



人性化術後照護環境之新助手— 上肢復健機器人之研究與發展

文・圖／傅立成

一般而言，患者在動完手術後由於傷口尚未完全癒合，其感知與活動能力難免會受到某些限制，因此在生理與心理方面，通常比較脆弱，也比較需要特殊的照護與關懷。而患者對於疾病的認知不足，也會造成心理的不安與壓力；同時為了避免患者於上肢周遭組織開刀後因懼怕疼痛，未能依照醫生所指示，於手術後盡可能的活動上肢，造成淋巴水腫或上臂與胸部側面之皮膚粘合等後遺症併發。

機器人除了在生理資訊上能提供有效率的紀錄與處理，在治療上，隨著科技的發展，機器人也可以提供更多的服務，一般而言，上肢損傷患者需定期往返醫院進行相關復健療程，以避免關節攣縮及肌肉萎縮。在復健過程上，傳統的人工徒手治療方式是必須一對一進行，相當耗費人力，也造成病人訓練次數受限，再加上病人在居家時難以得到妥善的監督，常常造成訓練效果不佳，耽誤病人的復健黃金時期，且其治療效果與治療師的經驗及技術高度相關，而治療過程中也常常包含一系列重覆且費時的動作，針對不同的病患，治療師往往需根據其患部的不同與損傷程度的高低，記錄其復健過程所需的相關生理資訊，以利評估其療程之成效。對大

多數病患而言，每日往返醫院並不容易，許多復健治療也包括在家進行的訓練，然而要求病人居家時能獨自完成完整且正確的手臂動作並非易事。

藉由機器人的量產與使用，可以輔助治療師進行一對多的治療，治療師僅需將患者專屬的復健療程藉由對機器人下達命令，使機器人能夠遵循治療師的命令協助關節的活動，在執行療程期間，除了記錄相關的資訊也能即時回覆目前的狀態；由於現今的機器人多已具備動力的裝置並藉由相關設定使機器人在安全的狀況下帶動上肢，機器人的介入將可以節省治療師傳統行為需一對一的徒手治療所耗費的力量，讓治療師可以照顧更多的患者，同時藉由機器人精準的控制，也可以使治療的效果更為顯著。

基於生理與心理層次的考量，計畫團隊的成員除了包括資訊、電機領域的教授外，也結合外科醫學、護理、心理、科技藝術領域的專家，共同研發相關技術並針對此問題進行一系列的討論，目的在於建構一個能讓手術後病人獲得最體貼、最親切照護的人性化與個人化智慧型術後照護環境。



傅立成

臺灣大學電機系畢業（1981），柏克萊分校電機、電腦系碩士畢業（1985），柏克萊分校電機、電腦系博士畢業（1987）。現任臺灣大學電機系、資工系教授，同時為《亞洲控制學刊》總編輯。研究領域包括：非線性控制、適應控制、影像追蹤與伺服、磁浮系統控制、機電整合、機器人理論與應用、醫療機器人開發與研製、智慧生活空間、生產系統自動化與排程，家庭自動化與電子商務。

近期所執行之國科會“前瞻優質生活計畫”的工作內容可以略分為三項研究子題：生理輔助（physical aid）、心理輔助（psychological aid）、與照護環境監測（recovery environment monitoring）。生理輔助的主要目的是要研發新一代的人性化智慧型機器人（包含具有多功能的機器手臂復健機器人），以滿足手術後行動不便的病人的各種需求，並協助醫師進行相關的復健療程與人體資料處理。心理輔助部分的主要目的在於利用現代數位科技，製作具有適當情境的多媒體內容，讓手術後的病人可以透過具有正面鼓勵作用的互動回饋與數位藝術創作，而能夠更舒適地度過手術後的復原階段。照護環境監測的主要目的是要建置一個具有多元感測器的智慧型環境，利用多元感測器融合技術，支援生理輔助與心理輔助的研究部分。基於此第一年的重點在於提供乳癌手術後病人所需捏握與手臂運動的輔助（含生理輔助與心理輔助）與監測。第二年在於提供肺、胃、大腸癌等手術後病人呼吸訓練及下床之輔助與監測。第三年在於提供膝及髖關節等手術後病人行動與行走之輔助與監測。希望本計畫的努力能夠讓人們在未來可以無懼於病痛與手術，而擁有更優質、更健康的生活。

