

簡介臺灣心智科學腦造影中心 與心智研究

政陽團隊 諮詢小組

一、沿革與來源

國科會人文處為推廣全國人文社會科學跨神經科學之相關研究，推動「心智科學大型研究設備建置及共同使用服務計畫」，藉以充實國內人文與社會科學相關研究所需之儀器設備，建立心智科學腦研究推動網。政治大學與陽明大學兩校合作，結合兩校人文社會科學與神經科學的專才，組成政陽團隊，於政大校內建置乙部 3T 磁振造影儀 (MRI)，並於民國 101 年五月一號成立「臺灣心智科學腦造影中心」(Taiwan Mind & Brain Imaging Center, TMBIC)，且於同年八月一號與國科會資訊系統進行整合，成為國科會人文處貴重儀器中心，並開始進行共同使用服務計畫，以推動及服務人文社會跨神經科學領域之研究發展。

本計畫執行團隊成員來自政治大學、陽明大學及中央大學，本團隊在認知神經科學領域具有豐富的教育訓練與人才培訓經驗，研究成果豐碩也是有目共睹。根據以往經驗，我們規劃出儀器使用最大化與研究諮詢實務化的服務系統，於民國 101 年八月一日起提供共同使用服務。以下將就中心的服務申請、服務流程與若干設備作簡介，也對一些可以以功能性磁振造影為研究工具的研究議題簡略介紹。

二、儀器使用之申請、預約與設備相關

本中心 MRI 為國科會人文處所屬貴重、大型儀器，在受理的服務申請對象上，將以國科會人文處支持的研究計畫為第一優先考量；對服務申請之審核則是以中心軟硬體設施所可以配合的情況為主，不涉及研究議題與實驗



設計是否較為學術專業。

(一) MRI 之使用申請

申請本中心 MRI 使用須備妥：(1) 儀器使用申請書（於本中心網頁下載），(2) IRB 相關證明文件，以及 (3) 經費來源證明等文件，並以電子郵件方式寄到本中心電子信箱。中心每月審核乙次 MRI 使用之申請。

(二) MRI 使用之預約流程

完成申請後，始得預約 MRI 掃描時段。其流程如下：

- ◎ 中心為確保受試者及使用者的安全，要求所有參與研究的人員皆須通過安全訓練（相關資訊請見本中心網頁 <http://tmbic.nccu.edu.tw/>）。
- ◎ 通過安全訓練測驗後，中心將提供預約帳號、密碼及門禁權限。
- ◎ 進入預約網站預定使用的時段。
- ◎ 中心操作人員確認使用的時段。
- ◎ 當天實驗完成後會由中心操作人員列印繳款單，為繳款依據。
- ◎ 依繳款單繳費與領取收據（政大出納組，行政大樓五樓）。

(三) MRI 主要磁體

本項設備是西門子設計之 3T 磁振造影儀（Siemens MAGNETOM Skyra 3T），70cm 的磁體口徑。本中心除了搭載最新自動對位程序，另有 32 通道之頭部線圈，提供較佳訊雜比的功能性磁振造影取像。

(四) 周邊設備

(1) 視覺刺激設備。目前於磁振造影室內，採用開放性投影設備。受試者將可經由投影機透過反射鏡，直接觀察影像變化。目前中心投影預設解析度為 800×600 之解析度並採用 VGA 傳輸線，可支援大部分所需視覺刺激。另外，對於有配戴視力矯正眼鏡之受試者，由於一般眼鏡大部分帶有金屬物質，在檢查過程中可能會干擾影像品質，建議受試者配戴隱形眼鏡。對於無法配戴隱形眼鏡之受試者，中心另配置有非磁性可調變式眼鏡可供使用。

(2) 聽覺刺激設備。中心除上述設備外，另配置有 MR Compatible 耳機，為 SENSIMETRICS 之 MODEL S14。目前全套設備設置於 Windows XP 環境，最大輸出為 110dB，由於採用耳道式耳機設置，經許多使用者體驗可有效隔絕 MRI 噪音。

