

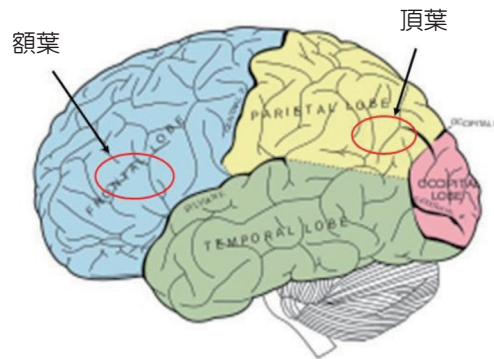


# 語言發展的大腦奧秘<sup>#</sup>

周泰立、翁巧涵\*

## 一、前言

語言是人類獨特的心智運作，法國學者笛卡爾認為人類與動物最大的差異就在於是否使用語言，人類身為萬物之靈，會使用語言來進行溝通思考，動物則不會使用語言。近年來的研究發現，人類諸多的心智運作歷程，包括記憶、注意、感覺及決策，與動物的心智運作歷程極為相似；但是，人類與動物的語言心智運作歷程相似性卻不高，這一點可以藉由語言缺損患童的研究發現，透過動物研究所得到的助益極為有限。語言在人類心智運作的獨特性，是否能反映在腦功能的神經機制上面？經由系統性地比較人類與動物的大腦結構差異，發現在下額葉（inferior frontal gyrus）與下頂葉（inferior parietal lobule）兩個腦區（見圖一），是人類與動物大腦結構差異最大的地方。在語言發展的腦功能研究中，也發現了左腦半球的下額葉與下頂葉扮演了重要的角色，語言發展的神經機制在這兩個一前一後的腦區中，出現了明顯的年齡變化。所以人類語言使用的獨特性，與大腦結構的差異性，有著密切相關的對應關係。



圖一 人類語言發展的神經機制，反映於左腦半球的下額葉及下頂葉之神經活動變化

<sup>#</sup> 本文內容為作者執行科技部補助計畫「孩童中文字語意發展的磁振造影縱貫式研究」研究成果。

\* 周泰立，國立臺灣大學心理學系教授；翁巧涵，國立臺灣大學心理學系博士班候選人。

## 二、人類語言的獨特性

相較於動物的溝通系統，人類的語言系統有何獨特性？首先，最接近人類的物種大猩猩，可以透過配對學習的方式，了解到字詞與圖形物品之間存在有某種關聯，這種學習似乎可以視為語言的習得。然而，當研究者進一步訓練大猩猩學習使用手語，發現大猩猩能夠學習到的手語數目，最多只能達到人類嬰孩兩歲的水準。更多的手語學習，對大猩猩而言是幾乎不可能，但是對人類嬰孩來說，兩歲以後的語言發展，無論是在數量及複雜度的層面上，都遠超過大猩猩語言學習的極限。那麼人類語言究竟具有什麼樣的獨特性呢？

動物用以溝通的聲音符號多半簡單且缺乏變化，沒有任何動物具有如人類般複雜的發聲系統，這點牽涉到人類與動物在生理架構上根本性的不同，人類的大腦、肢體、聲帶等發展都較其他物種精細，才能使用複雜的發聲系統。此外，動物之間雖有用於溝通的聲音符號，但僅限於即時性(immediateness)的溝通，不像人類語言可以發展出各種時態的變化，可指稱過去、現在、未來任一時間點的人事物，甚至分化出複雜的社會性功能，對於不同對象會運用不同的語言，如日語演化出敬語、常體等不同的變化。研究者歸納出一些人類語言的特性，包括創造性、結構性(語法)、武斷性、層次性(由最小的聲音單位至最大的篇章會話單位)及動態性(語言是會隨著時間演變的)。最後一個關鍵性的差異當然就是文字，人類發展出文字系統，因此人類的語言重要架構不只局限於聲音，而是包括了字形、字音、意義等多重關係，用文字去表達意義是人類獨特的能力。人類的文字系統相對於其他物種都過於複雜，以大猩猩來說，即使經過訓練，仍然無法寫字來達到具有意義的溝通。

人類語言發展的特點，從早期的聲音使用，單字的出現，到達精熟地運用句子，每個階段背後都對應著複雜的心智運作歷程。其中的關鍵之一，就在於從學習中觀察字音、字形、字義的對應規則，進而達到溝通的目的。若透過縱貫式的長期追蹤，觀察隨著年齡的成長，兒童在概念的儲存及組織，與概念的動態處理，如何逐漸純熟如成人一樣，將能對於語言發展的心智運作歷程有更清楚的了解。

