

出國報告（出國類別：進修）

腦-電腦介面於神經外科之運用

服務機關：臺北榮民總醫院

姓名職稱：郭昭宏 住院醫師

派赴國家：美國

出國期間：2016.06.29-2018.07.02

報告日期：2018.8.22

摘要

腦-電機介面(brain-computer interface)為利用腦部輸出的神經訊號，藉由神經訊號的取得，神經訊號分析，輸出訊號處理，輸出功能的設定，進而成為指令，使病人能對自我控制機械義肢或外骨骼。無論是對於先天的神經退化疾病，或是後天因中風或是外傷性脊髓損傷造成的肢體癱瘓，皆有復健輔助的功效；更進一步，能利用此分析流程，使周邊神經受損或是截肢的病人，利用周邊神經訊號進一步控制機械義肢輔助病人的基本生活功能，以回歸日常生活為目標。

關鍵字：腦機介面(brain-computer interface)，神經義肢(neuroprosthetics)，機械學習(machine learning)

目次

一、 目的	3
二、 過程	4
三、 心得	4
四、 建議事項	5
附錄	6

一、目的

肢體的運動失能可能是源自於先天的神經退化疾病，像是肌萎縮性脊髓側索硬化症(Amyotrophic lateral sclerosis，俗稱漸凍人)，也可能是後天因中風所造成的肢體偏癱，或是外傷性脊髓損傷所造成肢體癱瘓。在現今的神經再生的治療方式中，無論是使用幹細胞或是生長因子的方式，雖然在臨床報告中已具有一定的成效，但在失去正常肢體功能後，無論選擇何種治療方式，病患本身仍須搭配接受長時間的復健，且肢體失能所造成的骨骼肌肉萎縮，更使得神經再生後的臨床結果受到限制。

近十幾年來，腦機介面(Brain-computer interface or brain-machine interface)，又稱為運動神經義肢 (motor neuroprosthetics)的發展，利用正常的神經訊號輸出來控制電腦的介面，無論是滑鼠游標、機械義肢、或是外骨骼的控制，進而對肢體癱瘓病人的行動輔助。在病患受傷的復健期導入腦機介面，使癱瘓的肢體可藉由外骨骼帶動訓練維持肌肉骨骼的強度，或是利用機械手臂輔助其日常功能，讓病人在接受神經再生手術之後，能夠維持基本生活功能，提升復健的功效，以回歸日常生活為目標。

腦機介面的應用包含四個步驟: (1) 神經訊號的取得；(2)神經訊號分析；(3) 輸出訊號處理；(4) 輸出功能的設定。神經訊號取得的來源可來自非侵入性的腦電波 (electroencephalography, EEG)，到藉由侵入性電極的腦皮質波 (electrocorticography, ECoG)，或是將單一極小電極 (intracortical recording) 置於感覺運動皮質所得到的訊號。將擷取的神經訊號利用程式演算法 (Matlab, Python, 或是 C++ 語言) 做特徵的分類與運動行為的配對，利用機器學習技術 (machine learning) 設定輸出的功能與介面後，在根據病人失能的情況做適當的調整，使病人的癱肢獲得適當的復健輔助。

依對神經的侵入性不同，所得到訊號強度有所不同。在打開頭骨與腦膜後，將單一極小電極插入腦中，所會得的訊號是來自於周邊附近多個神經元，其訊號的來源最為直接，品質也最高，但是其缺點可能會因侵入性而導致神經損傷，也可能因電極的長期置入而使得身體對外來物產生排斥與免疫反應。EEG 及 ECoG 訊號，兩者的原理相同，藉由神經元活化後產生的運動電位，這些局部所產生的電流訊號，再透過腦細胞間質、腦脊髓液、腦膜、頭骨及皮下組織，而形成所謂的腦波。而兩者的不同在於，EEG 僅是在頭皮外做訊號的監測，而 ECoG 則是需要打開頭骨及硬腦膜，將電極至於腦皮質上，相對於 EEG，ECoG 的訊號品質比較好。

