

姿勢穩定性與單手接球的關係

嚴雅婷、劉有德

國立台灣師範大學

摘要

本研究旨在探討姿勢穩定性與單手接球的關係，以技能的熟練度及第二工作的角度來檢驗學習新技能所造成的影響。實驗參與者為 10 位無使用過動態平衡儀 (stabilometer) 的體育系女大學生，進行每週 3 天，每天 20 次，每一次練習 30 秒為期一個月的平衡練習。實驗前進行前測，然後每隔兩週測驗一次，並在練習結束後一個月進行保留測驗，測驗內容包含在平衡板上平衡與在平衡板上單手接球（慣用及非慣用手），透過紀錄平衡板於水平上下 5 度之間的秒數與單手接球數來做檢驗，並以 PhaseSpace 動態擷取系統紀錄並計算出平衡板擺動的頻率與振幅，以了解學習造成的變化。結果發現：1、平衡的秒數顯著地隨著練習而增加 $F_{(2.37, 21.29)} = 91.02, p < .05$ ，透過增加單手接球的工作，可以看出姿勢平衡的能力持續地進步。2、在各次測驗之間，慣用與非慣用手在平衡板上的接球數無顯著差異 $F_{(1, 9)} = 0.17, p = .687$ ，但在非慣用手的前測中發現，站在地上的接球數顯著多於站在平衡板上的接球數， $t_{(9)} = 2.39, p < .05$ 。3、當參與者在平衡板上的平衡能力逐漸提高時，平衡板擺動頻率增加且擺動的幅度亦隨練習而減少。因此，姿勢穩定性應可被視為一種較為熟練的工作，其重要性必須透過第二工作來突顯，當兩項工作中有一項為新的技能時，對新技能表現的影響較大，而隨著新學習的第二工作越具技能水準時，受到其他工作的影響亦隨之減少。

關鍵詞：姿勢穩定性 (posture stability)、單手接球 (one-hand catching)、第二工作 (secondary task)、天花板效應 (ceiling effect)

主要聯絡者：嚴雅婷

聯絡地址：106 台北市大安區和平東路一段 162 號 國立臺灣師範大學

E-mail: sevening007@ yahoo.com .tw

壹、緒論

在運動的場域中，要完成一個動作需要肌力、肌耐力、速度等身體素質，而姿勢穩定的重要性更是不可被忽略，尤其對於截斷性 (interceptive) 的運動技能而言 (例如：接球、桌球正手擊球等)，不僅需要接收環境當中相關的訊息，更需要控制身體相關的自由度 (肢段)，才能夠在正確的時間將身體肢段放在適當的位置，以成功的完成截斷性的動作。為了達到這個目的，動作者必須維持他上半身的穩定性與適當的身體方向 (Peper, Bootsma, Mestre, & Bakker, 1994; Rosenbaum, 1991; Davids, Bennett, Kingsbury, Jolley, & Brain, 2000)，換句話說，為了能夠成功的做出像接球這樣的截斷性動作，維持身體的平衡是相當重要的。

從檢驗姿勢穩定對孩童接球能力影響的研究中發現，能力較差的接球者以坐姿接球 (無需顧慮下半身穩定性) 時，接球表現明顯進步，而接球能力較好者，無論坐姿或站姿都有一樣好的表現，同時兒童的左右手表現也有明顯的差距，慣用手的表現較佳，因此研究者認為影響孩童單手接球工作的表現好壞，除了受到是否為慣用手外，接球時的姿勢穩定性也有很大的作用，而且接球能力的不同，受到姿勢穩定性的影響程度也不同 (Davids 等, 2000; Angelakopoulos, Davids, Bennett, Tsorbatzoudis, & Grouios, 2005)。

