

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 發展遲緩兒童足印分析與靜態平衡的關係

Relationship between Footprint Parameters and Static Balance in Children with Developmental Delay

doi:10.6594/JTOTA.2011.29(2).05

職能治療學會雜誌, 29(2), 2011

Journal of Occupational Therapy Association R.O.C., 29(2), 2011

作者/Author: 陳長祿(Chung-Lu Chen);林巾凱(Chin-Kai Lin);陳怡靜(Yi-Ching Chen);王淳厚(Chun-Hon Wang)

頁數/Page: 79-96

出版日期/Publication Date: 2011/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

[http://dx.doi.org/10.6594/JTOTA.2011.29\(2\).05](http://dx.doi.org/10.6594/JTOTA.2011.29(2).05)



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼 (Digital Object Identifier, DOI) 的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



發展遲緩兒童足印 分析與靜態平衡的關係

陳長祿¹ 林巾凱^{2,*} 陳怡靜³ 王淳厚³

摘要

台灣學齡前發展遲緩兒童具有扁平足的比例較正常兒童高很多，然而大多數發展遲緩的成因多為原因不明。本研究目的是要瞭解發展遲緩兒童之足印分析結果與靜態平衡能力表現的相關性。以足印分析克拉克氏角度 (Clarke's angle) 檢測足弓高度以評估扁平足的嚴重程度。本研究使用平衡測量儀Biodex Balance System (BBS) 的電腦化系統來測試靜態平衡反應，以重心的前後、內外位移路徑與總位移路徑的平衡穩定指數 (stability index, SI) 來代表平衡反應能力，提供不明原因發展遲緩兒童靜態站立平衡能力表現的數據。研究選取五至六歲30位原因不明型的發展遲緩兒童為研究對象。探討發展遲緩兒童足弓高度與靜態站立平衡控制能力的相關性。實驗的結果發現：一、發展遲緩兒童的足弓高度與靜態平衡反應是沒有顯著相關，並且足弓是正常足或扁平足的發展遲緩兒童，在靜態平衡的表現上是沒有差異的。二、單腳站立靜態平衡測試中，重心的前後位移變化情形與總位移變化情形呈高度相關性。重心的前後位移變化與內外位移變化無關。

關鍵字：發展遲緩兒童，足印分析，靜態站立平衡，平衡測量儀

署立台中醫院復健科¹
國立台中教育大學幼兒教育學系
早期療育碩士班²
中山醫學大學醫學科技學院
物理治療治療學系³

*通訊作者：林巾凱
台中市西區民生路140號
國立台中教育大學幼兒教育學系
電話：04-22183007
電子信箱：linchinkai97@gmail.com

受文日期：民國 100 年 7 月 4 日
接受刊載：民國 100 年 9 月 18 日

前言

只有人類才有足弓，足弓可以支持人類的直立活動，而且有增加上肢靈活使用的功能。內側足弓是人類步行演化的第一步，除了支撐足部構造以承重外，尚有吸震的功用。足弓的弓型構造正常與否，不僅會影響到直立活動時的表現，也易使身體其他部位因此而產生構造上的代償變化 (Harris et al., 2004)。足弓高度較低的中度及重度扁平足會影響到下肢的功能性表現，其行走的速度較慢、平衡也較差，長距離的行走耐力不佳，也較易產生足部痠痛 (董莉貞等人, 民 97)。

足弓的高度範圍定義了足型的種類，例如足弓較低為扁平足，足弓較高為高弓足。足印分析常用來評估足弓高度的方便使用工具，而此分析的臨床運用多是評估扁平足的嚴重程度，被視為最簡易的操作方式。足弓 (arches of the foot) 以橫弓 (transverse arch)、內側縱弓 (medial longitudinal arch) 與外側縱弓 (lateral longitudinal arch) 等為足底部之支撐，其中以內側縱弓於足部承重時與地面之高度，為測量足弓高度的代表，能反應出是否為扁平足 (Cavanagh & Rodgers, 1987)。內側足弓的高度是測量舟狀骨粗隆 (navicular tuberosity) 上緣到地面的距離 (Cobey & Sella, 1981)。足部承重時，力量傳到跗骨使得足弓高度降低，如此趾骨與跟骨的距離加大，造成足底筋膜被拉撐而張力增加。而足底筋膜的收縮張力亦可撐起內側縱弓的高度，此稱為樑桁模式 (truss-and-beam model)，該機制能在足部承重時吸收震力而維持穩定度 (Glasoe, Yack, & Saltzman, 1999)。

因扁平足並沒有黃金標準的診斷方式，最常以足印的分析來判定，而且足印測量的不需昂貴的經費、操作方便且可以快速取得資料，所以大多用此方法來研究足部的形態 (Shiang, Lee, Lee, & Chu, 1998)。由於足印分析用在與扁平足有關的議題有較多的資料，且常用來大量篩檢是否為扁平足的個案，若能在兒童時期注意到足弓異常所帶來的相關問題，並且有適當的介入治療，就可能減少在長大後日常生活功能上的不便。

回顧實證醫學上扁平足 (flatfeet) 的資料，得知目前4-13歲兒童扁平足的發生率為2.7%，其中約14.2%接受骨科的治療 (Garcia-Rodriguez et al., 1999)。3-6歲的兒童中約有44%是回覆性扁平足 (flexible flatfoot)，但其中病理性的扁平足 (pathological flatfoot) 是少於1%的 (Pfeiffer, Kotz, Ledl, Hauser, & Sluga, 2006)。然而高弓足 (high arched foot) 在兒童時期的發生率並不多，但其也容易造成疼痛與功能上的表現缺失 (functional disability)。二至六歲學齡前兒童足弓的發展是最快速時期，且足弓的形成在六歲以前 (Hennig, Staats, & Rosenbaum, 1994)。