在合作過程中針對遭遇的問題及彼此的知識交換，除了讓我們能夠對病因等知識有更深入了解，同時藉由討論歸納出具體的解決與應對的方案，使團隊能夠朝既定之目標邁進。然而為了使各領域專家能齊聚一堂，並且能夠從各自不同的觀點中取得共識，初期的進展是較為緩慢艱難的，經過一年多的努力與發展，終於有了初步的雛型與成果，於既定的計畫中實現了一個針對手臂運動的復健機器人雛型，以下將進一步說明。

硬體機構的設計概念

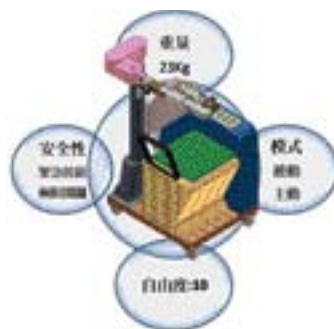
研發的輔助性之上肢復健機器人，具有十個自由度，可有效地簡化現今繁瑣的復健流程，不必再像傳統針對各個不同的復健動作，使用各別之輔助器具，讓患者可以在最短的時間內達成復健之功效。同時，在機構設計上，我們還評估了國內外現有的各式輔助裝置之優缺點，並將其納入設計之考量，而另一項設計重點，就是上肢復健機器人的活動範圍，由於不當的設計將會對患者的生命及安全造成危害，因此這一切的安全性考量，皆是為了設計出真正符合人性化的輔助裝置。

*人機互動模式

為了實現治療師人為之復健方式，上肢復健機器人採用先進的控制技術，提供患者以被動、主動的方式進行上肢復健，讓治療師可依據患者復原的狀態，選擇其適當模式。

*被動模式

此一模式適用於術後不久之患者，因為此時期的患者雙手仍無法自行出力，所以需要藉由外力的輔助，運用運動學與動力學的推算結果，準確地帶動患者完成整個復健療程，使用復健機器人可以引導患者執行正規的復健動作，避免因患者心理或生理等因素影響原本整套動作不被完全並標準的執行，降低了治療的效果。



· 本團隊研發之上肢復健機器人平台



* 主動模式

為了不讓患者養成長期依賴上肢復健機器人的協助，主動模式是有其必要，因為當患者雙手能逐漸自行出力，若還是依賴著此上肢復健機器人的協助，將會失去最終復健的目的。此外，主動模式的實現，必須藉由力感測器之嵌入，再依據患者肌力大小的資訊，給予適當的助力或阻力，讓患者逐漸達到康復的目標。

* 人性化的操控介面

為了令治療師能夠更容易的操控此上肢復健機器人，本團隊藉由與治療師的討論溝通後，依其需求建構出適合開發動作的人性化操控介面，本介面除了提供動作上的編輯設計，同時可儲存及觀測各生理資訊及機台狀態；另外也開發了3D即時動態模擬平台介面，可以讓治療師先經由電腦分析並由不同的視角確認並模擬所規劃之動作，是否與預期的規劃相符，資料庫的建構也使得不同的治療師可以透過本系統建構並分類針對不同患者所設計之動作規劃。而最後所規劃完成之設計動作，可以透過與上肢復健機器人的主機伺服端連線而上傳資訊至機

台處，使得本平台可輕易的運作於離線之規劃。因此，綜合上述論點，人性化操控介面之實現，主要是協助治療師可以更容易的評估患者復健之成效，並更進一步地為患者的療程做適當之調整。

