

上肢康復機器人輔助技術的臨床實踐分享

鄒貴娣

惠州市第三人民醫院

康復機器人是康復醫學和機器人技術的完美結合。隨著機電交互、智能控制及機器人等技術的不斷發展，先進的機器人技術不斷地被引入到康復工程中。

康復機器人是醫療機器人的一個重要分支，是利用智能化、自動化技術和器械輔助病人進行康復治療、護理和日常生活的高科技產品，涉及康復醫學、生物力學、機械學、機械力學、電子學、材料學、電腦科學以及機器人學，成為國際機器人領域的研究熱點之一。

經過對手與上肢功能障礙康復機器人的功能用途分析，將手與上肢功能障礙康復機器人分為兩大類，包括功能治療類手與上肢功能障礙康復機器人和生活輔助類手與上肢功能障礙康復機器人。功能治療類手與上肢功能障礙康復機器人主要是利用機器人幫助手或上肢功能障礙患者完成各種運動功能的恢復訓練。此外，一些治療類上肢康復機器人還兼具診斷、評估功能並結合虛擬現實以提高康復效率。功能治療類手與上肢功能障礙康復機器人按作用類型不同又可分為手與上肢功能恢復型康復機器人、手與上肢功能增強型康復機器人兩個子類。手與上肢功能恢復型康復機器人主要是在康復醫學的基礎上，通過一定的機械結構及其傳功方式，引導或輔助具有手或上肢功能障礙的患者進行康復訓練，以達到手與上肢功能恢復的目的，按其作用機制不同可分為末端支撐式（圖1）、懸吊式（圖2）、外骨骼式（圖3）和手功能康復機器人（圖4）。手與上肢功能增強型康復機器人是主要為手與上肢功能較弱患者所研發的一種康復機器人，其引用航空航太外骨骼增力機器人技術，使患者在穿戴該類機器人後既可進行模式下關節活動度訓練，又可進行補足患者缺乏的功能（如患者上肢肌力不足而不能抬起重物時，助力患者將重物抬起），從而達到上肢功能增強的作用。手與上肢功能增強型康復機器人根據工作方式及工作部位的不同可分為：外骨骼上肢康復機器人（移動式）、外骨骼手功能康復機器人（移動式）。生活輔助類手與上肢功能障礙康復機器人主要分為手與上肢功能代償型康復機器人（如智能假肢，圖5）和手與上肢功能輔助型康復機器人（如智能輔助機械臂、餵食機器人，圖6）。



MIT-Manus

圖 1 末端支撐式上肢康復機器人



圖 2 懸吊式上肢康復機器人



圖 3 外骨骼式上肢康復機器人



圖 4 手功能康復機器人



圖 5 智能上肢假肢



圖 6 餵食機器人 Obi

在臨床治療中，作業治療師會徒手設置各種形式的任務導向的作業治療專案，如圖 7、圖 8 所示。作業治療師徒手設置的這些作業治療專案也能增加治療的趣味性、多樣化和導向性，帶來一定的康復療效。但可能存在如下的不足：一對一的人力訓練，



效率較低下；存在一定的主觀因素；不能精確控制和記錄訓練參數；無法建立訓練參數和康復指標的對應關係；不能向患者提供即時直觀的回饋資訊；訓練過程吸引力欠佳，可重複訓練率相對較低，參與治療的主動性不夠。



圖 7

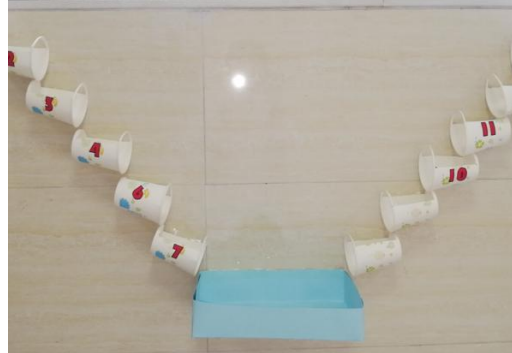


圖 8

上肢康復機器人能解決徒手治療中的問題嗎？答案是肯定的。上肢康復機器人技術作為一種外周康復干預措施，其以促進中樞神經系統重塑，達到強化中樞和促進運動意圖有效輸出為目的，最終提高運動能力。上肢康復機器人能替代治療師完成高強度、高密集度的重複性體力勞動，提高患者治療效率，使康復治療師與患者雙方受益；上肢康復機器人能提供明確任務導向，結合趣味、多樣化的虛擬情景下的交互統合訓練，滿足作業治療師在趣味性、多樣化等方面的作業活動設計（圖 9、圖 10 所示）；上肢康復機器人在治療中能向患者提供即時直觀的智能化回饋資訊，這樣可提高患者積極性，增強患者的康復信心；上肢康復機器人在患者治療中的動作指引、握力提示、遊戲動作擬聲等智能語音回饋能增強人機交換的互動資訊，進而提高患者參與訓練主動性、積極性；而且上肢康復機器人能實現評估數據採集與保存，能精確控制和記錄訓練參數，建立訓練參數和康復指標的對應關係。