如果技能水準會影響兒童從事單手接球的表現，而好的接球者不會受到姿勢穩定性的影響 (Angelakopoulos 等, 2005)，根據 Movement ABC (Movement ABC; Henderson & Sugden, 1992) 的測驗內容，單手接球技能是適合用以檢測 11-12 歲兒童的運動能力，那麼，從人類發展的角度來看，成人相對於兒童，其單手接球技能水準應該較高，是否姿勢穩定性對單手接球表現較無影響呢？此外，如果將姿勢控制看成是一項「工作」，單手接球是第二項工作，從人類先學會坐才學會站的角度來說，對於 9-10 歲兒童而言，雖然坐姿與站姿都已發展成熟，但站姿學會的時間較坐姿晚，練習的時間也較短，相對於坐姿來說，可能較不熟練，而單手接球相較於站姿則是一項更新的技能 (Bayley, 1969)。當兩項工作中有一項為新的技能 (單手接球)，加諸於不是很穩定的另一項工作 (如站姿) 上時，對新技能表現的影響較大 (單手接球表現差)；但如果第二工作已具有相當技能水準，受到其他工作的影響可能較不顯著。對於單手接球技能熟練但不具動態平衡儀經驗的成人來說，由於其單手接球技能已具有相當水準，因此無論站立於不穩定的平衡板或穩定的地面上執行單手接球，其單手接球的表現可能沒有太大的差異；但對於完全無經驗的平衡板工作而言，加上單手接球的工作則較空手站在平衡板上可能容易產生較大的影響。

除了上述有關技能層級與熟練度對兩項工作的影響之外，在成人從事手部操作的工作，像是簡單的手指拍點動作 (tapping) 或是移動螺絲帽，已有許多文獻提出無論慣用手或非慣用手的表現都是一樣好的 (Bryden, Singh, Steenhuis,

&Clarkson, 1994; Harris & Carlson, 1993; Steenhuis & Bryden, 1999; Verfaellie & Heilman, 1990)，但對較為複雜的運動技能，尤其是需要精準的時間與空間配合的工作（例如單手接球），則少有研究。因此本研究擬針對高技能水準（接球能力好：可以在 30 秒內，20 個球中，接 15 個以上的球）的成人，來探討在動態平衡儀上維持姿勢穩定性與慣用手、非慣用手進行單手接球表現之間的關係，並從技能熟練度（熟練：單手接球、新學習：平衡儀）的角度，來了解從事兩項工作時可能造成的效應。

貳、研究方法

一、實驗參與者

10 位體育系女大學生（9 名慣用右手與 1 名慣用左手，平均年齡 21.6 ± 0.9 歲）自願參與此研究，且於實驗前並無使用過動態平衡儀的經驗。

二、實驗器材與工作

動態平衡儀 (Model 16030, Lafayette Instrument Inc., IN) 是本實驗檢驗姿勢控制的工具（圖一），平衡板的大小為 65×105 公分，參與者雙腳站立於板上，盡量使平衡板保持水平，而平衡能力的表現好壞則以平衡板於 30 秒內在水平線上下 5 度之間的秒數來代表。

此外，使用 PhaseSpace 動作擷取系統，將貼在平衡板與底座的左右兩側邊緣的 4 個 LED，以每秒 60 幅來蒐集每次平衡測驗時的平衡板擺動情形。



圖一 動態平衡儀

三、實驗流程

在參與者簽署同意書之後正式開始進行實驗。經過訓練與檢驗後選用一名男

學生為丟球員，以約 1 公尺/秒的水平速度在距離參與者前方 5 公尺處將球投向接球者。實驗分為前測、第一練習期、中測、第二練習期、後測，及保留測驗。前測包括兩部份，第一部分為站在地上 (C) 30 秒內以慣用手 (CP) 或非慣用手 (CN) 分別接 20 個球，檢測其接球的技能水準並做為往後比較的基準，第二部份包含 2 次空手站在平衡板上維持平衡 (S) 30 秒，以及在平衡板上平衡 30 秒並同時以慣用手 (CPS) 與非慣用手 (CNS) 從事單手接球各 2 次，每次 20 個球。