有了此機器人系統架構後，為了能夠使機器人有更多的應用空間，以輔助更多不同類型的病患進行復健，開發一些更有效率的復健動作是必須的，同時針對開發先前雛型機時所面臨的一些實務上問題的改良，於手臂復健機器人完成後，有幸與臺大醫院復健部醫師、醫工所教授，另組成了一個針對上肢復健機器人的發展、改良與應用之團隊，對上述機器人本體及功能作更細膩及更嚴謹的探討，以期能落實於醫院並輔助療程的進行。至今與上述團隊共同開發近一年，對於工程背景的研究人員與醫療人員之間的互動與共識，在這段期間有顯著的成長，一個好的研究成果，是需要大家能夠發揮各自所擅長的能力與投注更多的心血才能獲得的，雖然研究的時間相較國外之發展時程來的短，但卻在大家同心齊力下，有了豐碩的成果。除了軟硬體上的開發有顯著的成效，對於環境及空間的建構上與復健的具體療程方法，更有了明確的規劃與方案。在

· 控制策略流程圖



· 上肢復健機器人之
人機介面平台開發



醫療領域的研究裡，除了發展以復健為本的機器人外，另外對於居家照護等日常生活中用於輔助行動的機器人，於前述國科會計畫的第二年，實現一多功能病床（機器人），此床針對腹部開刀等之術後病人，病人於開刀後躺在床上仍需要下床協助或是有移動身體之需求，因此機構設計上的要點在於能使病患身體以不同姿勢翻轉以及病患從病床下床與輪椅之間轉換過程之協助。此外“輔助行走家用機器人”也於計畫的第三年積極開發中；總之，研究的各部分發展皆是朝建構一個能讓病患獲得最體貼、最親切照護的人性化與個人化智慧型術後照護環境而努力。

結語

有感於在研究過程上，各研究領域仍難以在一個適合的環境中一同發展，因此未來若能成立一個“醫療機器人中心”，將是個一項不錯的構想，敝人期盼未來能夠與多位學者專家共同努力、打造一個以機器人服務為主的照護空間，帶給病患一個舒適溫馨的環境，在這中心除了提供充分的媒體內容（如衛教影片）讓病患能夠對自己的疾病有所認識、進而降低心理上對疾病的恐懼感外，同時在生理上能有機器人24小時全天候照護與輔助，各領域

的專家也可以透過此多元化的環境，彼此交換資訊、進而更進一步提升環境的優質化。藉由高科技知識的累積與所研發的成果，相信此一理想若能被實現，將這些元素融合於此環境中，將能加速國內在醫療及工程等領域上之發展，提高學術上的深度與廣度並落實於真實的生活環境中，使國內的醫療體系能夠更為健全。

致謝

本研究承國科會經費補助（編號NSC94-2218-E002-075、NSC95-2218-E002 -039及NSC96-2218-E002-008），特此感謝，同時感謝洪一平教授、張金堅醫師、張梅蘭主任、許永真教授、楊佳玲教授、朱浩華教授、王傑智教授、連豐力教授、黃寶儀教授、戴浩志醫師、陳佳慧教授、陳淑惠教授等各領域之學者專家共同研發建構此人性化術後照護環境；此外亦感謝臺大醫院專案計畫經費補助（編號aNTUH.97A20），並感謝本計畫中協同研究的賴金鑫教授、陸哲駒教授、章良渭教授以及陳文翔醫師共同以前述之「上肢復健機器人」為主軸做進一步的延伸發展，同時不遺餘力地促成將此復健機器人導入臺大醫院以進行未來相關之臨床實驗。 

參考文獻：

1. Michael J. Fu, Janis J. Daly and M. Cenk Çavuşoğlu. Assessment of EEG event-related desynchronization in stroke survivors performing shoulder-elbow movements, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2006), Oriando, FL, May,15-19, 2006
2. Tobias Nef, Matjaz Mihelj, Gery Colombo and Robert Riener. ARMin – Robot for rehabilitation of the upper extremities, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2006), Oriando, FL, May, Page 3152-3157, 2006
3. Shusong Xing and I-Ming Chen. Design expressive behaviors for robotic puppet, Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV' 02), 2002
4. M.S. Saunders and E. J. McConmick. Human factors in engineering and design, McGraw Hill, New York, USA, 1987