(3) 行為反應紀錄系統，中心採用 Current Design 932 Package，包含八個反應鍵，以及一個 MR 時序回饋訊號。

三、大腦功能相關研究議題簡介

(一) fMRI 在情緒與意識研究之應用

周怡岑、顏乃欣 / 政治大學心理系

「何謂情緒？」這是一個世紀以來，許多心理學家一直在持續探討的問題。情緒對個體而言是如此地重要，但是定義情緒卻很困難。大體而言，情緒普遍被認為是一種對外在刺激事件的功能性反應，這當中融合了生理、認知和行為，因而提升身心狀態應對當下環境的情況。從過去眾多研究者對於「情緒」的定義，可以歸納出三個共同的要點：(1) 情緒的功能性具有生存的機制，這是先前世代對於生存經驗的複製和演化。(2) 情緒是一種對刺激的反應，也就是對特定事件產生反應；但這個要點是有爭論的，因為有些時候你可能感到害怕但卻不知道為什麼。(3) 情緒包含認知、感覺、生理變化和行為。

從過去到現在，研究者一直試著找出情緒在大腦中的運作機制。情緒在邊緣系統 (limbic system) 產生，尤其是位於顳葉皮質中的杏仁核 (amygdala)。杏仁核主要功能為掌管焦慮、急躁、驚嚇及恐懼等負面情緒，故有「情緒中樞」或「恐懼中樞」之稱。神經科學家 Joseph LeDoux 的研究發現，經由感覺器官輸入的訊息會經由兩條獨立的路徑送達神經中樞處理；一些視覺刺激先在視丘中處理，其中視丘的某部分就先把訊息直接送到杏仁核，此路徑是最短、最快速的，這個快速但不見得正確的傳導途徑，可以讓大腦對危險的訊號展開處理。例如，這個訊息被判斷是具有威脅性的，需要被注意並馬上處理，此時杏仁核會馬上用改變生理的方式來反應，使身體立刻進入最佳的因應狀態。在這同時，視丘也傳送訊息到大腦皮質去，這個部分在處理訊息的能力上比杏仁核還要好；大部分的感官資訊都是直接傳送至大腦皮質處，經由數條迴路進行分析後，才會產生合理的反應。

日常生活中，我們對於某些事物會本能地想逃開或退縮，就像事先預設在大腦內一樣。其實，這些反應並非刺激第一次出現就產生本能性的回應，但有了第一次害怕的經驗後，只要有相關的訊息時，這個恐懼的聯結就已經形成了。Joseph LeDoux 發現了制約恐懼的神經機制。相關研究利用功能性磁共振造影 (fMRI) 來觀察人類在產生恐懼時腦部活動的變化，功能性腦部影像結果發現杏仁核在制約恐懼形成時會產生活動的變化，這樣的變化在聯結形



成的早期最為明顯。另外，也有其他 fMRI 的研究發現，當受試者觀看生氣、悲傷與噁心的表情圖片時，杏仁核的部位也有活化現象。這些研究顯示，杏仁核似乎不只是針對恐懼作反應。

因此，研究者對於杏仁核在情緒中所扮演的角色提出了許多可能的假設，使情緒的相關研究開啓了更多的可能性。例如：從 fMRI 的研究中發現，受試者在觀看噁心的表情時，大腦中的腦島 (insula) 也有活化的反應；腦島是一個有關味覺的感官接收區域，所以我們不難想像噁心就像是一種令人不悅的味覺，因此噁心感與腦島之間所形成的聯結也就不讓人意外了。此外，前額葉皮質區 (prefrontal cortex) 主要是與高層次的認知歷程有關，但其中的運作機制卻也跟情緒息息相關。當中最著名的例子——鐵道工人 Phineas Gage 的一場工作意外，讓 Gage 的腹內側額葉 (ventromedial prefrontal cortex, VMPFC) 遭受嚴重的損傷，使原本是個合作且友善的 Gage，變得自大傲慢、頑固、優柔寡斷，而且對別人漠不關心。從 Gage 的事件之後，類似的腦傷案例報告紛紛出現，而這類病人普遍都出現衝動、缺乏情緒性的反應、少同理心與決策能力差等等現象。由此可知，情緒影響的範疇是很廣泛的。

情緒的感覺來自我們意識到大腦中的情緒系統在活動。任何個體若有意識就會有感覺。但是，情緒其實不只是感覺而已，而是以大腦的狀態和身體的反應而演化的，此特性可讓我們遠離險惡的環境。近來，探討情緒與意識議題的研究認為，除了身體反應的回饋外，環境的作用是情感意識需考量的因素。這意味著內在感受（身體反應）與外在感受（環境作用）的刺激在大腦內的編碼是有差異的，這樣的編碼關係可能分派了主觀與情感的功能。透過這個假設與神經科學的研究方法，研究者可以進一步來探討情緒與情感意識下的神經機制。