以神經外科的病人而言，腦部中風及高位頸椎損傷都是此項技術可應用的範圍。對於中風而造成對側肢體偏癱的病人，依出血性腦中風的好發位置而論，依次為被殼 (putamen)、視丘 (thalamus)、及小腦。肢體偏癱的原因不是在於運動皮質的直接損傷，而是運動神經傳導路徑的阻斷；若是出血位置接近於腦部皮質，也有相關的研究指出，雖然肢體運動的控制是來自於對側的大腦半球，但是同側的大腦半球仍有相關的訊號輸去，只是強度較對側弱，因此對於中風病人神經訊號的擷取並不會受限。反觀於高位頸椎損傷的病人，因國內機車盛行的緣故，常因事故而導致脊髓受損，對神經

功能而言，其病人兩側大腦半球的運動皮質並未受損，在治療上，除了對於頸部神經的減壓做處理外，腦機介面訊號的擷取確定運動皮質的完整，而相對單純。

在手術技巧上，硬腦膜下 ECoG 電極的置入已應用於癲癇病人的診斷與治療行之已久，最主要是用來癲癇病人病灶的定位。腦機介面所需電極置入的範圍，因只需要感覺運動皮質的神經訊號擷取，所以手術範圍小，若是使用單一及小電極的置入，手術範圍會更小，風險也較於一般傳統開腦手術相對來的更低，但兩者皆是屬於對腦部的侵入性手術，神經外科的角色仍不可或缺。

二、過程

從臨床醫師的角色要開始學習程式語言及訊號分析是一個相當辛苦的過程，從訊號的基礎理論，頻寬的擷取，到程式語言的熟悉，是完全與臨床訓練不同思考邏輯，所幸的是，在華盛頓大學有充足的網路課程，加上參與論文閱讀及研究室的定期討論，才能漸上軌道。

在實驗計畫的參與上，第一個計劃是有關手部運動分析，主要分析不同的手部運動姿勢與腦部訊號的相關性。其研究目的在神經訊號應用於機械義肢的支配，對於單一手指的個別運動，結果顯示不同手指的運動可在不同的腦區辨識出來，而複雜的手部動作辨識，其腦部訊號的表現與手部動作的實際呈現是不完全一致的（圖一）；更進一步，在運動控制上，所需要的不只要能了解如何利用神經訊號去作驅動，更要能知道如何擷取神經訊號的特徵來停止驅動，在此方面，利用電腦遊戲的方式，測試十八歲以下孩童，初步發現大人與小孩的運動抑制訊號是不同的，更進一步分析各個腦區的神經訊號分系，會是近一步研究的重點。

在臨床方面，除了基本的門診與手術的見習之外，對於新興醫療技術的學習便是在於神經病灶利用核磁共振導引的雷射燒灼(MRI-guided laser interstitial thermal therapy, MRI-guided LITT，圖二)。此技術針對顱內病灶，例如：轉移性腫瘤、腦部深部病灶(圖三)、與頑治性癲癇之病灶，以及脊椎的轉移性腫瘤皆有相當的治療成效。在治療的過程中，病人不需要開顱，是需要一個小傷口，在置入雷射導管後，在磁振造影的即時影像下便能適當地把病灶可燒灼去除，且在隔夜的住院觀察後便能在隔天出院，不僅有效治療病人且對於減低病人對手術的恐懼，減輕手術術後的照護及住院天數，皆有正面的成效。

三、心得

對於新的醫療科技的接受與學習，是身為一個臨床醫師的使命，雷射燒灼的技術仍在初步發展的階段，但是相關的臨床試驗已經證實，與傳統的治療類似，但對於手術相關的併發症卻是減少需多，從病人的來看，傷口小，住院時間短，且接受度高，都是擁抱新興科技帶來的正面影響。

腦機介面的研究是一門還在發展中的科學，仍有許多部份是待開發，甚至是尚未了解的，不過，在國外，腦機介面的臨床應用已有許多相關的研究與發表；反觀國內，目前並無先關的研究計劃發展。然而，依台灣的醫療水準及科技相關展業的發展程度，欠缺的只是一個完整的合作平台，及相關專業產業的人員投入。妥善利用腦機介面於病人的治療，對於因癱瘓造成的生活不便會有極大的幫助，對醫療及科技的相關研究，也會有大幅的進展，進而達到病人、醫療、及科技發展的三贏局面。

