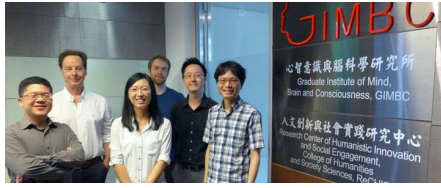


人社院藍亭院長率心智意識與腦科學研究所團隊發表〈意識測量儀初登場〉，刊載於3月號《科學人雜誌》



試想以下畫面：你正躺在醫院的手術檯上進行手術，忽然感到劇痛，疼痛來源是外科醫師在你身上劃開的一道又一道切口，你想呼救、要醫師停止動作，卻無能為力，因為手術前你接受了全身麻醉而無法自主行動。你只能忍受劇烈痛楚直至手術結束。

理論上，麻醉應可使患者進入無意識狀態，但很不幸地，臨床上確實出現如此案例：麻醉只讓患者不能動作或說話，卻保留了完整自我意識；外科醫師以為手術中的患者已進入無意識狀態，而患者可能正處於絕對清醒的狀態，親身經歷手術一刀刀劃開皮膚的痛楚。

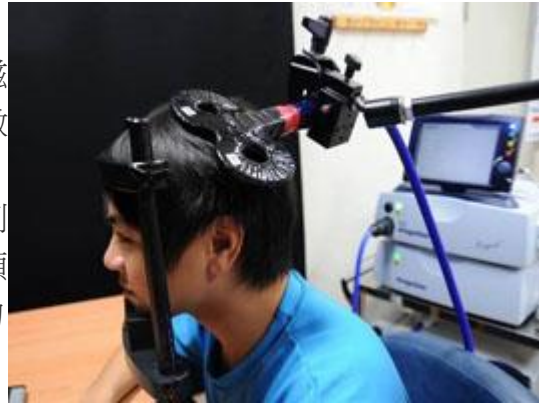
再換到另一個場景：你因為頭部外傷陷入昏迷，經過一段時間，你漸漸甦醒，發現自己無法控制身體，連轉動眼球這樣的小事也做不到。在此情況下，神經科醫師極有可能因為你對外界事物沒有反應，判斷你為無反應性覺醒症候群（UWS）患者，也就是俗稱的「植物人」。但你很清楚自己還保有意識，也能清楚察覺別人在身旁談論自己的病情，此時的你如同與世隔絕，被困在一個無法與他人溝通的身體裡。

這些像是恐怖科幻小說的情節。然而在現實世界中，被困在自己身體但意識清楚的人並非少數——研究顯示這類患者的誤診機率（即有意識卻被判為無意識）可能高達40%。主要原因是這些患者表現的外顯行為通常模稜兩可且缺乏一致性，加上大腦和身體神經連結的受損程度不一，醫師往往很難區分患者的動作是純粹反射或有意識的主動行為。因此，在缺乏有效的意識測量指標下，患者能否「覺察」（aware），只能依賴外顯動作來推斷，有時容易低估了患者的意識狀態。

### ■多方探索意識狀態

究竟如何判斷人類的意識狀態？面對此問題，美國艾倫腦科學研究所主任柯霍（Christof Koch）評論近期由義大利米蘭大學的卡薩拉托（Silvia Casarotto）、馬西米尼（Marcello Massimini）等人發表的一項新指標：擾動複雜性指數（PCI）。核心概念是藉由計算腦波訊號的複雜度做為判斷意識狀態的量尺，但複雜度僅限於跨顱磁性刺激（TMS）短暫干擾大腦後所引發的腦波變化。

TMS 是利用磁電共生的原理，把線圈靠在頭皮上的任何一個位置，線圈產生的磁脈衝能輕易且無痛穿過頭皮和頭骨、刺激大腦皮質。研究人員分析 TMS 所誘發的腦波訊號，訊號的複雜度通常會隨著磁刺激穿過大腦而改變。在這項研究中，人類意識存在與否的臨界值為 0.31，當個人的 PCI 值大於 0.31 即視為有意識，低於 0.31 則視為無意識。



卡薩拉托和馬西米尼等人並非最先發表植物人意識相關研究的學者，首度嘗試進行這類實驗的是曾任職於英國劍橋大學、現於加拿大西安大略大學的神經科學家歐文（Adrian Owen）團隊，他們要看似無意識的患者想像自己在房子裡行走或正在打網球，同時利用功能性磁共振造影（fMRI）記錄他們的大腦活動。

【右圖：利用 TMS（圖中 8 字型線圈可產生磁場）對受試者的特定腦區進行磁刺激，引發大腦皮質神經元的活動變化】

透過這樣的研究方法，科學家首次得以觀察這些沒有任何外顯行為表現的患者是否有任何意識跡象。他們發現，至少有一名患者能夠依研究人員的指示，想像自己正在探索房子的四周或打網球。雖然目前沒有臨床指標能確認，可依循指示並想像特定事物是否等同於擁有與一般人相同程度的意識經驗，但此類型的腦造影研究為臨床診斷標準開創新的可能性。