「情緒」是一個非常有趣的主題，它影響著我們的日常生活，舉凡注意力、記憶和決策等認知歷程；而在臨床心理學領域上也是一個重要議題，例如：幼兒的情緒發展、情緒的調節、憂鬱症和焦慮症等。這些皆顯示情緒系統時時刻刻都會支配著我們的行為。近年來，測量技術的發展有很大突破，使研究者可以透過相關的腦造影技術來看大腦不同區域的活動情形。期盼相關領域的研究者透過神經科學的知識，對「情緒腦」有更多的瞭解，並一步一步地抽絲剝繭從而推論出情緒大腦作用的藍圖。

(二) fMRI 在人類視覺注意與工作記憶互動神經機制研究的應用

郭柏呈 / 國立政治大學心理系

人類注意力與工作記憶是當代心理學與認知神經科學研究領域中非常重要的研究主題。藉由導引注意力至特定的目標刺激，個體可以選擇性地處理物體、特徵或空間等知覺訊息，並抑制來自與作業要求無關干擾訊息的競爭，此一特色，使個體可以憑藉注意力有效地進行與行為目的相符的知覺訊息處理；另一方面，個體也能夠短暫的維持剛剛所經驗到卻已經不存在的外在訊息於工作記憶中，針對當下的行為目的，對工作記憶表徵進行調控，進而支持個體進行後續高階複雜的認知功能，完成問題解決、推理、算數，以及語言理解。

近年來，行為與神經科學的研究證據顯示了注意力與工作記憶在功能上具有高度的重疊特性。例如，注意力所選擇的知覺刺激能更容易地被維持在工作記憶；而工作記憶模板 (template) 也能提供有效的線索以引導注意力進行選擇。透過功能性磁振造影，研究者發現注意力與記憶具有相似的大腦神經迴路，其中包含了前額葉皮質 (prefrontal cortex)、後頂葉皮質 (posterior parietal cortex)，以及視覺關聯皮質 (visual association cortex) 等。然而，我們仍不清楚這些大腦裡的神經迴路是如何支持這兩個重要的認知結構運作以進行互動。目前在認知神經科學的研究成果，假設透過由上而下的調控 (top-down modulation)，使注意力能夠影響工作記憶，此一由上而下調控歷程必須藉由遠距離大腦區域間神經迴路的互動與合作，使掌管高階認知控制的前額葉皮質，能夠與後頂葉皮質協同運作，進而對感覺皮質的早期知覺處理歷程進行調控。透過多種神經造影技術的整合應用 (例如功能性磁振造影、事件關聯電位，與穿顱磁刺激儀)，並結合進階功能性造影資料分析方法 (功能性連結分析與腦電訊號頻譜分析) 的研究成果，能幫助我們釐清大腦神經迴路以及區域間的關係。

當代研究利用延遲反應作業 (delay response task) 的實驗派典，從三個面向探討注意力對工作記憶由上而下的調控機制，這三個面向包含對於工作記憶訊息的 (1) 登錄、(2) 維持，以及 (3) 提取與知覺比對。首先，在工作記憶登錄階段，透過前導線索 (pre-cue) 的指示，使個體在處理與作業要求相符的目標刺激時 (例如作業要求記憶臉孔或是景物刺激)，透過事件關聯電位，在時間軸上能夠觀察到該特定目標刺激能被有效地優先處理 (例如臉孔相關



的 N170 效果)，功能性磁振造影證據也支持了前額葉皮質能夠選擇性針對特定視覺關聯皮質（對臉刺激較為敏感的區域或是對於景物刺激較為敏感的區域）進行由上而下的調控，並展現出高度功能性連結效果。同樣地，如果在工作記憶訊息維持階段呈現反溯線索（retro-cue），在行為上，有效的反溯線索能夠展現與前導線索類似的記憶促進效果；在神經上，反溯線索與前導線索也涉及了相似的大腦機制，藉由前額葉與後頂葉的神經激發支持由上而下的調控處理。此外，工作記憶維持負荷量相關的持續性記憶維持相關的大腦電位也會受到有效反溯線索的調控，使持續性維持電位強度降低，進而提高工作記憶的行為表現。如果在工作記憶維持的早期階段呈現反溯線索，不但能夠更有效地啟動前額葉皮質對早期視覺皮質的調控處理，更重要的是此前額葉皮質與視覺皮質的功能性聯結與個體的工作記憶行為表現展現了高度的相關性。最後，注意力對工作記憶表徵提取與知覺比對階段也展現出顯著的調節效果，透過「前額葉皮質—後頂葉皮質—視覺皮質」間的功能性協同運作，可以因應當記憶與知覺表徵比對時，項目表徵間所產生的高度競爭。

