

絕對音感的認知心理學研究

蔡振家（國立臺北藝術大學傳統藝術研究所兼任助理教授）

一、前言

絕對音感（absolute pitch）的現象曾吸引許多心理學家、音樂學家探索其中的奧秘，近十年來，科學家以各種大腦造影（brain imaging）的新利器來研究絕對音感的神經學基礎，獲得許多突破性的進展。¹在科學界頗具影響力的《自然》期刊，去年七月份神經科學別刊（Nature Review Neuroscience）的主題是「音樂與大腦」，其中有篇文章回顧了近年有關絕對音感的研究，文中除了闡述具絕對音感者的大腦構造與神經活動特徵之外，另外也提到，在音樂家裡面，華人、日本人、韓國人具有絕對音感的比例似乎特別高，因此，絕對音感或許跟基因遺傳有關（Zatorre 2003）。

亞洲人的絕對音感真的來自於遺傳嗎？或者，音樂教育方式才是造成亞洲音樂家具有絕對音感的比例特別高的原因呢？本文將從認知心理學的角度來探討這個問題。筆者首先將比較臺灣與歐洲的音感訓練，質疑「絕對音感是完美的音感」此一觀念，接下來將從認知心理學的觀點重訪絕對音感的四大假說（遺傳、銘印、學習、反學習），並根據近年大腦造影的研究成果，指出音感與「語意聯結／空間能力」、「外顯／內隱的絕對音高資訊」的關聯，最後，將探討幼時的音感訓練對於大腦所可能造成的影響。

二、完美的音感？

所謂的絕對音感，是指能夠在沒有基準音的提示之下，正確聽出鋼琴上隨意出現的音。辨音的正確率達到 70% 以上，始可視為具有絕對音感（Miyazaki 1988）。對於只能辨識音與音之間的相對音高關係的大部分人而言（這種能力稱為相對音感；relative pitch），絕對音感似乎是種神奇的現象，所以有人也稱它是完美的音感（perfect pitch）。

絕對音感真的完美嗎？根據歷史學者的研究，許多作曲家是沒有絕對音感的，例如華格納、拉威爾、柴可夫斯基、史特拉汶斯基.....等，他們的樂曲並不比具絕對音感的音樂

¹ 這些大腦造影的技術可以在受測者聽音樂、思考時，以非侵入性（noninvasive）的方式紀錄下腦中的神經活動，故能觀測到該項心智任務所動用的大腦區域主要有哪些。這些大腦造影的技術包括了：功能性核磁共振（fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging）、正子斷層掃描（PET, Positron Emission Topography）、腦電波（EEG, Electroencephalography）、腦磁波（MEG, Magnetoencephalography）。

家遜色，後者如莫札特、孟德爾頌、史克里亞賓、梅湘.....等（Slonimsky 1988）。筆者認為，聽音方式的不同導致對音的想法不同，可能會反映在其樂曲風格上面，但與藝術成就的高下無關。

絕對音感雖然罕見，但它不應與音樂才能劃上等號。研究顯示，有許多自閉症患者在沒有接受音樂訓練的情形下發展出絕對音感（Miller 1999），然而他們卻未必精通音樂。一位自閉症患者就坦言，她天生擁有絕對音感，但音樂卻無法激起她情感上的反應。²無獨有偶的，新葛羅夫（New Grove）音樂辭典的「絕對音感」條目中也提到，絕對音感有可能讓人在聽音樂時分心，減低聆賞的樂趣；有些具絕對音感者會抱怨：「我在音樂中聽到的不是旋律，而是聽到一串音名流過」（Parncutt and Levitin 2001）。

雖然臺灣的音樂班大多十分重視絕對音感的訓練，但歐洲的音樂傳統反而更重視相對音感，強調聽音程、和絃的能力。根據筆者的觀察，亞洲音樂學生來到歐洲留學時，其中一個最大的衝擊就是音感訓練方式的不同。大致上來說，在亞洲接受音樂基礎訓練的學生，聽音樂時多半能夠用絕對音感把每個音一一聽出來，不過，歐洲的老師卻未必喜歡這樣的聽音方式，於是追問：「不要老是告訴我和絃裡面總共有哪些音，我是在問你『這是什麼和絃？』」反觀在歐洲接受音樂基礎訓練的學生，雖然沒有絕對音感，說不出和絃裡面到底有哪些音，但他們通常擅於辨認和絃，並能理解其在樂曲中的功能。

與臺灣的音樂訓練比較起來，歐洲的音樂訓練更重視聽音程、聽和絃，掌握整體的和聲進行，而非機械式地把每個音一一標上固定唱名。曾經有就讀於德國音樂院的朋友向筆者透露，在臺灣讀音樂班時被訓練成絕對音感，來到德國之後感到不太適應，以至於察覺到「腦中似乎有些部份生鏽了」，甚至嘆道「在臺灣被教壞了，現在要改已經來不及了」。由此也可以看出，絕對音感有可能會妨礙相對音感的習得與精進，而後者在音樂認知中可能扮演著更重要的角色。