根據聯合國世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 的統計，0-6歲兒

童發展遲緩(Developmental Delay, DD) 的發生率約6-8%，其中有三分之二的發展遲緩兒童目前仍原因不明 (Hardan & Sahl, 1997)，所以大多數的發展遲緩的成因而原因不明的，臨床上多是以智能障礙的形式呈現 (廖華芳，民 95)。由於扁平足是好發於兒童時期，曾經有學者針對台灣地區學齡前發展遲緩兒童做扁平足率的篩檢，結果顯示發展遲緩兒童扁平足發生率高於正常的兒童 (董莉貞等人，民 97)。然而近年來對於扁平足已延伸到研究對功能性活動的影響，足弓較正常低的扁平足可能引起步態異常，扁平足可能是足部功能異常的前兆且可能導致運動功能障礙 (Lin, Lai, Kuan, & Chou, 2001)。由於實證醫學資料上，與發展遲緩兒童有關的扁平足或足弓異常的診斷與治療資訊非常少，且多數的發展遲緩兒童是找不出原因的，所以此研究欲探討原因不明發展遲緩兒童的足弓型態與一些活動的相關性。

足弓高度影響到靜態站立平衡能力的表現。如足弓較低，其在站立時外觀是足後跟的過度旋後、內側縱弓塌陷，常常於久站後足底疼痛合併足後跟疼痛與小腿疼痛，這也是父母尋找醫師的原因 (Evans, 2003)。此外無法長距離跑步，也跑不快，經常容易跌倒或是在維持平衡上有較差的表現。兒童扁平足常造成足部的過度動作與不穩定，足弓塌陷而長期牽拉附著於其上方骨骼的肌腱，甚至在成人會造成脛後肌的功能失調 (tibialis posterior dysfunction) (Kohls-Gatzoulis et al., 2004)。因為足部的過度動作與不穩定，所以有平衡控制的問題，這會影響到兒童步態的正常發展，常導致跌倒的情形發生。具有扁平足的發展遲緩兒童也會有相同的情形。Evans (2008) 對於兒童扁平足，作系統性文獻回顧後的臨床建議有三點：有扁平足症狀給予治療、無症狀之未發展扁平足給予監測或簡單治療、無症狀之已發展扁平足給予適當的建議及保護。根據臨床實證的治療處置，是被動性支持發展中的足弓，以墊片矯正過度旋後的足跟與支撐足弓，如此減少下肢需要費力地維持穩定度。

在年輕人的足弓高度與靜態平衡表現方面的研究，Hertel、Gay 與 Denegar (2002) 認為單腳站立的平衡測試是一種客觀測量姿勢穩定平衡控制的方式，且不同的足部型態的足弓高度會影響到單腳站立時的穩定性，使得維持靜態平衡受到影響。其研究30位平均21.9歲的年輕健康者，以單腳站立十秒的方式，測量足底壓力中心位移的面積與速度，結果指出高弓足 (high arch foot) 的足底壓力中心之位移面積大於正常足弓的面積 (Hertel et al., 2002)。由於位移面積較大認為是平衡表現較差，高足弓的年輕人平衡表現較正常足弓的年輕人差，然而Cote、Brunet、Gansneder 與 Shultz (2005) 研究平均約20歲的年輕人，發現足弓高度並不影響到靜態單腳站立平衡的表現，並且認為隨著年齡的增長，依賴本體感覺來

維持平衡並不是重要因素，而是以其他更重要的控制方式來維持。至於在兒童方面的研究是：林淇鉉（民 93）研究 65 位幼稚園至小學四年級的正常兒童，設計一套整合了足印擷取分析、建構足弓立體形狀與虛擬實境靜態平衡評估的系統，用足底影像與靜止站立時的壓力中心 (center of pressure, COP) 晃動方向軌跡面積的變化，以此間接表示平衡控制的能力，並藉以討論足印分析二維、三維參數與平衡之間的關係，進而了解足弓高度對平衡的影響。其結果以本體感覺的回饋來解釋，認為足弓愈低足底表面本體感覺的輸入較多，平衡控制的表現較佳。回顧文獻少有研究報告說明不同型式的足弓，對平衡反應控制的影響，在兒童這方面更是缺乏。國內目前沒有關於發展遲緩兒童的足弓高度與靜態站立平衡反應的研究，且與發展遲緩兒童有關的足印分析研究也很少見。僅有董莉貞等人（民 97）以足印分析足弓高度的方式來研究 77 位發展遲緩兒童，並且進行扁平足的篩檢，結果顯示發展遲緩兒童發生扁平足的比率較同年齡的兒童高出許多。足印分析常用來代表足弓高度的一種方便評估方式，而足弓高度會影響到靜態站立平衡能力的表現，由上述的關聯性，因此欲研究足印分析的結果與靜態站立平衡能力相關性，由於沒有發展遲緩兒童足印分析與靜態站立平衡相關的研究，所以本實驗想要研究的對象是原因不明發展遲緩兒童。