透過結合快速發展的大腦功能造影技術與資料分析方法，當代認知神經科學的研究成果讓我們對人類注意力與工作記憶互動的神經機制，可以有更清楚的認識，而這些證據作為對於後續高階複雜認知歷程的研究基礎，也讓我們能探索大腦運作、基本心理歷程，以及外顯行為間的複雜關係。

（三）fMRI 在動作認知研究的應用

張智宏 / 中央大學認知神經科學研究所

動作認知（motor cognition）係指計畫與執行四肢運動、口語發聲、臉部表情等外顯行動，以及辨識、預測、模仿和理解他人動作的認知歷程。在動作認知研究領域，有四大議題是研究者所共同關心的（Rosenbaum, 2010）：（1）自由度問題——同一動作目標（例如伸手舉杯）可以由多種不同肢體運用方式來達成，個體如何選擇出實際上被執行的動作？（2）排序與時間點問題——諸如說話、走路、伸手取物等動作，都牽涉多個動作的組合；這些動作群如何排序，如何在正確的時間點被執行？（3）知覺與動作整合問題：動作與知覺歷程同時在個體內發生，兩者如何互相影響？（4）學習問題：各種動作技能如何被習得？除了上述四個動作認知研究的主要面向，近年來亦有研究者主張，諸如數字表徵、語言理解及人際互動等表面看來與外顯動作無直接關

連性的抽象認知能力，亦可能涉及動作認知；此類研究思維與證據被稱為 embodied cognition，意指身體的表徵與運用能力係抽象認知歷程的基礎 (Anderson, 2003; Grafton, 2009; Wilson, 2002)。

需要實際執行動作的作業對腦造影研究是一大挑戰，原因之一是牽涉到一定範圍以上身體移動的動作行爲，對於現存各種記錄腦部活動的技術，都是造成訊號偏誤或雜訊的來源。此外，以 fMRI 而言，受試者被侷限在狹小的甬道環境中，亦限制了如自然地行走、丟與接、轉身等大範圍身體四肢動作被實際執行的可能性。這是爲什麼想像自己在執行動作的運動心像 (motor imagery)，或是以觀察動作影片來辨識或預測他人動作的研究，佔目前動作認知腦造影研究文獻的大宗。產生運動心像或觀察他人動作時動用的腦區，固然相當程度上與自身實際執行動作時動用的腦區重疊 (例如：supplementary motor area; premotor area)，但是在進行前者時，缺乏實際動作所帶來相對應的體感與知覺變化，這是僅依賴心像與觀察在動作認知的腦部機制研究推論上受限之處。

儘管受到硬體環境和訊號本質的限制，fMRI 研究文獻中仍有不少努力克服這些限制的研究。小範圍的動作像是眼動、小範圍手部移動 (多按鍵序列、滑鼠、觸控板、握力計) 及口語等，已有相當豐富的研究報告。較大範圍的動作，例如伸手取物 (Cavina-Pratesi, Goodale, & Culham, 2007; Culham et al., 2003; Kroliczak, Cavina-Pratesi, Goodman, & Culham, 2007)、手臂在力場中移動 (Shadmehr & Diedrichsen, 2003)、踏步舞 (Brown, Martinez, & Parsons, 2006)、甚至踩健身飛輪 (Gusso et al., 2012; Weber et al., 2011) 等，也有研究者進行探討。

以伸手取物的研究爲例，研究者首先需要克服的是如何呈現各式各樣滿足實驗條件的物體，以供受試者抓取。Chouinard, Large, Chang, & Goodale (2009) 讓受試者在 fMRI 環境中抓取成對具備各式重量與體積組合的物體，並且報告其主觀的感受兩物體何者較重，以探討造成「大小—重量」錯覺 (size-weight illusion) 的腦部機制。實驗進行時受試者腹部上方架設一平台以供放置被抓取的物體，兩名實驗者立於 MRI 掃瞄器兩側，根據事先安排好的列表以及電腦畫面指示，擺設替換每個嘗試受試者要抓取的物體。Cavina-Pratesi, Goodale, & Culham (2007) 設計了一個利用空氣活塞推動的八面體旋轉平台，每一面最多可附著四個小型物體。他們操弄物體的大小與表面質地