關於絕對音感的負面影響，近十年來逐漸吸引了學者的注意。心理學家宮崎謙一（Miyazaki Ken'ichi）從 1993 年之後所發表的幾篇論文，皆一而再、再而三地以實驗來闡述絕對音感的壞處。他證明了：(1)具絕對音感者在首調唱名、音程的指認有障礙（Miyazaki 1993, 1995），(2)具絕對音感者在「再認」（recognize）移調後的曲調時，表現得比不具絕對音感的人差（Miyazaki and Rakowski 2002; Miyazaki, in press）。

在一般人的眼中，絕對音感似乎是一種特異功能，因此格外令人羨慕。然而，從認知

² 神經科學家 Sacks 指出，這位自閉症患者天寶儘管耳朵十分靈光，也有特別優異的音樂記憶力，但就是沒有音樂細胞。她在感情上、主觀上與內心深處，不僅對音樂沒有反應而已，對大部分的視覺景象也缺乏情感或審美能力。天寶自己對此現象的解釋是：情感的線路沒有接上（Sacks 1995）。像大部分的自閉症患者一樣，天寶講話的語調平板、缺乏自然的抑揚頓挫，在「隨音樂節奏拍手」方面也有顯著的障礙（Grandin and Scariano 1986）。

心理學的角度來看，人人皆具備的能力反而更值得研究。在做過一番科學檢視之後常常可以發現，這些看似平凡的能力，其實都是生物演化的奇蹟，它們可能比所謂的特異功能更令人驚嘆。筆者認為，我們習以為常、時時漠視的相對音感，正屬於這種情形。

從機械論的觀點來看，相對音感其實是比絕對音感更高階、更複雜的處理。我們很容易製造出一部能夠顯示絕對音高的機器（如市售的調音器），但若要寫個程式讓電腦能在聽到音樂之後顯示每個音的首調唱名，卻變得十分困難，因為要教電腦判斷旋律中的哪一個音是首調的 Do，似乎沒有想像中那麼容易。動物行為學家也發現，許多動物的聽音方式較接近絕對音感而非相對音感；將動物習得的旋律移調之後，牠們就認不得了。³從這個觀點來看，人類在聽音樂時傾向於聽相對音高而非絕對音高，可能反映著一種較為高階的抽象能力，這是其他動物所缺乏的。⁴

三、絕對音感的四大假說

既然大部分的人僅具有相對音感，那麼，絕對音感是如何發生在少數人身上的呢？對於這個問題，過去的學者共提出了四大假說：遺傳（Révész 1913）、銘印（Copp 1916）、反學習（Abraham 1901）、學習（Meyer 1899），以下略作介紹。⁵

絕對音感究竟是不是遺傳得來的秉賦？百年以來，這個問題一直聚訟紛紜，基因對於音感的可能影響，至今仍未被排除（Baharloo et al. 1998）。銘印（英文 imprinting、德文 Prägung）假說認為，人的音感只在特定的一段時期具有可塑性，過了這段時期便難以訓練出絕對音感。⁶反學習（英文 unlearning、德文 Verlernen）假說認為，每個人本來都有絕對音感，但置身在具相對音高結構的音樂與語言環境之中，久而久之便喪失了絕對音感。

以上四種假說並不全然互斥。例如，生物學家早就告訴過我們，基因是否能夠發揮作用，有賴後天環境的配合。此外，有些能力只在關鍵期（critical period）能夠發展、被塑造，錯過了這段關鍵期，基因所攜帶的潛能將永遠沉寂。從這個角度來看，遺傳假說與銘印假說其實是互補的，唯有結合兩者，才能解釋為何有些人能夠藉由幼時的訓練培養出絕

³ 科學家研究鳥（Hulse and Cynx 1985, 1986）、猴（D'Amato 1988）、狼（Tooze et al. 1990）等，發現牠們在聽音時似乎傾向於聽絕對音高。因此，絕對音高的訊息在某些動物社群活動與聲音溝通中，可能扮演著重要的角色（Hulse and Page 1988）。

⁴ 筆者認為，相對音感可能跟音階系統的存在有關。世界上所有民族文化都使用音階系統來製造音樂，而動物的叫聲雖然多采多姿，卻沒有任何一種動物使用音階系統，這是人類音樂與動物叫聲的最大差別之一。

⁵ 此處「四大假說」的說法係參考 Lang（1993）的絕對音感研究回顧文章。

⁶ 一項統計資料指出，五歲以前接受音樂訓練而具絕對音感的比例達 95%，超過十二歲才施以訓練而具絕對音感的比例只有 5%（Sergeant 1969）。

對音感（Zatorre 2003）。

除了遺傳假說與銘印假說之外，反學習假說也得到許多證據的支持（詳見本文第六、七節）。所以，在絕對音感的四種假說裡面，可能只有學習假說可以確定是錯誤的。眾所周知，就算施以多年的訓練，有些人怎麼樣也學不成絕對音感，只有相對音感可以經由反覆練習而不斷精進，但無論相對音感多麼精進，與絕對音感之間還是存在著無法泯滅的界線。

四、音感與大腦

相對音感與絕對音感是兩種截然不同的聽音方式，科學家發現，這兩種聽音方式的差異，具體表現在大腦的神經活動上面。

加拿大的神經科學家查托雷（Robert J. Zatorre）曾經跟音樂家合作，進行了一項有關音感的研究（Zatorre et al. 1998）。他們讓一些音樂家聽小三度與大三度的旋律音程，觀測他們大腦的神經活動。大腦造影的結果顯示，具絕對音感者在聽到小三度或大三度時，左側額葉的背側區域後方（posterior dorsolateral frontal cortex）有特別顯著的神經活動，只具相對音感者則沒有。此區域被認為是負責所謂條件聯結（conditional association）的能力，具絕對音感者將特定的音頻聯繫至特定的字母（固定唱名），就是一種條件聯結。當只具相對音感者聽到小三度或大三度時，並不會將這些音聯繫至特定的字母（因為首調唱名還無法確定），所以左側額葉的背側區域後方不會活化。只具相對音感者僅在被要求判斷音程時，這個區域才會活化，因為將特定的音程聯繫至特定的名稱（小三度或大三度），也是一種條件聯結。

在另一方面，具相對音感者在被要求判斷聽音程時，右側額葉的下方區域（inferior frontal cortex）有顯著的神經活動，而具絕對音感者則沒有。右腦這個區域被認為跟聽音的工作記憶（auditory tonal working memory）有關，所謂的工作記憶包括了將刺激暫存為短期記憶（short-term memory），以及為了完成一項認知任務所提取的長期記憶（long-term memory）。在相對音感的音程處理中，被提取的長期記憶可能是數個音以特定距離排列的模式，也就是關於音程的記憶。右側額葉在比對了短期的刺激音記憶與長期的音程記憶之後，刺激音的音程就被判讀出來了。具絕對音感者如果是從固定唱名來推算音程，就不需要動用到這樣的工作記憶。

上述這個如今已成為經典的實驗，似乎揭開了絕對音感的神秘面紗。具絕對音感者聽到音樂時，習慣先用左腦額葉將每個音一一貼上固定唱名的標籤；反之，具相對音感者聽到音樂時，並不急於將聽到的音貼上唱名標籤，而是動用右腦額葉將這些音暫時儲存起來，調出舊有的音程記憶去做比對，再決定為這些音貼上標籤（首調唱名）。這種由大觀

小的策略，或許可以比擬為「見林→見樹」。⁷

具絕對音感者在認知音與音之間的相對關係時，似乎並不使用右側額葉下方區域的工作記憶功能，而是根據左側額葉的背側區域後方所標出的固定唱名，然後運用樂理知識來推算出音程。因此，具絕對音感者在聽音程時，似乎是使用外顯的（explicit）、語意的（semantic）絕對音高資訊，反之，具相對音感者在判斷音程時，絕對音高資訊則是內隱的（implicit）。在下兩節中，筆者將進一步討論這個議題。

雖然音樂訓練常被認為能夠幫助大腦的發育，但科學家卻發現，絕對音感有可能會削弱大腦的某些功能。一項大腦造影的研究發現，在具絕對音感者右腦的聽覺皮質區中，一個稱為 *planum temporale* 的部位比具相對音感的音樂家來得小，甚至比一般人來得小（Keenan et al. 2001）。⁸該文的作者認為，在幼童發展絕對音感的過程中，右側 *planum temporale* 的神經元可能遭到了較多的修剪（pruning）。此外，Klein 等人（1984）比較了具相對音感與絕對音感者在聽音時的腦電位活動，他們發現，具絕對音感者少了一個稱為 P300 的神經活動（發生於起音之後 0.3 秒的神經活動）。

以上這兩篇論文，不約而同地指出了一個可供逆向思考的觀點：絕對音感雖然被視為一種罕見的音樂稟賦，但是，具絕對音感者可能會因此少了某些能力。

具絕對音感者所缺乏的能力，可能就是真正的相對音感。有些具絕對音感者無法很快地聽出音程，而必須根據固定唱名來推算音程（Miyazaki 1993, 1995），不過，也有一部分具絕對音感者兼具真正的相對音感，聽音程時就沒有這個困難。一篇最近的論文指出，具絕對音感者在聽音程時，腦中出現 P300 神經活動的人答題速度較快、正確率也較高

⁷ 「相對音感／絕對音感」與「見林／見樹」的關係，也可以在自閉症的研究中找到一些相關的討論。Frith（1989）認為，自閉症患者著眼於局部、疏於掌握巨觀的場合化意義，此一認知傾向或許能夠解釋他們天生的絕對音感，因為這種聽音方式是將音符當作局部的單元，一一貼上標記。這個假說得到了某些實驗的支持（Heaton et al. 1998），但也有實驗顯示，自閉症患者一方面在音樂的局部處理上優於常人，另一方面，他們的音樂整體處理能力與常人並無差別（Mottron et al. 2000）。

⁸ 該實驗找了 27 位具絕對音感的音樂家、22 位不具絕對音感的音樂家、27 位非音樂家，測量他們左、右腦的 *planum temporale* 表面積，這三組受測者右側 *planum temporale* 表面積的平均值如下：8±2（具絕對音感的音樂家）、11±2（不具絕對音感的音樂家）、10±3（非音樂家）平方公分。在一項測量 *planum temporale* 體積的研究中發現，十位具絕對音感的音樂家的左、右側 *planum temporale* 平均體積，跟十位不具絕對音感的音樂家的平均值只有微小的差異，此差異在誤差範圍內（Zatorre et al. 1998）。這兩個不太一致結果可能是採取的樣本不同所致，但亦與 *planum temporale* 在解剖學上的定界爭議有關。另一個可能性是，具絕對音感者右腦 *planum temporale* 的體積並沒有特別小，只是形狀與常人不同，具有較小的表面積。

(Renninger et al. 2003)。因此，在擁有絕對音感的人裡面，似乎還可以根據「是否有 P300」進一步區分為「具有相對音感」與「沒有相對音感」兩種。

從以上的實驗看來，絕對音感與相對音感是可以並存的。筆者認為，擁有絕對音感並不一定有壞處，關鍵在於有沒有過分依賴絕對音感來聽音樂。舉例而言，假如在聽音程、和絃時，不是去掌握聲音的整體感覺，而是先把各個音的絕對音名記下來，再去推算音程或和絃的話，就算是過分依賴絕對音感。由於這種聽音方式會弱化相對音感，因此是個不好的習慣。

五、相對音感與空間能力

筆者認為，「絕對音感／相對音感」這兩種不同的聽音方式，可以用「語意／空間」這兩種不同的大腦功能「模組」(module)來說明。⁹具絕對音感者聽到音樂時，習慣先將每個音貼上固定唱名的標籤，這是一種語意聯結的能力。相反的，具相對音感者在聽音樂時，則注重於處理音高的相對關係，這種能力可能類似於空間能力。

音高、音程、旋律與空間概念的類似性，從許多日常用語或音樂用語都可以看出端倪。首先，以「高低」這個空間觀念來形容音高，在古今中外似乎都是一樣的。¹⁰在音程方面，我們不但使用了「距離」這個靜態的空間觀念，也用到「級進、跳進」等動態的空間觀念。在旋律的認知方面，我們用「上行／下行」、「平行／同向／反向／斜行」來形容單條及多條旋律線的運動。腦科學的研究顯示，空間觀念與音樂旋律的認知傾向由右腦負責，左腦則負責細節的處理及語言的認知等，這多少也反映出音樂觀念與空間觀念的相似性。

上述左右腦的分工，也反映在額葉的工作記憶上面。實驗顯示，有關空間的工作記憶傾向於在右側額葉處理，非關空間的、語詞的 (verbal) 工作記憶則傾向於在左側額葉處

⁹ 古典神經學把大腦看成一個擁有各種不同功能的區塊，每個區塊負責一個認知功能，例如知覺、運動、空間、語言、計算、記憶等，這些不同的功能稱為模組。在比較低階的大腦部位，每個區域只負責一個模組，彼此獨立，不相往來，但越到高階的大腦皮質，模組間的界線就越趨模糊。欣賞音樂所牽涉到的腦部區域除了聽覺皮質區之外，一些看似跟音樂無關的區域也參與了音樂訊息的處理，如輔助運動皮質區、小腦、視覺皮質區、腦島 (insula) 等，所以，音樂認知無法用單一的模組來解釋。

¹⁰ 這個現象只有在跟視覺做比較之後，才會顯出它的獨特性。舉例而言，我們說「女生的聲音比男生高」，是因為女生講話的平均音高約為 220 Hz，大於男生講話的平均音高（約為 120 Hz）。然而，雖然藍光光波頻率平均值比紅光高，但我們並不會說「藍光比紅光高」。換言之，頻率雖然是波的一大特徵，但只有聽覺處理會把頻率牽扯到空間觀念，反之，在視覺系統裡面，色彩知覺與空間知覺並沒有這樣的關係，光波頻率並沒有被當作一維 (one-dimensional) 的量來認知。

理。¹¹在相對音感的處理過程中，聽到的音程會與舊有的音程記憶去做比對，這種比對牽涉到「平移不變」，具有空間觀念的特質。在查托雷等人的實驗中（Zatorre et al. 1998），相對音感引發了右側額葉的神經活動，亦支持了「相對音感近似於空間能力」這個假說。

除了額葉之外，在視覺皮質區中或許也可以找到旋律認知與空間能力的交會之處。有不少大腦掃描研究顯示，在聽音樂旋律時，視覺皮質區有顯著的神經活動（Platel et al. 1997, Halpern and Zatorre 1999, Perry et al. 1999, Janata et al. 2002），其背後的意義十分耐人尋味。有的科學家認為，人類可能使用有關「高低」等視覺訊息處理的神經迴路來認知旋律（Platel et al. 1997）。雖然這個猜測還有待更多的實驗來檢驗，但筆者要指出的是，具絕對音感者與具相對音感者在視覺皮質區的活化情形略有差異；具相對音感者在聽音時，視覺皮質區的活化區域較多。¹²這個有趣的現象尚未引起神經學家的注意，但一個可能的解釋是：具絕對感者只動用到較少的空間認知神經迴路來處理旋律，因為他們習慣以固定唱名來推算音程。

在音高的認知中，絕對音高資訊進一步被處理為相對音高資訊；反之，在視覺空間認知中，物體相對於眼球位置的資訊必須進一步處理為絕對位置資訊，以在眼動、頭動的情形下維持物體位置的恆定性。這個「相對→絕對」的空間處理，可能是在視覺皮質中的V6區域進行的（Galletti et al. 1999, 2001）。筆者認為，這個處理跟「絕對音高→相對音高」有些類似，因此，具相對音感者可能動用到V6區域附近的神經迴路來計算相對音高。此猜測尚待檢驗。

六、內隱與外顯的絕對音高資訊

具絕對音感者在聽音程時所處理的音高資訊，可能跟具相對音感者不同。具絕對音感者將絕對音高資訊提取出來並賦予語意，以便在意識中進行音程的計算分析，在這個處理過程中，絕對音高的資訊是外顯的，反之，在相對音感的處理過程中，絕對音高的資訊則是內隱的。

筆者認為，任何人在聽音時都是先掌握絕對音高資訊，只不過這個資訊在具絕對音感者的腦中進入了意識界（外顯的），而在一般人的腦中，絕對音高資訊只存在於潛意識（內隱的）。這個觀點與絕對音感的反學習假說有點類似，該假說認為，每個人原本都有絕對音感的潛能，但絕對音高的資訊在一般人的腦中被有效地內隱（反學習），只有極少數的

¹¹ 參見 Walter 等人（2003）的研究與回顧。

¹² 具相對音感者在聽音程時，視覺皮質區中位於 Talairach 座標（15, -87, 29）的區域被活化，具絕對音感者則否（Zatorre et al. 1998）。此外，具絕對音感者與具相對音感者在扣帶迴與頂葉的神經活動也呈現出有趣的差異（Zatorre et al. 1998），這些區域的活化可能跟注意力、工作記憶有關。

人將此資訊予以外顯，於是顯露出絕對音感的能力。

人類神經系統所處理的資訊，數量非常龐大，其中僅有極少部分進入了意識界，大部分的資訊處理都是內隱的，這可以避免讓意識被資訊的洪流所淹沒。舉例而言，腦幹（brainstem）無時無刻不在監測血壓，但我們並不需要在這方面花費任何心思，因為監控血壓只在潛意識中進行。由於我們不能將這個血壓資訊提取到意識界，所以，想要知道自己的血壓，還是得要拿血壓計來測量才行。筆者認為，拿調音器來測量絕對音高，或許就有點像量血壓的動作，因為，絕對音高的資訊早已被登錄（encoded）在神經系統裡面，只是它在進入意識界之前通常會被轉化為相對音高的資訊，所以一般人無法提取絕對音高的資訊。

具絕對音高者常被認為在腦中永遠有絕對音高的基準，所以他們不需要外界基準音的提示，就能判定旋律中每個音的固定唱名。然而，從神經生理學的角度來看，絕對音高的基準並非少數人的專利。每個人的腦中都有好幾把「頻率之尺」，其刻度所標示的是絕對音高，而不是相對音高。在「頻率之尺」上，音頻跟皮質區的位置有連續的映射關係；相似的刺激在皮質上的對映點也是相鄰的。依照音頻高低次序排列的映射稱為 tonotopic mapping，音高訊息在顳葉的初級聽覺皮質區（primary auditory cortex）登錄時，就是依照音頻高低排列的，¹³類似的情形也發生在更低階的聽覺神經路徑。在比初級聽覺皮質區更高階的聽覺聯合皮質區（auditory association cortex）及額葉中，就找不到這類的「頻率之尺」。由此可見，絕對音高的資訊似乎主要只用在低階的處理，一般人不會意識到它的存在，只有具絕對音感者能將這個低階的訊息予以保留到高階。

只具相對音感的人，有時候也會展現出類似於絕對音感的能力，這可能是潛意識裡絕對音高資訊的作用。舉例而言，在沒有提示音的情況下唱出熟悉的歌曲時，只具相對音感者所選用的調高差不多總是固定的，變動範圍通常不超過兩個半音（Levitin 1994, Halpern 1987）。這種在不經意之間所流露出的絕對音高記憶，雖然常被解釋為「一般人也有絕對音感的潛在稟賦」，但筆者認為，更貼切的解釋應該是「一般人也擁有內隱的絕對音高資訊」。當不具絕對音感者被要求唱出一段熟悉的歌曲時，他會傾向以記憶中此曲的調高來唱，但假如問他這是什麼調，他卻說不上來，因為絕對音高資訊是內隱的。¹⁴

為什麼絕對音高的資訊在一般人腦中是內隱的，但對於具絕對音感者而言卻變成外顯的呢？從神經科學的角度來看，關鍵可能就在於 planum temporale 的作用。這個區域屬於

¹³ 聽覺皮質區的 tonotopic mapping 不只一處，在最新的一個實驗中，共有六個 tonotopic mapping 的區域被定位出來（Talavage et al. 2004）。

¹⁴ 關於內隱的知覺，被討論最多的議題是盲視（blindsight）。盲視病患的意識性視覺完全喪失，但經由行為測試可以偵測出病患對於線條方向或物體位置仍有“感覺”，這些視覺處理只在潛意識裡進行。

聽覺聯合皮質區，它比初級聽覺皮質區來得高階，但又比產生意識的額葉低階，值得注意的是，音高的登錄在此並不依序排列。所以，從初級聽覺皮質區傳來的絕對音高資訊以何種型態被送入額葉？是外顯的或內隱的？是絕對音高或相對音高？似乎就在 *planum temporale* 裡面被決定。查托雷等人指出（Zatorre et al. 1998），兩側 *planum temporale* 的神經元都有投射至兩側額葉的背側區域後方，左腦的這個區域即負責前面所提到的語意聯結，*planum temporale* 在音感中的關鍵角色由此可見一斑。¹⁵可惜的是，雖然相對音感與絕對音感的差異可能反映在 *planum temporale* 的神經迴路上，但該處如何處理音高資訊，至今仍是一個鎖在黑箱子裡的謎。

七、聽音習慣的養成

相對音感是比絕對音感更高階的認知能力，這個假說不僅得到動物實驗的支持（參見註三），同時也在嬰兒的行為實驗中得到佐證。研究顯示，八個月大的嬰兒傾向於聽絕對音高，而成年人則傾向於聽相對音高，所以，絕大部份的嬰兒可能都具有絕對音感，此能力在學習語言的過程中，終究會被更有用的相對音感所取代（Saffran and Griepentrog 2001）。¹⁶以上這個觀點，其實是反學習假說與銘印假說的混合版本；每個人幼時原本傾向於聽個別音的絕對音高，但在學習語言聲調的階段中，幼兒必須要能逐漸掌握音與音之間的相對關係，¹⁷同時，將沒有太大用處的絕對音高資訊予以內隱。在這個關鍵期裡面，若不將固定唱名銘印在他腦中，則以後他的絕對音感可能將永遠隱而不顯。

除了語言能力的發展之外，絕對音感也跟幼兒學習名詞觀念有關。音樂心理學家徹胡伯（Sandra E. Trehub）曾經把幼兒階段的「絕對音感銘印」與「名詞觀念的學習」兩相對照，衍生出非常有趣的觀點。她指出，三歲的幼兒逐漸能夠學習字彙，也就是把物體標上“名字”，但到六歲以後才有一般化的名詞觀念，之前理解名詞只能緊緊於該物體之上。舉例而言，若有人指著一張椅子教幼兒「這是椅子」，他就認得眼前這個物體是椅子，但

¹⁵ 具相對音感者與具絕對音感者在聽音程時，右腦額葉的背側區域後方也有神經活動，這可能意味著非語詞（nonverbal）的條件聯結（Zatorre et al. 1998）。

¹⁶ Plantinga 與 Trainor（2003）卻得到不一樣的實驗結果，他們發現，六個月大的嬰兒在聽音樂旋律時，傾向於聽相對音高而非絕對音高。

¹⁷ 顯而易見的，每個人在講同一句中文時，絕對音高可以很不一樣，只有相對音高是相似的（所以平上去入等聲調才可以保持），因此，幼兒在學習語言時，最終還是要依賴相對音高的資訊。有些學者認為，亞洲音樂家中具絕對音感的比例特別高，可能是因為漢語、泰語、越南語都是聲調語言（tone language），幼兒在學習這些聲調語言時，也連帶學到了絕對音感（Deutsch et al. 2004）。這種錯誤觀點的產生，可能是基於西方學者對於聲調語言的誤解。

其它的椅子對他而言並不是椅子。同理，假如在六歲前教他：頻率為 440 Hz 的音叫做 La，他可能就認為**只有**這個音高能稱為 La，此即固定唱名而非首調唱名的觀念（Trehub 2001）。從這個觀點看來，從小訓練絕對音感，或許可讓幼兒階段“一個蘿蔔一個坑”的聽音方式得以保留到成年。

從神經科學的角度來看，絕對音感的形成，可能是由於 *planum temporale* 在幼時的音樂訓練中被塑成特定的神經迴路。這樣的塑造雖然跟訓練有關，但也可能跟遺傳有關。由於左右側 *planum temporale* 的不對稱性在嬰兒出生之前就已經存在了（Witelson and Pallie 1973），所以，絕對音感是否能夠被訓練成功，或許一開始就是由基因所決定的（Zatorre 2003）。

雖然幼時的音樂訓練與絕對音感的形成有很大的關係，但有些心理學家卻未能充分了解到，音樂訓練的方式其實分很多種，其中有的方式可以強化絕對音感，但也有的方式能讓絕對音感被有效地去除（undo），不讓學生有機會依賴絕對音感來聽音樂（Levitin and Zatorre 2003, Abraham 1901）。如果學生的絕對音感根深蒂固、無法去除，或許可以透過相對音感的訓練，讓兩種音感並行不悖。

八、結論

百年以前，科學家與音樂學家提出了絕對音感的四大假說，這些假說究竟孰是孰非，一直沒有定論，如今，透過認知心理學的研究，一個比較清晰、統一的面貌似乎隱然浮現：遺傳、銘印、反學習，可以共同解釋絕對音感的產生。

絕對音感很可能由基因所控制，但這項稟賦必須經由幼時的訓練才能顯露出來，一但錯過了這個關鍵期，就不容易再訓練出絕對音感（銘印效應）。在一般成年人的腦中，絕對音高資訊存在於比較低階的聽覺皮質區，但沒有進入意識界，所以無法察覺。這可能是因為幼時在學習語言或音樂時，加強了有關相對音感的神經迴路，而將絕對音高資訊予以內隱（反學習）。具絕對音感者可能是透過了在聽覺聯合皮質區的特殊神經迴路（它或許位於 *planum temporale*），將低階的絕對音高資訊保留到高階的意識中來處理。此迴路的發展或修剪是否受到基因的影響，仍屬未知之數。

筆者在本文中指出了「絕對音感／相對音感」與「語意連結／空間認知」、「外顯的／內隱的絕對音高資訊」的可能關聯，藉以重新衡量絕對音感與相對音感的意義。關於相對音感是否用到了視覺皮質區中的有關空間定位的神經迴路，還有待進一步的實驗來檢驗。

回顧有關音感的認知心理學研究，相對音感仍然是一個缺乏研究的題材。雖然大部分的人都有基本的相對音感，但僅有少數人能快速、準確地聽出音程，甚至是複雜的、層級式的和聲進行。訓練相對音感可以造成大腦的哪些改變？相對音高資訊是否也有「外顯／內隱」之分？這些都是未來可以繼續探討的問題。

截至目前為止，神經科學家還沒有找到具絕對音感者獨有的神經迴路，相反的，他們卻發現具絕對音感者可能比常人少了某些東西。具絕對音感而不具相對音感的人，腦中缺乏了 P300 的神經活動，右腦中的 *planum temporale* 也可能比常人來得小，這些現象應該跟過度依賴絕對音感有關。無論如何，在援引腦科學的研究成果來重新評估絕對音感的價值時，評價的標準或許不應該是「腦越大越好」或「神經活動越多越好」，而是應該回到根本的問題：絕對音感跟相對音感到底何者比較有用？將絕對音高資訊提取到意識界，到底有沒有用？

不可否認的，絕對音感在演奏某些無調音樂時有一定的用處（Parncutt and Levitin 2001），但在西方調性音樂的認知上，對於音程、和聲進行的整體掌握，或許才是更重要的。此外，對於許多非西方音樂而言，絕對音感不但沒有用處，甚至可能會造成學習上的阻礙。筆者就曾親眼目睹，擁有絕對音感的人在學習歌仔戲、北管等臺灣民間音樂時，對於同一支曲牌可以移調演奏的現象感到適應困難，學起來格外費力，只具相對音感的學習者反而沒有這個困擾。臺灣的音樂教育中抬高了絕對音感的價值，其中的利弊得失，還有待進一步思考。

參考資料

- Abraham, O. (1901) Das absolute Tonbewußsein. In: *Sammelband der internationalen Musikgesellschaft* 3, 1-86.
- Baharloo, S., Johnston, P. A., Service, S. K., Gitschier, J., and Freimer, N. B. (1998) Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *American Journal of Human Genetics* 62, 224-231.
- Copp, E. F. (1916) Musical ability. *Journal of Heredity* 7, 297-305.
- D'Amato, M. R. (1988) A search for tonal pattern perception in cebus monkeys: why monkeys can't hum a tune. *Music Perception* 5, 453-480.
- Deutsch, D., Henthorn, T., and Dolson, M. (2004) Absolute pitch, speech, and tone language: some experiments and a proposed framework. *Music Perception* 21(3), 339-356.
- Galletti, C., Fattori, P., Gamberini, M., Kutz, D. F. (1999) The cortical visual area V6: brain location and visual topography. *European Journal of Neuroscience* 11(11), 3922-3936.
- Galletti, C., Gamberini, M., Kutz, D. F., Fattori, P., Luppino, G., and Matelli, M. (2001) The cortical connections of area V6: an occipito-parietal network processing visual information. *European Journal of Neuroscience* 13(8), 1572-1588.
- Grandin, T., and Scariano, M. (1986) *Emergence: Labeled Autistic*. (應小瑞譯，《星星的孩子》，天下遠見，1999) Arena Press.

- Halpern, A. R. (1989) Memory for the absolute pitch of familiar songs. *Memory and Cognition* 17, 572-581.
- Halpern, A. R., and Zatorre, R. J. (1999) When that tune runs through your head: a PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cerebral Cortex* 9, 697-704.
- Hirose, H., Kubota, M., Kimura, I., Yumoto, M., and Sakakihara, Y. (2004) N100m in adults possessing absolute pitch. *NeuroReport* 15(9), 1383-1386.
- Hulse, S. H., and Cynx, J. (1985) Relative pitch perception is constrained by absolute pitch in songbirds (*Mimus*, *Molothrus*, and *Sturnus*). *Journal of Comparative Psychology* 99, 176-196.
- Hulse, S. H., and Cynx, J. (1986) Interval and contour in serial pitch perception by a passerine bird, the European starling (*Sturnus vulgaris*). *Journal of Comparative Psychology* 100, 215-228.
- Hulse, S. H., and Page, S. C. (1988) Toward a comparative psychology of music perception. *Music Perception* 5, 427-452.
- Janata, P., Tillmann, B., and Bharucha, J. J. (2002) Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working memory circuits. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 2(2), 121-140.
- Keenan, J., Thangaraj, V., Halpern, A., and Schlaug, G. (2001) Absolute pitch and planum temporale. *Neuroimage* 14, 1402-1408.
- Klein, M., Coles, M., and Donchin, E. (1984) People with absolute pitch process tones without producing a P300. *Science* 223, 1306-1308.
- Lang, A. (1993) Absolutes Gehör. In: *Musikpsychologie. Ein Handbuch* (edited by H. Bruhn, R. Oerter, and H. Rösing, Hamburg: Reinbek), 558-564.
- Levitin, D. (1994) Absolute memory for musical pitch: evidence from the production of learned melodies. *Perception & Psychophysics* 56, 414-423.
- Levitin, D. J., and Zatorre, R. J. (2003) On the nature of early music training and absolute pitch: a reply to Brown, Sachs, Cammuso, and Folstein. *Music Perception* 21(1), 105-110.
- Meyer, M. (1899) Is the memory of absolute pitch capable of development by training? *Psychological Review* 6, 514-516.
- Miller, L. K. (1999) The savant syndrome: intellectual impairment and exceptional skill. *Psychological Bulletin* 125, 31-46.
- Miyazaki, K. (1988) Musical pitch identification by absolute pitch possessors. *Perception and Psychophysics* 44, 501-512.
- Miyazaki, K. (1993) Absolute pitch as an inability: Identification of musical intervals in a tonal

- context. *Music Perception* 11, 55-72.
- Miyazaki, K. (1995) Perception of relative pitch with different references: Some absolute-pitch listeners can't tell musical interval names. *Perception and Psychophysics* 57, 962-970.
- Miyazaki, K., and Rakowski, A. (2002) Recognition of notated melodies by possessors and non-possessors of perfect pitch. *Perception and Psychophysics* 64, 1337-1345.
- Miyazaki, K. Recognition of transposed melodies by absolute-pitch possessors. *Japanese Psychological Research*, in press.
- Mottron, L., Peretz, I., and Ménard, E. (2000) Local and global processing of music in high-functioning persons with autism: beyond central coherence? *Journal of Child Psychology Psychiatry* 41(8), 1057-1065.
- Parncutt, R., and Levitin, D. J. (2001) "Absolute Pitch" in *The New Grove Dictionary* (edited by S. Sadie), Macmillan, vol. 1, 37-39.
- Perry, D.W., Zatorre, R.J., Petrides, M., Alivisatos, B., Meyer, E., and Evans, A.C. (1999) Localization of cerebral activity during simple singing. *NeuroReport*, 10, 3979-3984.
- Plantinga, J., and Trainor, L. J. (2003) Long-term memory for pitch in six-month-old infants. *Annals of the New York Academy of Sciences* 999, 520-521.
- Platel, H., Price, C., Baron, J.-C., Wise, R., Lambert, J., Frackowiak, R. S. J., Lechevalier, B., and Eustache, F. (1997) The structural components of music perception: A functional anatomical study. *Brain* 120, 229-243.
- Renninger, L. B., Granot, R. I., and Donchin, E. (2003) Absolute pitch and the P300 component of the event-related potential: an exploration of variables that may account for individual differences. *Music Perception* 20(4), 357-382.
- Révész, G. (1913) *Zur Grundlegung der Tonpsychologie*. Leipzig: Veit.
- Sacks, O. (1995) *An Anthropologist On Mars: Seven Paradoxical Tales*. (孫秀惠譯, 《火星上的人類學家》天下遠見, 1996) Alfred A. Knopf.
- Saffran, J. R., and Griepentrog, G. J. (2001) Absolute pitch in infant auditory learning: evidence for developmental reorganization. *Developmental Psychology* 37(1), 74-85.
- Schlaug, G. (1995) *In-vivo* evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science* 267, 699-701.
- Sergeant, D. (1969) Experimental investigation of absolute pitch. *Journal of Research in Musical Education* 17, 135-143.
- Slonimsky, N. (1988) *Perfect Pitch: A Life Story*. Oxford University Press.
- Talavage, T. M., Sereno, M. I., Melcher, J. R., Ledden, P. J., Rosen, B. R., and Dale, A. M. (2004) Tonotopic organization in human auditory cortex revealed by progressions of

- frequency sensitivity. *Journal of Neurophysiology* 91, 1282–1296.
- Tooze, Z. J., Harrington, F. H., and Fentress, J. C. (1990) Individually distinct vocalizations in timbre wolves '*canis lupus*'. *Animal Behaviour* 11, 723-730.
- Trehub, S. E. (2001) “Absolute Pitch” in *The New Grove Dictionary* (edited by S. Sadie), Macmillan, vol. 20, 549-554.
- Walter, H., Bretschneider, V., Gron, G., Zurowski, B., Wunderlich, A. P., Tomczak, R., and Spitzer, M. (2003) Evidence for quantitative domain dominance for verbal and spatial working memory in frontal and parietal cortex. *Cortex* 39, 897-911.
- Witelson, S., and Pallie, W. (1973) Left hemisphere specialization for language in the newborn: neuroanatomical evidence of asymmetry. *Brain* 96, 641-646.
- Zatorre, R. J. (2003) Absolute pitch: a model for understanding the influence of genes and development on neural and cognitive function. *Nature Review Neuroscience* 6(7), 692-695.
- Zatorre, R. J., Perry, D. W., Beckett, C. A., Westbury, C. F., and Evans, A. C. (1998) Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proceeding National Academic Science* 95, 3172-3177.