

## 兩側遷移與運動技能學習

嚴雅婷<sup>1</sup>

### 摘 要

不論是日常生活或從事體育活動時，我們往往會使用慣用手或慣用腳，例如寫字、投球或踢球等，其實，從人類大腦的功能偏側化 (functional lateralization) 角度看來，左手的運動本能反應較佔優勢，慣用右手者應該重視非慣用手的訓練，尤其以兩側遷移 (bilateral transfer) 的理論看來，練習某側肢體，將會對另一側產生遷移效應，那麼我們在學習動作技能時，是否能夠透過非慣用手的訓練來幫助慣用手的學習？在兩側俱利的運動項目上 (籃球、足球等) 應如何練習才能提升學習效率呢？本文先從大腦功能的偏側化、慣用手的形成、判別與其相關研究談起，再整理有關左右手動作技能表現的研究，最後，由兩側遷移的理論與相關研究出發，談及不同練習順序對運動學習的影響，冀望一系列的相關研究回顧，能夠提供體育教師或運動指導者在教學時能有不同的思維角度。

**關鍵詞：**功能偏側化、兩側遷移、慣用手

---

<sup>1</sup> 嚴雅婷，國立政治大學助理教授，yeny@nccu.edu.tw



## 壹、緒論

人類的大腦分為左右兩個腦半球並各司其職的觀念，已被廣為接受，由大腦功能偏側化 (functional lateralization) 及大腦交叉控制人類身體的理論，我們知道左半腦控制人體的右側且在語言性邏輯思考及推理的能力上較佔優勢，而右半腦則控制人體的左側並在非語言性的本能動作反應上較佔優勢，林德隆 (1997) 綜合許多文獻後認為，左手的運動本能反應理應優於右手，應加以重視與訓練，若以多數人為右手慣用者而推論之，理應重視非慣用手的訓練，在體育教學中卻往往注重慣用手的訓練，倘若是持拍類運動或投擲等動作倒是有理可循，但即使是需要兩側俱利的運動項目，如籃球或足球，為什麼也是如此呢？慣用手的形成因素並不單純，它受到環境、遺傳與社會文化等的影響 (Newman, 1928; Rife, 1940; Woo & Pearson, 1927)，加上慣用手的慣用程度會因作業項目的不同而改變，並非絕對性的 (Annett, 1972)，那麼我們在體育教學中，是否可以嘗試訓練非慣用手？身體兩側的學習成效能夠互相遷移？

## 貳、大腦的偏側化

人類大腦分為左右兩個半球的觀念，在神經心理學界已被廣泛的接受，大腦左右半球的功能雖有重疊，但各司其職，某些功能偏向左側半球，另一些則偏向右側半球，這種現象稱為大腦功能的偏側化或稱大腦功能的不對稱性 (asymmetry)，這個觀念最早是由 M. Dax (1836) 與 P. Broca (1861) 兩位神經學家提出 (梅錦榮, 1991)，他們發現左半腦的病變往往造成語言上的障礙，使患者的語言表達、理解、閱讀及書寫的能力受到損害，但右半腦的病變則否，以此推論語言的表達和理解主要是受左半腦支配，與右半腦較無相關。1960 年以

前，學者只重視支配語言功能的左半腦，直至 1960~1970 年代 O. L. Zangwill、H. Hecaen 和 B. Milner 等學者發現右半腦的空間知覺功能後（梅錦榮，1991），右半腦才逐漸受到重視，大腦偏側化的研究也從此有了較大的發展。根據神經生理學的理論，左右腦半球成交叉狀控制人體機能，且其特性已透過不同工作的動作表現證明，左腦半球支配身體的右側，並且在動作串聯、語言性邏輯思考及推理的能力較佔優勢；右腦半球則支配身體的左側，在處理觸覺和空間相關的辨認、非語言性的本能反應上較佔優勢（Kimura, 1973; Witelson, 1976）。下表 1 綜合反映了左右腦半球功能上的偏側傾向。

**表 1 腦功能的偏側傾向**

功 能	左半球	右半球
視 覺	字母、詞語	幾何圖形、臉部辨識
聽 覺	語音、語言材料	非語言、環境聲音、樂調
軀 體 覺	—————	觸覺辨識
動 作	複雜自主性動作	—————
記 憶	語文記憶	非語文記憶
語 言	語言、閱讀、書寫、計算	—————
空間知覺	—————	方向辨識

【本表修改自梅錦榮，1991】

林德隆（1997、2000）綜合許多文獻後推論，左腦司語言性邏輯思考之職，右腦則主宰著直覺性本能反應，就腦功能的分化來看，左手的運動本能反應，理應優於右手，應加以重視與訓練。但自古以來人類便有側化優勢的現象，若將手的慣用性亦列入考量的話，是否有所不同呢？

