

人類意識之謎

謝伯讓*

若要明白人類生命的本質，最佳的方法，可能就是探究心靈到底是什麼，因為人類與其他無生命物質的最大差異，似乎就在於心靈的有無。而若要透過腦科學去研究心靈的本質，自然是要鎖定心靈最重要的特質：意識。所謂的意識，指的是經驗「感質」(qualia)，例如看見 650nm 光波時的紅色感受，或是被針扎穿手指時的刺痛感受等等。這些意識經驗在清醒時出現、入睡時消失。從第一人稱的主觀角度來看，意識經驗極為熟悉，但其客觀本質卻始終難以捉摸。

一、意識研究獲得正視

約在 2000 年前後，我正準備進入研究所探究意識。當時心理學界仍殘留行為主義影響，研究者多半只關注可被客觀觀察的行為。雖然在 1970 年代的認知革命後情況已有改變，但「意識」仍被視為科學禁忌。

在這樣的背景下，有兩位重量級學者投入意識研究，讓意識得以成為可被正視的科學議題，這兩位學者是愛德曼 (Gerald Edelman) 與克里克 (Francis Crick)。

愛德曼為 1972 年諾貝爾生醫獎得主，後轉而投入大腦與意識研究。他主張意識是一種生物現象，提出「神經達爾文主義」，以演化論角度理解意識，對當代影響深遠。他也培育出多位重要學者，如提出「資訊整合理論」的托諾尼 (Giulio Tononi)、提出「自由能量原則」的佛里斯頓 (Karl Friston)，以及英國學者賽斯 (Anil Seth)。

克里克在 1962 年獲得諾貝爾生醫獎後，投入意識研究，並於 1994 年出版《驚異的假說》，主張意識經驗是神經活動的產物。這種自然化意識的立場，讓意識研究逐漸脫離神祕主義。克里克與其合作者柯霍 (Christoph Koch) 共同奠定「意識之神經關聯」的研究典範。柯霍可以說是當代意識科學研究領域中的頭

* 國立臺灣大學心理學系暨研究所教授

號指標人物。他曾經受到我之前的指導教授謝路德 (Peter U. Tse) 的邀請，去到我所就讀的達特茅斯學院進行兩週的訪問，在這段時間內，我和他有很多互動，之後也有機會保持合作和聯繫。在意識研究領域，柯霍對我個人的研究影響甚深。

二、「意識之神經關聯」的三個研究方向

柯霍與克里克提出的研究典範，促成了三個主要方向：

1. 找尋「失去意識」後的大腦變化。
2. 找尋意識「內容」變化時的大腦反應。
3. 探究無意識資訊如何被大腦處理。

以下分別說明。

(一) 方向一：「失去意識」後的大腦變化

研究顯示，意識有無與視丘與大腦皮質之間的連結密切相關。入睡、麻醉或植物人狀態下，視丘與皮質活動由正相關轉為負相關。我們的研究亦支持此一結果。畢業於我實驗室的雍子鑫博士 (Yong et al., 2019) 發現，人類進入微睡眠時，視丘與大腦皮質活動呈現負相關。透過腦造影，科學家已能大致判斷意識狀態。

在最近的研究中，科學家甚至還發展出另一套更為客觀的方法來探測無法行動或說話之人 (例如植物人) 的意識狀態。例如加拿大西安大略大學的歐文 (Adrian Owen) 就曾經在一項腦造影研究中，以語音指令要求全身無法動彈的植物人去想像自己在「打網球」或「在家中走動」，然後看看他們腦中對應的腦區是否有活動。

我們的實驗室最近也進一步簡化了這項實驗方法。雍子鑫博士以口語指令，要求植物人去想像自己在「揮右手」或「踢左腳」，然後觀察其腦部的運動神經區是否有反應。初步結果發現，使用這種簡化版本的指令時，有更高比例的植物人的運動神經區會出現反應。我們希望在後續的實驗中，進一步檢視這些腦部反應究竟只是無意識的語音處理，還是和有意識的語意處理及執行動作有關。

上述的實驗方法，目前甚至也有研究團隊設計出可在臨床上和仍有意識之植物人進行溝通的應用方式。比方說，科學家可以要求植物人透過想像自己在

「揮右手」或「踢左腳」來回答「是」或「否」。例如我們可以詢問受試植物人的名字是否為「小明」、是否住臺北等一些我們已經確定知道答案的問題，然後要求受試植物人在答案為「是」時，想像自己在「揮右手」，答案為「否」時，則想像自己在「踢左腳」。如果其對應的腦區都有正確的反應，我們就可以判斷該植物人仍有意識而且可以聽懂指示並執行命令。