圖 9



圖 10

上肢康復機器人主要適用於中風患者、顱腦外傷、脊髓損傷、外周神經損傷、骨關節疾病、小兒運動發育遲緩、廢用性肌萎縮、關節運動受限、感覺功能障礙及其他的神經系統疾病引起的上肢功能障礙。上肢康復機器人可以改善關節活動度、肌力、平衡等運動功能，物體識別、注意力、記憶力等認知功能，穿衣、吃飯、洗滌等日常生活功能。上肢康復機器人的訓練模式有被動運動、助動運動及主動運動，其中主動運動有自由運動和抗阻運動等模式。進行上肢康復機器人治療時需針對病人的具體情況制訂訓練方案，急性期的患者，重點是預防關節攣縮及提供適宜感覺刺激，對於早期上肢主動隨意控制力較微弱的腦卒中患者，應用視覺回饋及任務導向性訓練，鼓勵患者哪怕在被動或助力中跟著做出相應的動作，也能很好地促進運動技巧的學習；對於亞急性期的患者，重點是誘導分離運動和抑制異常的運動模式；相對於慢性期的患者，以康復機器人輔助的任務特異性主動運動為主。

上肢康復機器人還能聯合其他技術，有以下幾種常見的聯合技術：功能性電刺激輔助上肢康復機器人（圖 11），基於表面肌電信號的上肢康復訓練機器人，基於虛擬現實技術的上肢康復機器人，以及基於腦機介面上肢康復訓練機器人（圖 12）。

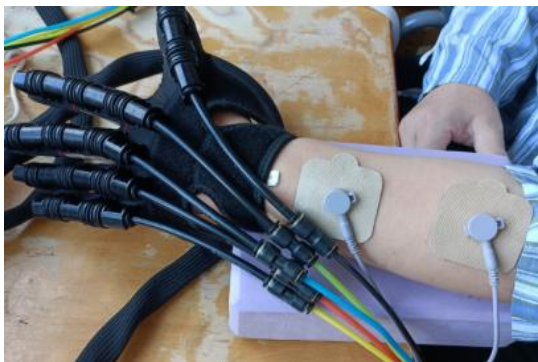


圖 11



圖 12

綜上所述，隨著智能化康復手段的不斷發展，基於高新技術的上肢康復機器人技術在臨床治療中體現了它的優勢所在。對於臨床一線的治療師，如何在臨床實踐中充分利用好上肢康復機器人，值得我們思考和重視。以腦神經康復而言，腦神經具有可塑性，促成腦神經的重塑，最主要的三個基本因素如下（本篇作者的觀點）：主動參與（運動再學習），重複（密集的訓練），正確的進行。在上肢康復機器人治療中，多元化任務導向性訓練專案、運動-視覺-聽覺多通道感官刺激、虛擬技術將訓練專案結合遊戲的方式以增加治療過程的趣味性等，使患者的主動參與性更強，當然還要結合治療師適當的引導，最終才能更好的改善上肢的控制能力、肌肉力量、關節活動度、

協調能力；上肢康復機器人能在人力的基礎上補充完成高強度、高密集度的重複性訓練，通過目的性強的不同任務型訓練增加患者重複的強度，且趣味性及多樣性，利於重複的進行，但治療師需針對病人的具體情況制訂或更換訓練方案；第三個影響腦神經重塑的基本因素是“正確的進行”。上肢康復機器人治療中能夠對患者在作業任務中進行語音提示和“指導性”訓練，患者通過外部回饋（眼、耳、皮膚等）和內部回饋（前庭迷路和本體感受器等）以及腦自身資訊的發生和再學習向大腦皮質不斷輸入正確的運動模式，單單上肢康復機器人的“提醒”還不夠，治療師對訓練模式、動作正確與否的監督顯得更為重要，特別是對於偏癱患者而言，在臨床治療中融入“偏癱肩痛的全週期防治管理策略”的理念意識顯得尤為重要。當肩周控制不夠好時，在進行外骨骼式上肢康復機器人治療時，應用屈曲上抬的訓練模式容易造成撞擊肩損傷；且訓練時，肢體的位姿控制的實現需要外骨骼各關節軸線與人體關節解剖學軸線重合，否則容易造成不必要的損傷。

隨著人工智能技術、機器人技術和康復醫學的發展，康復機器人已經成為一種新的運動神經康復治療手段，是傳統常規康復治療方法的有效補充，且康復機器人正不斷向著更加智能化、無人化及物聯網化的方向發展，擁有更完善的功能。但就目前的上肢康復機器人而言，較難做到個體化的特徵性強的訓練方式，也較難做到手指部分複雜化、精細化的訓練，治療師對於患者整體方案的個體化地設計、實施、品質把控是最重要的。

參考資料

- [1] 李奎成, 閔彥寧. 作業治療. 北京: 電子工業出版社, 2019.
- [2] 賈傑. 手功能康復概論. 北京: 電子工業出版社, 2019.
- [3] 賈傑. 手功能康復理論與實踐. 北京: 電子工業出版社, 2022.
- [4] 孫亞, 李岩, 等. 機器人輔助的雙側任務導向性訓練對腦卒中患者上肢功能的效果[J]. 中國康復理論與實踐, 2023, 29(10): 1195-1200
- [5] 孫長城, 王春方, 等. 上肢康復機器人輔助訓練對腦卒中偏癱患者上肢運動功能的影響[J]. 中國康復醫學雜誌, 2023, 29(10): 1162-1167.