前測後進行在平衡板上保持平衡的第一練習期，為期二週，每週三天、每天 20 次、每次 30 秒，第一練習期後進行中測 (2)，中測的內容與前測的第二部份相同。中測後繼續兩週的第二練習期，接著進行與中測內容相同之後測 (3)，後測結束後休息一個月實施保留測驗 (4)。每次測驗時單手接球的順序在參與者間與試作次序平衡，因此五位先以慣用手接球，另五位則先以非慣用手接球，此順序亦在每次測驗時對調。

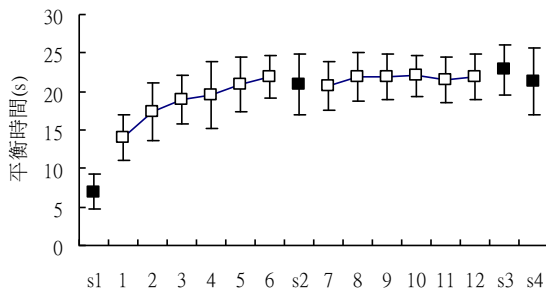
四、資料處理

為了檢驗練習的成果，將各次測驗所記錄的平衡時間，以 3 (S、CNS、CPS) × 4 (前測、中測、後測、保留測驗) 重複量數二因子變異數分析進行統計考驗，接球數的檢驗則先以 2 (慣用手、非慣用手) × 4 (站在平衡板上前測、中測、後測、保留測驗) 重複量數二因子變異數分析來比較各次測驗站在平衡板上的接球數，再將各次測驗與前測時站在地板上的接球數以相依樣本 t 考驗進行比較；而參與者在測驗過程當中控制平衡的方式，則由 PhaseSpace 動作擷取系統蒐集的三維資料，經過 Excel 2003 與 Mathematica 5.1 版整理並計算出平衡板兩端所成之直線與平衡板中心垂直於地面軸之夾角，運算此夾角上下來回折返的次數 (頻率) 及折返點之角度差距的總和平均值 (振幅)，以 3 (S、CNS、CPS) × 4 (前測、中測、後測、保留測驗) 重複量數二因子變異數分析進行考驗。本研究以 Bonferroni 法進行事後比較，統計水準訂為 .05。

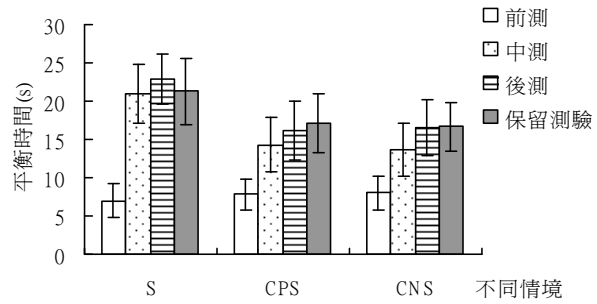
參、結果

一、平衡時間





圖二 12 次練習的平均平衡時間 (空心方格) 與 S 情境在前、中、後及保留測驗時的平衡時間 (實心方格)

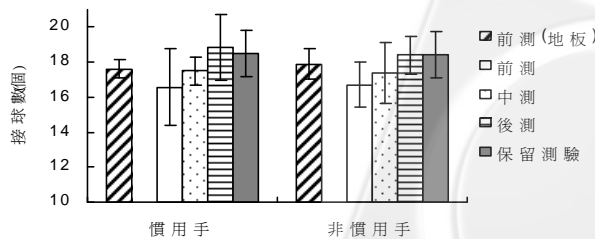


圖三 不同測驗與情境的平衡時間

如圖二所示，參與者隨著練習次數增加其平衡的時間亦隨之增加。統計考驗結果發現 (圖三)，不同情境與測驗之間有顯著的交互作用 $F_{(6, 54)} = 12.89, p < .05$ ，進一步分析單純主要效果發現，在空手站立平衡板情境中，僅有前測顯著低於其他三次測驗；在慣用手接球情境中，前測顯著低於其他三次測驗，保留測驗顯著高於中測；在非慣用手接球情境中則是除了前測顯著低於其他三次測驗外，後測與保留測驗皆顯著高於中測。空手與接球情境在前測時無差異，而空手情境的平衡時間僅在中、後及保留測驗時顯著多於接球的情境。因此，無論何種情境，參與者的平衡時間隨著練習皆有顯著的增加，而空手與接球情境的平衡秒數在前測時無差異，但在中、後及保留測驗中則發現空手的平衡時間顯著多於接球的情境。