## 參、慣用手的形成、判定與轉換

側化優勢的研究已有相當久的歷史，如慣用的手、腳、眼、耳...等，但研究重心卻落在慣用手的議題上。由社會進化觀點提出的「劍與盾」理論 (Harman, 1905)，認為古代士兵為了保護心臟獲得生存機會，所以左手持盾右手持劍，又因持劍而產生更多的操弄技巧，最後形成了對所有操作活動的「習慣」。既然慣用手是由習慣養成，那孩子們都可能學會偏好使用任一隻手 (Jackson, 1905)。與其學會慣用任一隻手，在原始戰鬥中，能以左右手輪流快速投擲石頭的雙手靈巧者 (ambidextrous) 定要比單手投石者更為有利 (Woo & Pearson, 1927)，以戰略的角度而言，少數的慣用左手者，也能擁有特殊的優勢。隨著社會文化與科技的發展，探討人類慣用手形成的方向，也從早期原始社會中的環境利益因素轉而朝向先天遺傳 (Newman, 1928)、基因 (Rife, 1940) 或甚至學習與教育的失敗、先天缺陷 (inherent deficiency)、情感否定論 (emotional negativism) 等 (Blau, 1946)，綜而言之，慣用手並非單一因素致使，可能受環境、遺傳與社會文化等多重因子的影響。

既然影響層面眾多，那如何判定慣用手呢？早期以握力判定慣用手的方式引來了爭論 (Woo & Pearson, 1927)，1972年 Annett 統計兩千人的12項用手習慣後，證實手的慣用傾向百分比會因不同工作而異，就好像在台灣因文化習俗的影響，常見慣用左手者使用右手寫字一樣，因此，慣用手並非絕對性的，有人完全慣用左手或右手，但亦有人慣用雙手（左右開弓）。為了減少逐一檢測各種項目的不便性，以問卷判定慣用手的方式蔚為風氣，例如愛丁堡慣用手問卷 (Edinburgh Handedness Inventory, EHI; Oldfield, 1971) 係透過參與者自填不同工作項目，換算慣用百分比來描述慣用情形；Porac and Coren (1981) 篩選較具代

表性的「個別報告問卷」(如表 2)，亦驗證可與 Annett (1972) 的問卷得到相同的結果。

**表 2 側化偏好個別報告的問卷**

項目	問題
慣用手	1. 你用哪一隻手拿球擲準。
	2. 你用哪一隻手畫畫。
	3. 你用哪一隻手使用橡皮擦。
慣用腳	1. 你用哪一隻腳踢球。
	2. 你用哪一隻腳的腳指頭夾起小石子。
	3. 你用哪一隻腳起步爬樓梯。
慣用眼	1. 你用哪一隻眼睛由鑰匙孔中窺視。
	2. 你用哪一隻眼睛查看不透明瓶內的溶液量。
	3. 你用哪一隻眼睛射擊打靶。
慣用耳	1. 你用哪一邊耳朵隔牆傾聽對方的談話。
	2. 你用哪一邊耳朵靠近胸部傾聽心跳聲。
	3. 你用哪一邊耳朵放置收音機的耳機。

註：答案為「右邊」、「左邊」或「兩邊」。

「問卷調查」與「表現測量」是慣用手判定的兩種主要方式，Porac and Coren (1981) 認為兩種測量結果的代表性不同，但多數研究支持兩種方式具有極高的一致性 (Annett, 1985; Provins, Milner, & Kerr, 1982; Stephens, 2008)，而「寫字」與「投擲」的動作是極側化的技能，屬可信度較高的觀察與提問項目 (Provins, Milner, & Kerr, 1982)，較需力量的項目則屬不完全側化的技能。2008年Stephens 比較EHI與三項動作測驗 (Annett, 1992) 後發現，點準測驗 (dots) 與EHI有最高的相關性，也最容易分別慣用手。雖然點準與畫線 (lines) 同屬拿筆的測驗，但連續式的畫線在過程中會產生回饋，而放置木栓 (pegboard) 亦可在放置過程與

當下透過回饋來調整，反觀間斷式的點準測驗則無，所以瞄準類型的測驗（像槌敲釘子）更具有判別代表性。回歸至慣用手的成因與特性，由於慣用手的喜好會因項目的不同而改變 (Annett, 1972; Fagot & Vauclair, 1991)，因此絕不能以單一測驗項目或問卷方式獨斷，尤其是使用雙手且包括全身性的動作，例如棒球、高爾夫球與冰棍球的揮擊動作或輕艇C艇與龍舟的單邊划槳式動作，與慣用手的喜好更無強烈的關係。