大部份的研究結果發現，兒童的靜態平衡控制隨著年齡的增長而進步（林尚武、陳重佑，民 92）。對於兒童粗動作之靜態平衡發展里程碑上的測量，最常使用之動作發展量表之一的皮巴迪動作量表第二版 (Peabody Development Motor Scales-Second Edition, PDMS-II)，其中 53-54 個月大後的兒童（約四歲半）可於以施測單腳站立 10 秒。廖華芳和王天苗（民 87）針對台灣地區嬰幼兒測量所得之平衡發展項目的常模中顯示，能睜眼、單腳站立 10 秒，50% 的通過月齡是 49 個月（4 歲 1 個月），75% 的通過月齡是 56 個月（4 歲 8 個月），其發展里程碑是 54 至 59 個月（4 歲 6 個月至 4 歲 11 個月）。而大部分 6 歲以上的兒童皆可單腳站立於平地上 30 秒（廖華芳，民 95）。陳莉婷（民 96）研究兒童靜態站立平衡臨床測試與實驗室測量結果之相關性，結果提出在臨床上評估 4-10 歲兒童的靜態站立平衡，建議使用兩個測試活動：單腳站平衡與張開眼平衡木平衡。兒童平衡測量的相關研究發現，對於 5 歲以前的兒童而言，單足站立並不是適當的靜態平衡測量方式（林尚武、陳重佑，民 92）。這時期兒童靜態平衡測量方式最好採用雙足站立，隨著年齡增加減少雙足分開的距離。由於單腳站立是人類活動的重要基礎，行走活動時，不僅是全身重量要承受於一腳上，且必須保持重心支撐於單腳掌的小面積上，所以單腳站立的平衡測試，對於姿勢控制系統的穩定性評估有適切性的益處 (Bryant, Trew, Bruce, Kuisma, & Smith, 2005)。本研究所採用的單腳站立平衡測試

與功能性活動的表現有相關性 (Birmingham, 2000)。實驗也以粗動作靜態平衡發展的能力為依據，採用5至6歲的兒童可以完成睜眼、單腳站立10秒的動作，測量發展遲緩兒童靜態平衡的能力表現。

實驗使用測力板 (force platform) 為測量工具，針對人體平衡時壓力中心的變化，能深入了解靜態平衡控制時，維持身體重心穩定的差異情形。

本研究使用平衡測量儀 (Biodex Balance System, BBS) 的電腦化系統來測試靜態平衡反應，施測結果以平衡穩定指數 (stability index, SI) 代表平衡反應能力，SI 指數愈大，代表維持平衡的穩定性愈差，易跌倒的危險性就較高。曾有學者認為維持前後平衡與左右平衡的能力表現，各有不同的影響因素，所以應該分開測量與討論 (Arnold & Schmitz, 1998)，並且認為總位移的變化情形與前後位移變化的相關性極高。而平衡測量儀系統可以同時測量出總平衡穩定指數 (overall stability index, OSI)、前/後側平衡穩定指數 (anterior/posterior stability index, APSI)、內/外側平衡穩定指數 (medial/lateral stability index, MLSI) 等面向的平衡變化，供研究分析比較。由於使用平衡測量儀來研究兒童平衡表現之臨床研究甚為缺乏，也沒有學齡前兒童的研究可參考，但是曾有學者以平衡測量儀研究88位九至十二歲兒童的靜態站立平衡反應與學習的機制，其中受測的兒童分為注意力保持在自己的腳上與注意力保持所站立的測力板上，測量總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數，發現注意力放在足部所站立的測力板上，這種維持平衡的外在提示，其總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數和內/外側平衡穩定指數的數據結果顯示，靜態平衡表現有顯著的優異 (Thorn, 2006)。所以平衡測量儀是可以用來做兒童靜態平衡控制能力的評估工具。因此本研究使用平衡測量儀客觀評量來分析原因不明發展遲緩兒童的靜態站立平衡能力，比較足印分析的結果是否與維持重心穩定（總體的、前後、內外側等面向）的平衡能力表現有關，期能有助於提供臨床上對不明原因發展遲緩兒童靜態站立平衡能力與足弓高度的關係，足印分析是否可以窺視其某些面向的站立平衡能力，能在介入處置或是活動訓練時，考量到維持各個面向重心穩定的設計。

因此本研究的目的是欲討論發展遲緩兒童的足弓高度，與靜態站立平衡能力表現上的相關性。提出的假說是具有扁平足的發展遲緩兒童，靜態平衡表現能力較差。

研究方法

一、研究對象

參與本研究之對象是五至六歲學齡前的兒童，經診斷為原因不明型的發展遲緩兒童，無任何骨骼肌肉系統、神經系統與內科方面的疾病，且在受測的前六個月內無扭傷等足部患疾。此外該發展遲緩兒童之認知功能與動作功能的發展，可用慣用腳來做定點足印分析測量，並且能夠維持靜態的單腳站立10秒，有能力接受施測程序執行動作，即為本研究之對象。

符合上述標準之個案，研究者會向家長說明本研究的目的、程序，家長充分理解相關訊息，且同意兒童參與本研究的施測，簽署研究計畫同意書，即為本研究之個案。研究所選取的人數為30人。個案選取的來源是台中區域醫院復健科治療中心與兒童發展遲緩暨自閉症早期醫療中心。本研究亦經「行政院衛生署立台中醫院人體試驗委員會」審核通過而允許實施。

二、實驗程序

本實驗欲探討發展遲緩兒童足印分析與靜態站立平衡的關係，所以不考慮視覺系統的介入影響，因此沒有採用閉眼的測試。測量單腳站立平衡的姿勢是參考兒童平衡量表 (Pediatric Balance Scale) 的靜態平衡測試，動作是以慣用腳單腳站立，非慣用腳則屈膝九十度，並且不可靠觸到慣用腳，雙手插腰，兩眼水平直視前方二公尺遠的定點標的物，在維持標準姿勢的時間內，平衡測量儀系統電腦計算且記錄其平衡穩定指數。