(二)方向二：意識「內容」變化時的大腦反應

第二個方向探討意識內容改變時的大腦反應。例如使用「雙穩態視錯覺」讓刺激維持不變，卻引發意識經驗轉換，使研究者得以觀察意識內容變化的神經基礎。

我們的研究顯示，初始視覺皮質的活動與視覺意識經驗高度一致。在「知覺消逝」現象中，當邊線從意識中消失，初始視覺皮質反應隨之下降 (Hsieh & Tse, 2010a)；顏色錯覺 (Hsieh & Tse, 2010b)、模糊影像辨識習得 (Hsieh et al., 2010)、與思緒漫遊 (Hung & Hsieh, 2022) 時的初始視覺皮質活動亦得到相同結論。

(三)方向三：無意識的資訊如何被大腦處理並影響行為

第三個方向探討無意識資訊的處理。透過各種屏蔽方法，研究顯示即使刺激未進入意識，大腦仍會處理並影響後續行為。

我們使用「連續閃爍壓制」(continuous flash suppression) 發現，即便受試者看不見影像，影像中的顯著位置仍能吸引注意力 (Hsieh et al., 2011)。在另外一項實驗中，洪紹閔博士 (現任教於日本早稻田大學) 發現，即使語句沒有被有意識的察覺，大腦仍然可以區辨「不符合語法的語句」和「符合語法的語句」，導致它們突破屏蔽的時間有所不同。此外，眼動的方向 (Huang et al., 2014a)、臉孔美醜 (Hung et al., 2016) 以及聲形配對 (Hung et al., 2017)，也都能在受試者沒有意識到刺激的情況下被大腦處理。

綜合上述的研究，我們知道有些無意識的刺激可以改變人的行為，並且也可以在腦中找到對應的神經活動，未來我們希望能找出這些「無意識」神經活動和其他研究中所發現的「意識之神經關聯」是否分屬不同的神經迴路，抑或只是同一神經迴路中不同活躍程度的展現而已。

三、意識研究與腦造影的應用價值

(一) 知覺與行為預測

腦造影研究已能預測部分意識內容與決策。我們透過雙眼競爭研究顯示，梭狀臉區與海馬旁迴位置區的活動不僅反映，也可預測意識內容 (Hsieh et al., 2012)。此外，大腦前額葉活動可預測喜好 (Colas & Hsieh, 2014)，伏隔核與額葉中迴活動可預測風險選擇 (Huang et al., 2014b)。

(二) 醫療效果與學習表現預測

腦造影亦可用於預測病人的治療效果。我們在近期的一項研究中，將這一系列研究延伸至健康正常的受試者，希望知道能否透過腦造影去預測一般人在日常生活中的學習表現。

在這項由林懿博士主導、和中研院曹昱研究團隊合作的實驗中 (Lin et al., 2022)，我們想要知道為什麼人類的學習能力會有差異。我們除了想要找出學習能力在腦中的神經關聯，更希望可以透過這些神經活動，去預測每一個個體在未來的學習表現。我們在這項實驗中採用了語音學習典範，也就是讓受試者學習許多帶有聲音雜訊的中文語詞，並記錄下受試者的學習速率。在進行語詞學習之前，我們先使用功能性磁振造影掃描了受試者對於各種語音的腦部反應。結果發現，額下回 (inferior frontal gyrus) 的神經活動大小，可以預測受試者未來在學習語詞時的表現。這項研究告訴我們，腦造影技術不但可以用來預測人們對於藥物和療法的反應，也可被更廣泛的應用於預測一般受試者的心理、行為與學習反應。理論上來說，只要能夠選對刺激材料和腦區，我們就能夠對人類的相關行為作出預測。

(三) 腦機介面與語言預測

腦科學的另一個未來熱門應用，就是腦機介面。例如在我們近期的一項研究中，林懿博士透過結合腦造影和腦機介面，試圖在人類開口說話之前，就直接透過其大腦反應來預測受試者即將說出的語言內容 (Lin & Hsieh, 2022)。在這項實驗中，我們先把常見的中文字區分成 119 個類別，在第一階段中，我們在受試者「觀視」這 119 類中文字詞時，記錄下其大腦狀態。當這個神經反應資料庫建立完成後，我們便要求受試者去「說出」這 119 類中文字詞。結果發現，我們可以用受試者在「觀視」這 119 類中文字詞時的神經反應資料庫，去成功預測受試者即將說出 119 類中文字詞中的哪一個類別。這項結果告訴我們，人類在

說出話語前的神經活動，可以用來對話語內容作出準確的預測。這一系列的研究成果，有望運用於建立腦機介面，以協助語言障礙者直接將腦中的神經活動轉化為語音或文字，達成無障礙溝通的目標。

(四)測謊

腦科學還有另外一項具有巨大實用價值的面向，就是測謊。我們實驗室在最近的一項研究中，試圖透過功能性磁共振造影來協助找出與說謊有關的腦區。在這項由馮彥茹博士所主導的測謊研究中，我們解決了過去測謊研究者所面臨的一些實驗難題 (Feng et al., 2022)。第一個難題，就是說謊所涉及的腦區，究竟是真的只和「說謊」有關，還是其實可能只是和「困難的作業」有關。第二個難題，是過去的測謊研究，通常會先在受試者內建立「生理反應資料庫」。然而這個做法有許多潛藏的問題，例如「生理資料庫」中的說謊反應都是來自聽從指示下的說謊行為，但這種說謊反應真的會和自發性的說謊反應一樣嗎？還有，來自某一個受試者的「生理反應資料庫」，是否能夠套用在其他不同的受試者身上？