二、接球數

在接球數的部份，統計考驗結果發現，測驗與不同用手之間無交互作用 $F_{(3, 27)} = 0.217, p = .884$ ，慣用手與非慣用手之間亦無顯著差異 $F_{(1, 9)} = 0.17, p = .687$ ；不同測驗間的接球數具顯著差異 $F_{(2, 20, 19.79)} = 8.63, p < .05$ ，事後比較發現，後測顯著大於前測，保留測驗顯著多於中測 (圖四)。以相依樣本 t 考驗比較前測站在地板上與各次測驗在平衡板上的接球數，在慣用手的部份，前測時，站在地板上的接球數多於站在平衡板上的接球數，但未達統計顯著 ($p = .128$)；非慣用手的部分則發現，前測時，站在地板上的接球數顯著多於站在平衡板上的接球數， $t_{(9)} = 2.39, p < .05$ 。

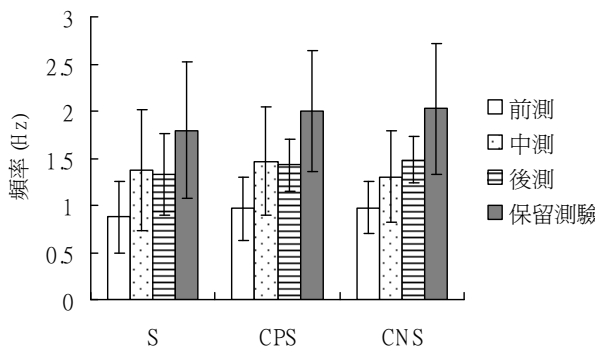


圖四 不同用手之單手接球數

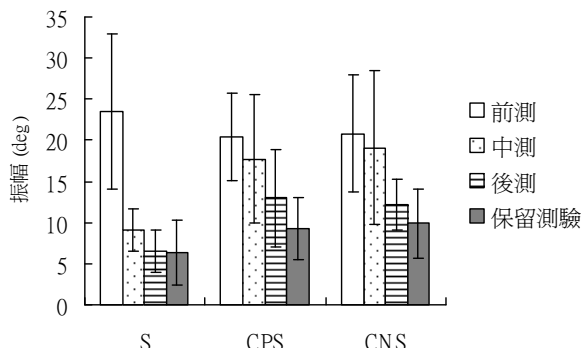
三、平衡板擺動的頻率與振幅

平衡板擺動頻率之統計考驗結果發現，測驗與不同情境無交互作用，不同情境之間 (S, CNS, CPS) 亦沒有顯著差異 $F_{(1.38, 12.42)} = 1.69, p=.223$ ，而平衡板擺動的頻率隨著練習而顯著增加， $F_{(3, 27)} = 11.83, p<.05$ ，事後比較發現中測、後測與保留測驗的頻率顯著快於前測 (圖五)。

平衡板擺動的振幅在測驗與情境間有顯著交互作用 $F_{(6, 54)} = 4.43, p<.05$ (圖六)，單純主要效果的分析發現，在空手站立情境中，中測、後測與保留測驗顯著小於前測；而在以慣用手與非慣用手情境中，保留測驗顯著小於前測與中測，後測與前測之差異未達顯著 (CPS3 < CPS1, $p=.059$; CNS3 < CNS1, $p=.055$)。主要效果部份，振幅隨著練習而顯著變小， $F_{(1.60, 14.36)} = 18.97, p<.05$ ，後測與保留測驗顯著小於前測，保留測驗也顯著小於中測；不同情境之間也有顯著差異， $F_{(2, 18)} = 14.95, p<.05$ ，事後比較發現，空手站立時的振幅顯著小於以慣用手與非慣用手接球時的振幅。