測試的流程依序進行：受測兒童的家長填寫同意書，並且建立兒童個人的基本資料，包括性別、年齡、身高、體重與發展遲緩類型。定點足印採集來取得個案的足印分析資料。靜態站立的平衡測試是要求受測的兒童，以慣用腳單腳站立於平衡測量儀測量三次，每一次10秒鐘，將三次的結果值平均，做為該受測兒童的平衡穩定指數。

三、研究工具

本實驗以定點足印採集板的定點站立方式取得足印，請發展遲緩兒童慣用腳單腳直立站立於足印採集板上，油墨會在紙上印出足印並以此進行測量分析，除了用來篩檢扁平足發生率外，亦可量化相關足弓的高度，以利實驗比對關係。

足印分析的參數是用克拉克氏角度 (Clarke's angle)，其定義為：足印中跖骨區內側最靠外面的切點和足跟邊緣的連線，與跖骨中內側最靠外面的切點和足弓跖骨區中間狹窄部位的連線之夾角（圖1），此兩線所夾之角度愈小，則足弓之高度愈低。此角度若大於42度為正常，介於35至42度為輕度扁平足，介於30至34.9度屬中度扁平足，介於0至29.9度為重度扁平足。

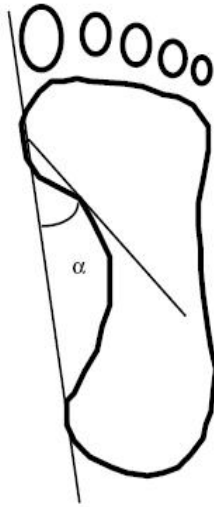


圖1
足印角度的克拉克氏角度Clarke's angle

本實驗所要使用的平衡測量儀 (Biodex Balance System, BBS, #950-300, Biodex Medical System, New York, USA)，取樣頻率為：50/60HZ，是多軸傾斜的站立板 (multiaxial tilting platform)，用來測量靜、動態平衡的電腦化儀器（圖2）。平衡測量儀除了可以測量動、靜態的平衡反應外，以平衡穩定指數 (SI) 代表平衡反應的能力，還可依結果數據對應常模指標，判斷是否是易跌倒的高危險群，並且可依能力設定訓練計畫。

以BBS測量在站立狀態下，當維持平衡時，身體在力板上所產生的壓力中心移動的變化，來評估受測者平衡控制的能力表現。主要的組件為足部站立的平台板 (foot platform)、控制顯示螢幕和列印機。直徑為55公分的圓形平台板，可以做各方向的動態傾斜，最大的傾斜角度為與水平夾角20度，亦可固定為穩定的平面來測量靜態站立時壓力中心的移動，此測力板最大可承重136kg。螢幕顯示是以觸控式來設定測試的平衡參數，並且可以顯示壓力中心移動的方向與距離。內建該系統的軟體程式，可供使用者選擇平衡能力的測試或是做不同程度的動、靜態平衡訓練。

由平衡測量儀來測量靜態平衡會得到一些參數值，下述為其涵意的說明：
總平衡穩定指數 (OSI)：受測者COP的全面總位移程度指數。前/後側平衡穩定指數 (APSI)：受測者COP矢狀面 (sagittal plane) 上前後位移的程度指數。內/外側平衡穩定指數 (MLSI)：受測者COP額狀面 (frontal plane) 上內外位移的程度指數。指數值愈高代表在靜態平衡測量時，其重心位移的動線較大，平衡控制表現較不佳。

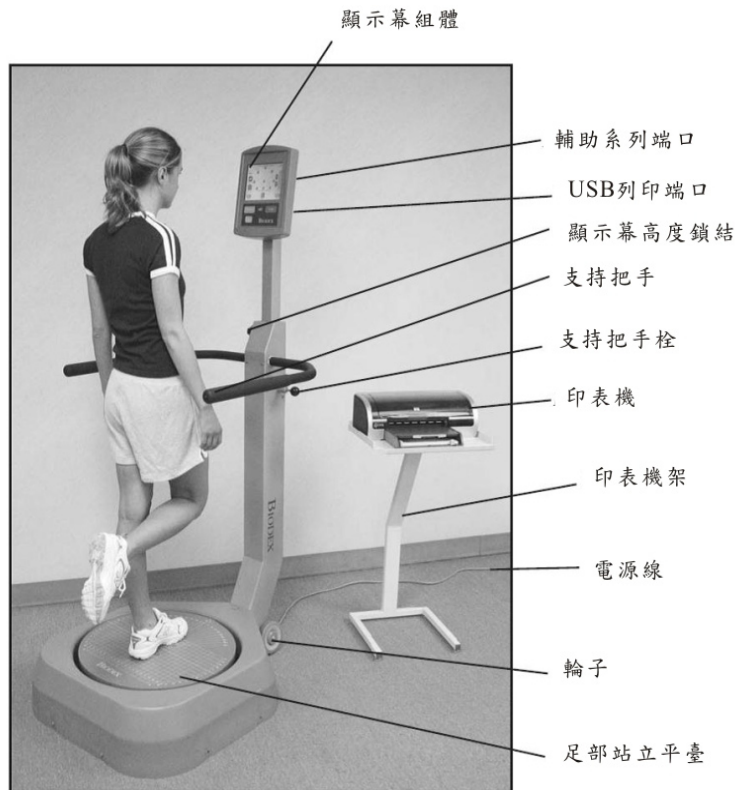


圖2
平衡測量儀 (Biodex Balance System)