來比較以大小定義抓取目標時，和以表面質地定義抓取目標時，視覺系統的背側（dorsal）與腹側（ventral）通路活化情況的差異。這些特殊的人工或自動化實體物體刺激材料呈現方式，有別於多數認知實驗心理學研究者所擅長的以電腦直接呈現視覺或聽覺刺激材料的方法，並且需要考慮與 fMRI 實驗條件搭配（強磁場、受試者呈躺姿、可動作空間狹小）。由於實驗技術的難度較高，一旦克服，極可能就是該動作認知主題下首創的腦造影實驗。

除了實驗程序實踐上的困難，動作執行對於 fMRI 訊號造成的干擾也是這類型研究的挑戰。有些干擾可以藉由調整 fMRI 掃描的脈衝序列（pulse sequence）來克服；例如在要求受試者進行口語反應的實驗中，可以選擇在每次嘗試受試者說完話後才送出脈衝取得 BOLD 訊號，如此可以最小化伴隨說話而來的頭動對訊號的影響。此外，也可以在進行 fMRI 實驗前，先在模型掃描器（mock scanner）中讓受試者練習其動作，並且以運動擷取裝置監測其頭動情況，給予即時回饋，訓練受試者以頭動最小的方式完成其動作反應。在較新型的 MRI 設備上，有可能根據受試者即時的頭動模式，預測其接下來可能的頭動，而即時微調梯度磁場來平衡頭動可能造成的訊號偏誤。這種預測式校正（prospective motion correction），可能達到較佳之頭動偏差修正效果。在未配備這種技術的 MRI 設備上，另一個可能採取的克服手段，是以運動擷取設備來取得受試者實際的三度空間頭動參數，並且據以校正影像或是整合入統計分析模型中，以減低訊號中無法被實驗變項解釋的變異量。

在認知心理學發展初期，因為認知心理學研究者關心內在訊息表徵更甚於外顯行動、亟欲擺脫行爲主義心理學者只觀察外顯行爲的研究風格，動作認知的相關議題並未得到太多關注（Rosenbaum, 2005）。近年來隨著愈來愈多認知心理學家投入動作認知主題的研究，探討動作認知腦部機制的腦造影研究也正蓬勃發展中；fMRI 在動作認知研究應用上的限制，也正是激發研究者創意的契機。如何克服上述困難，值得大家拭目以待。

（四）fMRI 在神經經濟學研究的應用（「決策與大腦：淺談神經經濟學」）

吳仕煒 / 陽明大學神經科學研究所

神經經濟學是近十年來研究人類決策行爲神經生理基礎的新興學門。傳統上，經濟學家和心理學家對於決策議題的研究，主要是透過對「決策行爲」的觀察，了解人如何在不同選項間進行評估。例如，決策實驗的受試者會被

問以下的問題：

在下列兩個樂透彩券中，你會選擇哪一個？

A：(80%，贏得一萬元；20%，0元) B：(100%，贏得8千元)

大部分的受試者會選 B (百分之百能得到 8 千元)。兩個選項的期望值相同 (都是 8 千元)，但是 A 彩券有比較大的「風險」。也就是說，雖然有機會能得到比較高額的獎金，但是也有比較高的機率不會得到任何錢。因此，你若選擇 B，這反映你對風險的趨避 (Risk aversion)；相反的，你若選擇 A，這表示你比較不介意、不排斥風險 (Risk seeking) (至少在這題的選擇上，你是如此)。從這個簡單的例子出發，或許不難想像心理學家或經濟學家們，可以透過實驗的方式，設計出許多類似於上述問題的決策情境，然後根據決策者的選擇行為，分析其如何評估風險、獎賞和不確定性等因素。