四、建議事項

1. 盡早引進雷射燒灼的相關儀器與技術，使台北榮總能執亞洲此技術的牛耳。

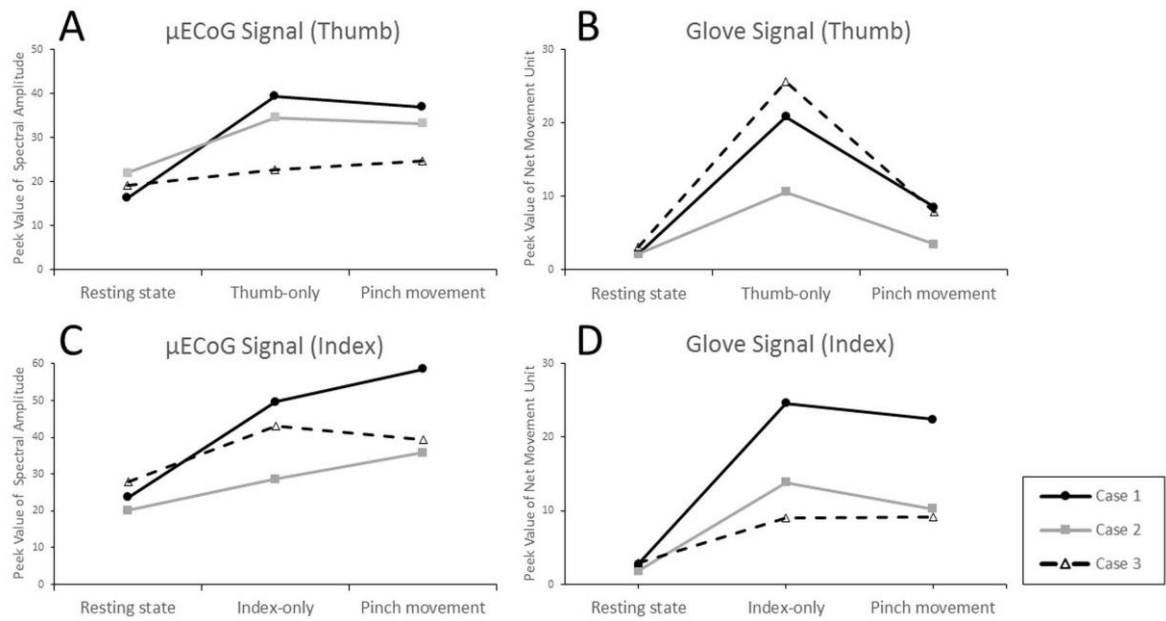
2. 目前國內的醫療相關機構並無整體及相關的發展與計畫，而台北榮總神經外科與陽明大學醫學工程研究所致力於設立此平台的發展，依計畫的時間發展設有短、中、長的發展目標。

(一) 短期：目前陽明大學醫學工程研究所對運動分析及外骨架模型的設置已有相當程度的發展，在初期會先引進相關臨床病人的腦波資料，做為資料演算的資料庫，提升對資料分析的準確度極外骨架模型的應用性。