四、資料處理與分析

本研究均以SPSS 17.0中文版進行資料的處理與分析，所使用的統計方法包括：描述性分析、皮爾森相關性分析 (Pearson's correlation)。

描述性統計：以平均值與標準差敘述具有扁平足的發展遲緩兒童之基本資料，如性別、年齡、身高、體重等。計算總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數的平均值與標準差。計算足印分析的結果為扁平足之百分比。

推論統計：計算總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指

數的平均值與標準差，以皮爾森相關性分析來檢視：

(一)、總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數等平衡穩定指數三者之間的相關性。

(二)、足印分析的克拉克氏角度與總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數等平衡穩定指數三者之間的相關性。

以曼—惠特尼U檢定 (Mann-Whitney U test) 考驗具有扁平足的發展遲緩兒童與正常足弓的發展遲緩兒童，其總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數等平衡表現在組間的差異。

結果

一、受試發展遲緩兒童的基本資料

受試兒童皆以慣用腳單腳站立於足印板上，完成足印的採集，並且進行足印的分析。此外已經先篩選排除無法單腳站立十秒的兒童，所選取的個案全數能完成慣用腳單腳站立於平衡測量儀 (BBS) 取得平衡穩定指數的數據。

本實驗選取的發展遲緩兒童共30名，男生有24位，女生6位。年齡皆為五至六歲間 (月齡為60至72月)。平均月齡為 65.8 ± 4.6 月。平均身高為 114.4 ± 3.52 公分。平均體重為 20.8 ± 3.2 公斤。男生平均月齡為 66.1 ± 4.6 月。平均身高為 114.3 ± 3.6 公分。平均體重為 21.0 ± 3.1 公斤。女生平均月齡為 64.3 ± 4.4 月。平均身高為 115 ± 3.6 公分。平均體重為 20.2 ± 4.0 公斤。相關的臨床診斷是智能發展遲緩兒童有13位、社會適應或情緒心理發展遲緩2位及語言發展遲緩15位等，皆無神經、骨骼、肌肉系統等的相關疾病。

二、足印資料分析

本實驗受測兒童的足印分析克拉克氏角度，其結果如表1。上述足印分析的結果，顯示發展遲緩兒童，有很高的扁平足發生率 (比率為66.67%)。

表1
克拉克氏角度分析足部型態的比率

足部型態	結果值
正常($>42^\circ$)	3位
輕度扁平足($35^\circ - 42^\circ$)	7位
中度扁平足($30^\circ - 34.9^\circ$)	2位
重度扁平足($0 - 29.9^\circ$)	18位
扁平足率	66.67%

註：扁平足率是指測量結果是中度與重度扁平足的比率。

三、靜態平衡資料的分析

本實驗發展遲緩兒童靜態平衡指數測量的結果如下表2。

表2
發展遲緩兒童靜態平衡指數測量的結果

	OSI	APSI	MLSI
平均值±標準差	5.5±2.5	4.3±2.6	2.9±1.4

註：註：OSI, 總平衡穩定指數；APSI, 前/後側平衡穩定指數；MLSI, 內/外側平衡穩定指數。

本實驗單腳站立平衡測試中，總平衡穩定指數、前/後側平衡穩定指數、內/外側平衡穩定指數之間的相關性為：重心的總平衡穩定指數與前/後側平衡穩定指數有高度顯著的相關 ($r=.93, p<.01$)，而與內/外側平衡穩定指數的關係性較小而呈現中度相關 ($r=.45, p<.05$)，所以結果是重心的前後位移變化情形與總位移的變化情形，兩者間有高度顯著的相關。

四、足弓高度與靜態平衡的相關性

受測兒童代表足弓高度的足印分析：克拉克氏角度 (CA) 與代表靜態平衡表現的總平衡穩定指數 (OSI)、前/後側平衡穩定指數 (APSI)、內/外側平衡穩定指數 (MLSI) 等平衡穩定指數其相關性的統計結果如下表3。結果顯示發展遲緩兒童足弓高度與靜態平衡能力表現並無相關性。

表3
CA與OSI、APSI、MLSI的相關性 ($n = 30$)

		CA	OSI	APSI	MLSI
CA	Pearson 相關	1	.26	.11	.28
	顯著性 (雙尾)		.17	.56	.13

註：CA, 克拉克氏角度；OSI, 總平衡穩定指數；APSI, 前/後側平衡穩定指數；MLSI, 內/外側平衡穩定指數。

五、正常足與扁平足的平衡表現差異

具有正常足弓與具有扁平足的發展遲緩兒童，是否因足弓高度的差異而靜態平衡的表現會不同？由本實驗足印分析出足部型態的比率，可分成兩組：正常足組為克拉克氏角度 $\geq 35^\circ$ —正常足弓的發展遲緩兒童共10位（正常與輕度扁平足的和），扁平足組為克拉克氏角度 $< 35^\circ$ —具有扁平足的發展遲緩兒童共20位（中度扁平足與重度扁平足的和），如表1。以曼—惠特尼U檢定評量總平衡穩定指數 (OSI)、前/後側平衡穩定指數 (APSI)、內/外側平衡穩定指數 (MLSI) 於兩組的差異，結果如表4。