事實上，慣用手是可能轉換的，Seth (1973) 紀錄五個月大嬰兒的抓取動作發現，原來是左手優勢的嬰兒約在九個月大的時候轉換成右手優勢，支持了兩側不對稱 (lateral asymmetry) 的發生是來自生物體的成熟，換言之，可能原本就是右手優勢的這些嬰兒，因生物體未成熟，大腦未完全分化，導致表現為左手優勢，因此轉換成右手優勢，其實是受遺傳的影響 (Annett, 1972)。Seth 更認為，右手的抓取動作表現，與其說是練習而來，不如說是來自左右手的兩側遷移 (bilateral transfer)。為了進一步了解年齡、生物體成熟（分化完全與否）與使用兩手的喜好情形三者之間的關係，Ramsay and Weber (1986) 從事不同年齡層嬰兒的三週觀察研究，結果發現 17-19 個月的嬰兒表現出完全分化的型態，用右手開門以左手移開小玩具；12-13 個月則表現出不完全分化的嘗試，會用雙手開門以右手移開小玩具，顯示分化的完全性與年齡有關且會影響習慣用手的表現，而習慣用手「向右轉換」的基因，女性比男性、單生 (singleborn) 比雙生 (twins) 更容易顯現 (Davis & Annett, 1994)。在一系列有關慣用手轉換 (switching hands) 的探討後，說明慣用手的起因應從生理學（神經的或基因的）的角度去追尋，然而世界各地左右慣用手的不同比例，主要肇因於文化上的差異，而不是人種或生物學上的差異 (Porac, Rees, & Buller, 1990)。換言之，雙手應可藉由學習獲得相同的動作技能。

## 肆、雙手的動作表現差異

後續研究證實學習（練習）可使慣用手及非慣用手獲得近乎相同的動作技巧，無論是左手未從事過單手腕部扭轉動作（wrist-twist task; Shapiro, 1978）或是較為精細的肌肉控制動作（Perelle, Ehrman, & Manowitz, 1981）。除了練習是促使行為改變的結果外，學者們也認為這些證據支撐了兩側遷移的觀點，亦相信個體在大部分非語言性的工作上（nonverbal task），雙手均能獲得相同的技能與成績表現。因此，雙手的可塑性相當高。

雖然，雙手透過學習能獲得相同的技能表現，但隨著工作的特殊性，有了不同的結論。在單手彎曲中指關節的動作中，無論慣用左手或右手者，左手的表現成績皆比右手佳（Kimura & Vanderwolf, 1970），而左手臂的主動定位（active positioning）準確性高於右手臂（Kurian, Sharma, & Santhakumari, 1989），研究者依此推論慣用手的神經機制（neural mechanism）並非在控制特殊精細肌肉收縮的能力，且右半腦的優勢可能與運動知覺（kinesthetic）和本體感受器（proprioceptor）的訊息傳遞有關。此外，在空間性工作（spatial task）與順序性工作（sequential task）的實驗中發現，若雙手單獨從事其中一種工作則表現無異，然而當兩種工作同時測試時，慣用手的成績表現較為優異（Berry, Hughes, & Jackson, 1980），因此推論慣用手側化的好處，是在複雜工作的表現上有其進化的優勢。一般而言，有關手部操弄的技巧，慣用手明顯優於非慣用手，但若進一步探討其他可能造成的影響因素，如年齡、性別或視覺訊息等，則無標準的定律。因此，人類在某些動作上，雙手的慣用與否並不是決定表現好壞的關鍵。

許多研究報告與統計資料都顯示，頂尖運動好手中，慣用左手者所佔的百分比有不尋常的高比例，雖然某些運動項目，如射擊、射箭運動，其慣用眼比



慣用手來的重要，而大部分奧運射擊選手也都具有慣用眼與手在身體同側的共通性 (Landers, 1980)，但有關探討雙手運動成績表現的研究卻仍集中在習慣用手上。1981 年 Porac 和 Coren 曾從事大規模調查，研究不同運動項目（拳擊、籃球、網球、羽球、足球、體操...等）的成績與身體側化（慣用手、腳、眼）的分析比較，發現不同側化情形在各種項目上具有不同優勢，例如慣用右眼者在保齡球項目的成績表現較佳；交叉型者（慣用右手與左眼、慣用左手與右眼）在籃球與體操的項目成績表現優於單邊型者，而單邊型則在網球、羽球與射擊的項目上有較佳表現...等。Porac 和 Coren 認為，雖然側化偏好的現象與大腦神經功能的分化有密切的關係，但側化偏好與運動感覺的表現對不同運動技能而言，是特殊性而非一般性的。如同頂尖運動選手中慣用左手者居多的不尋常現象，雖然可能是因為神經學的差異造成先天上的優勢，但一般性的解釋是慣用右手者不習慣面對慣用左手者（因為大多數人為慣用右手），所以必須改變平常的戰略技術，因此多數的研究結論也指出，保守解釋慣用左手者的優越表現，應非來自選手本身神經 (neurological) 上的優勢，而是該運動項目本身的特殊性。

