的 1 米长的轨道上,可用来抓取物件以操作设备,还可以传递东西给机器人的操作者。人机互动通过嵌入普通因特网浏览器的 Java 程序或可视化模型语言,有残疾的办公室工作人员用普通下拉菜单和控制屏幕来发出高级指令。这种系统及其前身 De-VAR 已经在多个康复中心中进行了实用性和接受程度的评估。目前已经投入了大量资金用于研发更简单、更便宜的最终产品。

厨房机器人“Giving-A-Hand”是由意大利人 Scoula Superior Sant'Anna 研发的,放置于厨房柜台轨道上的一种低自由度的设备,它能够将食物从某些装置如电冰箱和炉子中取出和放入。通过集成控制系统,它还可以控制某些设备,如烹饪时间和开门。

(2)便携式平台机器人(轮椅操作机械臂

系统):患者在使用电动轮椅时经常需要操作物体,如在回家或去公共场所(如餐馆或杂货店)的路上。机器人辅助服务操作器(ARM, Exact Dynamics, Netherlands),是一种可以安放在电动轮椅扶手上的商用机器人手臂,它由轮椅上的手柄或遥控器控制。在肌肉萎缩患者中进行了大量关于该机器人的研究,如高位脊髓损伤或脑瘫患者。从世界范围看,这是目前唯一一款可由医师开处方,并由政府卫生系统买单的商用机器人手臂。

(3)移动自动平台机器人:机器人最常见的形式是一种自动的、带有手臂的可活动系统,有着类似于人的感知功能,并且可以帮助人们从事日常生活活动。由于本体感知功能是智能机器人的关键要求,在第一台会行走的机器人问世之前,其他有轮机器人已经投入使用。现在,真正的机器人如助手伴侣(HelpMate)已经可以用楼层地图和短距超声导航来搬运货物(图 1-4C)。德国 Care-O-bot 机器人具有先进的导航和传感功能,并安装在智能轮椅上,可以用来辅助患者移动和稳定。

2. 移动辅助型机器人 移动辅助型机器人进一步分为导航智能轮椅、智能步行辅助机器人和认知辅助型机器人。

(1)导航智能轮椅:为了解决下肢残疾者和失去行走能力的老年人的交通和代步问题,1986 年英国首先在电动轮椅的基础上研制了智能轮椅,此后许多国家和机构开展了这方面的研究。轮椅已经从过去的单纯依靠人力操作发展到现在的智能轮椅,作为这些人群的主要交通工具,近年来发展得非常迅速。智能轮椅是将智能机器人技术应用于电动轮椅上,融合了机构设计、传感技术、机器视觉、机器人导航和定位、模式识别、信息处理以及人机交互等先进技术,具有自主避障、导航和路径规划能力,从而使轮椅变成了高度自动化的移动机器人(又称智能轮椅式移动机器人)。智能轮椅在室内可基于地图、路



图 1-4 操作辅助型机器人

A. Handy1 康复机器人; B. ProVAR 作业操作辅助型机器人; C. HelpMate 移动自动平台机器人

标等环境模型自主运动,在室外基于人机接口提供的方向指令运动。这种机器人大部分是将已有的机器手臂和电动轮椅相结合,智能轮椅一般由以下 3 部分组成:环境感知和导航系统、运动控制和能源系统以及人机接口。德国的 Friend 系统就是将一个 MANUS 机器人手臂安装在电动轮椅上,由语音识别系统控制的机器人(图 1-5A)。轮椅的左面安装了一个小平台和一个平板显示器。系统以程序化运动和操作者控制运动两种模式工作。在程序化模式中,操作对象必须放在平台的固定位置上,操作者发出简单的命令来调用模块化的程序完成一套动作,在操作者控制模式下手臂可根据用户的语音命令工作。

其中导航辅助系统是智能轮椅的关键功能。NavChair 智能轮椅首次展示其导航功能,墙壁、门或狭窄的多道都能通过,且速度适中,但超声波和其他传感器到达的范围较小,不能远程导航。Hephaestus 是下一代专门为各种轮椅设计的商业产品,充分利用了操纵杆、控制器和电力系统(图 1-5B)。智能轮椅配备丰富的传感器,如超声波、红外线、霍尔传感器和视觉传感器等,用于获取环境信息;同时又设计了丰富的人机接口系统,以利于各种身体条件的操作者进行灵活方便的操作。例如,Wheelesley 智能轮椅的操作者

可通过菜单、操纵杆和图形界面 3 种方式控制轮椅(图 1-5C)。KARES 轮椅机器人则可以通过眼鼠标、触觉服等与操作者进行沟通。

对于身体功能严重障碍或丧失的残疾人和老年人来讲,要实现独立生活是很困难的。带手臂的轮椅机器人则可能使他们恢复到最大限度的独立状态。机器人在作为代步工具的同时又可以使用机器手臂完成一定的日常生活活动。随着机器人控制技术的发展,智能轮椅在更现实的基础上有了更好的交互性、适应性和自主性。

(2)智能步行辅助机器人:第三类具有稳定辅助功能的移动型机器人较为特殊,它是由外力推动,轮子没有动力,但可以主动控制方向和制动。PamAid 步行辅助机器人看起来像一个轮子上的前方闭合的步行器,还带有自行车式的车把(图 1-6A)。在机器人后方步行的人通过转动把手,可以将轮子转到正确的方向。如果超声探头探测到前方有障碍,刹车可以避免设备和操作者撞到障碍物。Care-O-bot 步行辅助机器人原本设计成与真人同样大小的活动自动机器人,具有和 PamAid 步行辅助机器人类似的把手,因此,它可以作为智能步行辅助机器人(图 1-6B)。Care-O-bot 步行辅助机器人重量较大,所以需要有动力。