圖五 不同情境與測驗的平衡板擺動頻率



圖六 不同情境與測驗的平衡板擺動振幅

肆、討論

Daivds 等 (2000) 與 Angelakopoulos 等 (2005) 的研究發現姿勢穩定性對於單手接球表現有很大的影響，從本研究的前測中，在參與者第一次站上平衡板又同時被要求單手接球時，因為姿勢穩定性受到了干擾而導致其非慣用手接球數顯著少於站立於地板上的接球數，可說明姿勢穩定性的確對單手接球表現有相當大的作用。此外，根據本研究結果與 Daivds 等及 Angelakopoulos 等針對 9-10 歲兒童的研究相比較，若能透過練習增加兒童的姿勢穩定，提升了控制身體平衡的能力，或許可以減低姿勢穩定性對單手接球技能低的兒童的影響，回顧本研究的結果，參與者在經過練習一段時間的平衡工作之後，單手接球的數目顯著多於前測

時站在平衡板上的接球數，類似站在平地上的水準，反倒是新學習的這項平衡工作受到了單手接球工作的影響，使得平衡的表現顯著降低，而單手接球工作對平衡的影響，則隨著平衡工作的練習增加，參與者的平衡控制能力增加，而慢慢的減少了影響力。當參與者隨著練習顯著地增加了平衡的能力，在不需單手接球的情境中，可以發現在練習兩週之後，其平衡的秒數便沒有顯著的增加，就像是到達了極限、碰觸到天花板一樣，但是當測驗中增加了單手接球的第二工作 (secondary task) 時，參與者受到第二工作的影響而降低了第一工作的表現，此時持續以空手站立平衡板的練習進行兩週後，從 CPS 與 CNS 情境中可以發現平衡秒數仍隨著練習而持續增長，因此附加第二工作的方式，可以解除天花板效應 (ceiling effect) 壓抑動作能力持續進步的表象 (Kelso, 1994; Hodges & Lee, 1999; Maxwell, Master, Kerr & Weedon, 2001)。

從另一個角度來思考，將姿勢平衡與單手接球都當作是一項「工作」，只考慮參與者對工作的熟練度時，當兩項工作中有一項為新的技能時，對新技能表現的影響較大，對於本研究不具動態平衡儀經驗的成人參與者而言，單手接球相較於平衡工作屬於較熟練的技能，因此當加上平衡控制的第二工作時，此項新技能相較於單手接球的表現而言所受到的影響較大。對於 9-10 歲兒童來說 (Davids 等, 2000; Angelakopoulos 等, 2005)，坐姿與站姿相對於單手接球是一項較熟練的技能，因此當新技能加諸於熟練的工作上時，新技能受到的影響較大，若單就比較坐姿與站姿的影響程度，由於站姿學會的時間較坐姿晚，練習的時間也較短，因此受到影響的程度也較大，雖然本研究結果發現慣用手及非慣用手的單手接球能力並無顯著差異，也佐證了成人的慣用及非慣用手在多種手部工作皆可以有相同水準的表現 (Bryden, Singh, Steenhuis, & Clarkson, 1994; Harris & Carlson, 1993; Steenhuis & Bryden, 1999; Verfaellie & Heilman, 1990)，但是在前測時，非慣用手在平衡板上的接球數顯著少於在地板上的接球數，而慣用手雖然有此趨勢卻未達統計上的顯著差異，可以顯現在第二工作的檢驗下，較晚學習的非慣用手受到的影響較大，表現比慣用手差。