近二十年來，量測大腦活動的工具和方法有革命性的進展。其中又以功能性磁共振造影最為重要。透過實驗的方式，fMRI 的技術提供了在人身上，探討神經活動 (neural activity) 和行為 (behavior) 之間關係的最佳工具。其劃時代的影響當然包含關於決策議題的研究。也因此，「神經經濟學」(neuroeconomics) 或決策的神經科學 (decision neuroscience) 逐漸成型。透過腦造影的方法，和其他研究工具，如猴子單一細胞電生理 (monkey single-cell electrophysiology)，決策科學家得以從神經活動的訊號當中，探究大腦如何處理決策的問題，其中包含 (但不僅限於)：如何整合不同的訊息、如何計算選項的價值、如何比較不同選項的價值以形成決策。以先前提到的決策問題為例，科學家們如今清楚的知道位於中腦的多巴胺神經元 (midbrain dopamine neurons) 和基底核中的腹側紋狀體 (ventral striatum)，其神經活動量化的反映選項當中的風險和機率等因子 (Fiorillo et al. 2003; Preusschoff et al. 2006)。神經科學家們也積極的開始勾勒大腦中價值計算 (value computation) 和價值比較 (value comparison) 的神經網路 (Kable & Glimcher, 2009)。近年來，神經科學更對形成決策的動態歷程 (dynamics in decision formation)，有深入而且精彩的探討。有興趣的讀者可以參閱 Gold and Shadlen (2007)。

神經經濟學結合了來自經濟學、心理學和神經科學的理論和方法，企圖對決策歷程和行為，提出具有新意的觀點。因此，一個神經經濟學家的訓練，必須包含這三個領域的基礎課程，才算完整。神經經濟學不僅敦促跨人文社



會和生物科學領域的整合，更對傳統領域既有的典範和原則提出強烈的挑戰。比如說，了解決策的神經生理基礎將如何影響經濟學理論的發展？會有任何深遠的影響嗎？我們將如何透過研究決策的大腦，更進一步了解決策的本質？這些問題的答案，顯然必須倚賴長期研究的結果，才能論定。但讓我們拭目以待。

(五) fMRI 在中文閱讀研究的應用

郭文瑞 / 陽明大學神經科學研究所

閱讀是一連串理解文字訊息的心理歷程。歷經學習閱讀的過程，讀者累積了不同種類的相關知識，例如構（組）字規則與字彙知識，使閱讀得以順利進行。在閱讀歷程的研究上，惹人爭議最多的是文字背後的語音訊息在文字辨識歷程所扮演的角色，尤其是中文，因為缺乏明顯形音對應的關係，許多人認為中文是一個形符或意符的文字系統，不具表音性質，使得中文語音訊息在閱讀歷程中所扮演的角色更是備受爭議。語言文字系統是依附其語音結構而發展，世界上各文字系統普遍都有聲化的現象，朝表音方向發展，所以文字與語音的關係越來越近，與其意義間的關係則越來越抽象。中文字也不例外，目前中文字中以形聲字的比例為最高，約莫八成以上。相較於拼音文字，例如英文，中文字是具有較豐富的空間結構訊息，但這並不必然表示語意與字形訊息之間要有直接的對應關係。站在以語音為閱讀基礎的立場來看閱讀行為，不同文字系統有不一致的形—音、形—義及音—義的對應比重是很自然的，一個同源的生物機制是可以以不同的外顯行為來因應不同處境。不同文字系統間有明顯差異，但深層結構可能相似，中文字雖然表面看似意符，但仔細探究可發現，中文字隱含語音訊息的線索卻也比比皆是。

從訊息處理理論的角度來看，處理中文字符合多重線索的說法，為了使閱讀更有效，讀者必須同時利用各項線索訊息，進而對整個閱讀歷程造成了超加成性效應。語音轉錄只是閱讀歷程中的一環，從認字到斷詞，漢字閱讀歷程仍有許多令人困惑的地方有待解決。目前當務之急的任務之一是整合過去研究以釐清問題所在，建立中文閱讀的認知心理模式。另外，我們必須重視神經系統與語言的關係，在認知科學與神經科學結合後，最令人感到興奮的是一些大腦與語言關係的發現。中文的三個主要特徵：方塊字、聲調變化和文法，因為這些特徵，使中文成為神經語言學研究的焦點。就澄清腦與語