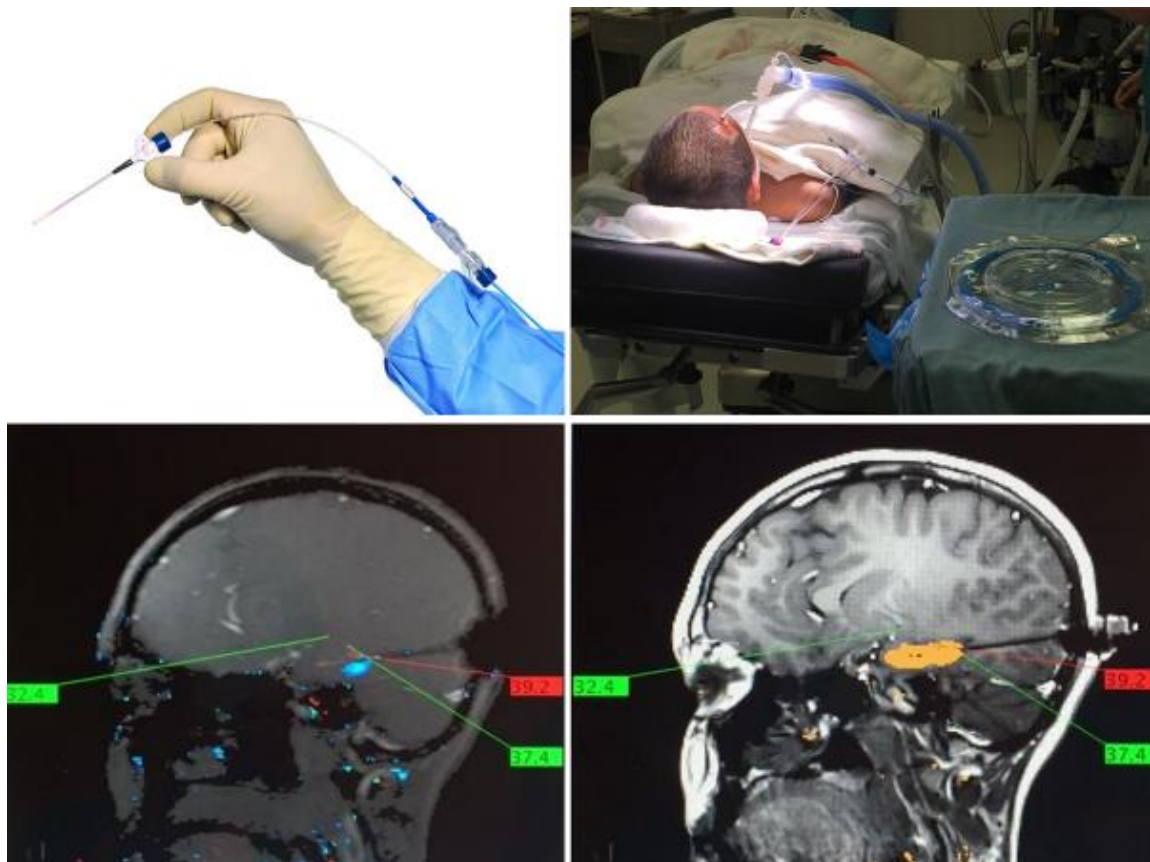
(二) 中期：進入臨床實驗階段，將腦機介面及外骨架的模型導入中風或是脊髓損傷的病人，分析結果，以期達到輔助病人的功效。

(三) 長期：擴大腦機介面的臨床應用，不僅侷限在中樞神經損傷的病人，進一步更利用於周邊神經損傷的病患。以臨床結果設置國家級腦機介面的研究中心，並與世界的大型相關研究機構做接軌。

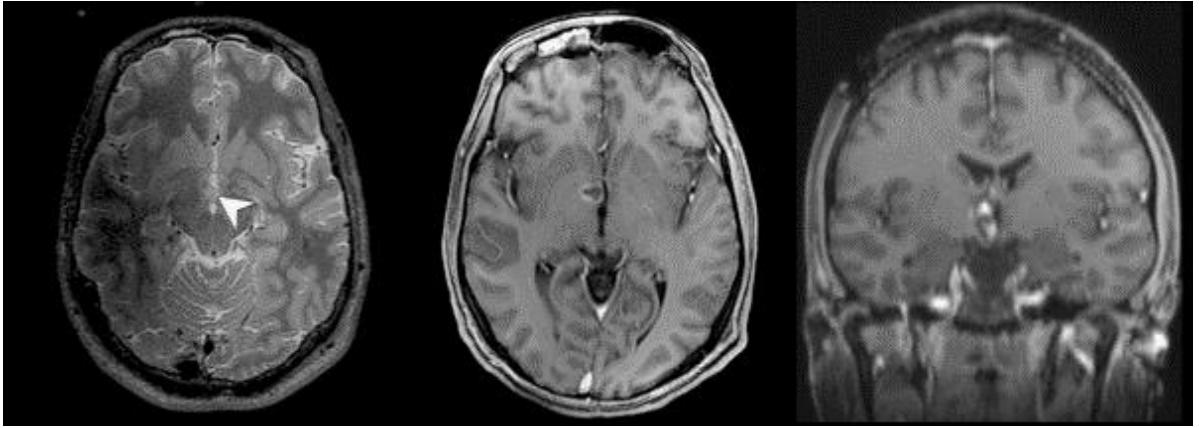
附錄



圖一 腦部訊號與實際活動在不同動作中所表現的相關性。



圖二 MRI-guided laser interstitial thermal therapy 的植入與術中的治療影像



圖二 MRI-guided laser interstitial thermal therapy 腦次深部病灶的治療影像

全文完