在練習動態平衡儀的過程中，隨著練習的增加，平衡板的擺動振幅顯著減少且擺動頻率顯著加快，表示參與者對平衡板的擺動更具敏感性，當平衡板稍微偏離水平狀態時就可偵測到失去平衡的狀況，對擺動的反應亦較迅速，因此可在平衡板失去平衡時很快地產生反應。擺動頻率在各情境間並無顯著差異，但擺動振幅在 S 情境中顯著小於 CPS 與 CNS，表示參與者在增加單手接球的工作時，由於接球的動作增加了平衡板上下擺動的幅度，但增加接球工作並不影響參與者可快速反應平衡板失去平衡的表現，因此在各情境間的擺動頻率並無差異。

根據 Fitts and Posner (1967) 的三階段模式，當學習者由認知階段經過聯合階段進而達到自動化階段時，學習者便可以在主要工作 (primary task) 進行的同時來從事第二項工作，或可以說因為學習者在熟練了動作，達到自動化階段之後，可以減少完成動作所需的氣力 (effort; Kahneman, 1973)，所以可以同時完成其他工作。例如有許多開車技巧熟練的司機可以在開車的同時與乘客交談，而隨著第

二工作的複雜性增加，主要工作亦顯著受到影響，例如在口語測驗（主要工作）的同時要求受測者開車（第二工作），結果發現隨著交通越擁塞，口語測驗的表現就越差 (Brown, 1962)。因此，當在學習的過程中發現學習者的表現已達頂端（天花板）時，可藉第二工作的操弄來檢驗主要工作的表現。對於大多的運動技能而言，姿勢穩定性普遍被認為是一項相當重要的因素，甚至認為是維持動作表現的基礎要件，因為任何動作技能，都必須要在某種「姿勢」下來從事，而這種姿勢例如站姿或坐姿，相較於尚未學習的運動技能來說，已具有較熟練的經驗，所以到底姿勢穩定性是一個學習新技能的「基礎」或是另一項來自於長期經驗的「技能」？本研究將姿勢穩定視為一項運動技能，從比較技能的熟練度出發來探討姿勢穩定對於運動技能的重要性。無論將姿勢穩定視為一種運動技能，或是從事任何運動技能的基礎，姿勢穩定性對於執行任何運動技能之重要性是不變的。本研究嘗試將姿勢穩定視為一般性的運動技能，提供姿勢穩定性與其他運動技能間相互關係，結果發現姿勢穩定性應可被視為一種較為熟練的工作，其重要性必須透過第二工作來突顯，當兩項工作中有一項為新的技能時，對新技能表現的影響較大，而隨著新學習的第二工作越具技能水準時，受到其他工作的影響就較不顯著。在學習運動技能的過程中，例如壘球接高飛球、排球滾翻救球等需要控制身體平衡亦需完成單手接球或救球的工作時，教學者常將姿勢穩定性視為一種基礎能力，因此往往著重於提升接球或救球的能力，從本研究的結果發現，若以動作者對技能的熟練度來考量，姿勢穩定性亦可被視為一個較熟練的工作，雖然新技能較容易受到影響，所以透過練習提升新技能的動作水準來減少姿勢不穩定造成的表現降低，但是設法增進姿勢平衡的技能水準，亦可反應至最後的整體動作表現，正如人類的行為是由許多子系統互相調節而產生，運動技能中的每一個動作成分也應該予以相同程度的重視。

伍、參考文獻

- Angelakopoulos, G. T., Davids, K., Bennett, S. J., Tsoarbatzoudis, H., & Grouios, G. (2005). Postural Stability and Hand Preference as Constraints on One -Handed Catching Performance in Children. *Journal of Motor Behavior, 37*, 377-385
- Annet, J. (1985). *Left, right, hand and brain: The right shift theory*. London: Erlbaum.
- Bayley, N. (1969). *The Bayley scales of infant development*. New York: Psychological Corporation.
- Brown, I. D. (1962). Measuring the “spare mental capacity” of car drivers by a subsidiary auditory task. *Ergonomics, 5*, 247-250.
- Bryden, M. P., Singh, M., Steenhuis, R. E., & Clarkson, K. L. (1994). A behavioural measure of hand preference as opposed to hand skill. *Neuropsychologia, 32*, 991-999.