言功能的對應關係而言，中文的神經語言學研究也是重要的，其重要性來自於比較反映中文特性的大腦行為與拼音文字系統的相關行為的異同。

文字辨識反映認知系統在閱讀功能上的表現，但這也顯示出大腦對不同訊息處理的整合。例如文字辨識之初是視覺訊息的處理，基於處理所得第一層視覺表徵的基礎，後續的相關處理流程不斷展開，直到最終文字辨識完成。其中所涉及的歷程可能有語音的計算、語義記憶的提取、選擇決定等等，各相關神經網路都會參與相對應訊息的處理。在我們最早的 fMRI 研究中 (Kuo et al., 2001)，我們將中文閱讀的神經網路完整呈現，發現主要的腦部激發區域是分布在左腦，但也有若干神經網路是分布在傳統的語言區域之外，所以我們除了驗證病人的腦傷資料，也開拓了對閱讀神經網路新的瞭解。最近，我們的跨語言研究發現，中文與法文的文字處理，廣泛來講是倚賴相類似的神經網路系統，研究中也發現閱讀靜態的文字，是會引入動態書寫經驗來協助其訊息處理。借助 fMRI，未來我們將有機會逐一解開中文處理的神經生理機制。另外，藉助於功能性腦造影 (Functional brain imaging) 及功能性腦映圖 (Functional brain mapping) 技術的精緻發展，我們已經可以直接測量人腦資訊處理的生理反應，配合與所測量的心智運作指標相關聯，人腦與心智 (Brain and mind) 對應關係已逐見其輪廓。總之，fMRI 是測量人腦資訊處理生理反應的主要工具之一，藉這項測量工具的協助，我們未來將有一窺心智功能與人腦運作的對應與全貌，尤其是語言與閱讀。

(六) 磁振頻譜 (MRS) 與腦功能應用

蔡尚岳 / 政治大學應用物理研究所

磁振頻譜 (Magnetic Resonance Spectroscopy, MRS) 是磁振造影中的一種技術，磁振造影的影像訊號來源是人體中水分子上的氫原子核，在腦部功能影像中，即是看水的部分。是身體中還有許多其他成分也帶有氫原子，譬如脂肪、代謝物、各種胺基酸等，這些不同來源的氫原子核在磁振造影中也能提供訊號，但因為分子結構的差異，其所提供的訊號與來自於水分子的訊號會有微小的頻率差異。因為人體中約有七成成分由水組成，在一般磁振造影的影像中，這些來自於其他成分的訊號相較起來量少並不明顯。但在磁振頻譜的技術中，則是特別去量測觀察訊號的頻率差異，來分辨各種成分的含量，因為代謝物在人體內的含量不高，訊號也較低，因此磁振頻譜通常需要多次測量



平均去除雜訊才能得到較好的頻譜品質；另外磁振頻譜對於磁振造影儀的磁場均勻度也有較高的要求，因而在近年來硬體進步後才有較多的應用。

磁振頻譜在臨床上常用在觀察大腦代謝物的濃度改變，對於診斷腦部疾病如中風、腫瘤、腦部退化、特別是對精神異常疾病有很大的幫助。舉例來說，有磁振頻譜的研究指出在創傷後壓力症候群患者中，觀察到大腦海馬迴區域的代謝功能下降，並且下降程度與他們的記憶缺損程度成正比。相較於磁共振造影，磁共振頻譜提供大腦中各種生化反應的代謝資訊，這些生化反應的產物，稱為代謝物，例如神經科學研究中非常有興趣的幾種神經傳導物質，谷氨酸（Glutamate, Glu）麩胺酸（Glutamine, Gln）、 γ -氨基丁酸（GABA），就可以藉由磁振頻譜的方法量測得到。

目前各種磁振造影技術中，最常使用功能性影像來探討大腦功能，但由於功能性影像技術所量測到的訊號變化，是綜合了血流量、血氧濃度等多重因素的改變，如果想要深入探討神經活化時的生化反應、生物反饋機制等效應，就需要更多的資訊來幫助了解；因此近年來磁振頻譜常被用來觀察量測腦功能的研究上。磁振頻譜在大腦中可量測到的代謝物中，有些與神經傳導物質相關，有些與細胞能量代謝相關，藉由測量這些代謝物濃度的變化，再結合功能性影像的量測，可以瞭解神經活化到血流改變間的神經生理機制。曾有研究指出在接受視覺刺激時，大腦視覺區的乳酸（細胞進行無氧呼吸的代謝物）濃度會有明顯增加，並在刺激停止後下降回正常濃度。也有研究針對 GABA（抑制性神經傳導物質）與功能性影像 BOLD 活化區的關係，觀察到視覺區中 GABA 濃度越高的人，他的視覺刺激 BOLD 的訊號變化量也較低，解釋了個體間 BOLD 訊號強弱的差異性，並可搭配腦磁圖共同解析大腦視覺區活動的情形。除了基礎的視覺反應之外，更有研究指出大腦在作決策的過程中，在腹內側前額葉的刺激性神經傳導物質減少，抑制性神經傳導物質增加，並且其濃度高低會影響決策結果。藉由磁振頻譜這項技術，我們有機會瞭解大腦代謝物與神經活化的關係，將能幫助我們更深入地瞭解大腦神經生理機制。近年來由於功能性影像的大量發展及應用，已有越來越多研究，會搭配磁振頻譜以求更進一步了解大腦運作情形。