臺北醫學大學的團隊則從另一種角度進行研究，探討在不需要做任何特定事情的狀況（也就是休息狀態）下不同腦區間活化的強度與意識的關聯。目前已從 fMRI 影像觀察到，即使在健康受試者身上也可看到意識層次間的變化，特定腦區的功能性連結表現在清醒和睡眠時具顯著差異，例如部分腦區在睡眠時的神經連結比清醒時強，有的腦區則相反。神經網路的連結和互動似乎與意識層次間有微妙關聯，未來可進一步探討其他特殊意識狀態，例如夢遊。相關研究仍在起步階段，除了 PCI 的單一指標之外，需要更多研究投入、參考並匯整多項技術和生理指標以建立「意識測量工具」。

## ■主動「喚起」意識

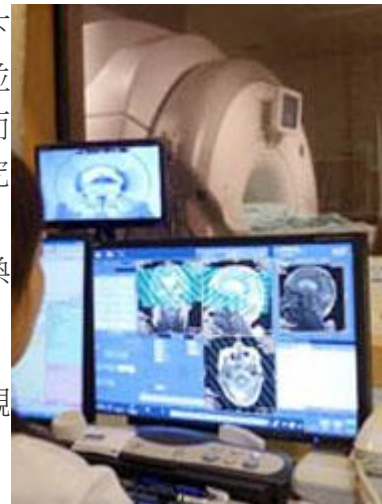


無論是前述結合腦電圖（EEG）和 TMS 的 PCI 研究，或整合 EEG、fMRI、正子斷層掃描（PET）等多模態腦造影的研究，目標都是讓醫療團隊在臨床實務上得以快速且有效區分患者是否具有意識。但當我們把焦點放在嚴重意識異常的患者身上，親友家屬亟欲得知的往往是：患者未來能否清醒？

測量「喚名」（naming）引發的大腦活動型態，這類研究也許可以回答這個問題。自我意識有一項特性，就是會對與個人有關的事物產生特定反應，例如聽到自己的名字。中國的研究團隊在最小意識狀態（MCS）和 UWS 患者身上發現，患者聽到自己的名字所引發的大腦活化反應，與患者的意識程度呈現某種相關性，而此相關性強的患者通常日後恢復狀況較好。這項研究結果意味，大腦對自我相關訊息的處理似乎是病人未來恢復意識的一項重要因素，但目前受試人數仍未達科學研究門檻，尚待蒐集更多實證。

【左圖：利用 TMS（同中 8 字型線圈可產生磁場）對受試者的特定腦區進行磁刺激，引發大腦皮質神經元的活動變化】

此外，目前意識測量的相關研究大多採用休息狀態下的被動式腦造影，即研究人員記錄患者的腦造影，並觀察這些訊號是否隨著患者的行為或意識程度不同而有變化，沒有和患者有所互動。而 PCI 以及喚名研究不同於被動式測量，PCI 研究採用 TMS 主動干擾患者的大腦活動，試圖量化大腦對外界刺激的反應，喚名研究則是測量患者大腦對自己名字的反應。



主動式研究如同擲出卵石到一池靜止的湖水，透過觀察漣漪推測湖水有多深或多黏稠；TMS 如同聲納作用於大腦，透過 TMS 所引發在腦波上的漣漪表現來區分個人的意識程度。相對地，休息狀態的研究取向則單純觀察湖水表面，是從另一種角度觀察與意識相關的神經活動變化。

【右圖：透過功能性磁共振造影（fMRI）可觀察不同腦區的血流分佈，進而得知各腦區之間功能性的連結】

近幾年，主動式測量的研究結果大有進展，區分個體有無意識以及預測腦傷患者恢復意識的成功率都相對提高，不僅是因為可記錄並分析大腦對外界刺激如何反應，更重要的是所謂外界刺激可依實驗目的而「客製化」，例如採用受試者的名字、喜歡的歌曲甚或一個簡單的磁刺激，都能有效提升這類型研究的精

確度。(文/人文及社會科學院心智意識與腦科學研究所團隊藍亭〔Timothy Lane〕教授・曾祥非副教授・吳昌衛副教授・徐慈妤助理教授・明智煥〔Jihwan Myung〕助理教授・Niall Duncan 助理教授「本文摘錄自 2018 年 3 月《科學人雜誌》No.193〈意識測量儀初登場〉」

【下圖：作者群合影，左起吳昌衛副教授、藍亭院長、徐慈妤助理教授、Niall Duncan 助理教授、曾祥非副教授、Jihwan Myung 助理教授】