為了解決這些難題，馮彥茹博士在其研究中設計出難度相同的說謊情境和說實話情境。同時也收集了「指示性說謊」和「自發性說謊」時的兩種大腦生理反應。結果發現，透過我們所設計的指示性說謊作業，受試者的「指示性說謊」反應可以被成功用來預測該受試者在其他情境下是否有「自發性說謊」的行為。換言之，我們發現指示性說謊和自發性說謊的大腦生理反應具有某種程度的相似性，因此可以被用來進行交叉比對。更重要的是，我們發現不同受試者在說謊時的大腦生理反應資料庫，也有相當程度的相似性。這項發現，讓我們可以使用來自某一群受試者的大腦生理反應資料庫，去對一位新的受試者進行測謊。

雖然我們的實驗結果已經突破了過去的一些困境，但測謊仍有許多實作上的難處，例如真實世界中的嫌犯通常會刻意在生理資料收集時和實驗人員「作對」，當嫌犯以這種不配合的「反測謊」方式面對測謊時，就會導致結果的可信度大幅下降。我們期望在下一階段的實驗中，能夠進一步設計出讓受試者無法刻意與實驗人員「作對」的檢測方法，讓測謊得以變得更有彈性及實用。

四、意識測量儀與人類未來

意識研究的終極目標之一，是建立客觀的意識測量判準。此一進展將影響植物人醫療決策、胎兒意識討論，以及動物權益等倫理議題。即便不考慮實際

應用，對我而言，探索意識本身即是對生命本質的終極反思。意識的探求，將會是人類最偉大的一場科學盛宴。

參考文獻

- Colas, J.T., & Hsieh, P.-J. (2014). Pre-existing brain states predict aesthetic judgments. *Human Brain Mapping*, 35(7): 2924-34.
- Feng, Y.-J., Hung, S.-M., & Hsieh, P.-J.* (2022). Detecting spontaneous deception in the brain. *Human Brain Mapping*, 43(10): 3257-3269.
- Hsieh, P.-J., & Tse, P.U. (2010a). BOLD signal in both ipsilateral and contralateral retinotopic cortex modulates with perceptual fading. *PLoS ONE*, 5, e9638.
- Hsieh, P.-J., & Tse, P.U. (2010b). 'Brain-reading' of perceived colors reveals a feature mixing mechanism underlying perceptual filling-in in cortical area V1. *Human Brain Mapping*, 31, 1395-1407.
- Hsieh, P.-J., Vul, E., & Kanwisher, N. (2010). Recognition alters the spatial pattern of fMRI activation in early retinotopic cortex. *Journal of Neurophysiology*, 103, 1501-1507.
- Hsieh, P.-J., Colas, J.T., & Kanwisher, N. (2011). Pop-out without awareness: Unseen feature singletons capture attention only when top-down attention is available. *Psychological Science*, 22, 1220-1226.
- Hsieh, P.-J., Colas, J.T., & Kanwisher, N. (2012). Pre-stimulus pattern of activity in the fusiform face area predicts face percepts during binocular rivalry. *Neuropsychologia*, 50, 522-529.
- Huang, Y.F., Tan, E.G.F., Soon C.S., & Hsieh, P.-J. (2014a). Unconscious cues bias first saccades in a free-saccade task. *Consciousness and Cognition*, 29: 48-55.
- Huang, Y.F., Soon C.S., Mullette-Gillman, O.A., & Hsieh, P.-J. (2014b). Pre-existing brain states predict risky choices. *NeuroImage*, 101: 466-472.
- Hung, S.-M., Nieh, C.-H., & Hsieh, P.-J. (2016). Unconscious processing of facial attractiveness: invisible attractive faces orient visual attention. *Scientific Reports*, 6: 37117.
- Hung, S.-M., Styles, S., & Hsieh, P.-J. (2017). Can a word sound like a shape before you have seen it? Sound-shape mapping prior to conscious awareness. *Psychological Science*, 28(3), 263-275.
- Hung, S.-M., & Hsieh, P.-J.* (2022). Mind wandering in sensory cortices. *Neuroimage: Reports*, 2 (1), 1-7.
- Lin, Y., & Hsieh, P.-J.* (2022). Neural decoding of speech with semantic-based classification. *Cortex*, 154. 231-240.
- Lin, Y., Tsao, Y., & Hsieh, P.-J.* (2022). Neural correlates of individual differences in predicting ambiguous sounds comprehension level. *Neuroimage*, 251(119012) : 1-12.
- Yong, Z., Tan, J. H, & Hsieh, P.-J.* (2019). Microsleep is associated with brain activity patterns unperturbed by auditory inputs. *Journal of Neurophysiology*, 122(6): 2568-2575.