## 三、語言發展：儲存及組織

人類眾多的概念儲存在腦中，如同一個大型的倉庫儲存了許多的貨物，



必須以規律的方式排列，在搬運使用時才能夠迅速地找到所需要的貨物。這樣的比喻可以對應於儲存在長期記憶的眾多概念，必須具備規律的排列方式，才能夠有效率地提取，提供日常生活的語言溝通使用。人類的概念的儲存，究竟是以何種規律性來排列？第一種排列的方式是概念之間的關聯強度。儲存在記憶中的每個概念就像一個分散在網絡中的節點（node），有關聯的概念會彼此連結在一起，關聯越密切的概念，關聯強度比較高，在網絡中儲存的位置也會越接近。因此，當接收到某個概念時，例如太陽，此時在概念網絡中，會從太陽這個節點開始向外擴散、蔓延到所有與太陽連結的相關概念；例如月亮，因為月亮與太陽的關係較密切，儲存位置距離太陽較近，關聯強度較高，就會比較快被搜尋到。研究發現臺灣小學五年級孩童判斷中文字的意義時，關聯強度越高的兩個字，孩童的判斷正確率越高，這個結果支持了概念在長期記憶中是以關聯強度的方式進行排列。

第二種排列方式是概念之間會以功能關係和類別關係進行排列組織。「功能關係」是指具有功能性關係的概念會儲存在一起，例如敲打釘子是鐵鎚的功能之一，因此鐵鎚和釘子會被儲存在一起。「類別關係」則是指屬於相同類別的概念會被儲存在一起，例如同屬於動物類的狗、貓、牛就會被儲存在一起。孩童概念發展的研究發現，年齡小的孩童會先產生功能關係，隨著年齡的增加會逐漸轉變為類別關係。因為年齡小的孩童是由日常經驗為基礎，透過與生活環境中的事件物體產生互動來學習，了解這些事件或物品之間的功能性關係，進而建立概念；隨著年齡增長，學習經驗增加，概念重新組織後，會逐漸轉換成以類別語意關係作為概念排列的方式，此時鐵鎚就會與同屬於工具類的鉗子儲存在一起。在以中文為母語的孩童發展研究中，發現小學三年級孩童在判斷功能語意關係的正確率，優於類別語意關係；然而，小學五年級孩童則是在類別語意關係的正確率，優於功能語意關係。綜合以上發現，孩童隨著年齡成長，在概念組織儲存上呈現功能——類別關係的轉換歷程。

#### 四、語言發展：動態處理

在眾多排列整齊的概念之中，如何尋找到所需要的正確答案？尋找的方式與年齡的變化是否有關？上述的問題就牽涉到語言發展的動態處理。第一種尋找正確概念的動態處理方式，稱為語意搜尋（semantic search）。以閱讀

中文及英文為例子，由於這兩種語言的文字特性不同，因此會對孩童學習每個字的字形及字音之間的對應關係，以及該字彙的語意知識具有不同的影響。屬於拼音系統的英文，多數的字彙皆符合形音對應規則，但中文在字形、字音、字義上卻沒有一致的對應關係存在。多數的英文字是多音節的字彙，中文的字彙則是以單音節組成，因此中文有大量的同音字。在日常生活對話裡，如果中文沒有上下文語意訊息的輔助，將難以確定所指稱是哪一個字，這樣的情況將會增加語意搜尋的困難度。研究發現這種語意搜尋的能力，與年齡的變化有關，年齡越大的孩童，他們的語意搜尋的能力就越好。這樣發展的特性也伴隨著大腦功能的變化，隨著年齡的增加，在左腦半球的下額葉神經活動會出現遞增的現象。

第二種尋找正確概念的動態處理方式，稱為語意整合 (semantic integration)。以閱讀中文字為例，中文字的獨特性在於字的本身可能包含語意部件 (semantic radical)，代表單字與其部件在意義上有相關性。例如包含語意部件「金」的字群，有「銅」與「鐵」等字，都與金屬類有關，所以可以由單字的部件推論出整字的意義訊息，處理部件與整字關係的能力，即為一種語意整合的歷程。研究發現這種語意整合的能力，與年齡的變化有關，年齡越大的孩童在語意整合的表現就越好。年齡越大的孩童，透過相關的語意部件，使用部件為線索 (如：踡→足)，加以輔助判斷字群之間的語意相關性，將可以更快地了解中文字的意義。這樣發展的特性也伴隨著大腦功能的變化，隨著年齡的增加，在左腦半球的下頂葉神經活動出現遞增的現象。