- Bryden, P. J., Pryde, K. M., & Roy, E. A. (2000). A performance measure of the degree of hand preference. *Brain and Cognition, 44*, 402-414.
- Davids, K., Bennett, S. J., Kingsbury, D., Jolley, L., & Brain, T. (2000). Effects of postural constraints on children's catching behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 71*, 69-73.
- Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Harris, L. J., & Carlson, D. F. (1993). Hand preference for visu ally-guided reaching in human infants and adults. In J. P. Ward & W. D. Hopkins (Eds.), *Primate laterality: Current behavioral evidence of primate asymmetries* (pp. 285-305). New York: Springer-Verlag.
- Henderson, S. E., & Sugden, D. A. (1992). *The movement assessment battery for children*. London: Psychological Corporation.
- Hodges, N. J., & Lee, T. D. (1999). The role of augmented information prior to learning a bimanual visual-motor coordination task: Do instructions of the movement pattern facilitate learning relative to discovery learning? *British Journal of Psychology, 90*, 389-403.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kelso, J. A. S. (1994). The informational character of self-organized coordination dynamics. *Human Movement Science, 13*, 393-413.
- Maxwell, J. P., Masters, R. S. W., Kerr, E., & Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 54A(4)*, 1049-1068.
- Peper, L., Bootsma, R. J., Mestre, D. R., & Bakker, F. C. (1994). Catching balls: How to get the hand to the right place at the right time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 591-612.
- Riccio, G. E. (1993). Information in movement variability about the qualitative dynamics of posture and orientation. In K. M. Newell & D. M. Corcos (Eds.), *Variability and motor control* (pp. 317-357). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rosenbaum, D. A. (1991). *Human motor control*. New York: Academic Press.
- Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1999). The relationship between hand preference and hand performance: What you get depends on what you measure. *Lateralily 4*, 3-26.
- Verfaellie, M., & Heilman, K. M. (1990). Hemispheric asymmetries in attentional control: Implications for hand preference in sensorimotor tasks. *Brain and Cognition, 14*, 70-80.

投稿日期：97年04月

接受日期：97年11月

The Relationship Between Posture Stability and One -hand Catching

Ya-Ting Yen & Yeou-Teh Liu

National Taiwan Normal University

Abstract

The purpose of this study was to explore the relationship between postural stability and one-hand catching from the perspective of relative proficiency of the two motor skills and the influence of the secondary task. Nine right-handed and one left-handed female college students majoring in physical education without prior experience in standing on the stabilometer participated in this study. All the participants practiced on the stabilometer 20 trials a day (each trial lasted for 30 seconds), 3 days a week for 4 weeks. Balancing time and number of balls caught were examined for the pre-test, mid-test, post-test and one-month retention-test, which included standing on the stabilometer only and those plus one-hand ball-catching (with preferred and non-preferred hand). The movements of the stabilometer were captured by a PhaseSpace motion digitizing system to derive the frequency and the amplitude of the platform. The results were as following: 1. The balancing time significantly improved with practice, $F_{(2.37, 21.29)} = 91.02$, $p < 0.5$, the continuing improved postural stability was observed through the addition of the secondary task of one-hand catching. 2. Although there was no difference between the preferred and non-preferred hand in the number of balls caught on the stabilometer at all tests, $F_{(1, 9)} = 0.17$, $p = 0.687$, there were significantly more balls caught with non-preferred hand while standing on the ground than standing on the stabilometer at pre-test, $t_{(9)} = 2.39$, $p < 0.05$. 3. The frequency of the platform significantly increased and the amplitude significantly decreased after practice. To sum up, posture stability could be considered as a more skilled task when performing another task, and its importance required a secondary task to reveal. The less familiar skill would be easily subject to the perturbation of the imposed task when 2 tasks were asked to perform simultaneously. The improvement of the unfamiliar skill could lessen the perturbation effect of the imposed task.

Keywords: posture stability, one-hand catching, secondary task, ceiling effect