## 伍、兩側遷移的發跡與、成因與練習的影響

### 一、兩側遷移的發跡與成因

在探討慣用手與雙手表現技能差異的相關研究中，研究者常提及手的動作技能表現，除了來自練習，亦可能來自兩側遷移 (Seth, 1973; Shapiro, 1978; Perelle, Ehrman, & Manowitz, 1981)。所謂兩側遷移，是指個體精通某側的特殊技能以後，就會使另一側的技能學習愈容易，這也稱為對側或交叉遷移。十九

世紀的生理學相關研究指出，訓練不同側的肌肉群，可以造成沒有訓練的手腳或肢體的肌力增加，Hellebrant 在 1962 年也發現相對的側肌群會隨著主要肌群的發展而發達，學者們爲了驗證在運動學習的情境中，也會發生兩側遷移的效果，因此有了一系列的相關研究，例如孩童兩手之間的輕拍能力 (Bryant, 1892)、雙手畫直線的能力 (Woodworth, 1899)、動作技能所涵蓋的速度與準確性 (Scripture, 1899) 等的實驗室工作，或者單手拋兩球的粗大型運動技能 (Swift, 1903)、輕拋球入杯的新技能 (Munn, 1932)，甚至精緻型的運動技能，例如手走迷宮、鏡子追蹤、操作機械和書寫技能等 (Cook, 1934; Baker, Wylie, & Gagne, 1950)，皆有兩側遷移的現象。無庸置疑的，運動技能的學習並非限定在某一特殊的肢體或身體部位。

根據桑代克的「相同元素論 (identical elements theory)」，任何的遷移，只要新舊學習的相同元素越多，遷移的效果越好，雖然用不同的身體肢段來做相同的動作，但是當動作者已了解技能成分（元素），擁有要“做什麼”的認知訊息時，便可加速學習。因此即使只有觀看示範，以右手握筆進行追蹤迴旋器的心象練習，仍可遷移至左手且表現與實際練習組無差異 (Kohl & Roender, 1980)，所以「認知」被視爲兩側遷移的本質。然而，從運動學習的基模理論 (Schema Theory, Schmidt, 1975) 看來，「類化性運動程式 (generalized motor program)」亦可解釋遷移的發生，例如用慣用與非慣用手學習鏡像寫字 (Latash, 1999) 或簽名 (Raibert, 1977)，雖然使用不同的肌肉群，但書寫字體的程式是相同的，所以可用來對從前未做過技能的肌肉群產生目標指引的動作，達到遷移的效果。若從更高的層次來看，那麼兩側遷移應源自大腦機制 (Woodworth & Scholsberg, 1971)，因大腦交互控制身體兩側，而左右腦半球透過胼胝體 (corpus callosum) 連結溝通，因此不僅是雙手之間，人體能夠使用各種不同作用器 (effector) 達成相同的工作目標，都是仰賴中樞神經系統 (Central Nervous System) 的作用

(Kelso & Zanone, 2002)。Davis (1942) 觀察肌電圖 (electromyography, EMG) 的活動就發現，當右手實施技能表現時，靜止休息的肢體也有肌肉活動的訊息，進一步測量後發現，對側肢體間的 EMG 活動量最大（兩手）；非對側肢體的活動量次小（同側的手臂與腿）；而對角肢體的 EMG 最小（例如右手與左腿），所以認為在實施運動技能過程中，個體會冥思運動技能的成分，產生兩側遷移的效果 (Hicks, Gualtier, & Schroeders, 1983)，而當某側肢體運動且另一側肢體閒置不用時，程式也會“溢出”到另一肢體上，此「程式的中樞溢出」(central overflow of programming) 也可能是形成兩側遷移的因素 (Hicks, Frank, & Kinsbourne, 1982)。

