

上肢康复机器人辅助技术的临床实践分享

邹贵娣

惠州市第三人民医院

康复机器人是康复医学和机器人技术的完美结合。随着机电交互、智能控制及机器人等技术的不断发展，先进的机器人技术不断地被引入到康复工程中。

康复机器人是医疗机器人的一个重要分支，是利用智能化、自动化技术和器械辅助病人进行康复治疗、护理和日常生活的高科技产品，涉及到康复医学、生物力学、机械学、机械力学、电子学、材料学、计算机科学以及机器人学，成为国际机器人领域的研究热点之一。

经过对手与上肢功能障碍康复机器人的功能用途分析，将手与上肢功能障碍康复机器人分为两个大类，包括功能治疗类手与上肢功能障碍康复机器人和生活辅助类手与上肢功能障碍康复机器人。功能治疗类手与上肢功能障碍康复机器人主要是利用机器人帮助手或上肢功能障碍患者完成各种运动功能的恢复训练。此外，一些治疗类上肢康复机器人还兼具诊断、评估功能并结合虚拟现实以提高康复效率。功能治疗类手与上肢功能障碍康复机器人按作用类型不同又可分为手与上肢功能恢复型康复机器人、手与上肢功能增强型康复机器人两个子类。手与上肢功能恢复型康复机器人主要是在康复医学的基础上，通过一定的机械结构及其传功方式，引导或辅助具有手或上肢功能障碍的患者进行康复训练，以达到手与上肢功能恢复的目的，按其作用机制不同可分为末端支撑式（图1）、悬吊式（图2）、外骨骼式（图3）和手功能康复机器人（图4）。手与上肢功能增强型康复机器人是主要为手与上肢功能较弱患者所研发的一种康复机器人，其引用航空航天外骨骼增力机器人技术，使患者在穿戴该类机器人后既可进行模式下关节活动度训练，又可进行补足患者缺乏的功能（如患者上肢肌力不足而不能抬起重物时，助力患者将重物抬起），从而达到上肢功能增强的作用。手与上肢功能增强型康复机器人根据工作方式及工作部位的不同可分为：外骨骼上肢康复机器人（移动式）、外骨骼手功能康复机器人（移动式）。生活辅助类手与上肢功能障碍康复机器人主要分为手与上肢功能代偿型康复机器人（如智能假肢，图5）和手与上肢功能辅助型康复机器人（如智能辅助机械臂、喂食机器人，图6）。



MIT-Manus

图1 末端支撑式上肢康复机器人



图2 悬吊式上肢康复机器人



图3 外骨骼式上肢康复机器人



图4 手功能康复机器人



图5 智能上肢假肢



图6 喂食机器人 Obi

在临床治疗中，作业治疗师会徒手设置各种形式的任务导向的作业治疗项目，如图7、图8所示。作业治疗师徒手设置的这些作业治疗项目也能增加治疗的趣味性、多样化和导向性，带来一定的康复疗效。但可能存在如下的不足：一对一的人力训练，



效率较低下；存在一定的主观因素；不能精确控制和记录训练参数；无法建立训练参数和康复指标的对应关系；不能向患者提供实时直观的反馈信息；训练过程吸引力欠佳，可重复训练率相对较低，参与治疗的主动性不够。



图 7

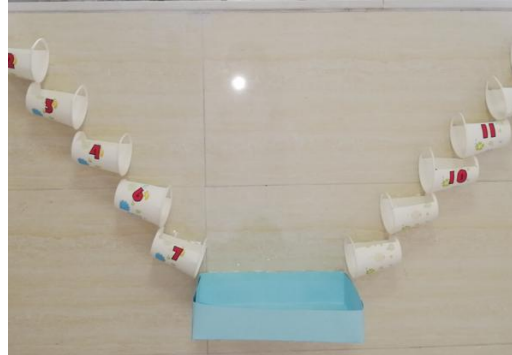


图 8

上肢康复机器人能解决徒手治疗中的问题吗？答案是肯定的。上肢康复机器人技术作为一种外周康复干预措施，其以促进中枢神经系统重塑，达到强化中枢和促进运动意图有效输出为目的，最终提高运动能力。上肢康复机器人能替代治疗师完成高强度、高密集度的重复性体力劳动，提高患者治疗效率，使康复治疗师与患者双方受益；上肢康复机器人能提供明确任务导向，结合趣味、多样化的虚拟情景下的交互综合训练，满足作业治疗师在趣味性、多样化等方面的作业活动设计（图 9、图 10 所示）；上肢康复机器人在治疗中能向患者提供实时直观的智能反馈信息，这样可提高患者积极性，增强患者的康复信心；上肢康复机器人在患者治疗中的动作指引、握力提示、游戏动作拟声等智能语音反馈能增强人机交换的互动信息，进而提高患者参与训练主动性、积极性；而且上肢康复机器人能实现评估数据采集与保存，能精确控制和记录训练参数，建立训练参数和康复指标的对应关系。