表4
OSI、APSI、MLSI於兩組間的差異

	正常足組 M(SD)	扁平足組 M(SD)	<i>p</i> 值
OSI	6.2(2.7)	5.2(2.4)	.28
APSI	4.6(2.8)	4.1(2.5)	.61
MLSI	3.4(1.6)	2.6(1.3)	.21

註：OSI, 總平衡穩定指數；APSI, 前/後側平衡穩定指數；MLSI, 內/外側平衡穩定指數。

所有的 *p* 值皆未達統計上顯著的差異。因此，發展遲緩兒童的靜態平衡能力不會因為足弓的型態不同（正常足與扁平足）而表現有所差異。

討論

本研究以克拉克氏角度所評估的結果，扁平足所佔比率為66.67%（包含中度與重度扁平足）。先前國內學者也有以克拉克氏角度來篩檢5至6歲發展遲緩兒童（除不明原因外，尚包含已知疾病，如染色體異常、腦性麻痺等）扁平足的比率為83%（中度與重度扁平足的總和）（董莉貞等人，民97）。國內學者曾以目測足弓高度的方式，調查兩所幼稚園共377位學齡前2至6歲正常兒童的扁平足率，結果5至6的扁平足率是21%（指中度與重度扁平足的總和）（Lin et al., 2001）。所以原因不明發展遲緩兒童扁平足的比率（扁平足率為66.67%）要比台灣同齡正常兒童（扁平足率為21%）高很多。

目前此設備在平衡測量上，已有雙腳站立平衡穩定指數的數據，依其年齡17至89歲已建立平衡穩定指數的正常範圍，大於此指數為易跌倒的危險群。但尚未有如本實驗年齡5-6歲的單腳站立平衡穩定指數之數據，以致所得的結果無法比較其意涵，是否為容易跌倒的危險群，建議後續文獻可探討單腳站立與雙腳站立平衡穩定指數的關係與常模建立，此外常模建立的年齡層可下修至五歲以後，依發展特色的年齡區段建立常模。

實驗結果與先前Arnold 與 Schmitz (1998) 的研究是一致，他們提出重心的前後位移變化量接近總位移變化量，兩者兼具有高度的相關性。此外重心的前後（額狀面）和左右（矢狀面）的位移變化應區分開來討論。他認為足部的關節活動度對重心的前後控制影響較大，而足部肌肉（例如足內翻肌與外翻肌）的穩定控制能力對重心的左右控制影響較大。本實驗結果顯示重心之前、後位移與總體性的位移呈現高相關 ($r=.93$)，由於本研究並沒有評估足部的關節活動度與肌力，因此發展遲緩兒童足部的關節活動度與足部肌肉，與重心的前後控制的相關變化為何無法從本研究得知，有待後續實驗探討。以生物力學上對於重心之前、後位移與總體性位移有高度相關的解釋是：樑桁模式 (Glasoe et al., 1999) 使足底承受重量時筋膜產生張力撐住內側縱弓。所以當單腳站立時，內側縱弓以縱向（即為前、後向）伸展或縮短的方式吸收重力以維持平衡，因此重心的前、後位移情形較能反應出維持平衡的能力，所以與全面性的總位移有高度的相關性。此外，前/後側平衡穩定指數與內/外側平衡穩定指數。兩者無相關性，建議以後對於發展遲緩兒童靜態平衡的評估與介入等研究，重心的前後、左右控制能力應分別測量與討論。

目前學者是以足底本體感覺 (plantar cutaneous somatosensation) 來做解釋。Cote等人 (2005) 研究發現平均約二十歲左右的正常年輕人，足弓高度並不會影響

到單腳站立的靜態平衡反應，與本研究是相同的結果。他認為從皮膚與關節本體感覺受器，所傳遞的本體感覺回饋，並無法改變靜態平衡的表現。原因是年輕人對於足底表面本體感覺回饋多少的依賴降低，所以不是影響到平衡穩定控制的主要因素，因此足弓高度不會影響平衡穩定的控制。

然而持相反論述的是林淇鉉（民 93）研究65位幼稚園（4至5歲）及小學三、四年級（8至10歲）的一般兒童，討論足印分析二維、三維參數與平衡之間的關係，進而了解足弓高度對平衡的影響，結果4-5歲兒童足弓高度與靜止站立平衡功能有統計學上顯著的負相關，亦即足弓愈低，COP的搖晃面積愈小—平衡控制的表現較佳。Lin等人（2006）認為具有較低足弓的兒童，其足底壓力中心之位移會隨著足弓愈低，而呈現較小的位移面積與較小的總位移距離，因其足部生物力學上的構造較為柔軟，使得足底接觸面積較大而足底表面本體感覺 (cutaneous somatosensation) 輸入較多，其平衡控制的表現較佳。

上述的學者的研究工具與測量方法與本實驗有所不同，Cote等人（2005）是測量足底COP的最大移動距離 (max. pathway)，Lin等人（2006）是測量足底COP的搖晃面積 (sway area)，結果解釋都以較小的最大移動距離、較小的搖晃面積為較佳的平衡表現。臨床上一般認為帕金森氏症的病人，其平衡能力是較差的，然而研究發現在靜態站立時，足底COP是快速晃動並沒有很大的位移（最大移動距離較小且搖晃面積較小，此結果常被認為是較佳的平衡表現）。因此由足底COP軌跡移動的情形，來代表身體平衡控制的穩定程度，目前是受到質疑的，所以建議以足底COP軌跡移動的距離或震動的頻率等來施測靜態平衡姿勢控制的能力（廖華芳，民 95）。本研究是測量足底COP軌跡移動的距離，是目前建議使用的方法。所以是否因為測量方法的不同，而造成研究結果的不同？以後的研究可以探討兒童的平衡表現在這些測量方法間的差異。

與本實驗年齡層較相關的研究是：4至5歲的一般兒童於足底接觸面較大（足弓較低），足底表面本體感覺（觸覺與壓覺）輸入較多，使其平衡穩定控制的表現較佳，因此足弓高度愈低，平衡穩定控制愈佳 (Lin et al., 2006)。這些受測兒童的神經功能是正常的發展，對於足弓較低對平衡的影響有代償的反應。該學者認為足弓高低對平衡的影響只是一小部分。人體站立平衡的姿勢控制是很複雜的，主要是靠感覺整合、神經動作系統的協調與骨骼肌肉系統的生物力學控制。而本實驗是相關性的研究，其結果為：發展遲緩兒童的足弓高度與靜態平衡表現是無關的，具有扁平足的發展遲緩兒童與正常足的發展遲緩兒童，兩者間靜態平衡表現也沒有差異。原因是否與神經發展、視覺或本體感覺有關，有待後續將可能影響的變因設計實驗來探討。

本研究的限制為實驗對象是學齡前5-6歲的不明原因發展遲緩兒童，因特定的年齡且需是不明原因的發展遲緩限制，所以樣本的範圍是較狹窄，加上家長同意參與與否等因素，所以能選取到的個案數量較少。而且評估是扁平足與正常足的比例差距較大，可能造成收集資料上的偏差。個案是立意取樣且主要來源為台中區域醫院的患童，由於侷限的區域，所以在推論會有地區上的限制。

研究選取的不明原因發展遲緩兒童，其認知與動作功能的發展需能執行靜態平衡測試，並以此為篩檢參與實驗的依據，並沒有再細部分析發展遲緩的類型與疾病，所以研究結果無法類推到特定診斷的發展遲緩兒童。

目前平衡測量儀系統並沒有發展出有關兒童平衡穩定指數的常模，因此無法常態性的比較其平衡控制表現的情形，而推論是否為平衡控制不佳的高危險群。且本研究並沒有正常兒童的對照組，故只能探討不明原因的發展遲緩兒童足弓結構性的異常程度，對靜態平衡控制能力的相關性。

兒童睜眼、單腳站立10秒的發展里程碑是54至59個月（4歲6個月至4歲11個月），6歲以上的兒童多可單腳站立於平地上30秒，而本研究5至6歲之兒童，因發展遲緩的考量，選擇較低能力的10秒站立，是否測試的時間太短，且無將前後的資料切除，只取中間固定秒數，以求資料之穩定性。後續的研究可以考慮時間上的設計。

本研究是以睜眼來測驗，並沒有以閉眼實驗來區分視覺回饋所可能產生的影響。是否受測兒童可以用視覺回饋來控制平衡，而不必依賴足底表面本體感覺的輸入，或者發展遲緩兒童的足底表面本體感覺的輸入是否異於一般兒童，使得足弓高度與靜態平衡表現是無關的？有待後續研究設計探討視覺的影響。

總結而論，原因不明型的發展遲緩兒童，其扁平足的發生率66.67%大於正常兒童扁平足發生率的21%。因此原因不明型發展遲緩兒童扁平足的發生率要比一般同年齡層正常兒童高很多，顯示扁平足是這一族群普遍常見的問題，確實值得做相關的深入研究。依據實驗最後得到的結果是：第一點、發展遲緩兒童的足弓高度與靜態平衡穩定控制的表現並沒有顯著相關，並且正常足或扁平足的發展遲緩兒童，在靜態平衡的表現上是沒有差異的。第二點、靜態平衡站立時，重心的前、後位移變化情形與重心的全面總位移變化情形，有著高度的相關性。這可提供以後的研究設計適合兒童使用的簡易施測工具，可以考慮的特性。此外，前後與左右平衡控制能力並無相關性，建議爾後對於發展遲緩兒童靜態平衡的評估與介入等研究，重心的前後、左右控制能力應分別測量與討論。

足印分析是方便、不具侵入性且可快速取得的資料，但其精確性仍較立體攝影的工具差，建議未來可用精密的儀器設備來取得足弓高度的資料。此外平衡測

量儀單腳站立十秒的平衡穩定指數，依兒童的發展里程碑（4歲6個月至4歲11個月），可向下收取至五歲以上的兒童資料，本實驗也證實臨床操作的可行性。

因本實驗採用方便取樣，地點是中部的某區域醫院內，所選取的受測者是特殊族群，經過篩選五至六歲無任何骨骼肌肉系統、神經系統與內科方面疾病的原因不明型發展遲緩兒童，兒童達到粗動作的靜態平衡發展里程碑—可以單腳站立十秒以上的能力，且本研究所得的總平衡穩定指數，並沒有正常兒童的指數來對應比較，所以無法得知發展遲緩兒童的靜態平衡控制能力好壞。上述的因素，導致結果的解釋須謹慎地考慮。

參考文獻

- 林尚武、陳重佑（民92）。兒童平衡控制能力之發展。《中華體育季刊》，17，57-64。
- 林淇鉉（民93）。兒童的足弓影像及平衡功能之探討（未出版之博士論文）。國立成功大學醫學工程研究所，台南市。
- 陳莉婷（2007）。兒童靜態站立平衡臨床測試與實驗室測量結果之相關性（未出版之碩士論文）。國立成功大學物理治療研究所，台南市。
- 董莉貞、蕭佩琦、周偉倪、許正、林玢芷、度詠文（民97）。遲緩兒童扁平足篩檢探討。《台灣復健醫誌》，36，31-37。
- 廖華芳，王天苗（民87）。兒童知覺動作發展。《中華民國物理治療學會雜誌》，23，310-324。
- 廖華芳（民95）。《小兒物理治療學（二版）》。台北市：禾楓書局。
- Arnold, B. L., & Schmitz, R. J. (1998). Examination of balance measures produced by the Biodex stability System. *Journal of Athletic Training, 33*, 323-327.
- Birmingham, T. B. (2000). Test-retest reliability of lower extremity functional instability measures. *Clinical Journal of Sport Medicine, 10*, 264-268.
- Bryant, E. C., Trew, M. E., Bruce, A. M., Kuisma, R. M., & Smith, A. W. (2005). Gender differences in balance performance at the time of retirement. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 20*, 330-335.
- Cavanagh, P. R., & Rodgers, M. M. (1987). The arch index: A useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics, 20*, 547-551.
- Cobey, J. C., & Sella, E. (1981). Standardizing methods of measurement of foot shape by including the effects of subtalar rotation. *Foot & Ankle, 2*, 30-36.

- Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., & Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training, 40*, 41-46.
- Evans, A. M. (2003). Relationship between "growing pains" and foot posture in children: Single-case experimental designs in clinical practice. *Journal of the American Podiatric Medical Association, 93*, 111-117.
- Evans, A. M. (2008). The flat-footed child -- to treat or not to treat: What is the clinician to do? *Journal of the American Podiatric Medical Association, 98*, 386-393.
- Garcia-Rodriguez, A., Martin-Jimenez, F., Carnero-Varo, M., Gomez-Gracia, E., Gomez-Aracena, J., & Fernandez-Crehuet, J. (1999). Flexible flat feet in children: A real problem? *Pediatrics, 103*, e84.
- Glasoe, W. M., Yack, H. J., & Saltzman, C. L. (1999). Anatomy and biomechanics of the first ray. *Physical Therapy, 79*, 854-859.
- Hardan, A., & Sahl, R. (1997). Psychopathology in children and adolescents with developmental disorders. *Research in Developmental Disabilities, 18*, 369-382.
- Harris, E. J., Vanore, J. V., Thomas, J. L., Kravitz, S. R., Mendelson, S. A., Mendicino, R. W., . . . Gassen, S. C. (2004). Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *The Journal of Foot & Ankle Surgery, 43*, 341-370.
- Hennig, E. M., Staats, A., & Rosenbaum, D. (1994). Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. *Foot & Ankle, 15*, 35-40.
- Hertel, J., Gay, M. R., & Denegar, C. R. (2002). Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *Journal of Athletic Training, 37*, 129-132.
- Kohls-Gatzoulis, J., Angel, J. C., Singh, D., Haddad, F., Livingstone, J., & Berry, G. (2004). Tibialis posterior dysfunction: A common and treatable cause of adult acquired flatfoot. *British Medical Journal, 329*, 1328-1333.
- Lin, C. H., Lee, H. Y., Chen, J. J., Lee, H. M., & Kuo, M. D. (2006). Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. *Physiological Measurement, 27*, 119-130.
- Lin, C. J., Lai, K. A., Kuan, T. S., & Chou, Y. L. (2001). Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *Journal of Pediatric Orthopedics, 21*, 378-382.
- Pfeiffer, M., Kotz, R., Ledl, T., Hauser, G., & Sluga, M. (2006). Prevalence of flat foot

in preschool-aged children. *Pediatrics*, 118, 634-639.

Shiang, T. Y., Lee, S. H., Lee, S. J., & Chu, W. C. (1998). Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 17, 62-66.

Thorn, J. (2006). *Using attentional strategies for balance performance and learning in nine through 12 year olds* (Unpublished doctoral dissertation), University of Florida, Tallahassee, Florida.

Relationship Between Footprint Parameters and Static Balance in Children with Developmental Delay

OCCUPATIONAL THERAPY

Chung-Lu Chen^a, Chin-Kai Lin^{b,*}, Yi-Ching Chen^c, Chun-Hon Wang^c

Abstract

Preschool children with developmental delay (DD) had a higher percentage of flat foot compared to their healthy counterparts. The reasons for such high incidence of flat foot in DD remains unknown. The purpose of this study was to explore the relationship between arch heights and static balance in 30 children with DD. Their arch height was measured using a Clarke's footprint angle method, while balance measures (overall stability index, anterior/posterior stability index, and medial/lateral stability index) were quantified using the Biodex Balance System (BBS). The results showed that no significant relationship was found between foot arch height and static balance. In sum, there was no change in static balance ability in developmentally delayed children with and without flatfoot. The antero/posterior center of gravity sway during one-legged standing was highly correlated with the total center of gravity sway, whereas the anterior-posterior center of gravity sway was not correlated with the medial/lateral sway.

Keywords: Developmental delay, Children, Footprint parameter analysis, Static standing balance

^a Department of Physical Medicine & Rehabilitation, Taichung Hospital

^b Program of Early Intervention, Department of Early Childhood Education, National Taichung University of Education

^c School of Physical Therapy, College of Medical Science and Technology, Chung Shan Medical University

* Correspondence: Chin-Kai Lin, Program of Early Intervention, Department of Early Childhood Education, National Taichung University of Education, 140 Min-Shen Road, Tai Chung 40306, Taiwan.

Tel.: 04-22183007.

E-mail address: linchinkai97@gmail.com

Received: 4 July 2011

Accepted: 18 September 2011