## 五、語言發展的文化差異

語言的習得是由先天條件決定或是受後天環境影響？文化 (書寫系統) 差異是否會對於神經機制的運作產生影響？過去的研究者長期主張語言處理的普世性，亦即認為閱讀中文時，神經系統的運作與閱讀英文完全相同。但是近年來的一系列論文，以英文為母語的孩童與中文為母語的孩童作為研究對象，不約而同地發現不同的語言系統，在閱讀時會對於神經系統的運作產生差異，這是因為中文文字之字形與字義的對應獨特性，在語言發展的軌跡中，可以將此文字特性反映在神經機制的變化上。

一項跨文化的語言發展研究，觀察臺北地區以中文為母語的孩童，年齡為國小及國中的學生，以及同年齡芝加哥地區以英文為母語的孩童，比較兩





組孩童在語言意義判斷的異同。研究結果發現臺北地區的孩童，在與語意搜尋有關的左下額葉以及與語意整合有關的左下頂葉，會隨著年齡的增加，神經活動出現遞增的現象。然而，芝加哥地區的孩童則是在與語音相關的腦區，呈現發展年齡的變化。這項研究成果說明中文語言習得的過程中，孩童多依賴字形與語意的轉換，中文的文字特性反映在這兩個腦區的神經活動上，而這兩個腦區也正是人類及動物大腦結構差異最大的地方。這些研究發現可以進一步地應用在雙語環境甚至多語環境的孩童（例如新加坡、荷蘭等多語國家），比較語意發展的神經機制變化，以期對於文化差異能夠產生更多的了解。

## 六、語言發展缺損：以閱讀障礙及自閉症為例

在了解了健康孩童的語言發展功能之後，可以進一步研究語意處理有困難的孩童族群，探討是在哪一個大腦區域的神經機制出了問題。首先，針對閱讀障礙的孩童，他們在學業的表現中，出現了語文成績低落的情況，在語文測驗的分數表現也比健康孩童來得低。探究閱讀障礙孩童的大腦活動，可以發現他們在進行語言理解時，所使用的腦區與健康兒童相同，都是使用左腦半球的下額葉及下頂葉；但是閱讀障礙孩童的神經活動卻是比較少，這項研究發現顯示閱讀障礙孩童在動態處理的語意搜尋與語意整合，相較於健康兒童來得差。至於自閉症孩童的臨床症狀，則是語言溝通出現困難，他們同樣地在左腦半球的下額葉，神經活動也較健康兒童來得低，而且當自閉症孩童的溝通症狀越嚴重，偵測到的腦部活動就越微弱。

更值得注意的是，語言缺損的孩童在處理語言時若出現困難，大腦的其他腦區會發揮補償作用，來協助孩童完成語言活動。也就是說，單從外顯的語言表現行為可能與健康孩童沒有顯著的差異，但是內在的大腦神經運作卻存在著差異。例如自閉症孩童在語言理解時，在左腦半球的下額葉，神經活動相較於健康兒童來得低；但是在右腦半球的下額葉，卻出現神經活動相較於健康兒童來得高，這就是一種補償作用的表現。這些大腦功能的研究結果，提供了早期發現語言缺損孩童的生物指標，以及提早進行語言訓練等介入方案的機會。透過累積更多的研究成果，例如縱貫式的發展研究，將可發現更多與語言使用相關的腦區功能，解釋其心智運作的差異障礙所在，提供證據開啟不同的治療與診斷方式。

## 七、結語

語言的發展會受到先天及後天因素的影響，先天的因素包括神經系統成熟的早晚，後天的因素包括學習經驗的影響，這兩者的交互作用可以反映在年齡的變化上面。隨著年齡的增長，語言概念的儲存組織會呈現精緻化的排列，以及語言概念的動態處理呈現更有效率的搜尋整合。除了上述的變化趨勢外，語言發展也會受到文化（例如不同的書寫系統）及疾病障礙的影響。上述的年齡變化歷程，也會伴隨著神經活動的改變，特別在左腦半球的下額葉及下頂葉兩個腦區，這些腦區也正是人類及動物的大腦結構差異最大之處。綜合本文的論述，語言發展是一個動態而且具有彈性的歷程，值得加入更多的研究探索其中的奧秘。

## 參考文獻

- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, *19*, 2767-2796.
- Booth, J. R. (2010). Development and language. In G. Koob, M. Le Moal, & R. F. Thompson (Eds.), *Encyclopaedia of Behavioral Neuroscience* (Vol. 1, pp. 387-395). Oxford: Academic Press.
- Jay, T. (2003). *The psychology of language*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Sternberg, R. J. (2004). *Psychology* (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth.