

嘉南藥理科技大學
九十五學年度教師研究計畫成果報告
計畫編號：CNCE9508
呼吸節律生物回饋法在唐氏症兒童的應用



嬰幼兒保育系

孫自宜

呼吸節律生物回饋法在學習障礙兒童注意力的研究

摘要：

注意力不集中是兒童學習上常見的問題，此狀況常常發生在學習障礙兒童的教育過程中，不易達成設定的學習目標，過去的研究指出，進行平緩的呼吸訓練可以使身心放鬆使注意力集中，本計劃使用生物回饋的方法訓練學習障礙兒童的呼吸節律，藉以提升兒童的注意力，使得學習教育計畫的執行更有效率，幫助孩子生理、心理及接受教育能力的發展。研究結果顯示經過視覺回饋訓練後，兒童的自主神經系統活性趨於穩定，將有助於學習活動的進行。

關鍵字：學習障礙兒童、注意力、呼吸節律、生物回饋法



- 研究動機與研究問題：

學習障礙兒童兒童注意力容易被分散不易集中，常見易衝動和睡眠困難的現象，可能伴隨精神方面的問題，如破壞性的行為、焦慮或重複性的動作，針對0~6歲學習障礙兒童的需要進行早期療育的療程，給予生理、心理及教育的輔助計劃，來協助生活自理、智力開發和認知的加強。其中學習障礙兒童的注意力訓練是很重要的一個課題，因為所有面向的輔助計畫都需要注意力集中的配合，才能達到事半功倍的效果，基於早期療育的觀點，控制學習障礙兒童的注意力就成為最重要的課題。

在一般注意力集中的訓練上，呼吸節律的調節是最常用的一個手法，練習平緩均勻的呼吸節奏，而生物回饋法是一個非常有用的方法，它可以幫助個案調整如心跳、血壓、肌肉緊張度等身體機能。練習生物回饋法時，個案將會注意到心情緊張或注意力分散時，呼吸節律紊亂的訊號，並且學著去放輕鬆。適當的生物回饋訓練將在身體緊繃或放鬆時，提供直接的回饋訊息，幫助唐氏症兒童的注意力集中。

本計劃以呼吸節律生物回饋法訓練學習障礙兒童注意力集中的能力，利於其他早期療育的計畫進行。

- 文獻回顧與探討：

注意力的調控，與原始生物及社會動機相關。年齡與心智狀態和控制控制原始生物動機（例如：飢餓、衝動等）及社會性動機（坐好不要動、不要打擾別人等）有很重要的關聯。但是年齡不能改變，心智狀態不易操控，因此提出幼兒主觀上覺得有趣味的事情，可以增強動機，也最能發展出注意力調控的能力。所以人為控制知覺進入的路徑（視覺、聽覺）可以幫助注意力的建立。

一般兒童在應付不熟悉或較複雜度的事情時，如容易受到挫折，相對下損耗知覺的集中性，進入這樣的惡性循環中，會讓他產生不耐煩、發脾氣的現象，學習障礙兒童在這方面的問題尤其常見，將影響教保活動的執行，反之，情緒高亢時也會影響注意力，所以在緊張、興奮、壓力時，都會使得注意力降低，而不足以表現出平常可做到的知覺選擇與反應選擇功能。

在注意力的持續上。人們對沒有變化的刺激，能夠持續注意的時間長度很短。要不有加入新的刺激，或著在腦中由想像加入以不斷產生新的神經刺激，否則很難延長持續下去。當個體有興趣於一件事時，可能就是與他過去舊有的經驗產生關連，

或著對舊刺激產生新的觀點，就可以維持足夠的注意力，年紀較小的兒童可記住的舊經驗較少，除非給予足夠的誘導刺激，他的注意力很難維持，而注意力是學習的基礎，所以選擇一個適切的刺激來源是很重要的。

在一般常見的靜心集中控制力的方式中，調整呼吸節律是最常用的方法，藉由平緩的呼吸降低緊張與焦慮，而使用呼吸控制生物回饋法可以另外加入聲音及影像的刺激，幫助個案的注意力集中。

有關學習障礙兒童的呼吸節律的研究中，唐氏症兒童因為肌張力過低而接受肌肉張力訓練下，呼吸系統的調控能力變化可以顯示訓練的成效[1]，另外，因為唐氏症兒童肌張力過低，常在睡眠過程中，面臨呼吸中止窒息的問題[2]，所以對於唐氏症兒童的心肺循環換氣功能的研究裡，心肺功能的健全與否，與其接受各項活動的能力及極限息息相關[3]，唐氏症兒童呼吸功能不佳者還容易造成攝食困難以及成長障礙[4]，同樣的，肌張力過低換氣功能低下，會造成血液中氧氣濃度低下，可能會使得心智功能發展受限[5]，若是嚴重的肺功能不佳，有可能會使用輔助呼吸的機器幫助換氣[6]，而唐氏症兒童如果需要外科治療時，在麻醉時的考量還是在心臟及呼吸系統的功能上[7]，所以呼吸功能的建立與訓練，在唐氏症兒童上是重要的一件事。

在生物回饋訓練控制上，是使用電子或機械工具，正確的評估患者之神經、肌肉及自主神經的正常或不正常的活動，並以聲音或視覺回饋，告知患者[8]，然而，呼吸的肌肉收縮特性十分抽象，可以藉由生物回饋系統作為輔助工具，從而強化個案正確訓練的效果，提呼吸肌肉訓練的動機，以達到集中注意力的效果。

所以能夠結合注意力集中以及呼吸訓練功能的生物回饋方式，在幫助學習障礙兒童早期療育的過程進行，是非常有價值的一件事。

● 研究方法與步驟：

研究對象：

小學一年級就讀資源班的學習障礙兒童，無視力及聽力的缺損，無合併先天心血管系統的疾病。本計劃進行前將會對於個案監護人進行充分的說明，取得個案家長的同意，在進行時也將對於個案說明操作步驟，所有的個案資料將會對外保密，操作過程及結果會說明解釋給個案監護人了解。所有參與研究之個案將清楚被告知所有檢查項目內容，保護個案的權利及隱私。

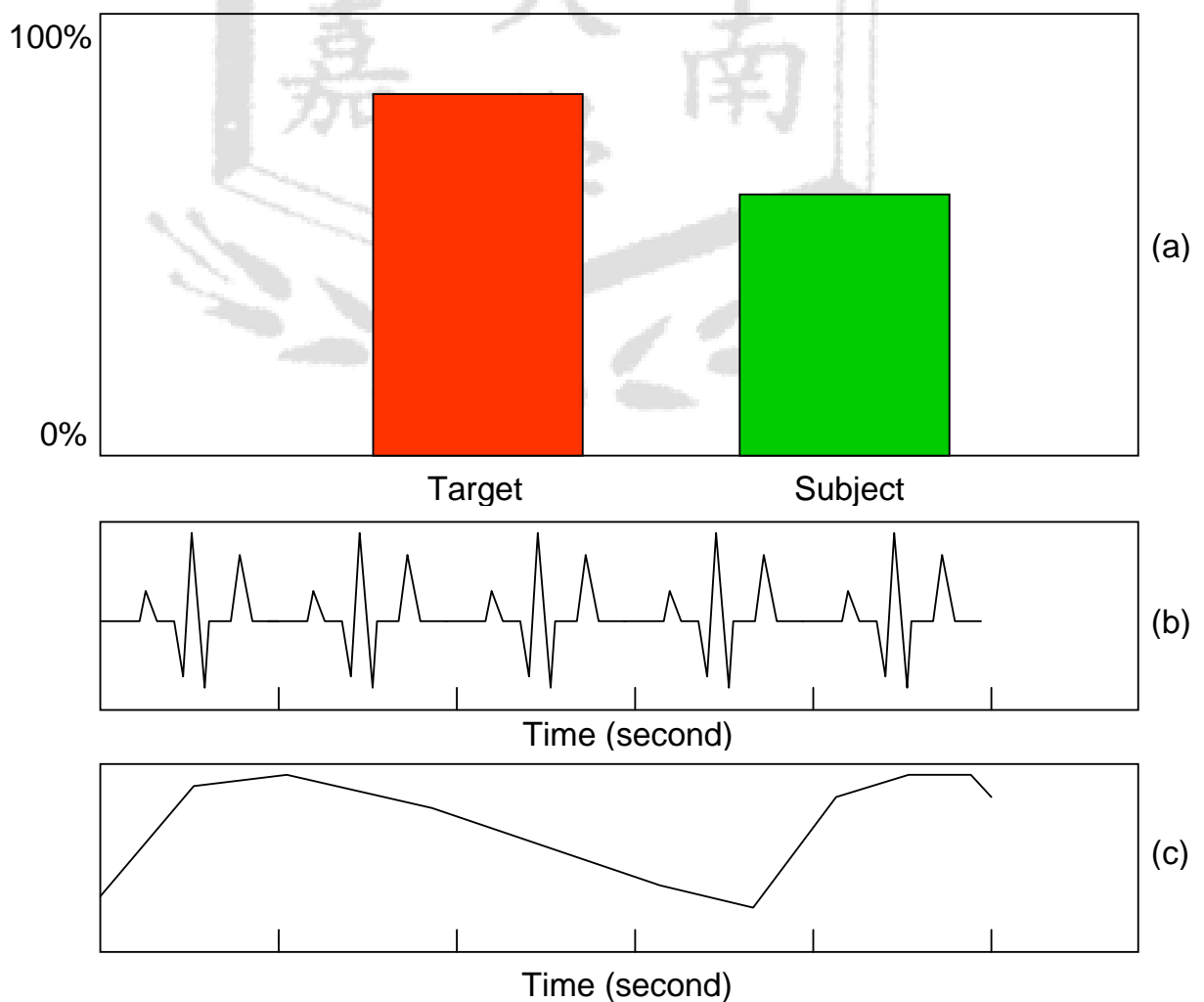
本計劃收集了 12 人次的心率以及呼吸的資料，每人包含同步紀錄 10 分鐘的心電圖以及胸廓周徑的呼吸訊號。

研究方式：

個案端坐在舒適的椅子上，使用有彈性的胸部呼吸帶紀錄呼吸時胸廓的周徑變化，取樣頻率為 1k Hz，左右手分別黏貼拋棄式心電圖表面紀錄電極，以獲得左右手雙極肢導程心電圖訊號，取樣頻率為 1k Hz。

個案會於電腦螢幕上看到每次呼吸的電腦動畫，呼吸現象將會是一個線圖，個案將試圖每次呼吸速度及深度接近預設模式，如果達成時將會有「滴答」聲指示。如圖一。

圖一 呼吸生物回饋訓練畫面



圖一 (a) 左方紅色部分表示預期呼吸深度，由 0% 到 100%，會隨著預設呼吸比例變化高度，預設呼吸速率為 5 秒一次，吸氣 2 秒(0-100%)，呼氣 3 秒(100-0%)，當呼吸達到吸氣頂點時會有「嘟」聲，提供呼吸節律音調，右方綠色部分表示個案實際呼吸深度，會由直柱高度變化瞭解現在呼吸深度，圖一 (b) 為即時雙肢導程心電圖訊號，圖一 (c) 為即時呼吸曲線訊號。

研究器材：

硬體部分：

1. 呼吸帶 (respiration belt, BIOPAC, USA)
2. 拋棄式心電圖表面紀錄電極
3. 醫療級感測器電纜線
4. 心電圖訊號放大器 (ECG100, BIOPAC, USA)
5. 直流訊號放大器 (DA100, BIOPAC, USA)
6. 類比數位轉換器 (Daqcard 6024E, 12-bits resolution, 16 channel input, 200ks/s, National Instrument, USA)
7. 筆記型電腦 (Intel Pentium M 740, 1G RAM, PCMCIA, USB×4)

軟體部分：

MATLAB Release 14 Service Pack 3

Signal Processing Toolbox 6.4

System Identification Toolbox 6.1.2

Data Acquisition Toolbox 2.8 (Mathworks, USA)

以此電腦語言為基礎發展處理程式。

數位訊號處理：

使用 MATLAB (MathWorks) 軟體進行數位訊號處理，收錄的一頻道左右手臂導程心電圖訊號經由 0.5Hz 高通 (highpass) 濾波及 60Hz 帶拒 (bandstop) 濾波，去除肢體運動及交流電源的干擾雜訊，以此單一心電圖訊號作為每次心跳的時間定位資料。將單一心電圖訊號進行整流 (rectify) 及平滑化 (smoothing) 可以定位出每一次心跳的特徵位置 (P wave, QRS wave, T wave)，本研究預計使用 R-R 間期 (interval) 作為每兩次心跳的間隔時間。

呼吸訊號將同樣使用 MATLAB 進行數位訊號處理，使用合適的平滑化 (smoothing) 方法後進行波峰定位，可以取得每一次呼吸的模式及時間。

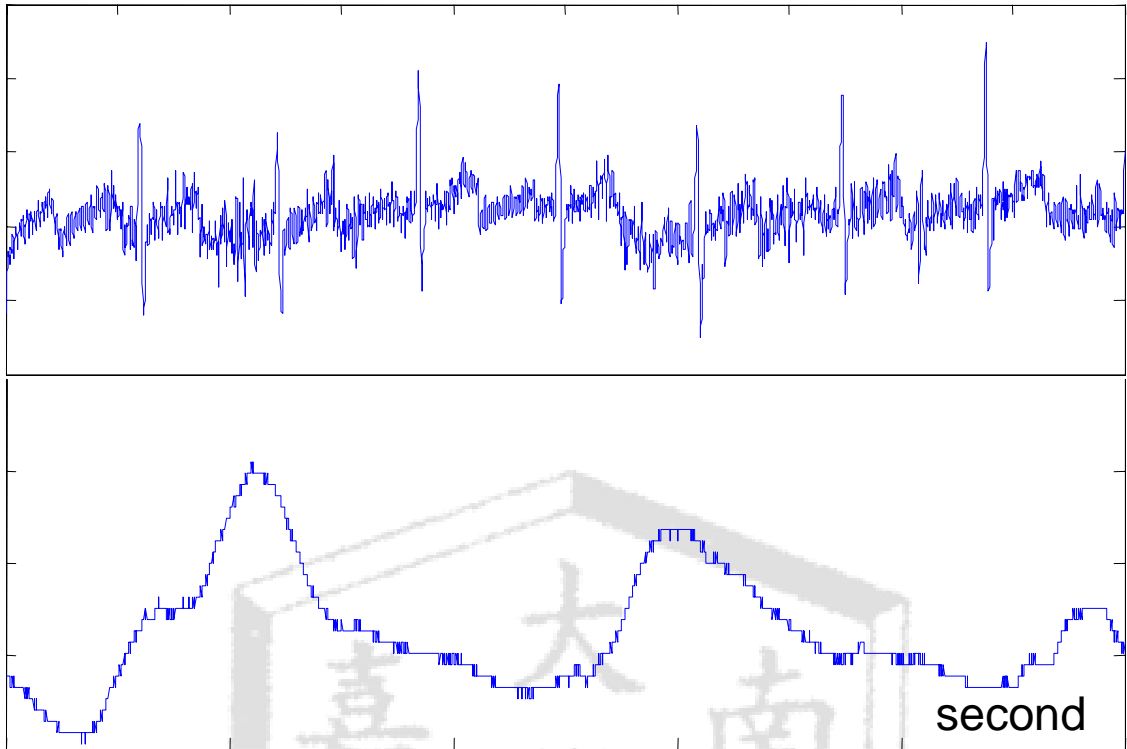
呼吸訊號將即時顯示在電腦螢幕上，個案試圖遵循電腦預設呼吸模式，以達到呼吸訓練的目的。而呼吸訊號的表示模式將視個案的接受程度，可以用不同方式顯示在螢幕上，達到預期設定的目標會產生聲音刺激，同樣的，聲音模式的選擇同樣可以根據不同的個案做調整。

實驗進行時的呼吸、心跳訊號將同時記錄下來，以便進行事後的相關分析，作為注意力集中的指標及訓練成效的參考。

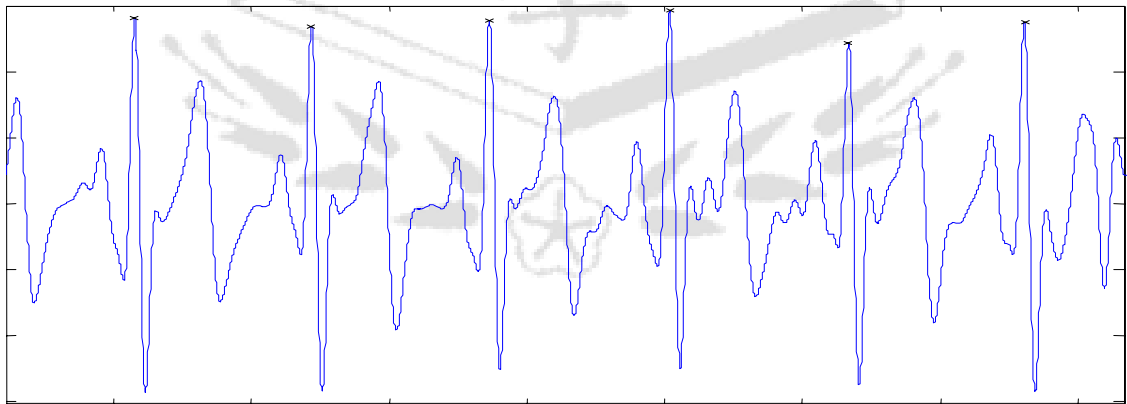
以奇異值分離 (singular value decomposition, SVD) 的方法分析心跳序列，用奇異值分離的方法分析特徵值 (eigenvalue) 與特徵向量 (eigenvector) 定性定量分析心跳變異的差異，計算出二正交 (orthogonal) 的特徵向量，其中相對正斜率的特徵值開根號數值 (positive eigenvalue, PEV) 代表整體變異，相對負斜率的特徵值開根號數值 (negative eigenvalue, NEV) 代表即時性變異 (instantaneous firing variability, IFV)，二者的比值 (PEV/NEV ratio) 為長時間變異 (IPI trend) 與即時性變異對整體訊號影響的程度。

- 實驗結果：

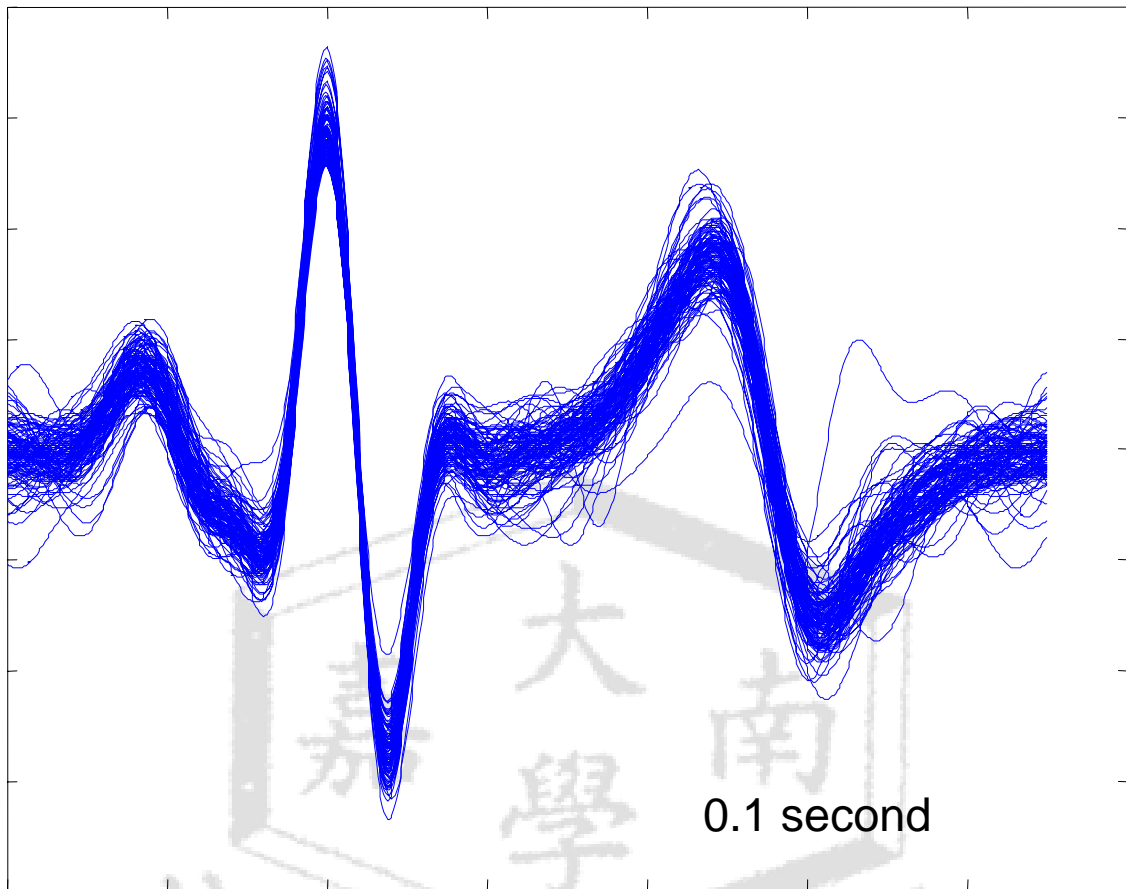
圖二 實際量測個案心電圖及呼吸資料



圖三 實際量測個案心電圖定位心率發生時間點資料，以「x」為標記。



圖四 確認心電圖定位心率發生時間點，以 P 波發生時準的重合單一心跳心電圖



因統計數目不足所以採取觀察分析，操作前段與操作後段的心率比較呈現下降趨勢，在 SVD 分析上，心跳整體變異在呼吸訓練剛開始與訓練結束比較，有下降的趨勢，心跳即時變異在呼吸訓練剛開始與訓練結束比較有上升的趨勢，在吸氣峰值前後可發現明顯的竇性心率變化，操作前段與操作後段的呼吸速率比較可以看到呼吸速率降低。

兒童可以跟著電腦指示進行呼吸訓練，平緩自我的呼吸節律，可以從基本生理訊號（呼吸、心跳）中發現個案進入平緩安適的狀態。

● 討論：

心跳由自主神經系統控制，其中交感及副交感神經分別控制使心跳加快及變慢以每一次心跳發生的角度來看，心跳週期受右心房竇房結節律細胞及自主神經的影響與調節，由竇房結引起單一次完整心臟收縮，自主神經則改變每一次心臟收縮的間隔時間，以調節心跳的快慢。所以從整體的角度看來，心率變異分析可用來作為自主神經特性觀察評估的方法，一般而言，自主神經系統中交感及副交感神經兩者對於心跳控制，是處於互相影響的動態平衡狀態。

從心率的變異性分析可以觀察到個案自主神經系統的特性，現今常用的有時域及頻率域的分析方法，在時域處理通常是做心跳 R-R 間期的標準差統計，這種方法簡單但是只能表現出一段時間心跳的整體變化，在頻率域分析方法，通常是計算 R-R 間期序列的功率頻譜密度函數，以數個統計經驗值選定的頻率區分出幾個頻帶，利用頻帶的能量及比值觀察自主神經系統，使用奇異值分離方式分析 R-R 間期序列，奇異值分離技術可以用數學的計算方式獲得彼此正交的參數，參數之間互為獨立，可以得到序列的即時變異及長期變異，更改階數則可觀察任一次心跳與其後相對應的某次特定心跳相關性，不須由經驗值中得到參數，能分析自主神經系統在調控心跳節律時的拮抗交互作用，以及觀察呼吸運動對心跳的影響，提供一個完全客觀量化心率變異的方法。

操作前段與操作後段的奇異值分離術值比較發現，兒童的副交感神經系統活性上升，心跳趨於平緩，實際呼吸曲線與預設呼吸曲線的相關性分析上，實驗中觀察到收錄的兒童呼吸速率約在每分鐘 20 次左右，以本研究設計每分鐘 12 次來說，會讓兒童呼吸程度加深，可作更深入的研究探討換氣深度是否為有意義的控制變因。

在本計劃裡，個案配合的程度會影響到訓練的結果，有學習障礙的兒童理解能力較差，太過複雜的畫面會無法理解，有時聲音的回饋在不同的個案中，可能為輔助理解的感覺或相反的，成為困擾的來源，所以可靈活變化的回饋感覺是有必要的選擇。

回饋畫面的設計可以結合視覺藝術設計使用卡通圖案，或著使用電視遊樂器的方式，將回饋資訊與電動玩具控制器結合，使小朋友在玩遊戲時，為控制遊戲的進行，不知不覺達到研究者預設的回饋模式，有助於長時間集中孩童的注意力，避免兒童分心。

- 結論：

由此初步研究發現，個案可以經由呼吸訓練進入平緩安適的狀態，對於將要進行的早療計畫可以有更佳的學習接受能力。

- 參考文獻：

1. Lewis CL, Fragala-Pinkham MA. Effects of aerobic conditioning and strength training on a child with Down syndrome: a case study. *Pediatr Phys Ther.* 2005 Spring;17(1):30-6.

2. Erler T, Paditz E. Obstructive sleep apnea syndrome in children: a state-of-the-art review. *Treat Respir Med.* 2004;3(2):107-22.
3. Pastore E, Marino B, Calzolari A, Digilio MC, Giannotti A, Turchetta A. Clinical and cardiorespiratory assessment in children with Down syndrome without congenital heart disease. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2000 Apr;154(4):408-10.
4. Zarate N, Mearin F, Gil-Vernet JM, Camarasa F, Malagelada JR. Achalasia and Down's syndrome: coincidental association or something else? *Am J Gastroenterol.* 1999 Jun;94(6):1674-7.
5. Fernhall B, Pitetti KH, Rimmer JH, McCubbin JA, Rintala P, Millar AL, Kittredge J, Burkett LN. Cardiorespiratory capacity of individuals with mental retardation including Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1996 Mar;28(3):366-71.
6. Zinman R, Ness V. How to modify a volume-cycled home ventilator to satisfy a child's need for pressure-limiting and continuous positive airway pressure during spontaneous breathing. *Respiration.* 1996;63(6):363-7.
7. Kobel M, Creighton RE, Steward DJ. Anaesthetic considerations in Down's syndrome: experience with 100 patients and a review of the literature. *Can Anaesth Soc J.* 1982 Nov;29(6):593-9.
8. Sartz MS. *Biofeedback: a practitioner's guide*, New York, 1987, The Guilford Press.