图 9



图 10

上肢康复机器人主要适用于中风患者、颅脑外伤、脊髓损伤、外周神经损伤、骨关节疾病、小儿运动发育迟缓、废用性肌萎缩、关节运动受限、感觉功能障碍及其他的神经系统疾病引起的上肢功能障碍。上肢康复机器人可以改善关节活动度、肌力、平衡等运动功能，物体识别、注意力、记忆力等认知功能，穿衣、吃饭、洗漱等日常生活功能。上肢康复机器人的训练模式有被动运动、助动运动及主动运动，其中主动运动有自由运动和抗阻运动等模式。进行上肢康复机器人治疗时需针对病人的具体情况制订训练方案，急性期的患者，重点是预防关节挛缩及提供适宜感觉刺激，对于早期上肢主动随意控制力较微弱的脑卒中患者，应用视觉反馈及任务导向性训练，鼓励患者哪怕在被动或助力中跟着做出相应的动作，也能很好地促进运动技巧的学习；对于亚急性期的患者，重点是诱导分离运动和抑制异常的运动模式；相对于慢性期的患者，以康复机器人辅助的任务特异性主动运动为主。

上肢康复机器人还能联合其他技术，有以下几种常见的联合技术：功能性电刺激辅助上肢康复机器人（图11），基于表面肌电信号的上肢康复训练机器人，基于虚拟现实技术的上肢康复机器人，以及基于脑机接口上肢康复训练机器人（图12）。

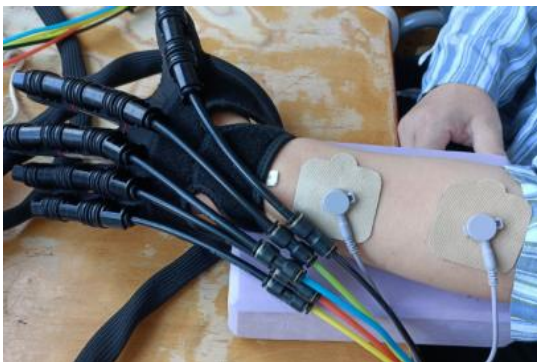


图 11



图 12

综上所述，随着智能化康复手段的不断发展，基于高新技术的上肢康复机器人技术在临床治疗中体现了它的优势所在。对于临床一线的治疗师，如何在临床实践中充分利用好上肢康复机器人，值得我们思考和重视。以脑神经康复而言，脑神经具有可塑性，促成脑神经的重塑，最主要的三个基本因素如下（本篇作者的观点）：主动参与（运动再学习），重复（密集的训练），正确的进行。在上肢康复机器人治疗中，多元化任务导向性训练项目、运动-视觉-听觉多通道感官刺激、虚拟技术将训练项目结合游戏的方式以增加治疗过程的趣味性等，使患者的主动参与性更强，当然还要结合治疗师适当的引导，最终才能更好的改善上肢的控制能力、肌肉力量、关节活动度、



协调能力；上肢康复机器人能在人力的基础上补充完成高强度、高密集度的重复性训练，通过目的性强的不同任务型训练增加患者重复的强度，且趣味性及多样性，利于重复的进行，但治疗师需针对病人的具体情况制订或更换训练方案；第三个影响脑神经重塑的基本因素是“正确的进行”。上肢康复机器人治疗中能够对患者在作业任务中进行语音提示和“指导性”训练，患者通过外部反馈（眼、耳、皮肤等）和内部反馈（前庭迷路和本体感受器等）以及脑自身信息的发生和再学习向大脑皮质不断输入正确的运动模式，单单上肢康复机器人的“提醒”还不够，治疗师对训练模式、动作正确与否的监督显得更为重要，特别是对于偏瘫患者而言，在临床治疗中融入“偏瘫肩痛的全周期防治管理策略”的理念意识显得尤为重要。当肩周控制不够好时，在进行外骨骼式上肢康复机器人治疗时，应用屈曲上抬的训练模式容易造成撞击肩损伤；且训练时，肢体的位姿控制的实现需要外骨骼各关节轴线与人体关节解剖学轴线重合，否则容易造成不必要的损伤。

随着人工智能技术、机器人技术和康复医学的发展，康复机器人已经成为一种新的运动神经康复治疗手段，是传统常规康复治疗方法的有效补充，且康复机器人正不断向着更加智能化、无人化及物联网化的方向发展，拥有更完善的功能。但就目前的上肢康复机器人而言，较难做到个体化的特征性强的训练方式，也较难做到手指部分复杂化、精细化的训练，治疗师对于患者整体方案的个体化地设计、实施、质量把控是最重要的。

参考资料

- [1] 李奎成, 闫彦宁. 作业治疗. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [2] 贾杰. 手功能康复概论. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [3] 贾杰. 手功能康复理论与实践. 北京: 电子工业出版社, 2022.
- [4] 孙亚, 李岩, 等. 机器人辅助的双侧任务导向性训练对脑卒中患者上肢功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(10): 1195-1200
- [5] 孙长城, 王春方, 等. 上肢康复机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 29(10): 1162-1167.