四、結語

國科會人文處為提升國內人文社會學科進行跨神經科學領域研究，推動

「心智科學大型研究設備建置及共同使用服務計畫」，藉此也集結了國內在這方面的專業與研究人員，匯聚了相當大的研究動能。政陽團隊以來自陽明、中央與政治大學的認知神經科學研究人員為基礎，於政大校內建置了臺灣心智科學腦造影中心，提供功能性磁振造影的實驗環境。即日起，希望能為國內人文社會學科跨神經科學領域研究發展能有積極、正面的影響與貢獻。

參考文獻

- Anderson, M. L. (2003). Embodied cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149 (1), 91-130.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 16, 1157-1167.
- Cavina-Pratesi, C., Goodale, M. a., & Culham, J. C. (2007). FMRI reveals a dissociation between grasping and perceiving the size of real 3D objects. *PLoS one*, 2, e424.
- Culham, J. C., Danckert, S. L., DeSouza, J. F., Gati, J. S., Menon, R. S., & Goodale, M. A. (2003). Visually guided grasping produces fMRI activation in dorsal but not ventral stream brain areas. *Exp Brain Res*, 153 (2), 180-189.
- Fiorillo, C.D., Tobler, P.N., Schultz, W. (2003). Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science*, 299, 1898-1902.
- Gold, J.I., Shadlen, M.N. (2007). The neural basis of decision making. *Annual Review in Neuroscience*, 30, 535-574.
- Grafton, S. T. (2009). Embodied cognition and the simulation of action to understand others. In M. B. Miller & A. Kingstone (Eds.), *Year in Cognitive Neuroscience 2009* (Vol. 1156, pp. 97-117).
- Gusso, S., Salvador, C., Hofman, P., Cutfield, W., Baldi, J. C., Taberner, A., et al. (2012). Design and testing of an MRI-compatible cycle ergometer for non-invasive cardiac assessments during exercise. *Biomedical Engineering Online*, 11.
- Kable, J.W., Glimcher, P.W. (2009). The neurobiology of decision: Consensus and controversy. *Neuron*, 63, 733-745.
- Kroliczak, G., Cavina-Pratesi, C., Goodman, D. A., & Culham, J. C. (2007). What does the brain do when you fake it? An FMRI study of pantomimed and real grasping. *J Neurophysiol*, 97 (3), 2410-2422.
- Kuo, W.J., Yeh, T.C., Duann, J.R., Wu, Y.T., Ho, L.T., Hung, D.L., Tzeng, O.T.L., Hsieh, J.C. (2001) A left-lateralized network for reading Chinese words: an fMRI study. *NeuroReport*, 12 (18), 3997-4001.
- Preusschoff, K., Bossaerts, P., Quartz, S.R. (2006). Neural differentiation of expected reward and risk in human subcortical structures. *Neuron*, 51, 381-390.
- Rosenbaum, D. a. (2005). The Cinderella of psychology: the neglect of motor control in the science of mental life and behavior. *The American psychologist*, 60, 308-317.
- Shadmehr, R., & Diedrichsen, J. (2003). fMRI-compatible robot devices 2012
- Weber, T. F., von Tengg-Kobligh, H., Kopp-Schneider, A., Ley-Zaporozhan, J., Kauczor, H. U., & Ley, S. (2011). High-resolution phase-contrast MRI of aortic and pulmonary blood flow during rest and physical exercise using a MRI compatible bicycle ergometer. *European Journal of Radiology*, 80 (1), 103-108.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (4), 625-636.