## 二、不同練習方式對兩側遷移的影響

無論是以哪一種觀點來解釋兩側遷移發生的原因，運動技能確實可以發生兩側遷移是不可置疑的事實，因此運動控制學者們轉而探究兩側遷移的方向。學者假設遷移的方向有兩種：一種是「對稱遷移」，即兩側相互的遷移效果是相同的；另一種是「不對稱遷移」，即認為由某側至另一側的遷移效果會更大。從理論而言，驗證假設有助深入了解或確認左右腦半球在運動控制中的角色，以深植理論基礎，例如慣用左手者的胼胝體較慣用右手者大，可能是造成遷移效果較佳的原因 (Driesen & Raz, 1995)；從實際的觀點來說，則有助於設計更有效的練習方式，來幫助兩側肢體達到最理想的技能表現。Dunham (1977) 以追縱迴轉盤實驗說明，先以慣用手練習至實驗標準再換手練習的「前後順序練習 (sequential order of practice)」效果優於雙手交替練習至實驗標準的「系列順序練習」，所以先使一側熟練的練習方式較有效，然而，若為對稱遷移，則孰先孰後便無差異，但若為不對稱遷移，則應找出哪一種前後順序可產生較大的遷移。

Ammons (1958) 對兩側遷移的文獻完成廣泛的探討後，預期從慣用手到非慣用手的練習可產生較大的遷移；而 Taylor and Heilman (1980) 及 Elliott (1985) 的手指敲打動作實驗則發現從非慣用手遷移至慣用手的效果更大，爲了避免不同慣用手造成的迷思，Kumar and Mandal (2005) 找來左手慣用與右手慣用者從事鏡像星型追蹤之學習，結果無論慣用左手或右手，由非慣用手遷移至慣用手的成效較佳，亦支持不對稱遷移的假設。

## 陸、結論與建議

右手畫圓，左手很難畫方，這是一個很簡單的例子，說明了左右手之間很強的關聯性，綜合以上文獻探討發現，儘管兩手的優勢因腦功能的偏側化而不同，但仍可能經由學習而習得相同的技能表現，加上某些運動項目戰略的特殊性，因此手的慣用程度並不能決定運動表現的好壞，尤其是需要兩側均利的運動項目（如籃球、足球、柔道等）。在此議題上，若從體育教學的角度，教學者應可運用兩側遷移的原則來設計練習的方式，林清和（1996）便提出幾個可以運用的例子，例如教導年輕籃球員熟練兩手的投籃和運球技巧；教導柔道和角力選手均能對兩側做出有效的進攻和防禦動作；教導足球選手、美式足球選手或橄欖球選手利用左右腳控球或踢球；教導棒球或壘球選手學會左右開弓...等。若從研究的觀點出發，雖然過去文獻證實前後順序的練習方式會使兩側遷移更快發生，但其順序卻存在爭議性，由文獻預測應該先練慣用手（Ammons, 1958）；但實驗卻指出，先練習非慣用手的遷移量較大（Elliott, 1985; Kumar & Mandal, 2005; Taylor & Heilman, 1980），然而以往的研究皆爲小肌肉的實驗室動作技能，是否真能運用於全身性運動或實際體育教學之中，不同運動項目特殊性的影響等等，皆存在進一步研究的可行性與潛力。

## 參考文獻

- 林清和 (1996)。《運動學習程式學》。臺北市：文史哲。
- 林德隆 (1997)。《側化動作練習對雙手左右擊球技能表現的影響》。未出版博士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 林德隆 (2000)。《運動心理學講義》。未出版，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 梅錦榮 (1991)。《神經心理學》。臺北市：桂冠。
- Ammons, R. B. (1958). Le mouvement. In G. H. Steward & J. P. Steward (Eds.), *Current psychological issues* (pp. 146-183). New York: Henry Holt & Co.
- Annett, M. (1972). The distribution of manual asymmetry. *British Journal of Psychology*, 63, 343-358.
- Annett, M. (1985). *Left, right, hand and brain: the right shift theory*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Annett, M. (1992). Five tests of hand skill. *Cortex*, 28, 583-600.
- Baker, K. E., Wylie, R. C., & Gagne, R. M. (1950). Transfer of training to a motor skill as a function of variation in rate of response. *Journal of Experimental Psychology*, 40, 721-732.
- Berry, G. A., Hughes, R. L., & Jackson, L. D. (1980). Sex and handedness in simple and integrated task performance. *Perceptual and Motor Skills*, 51, 807-812.
- Blau, A. (1946). *The master hand*. New York: American Orthopsychiatric Assn.
- Bryant, W. L. (1892). On the development of voluntary motor ability. *American Journal of Psychology*, 5, 125-204.
- Cook, T. W. (1934). Studies in cross-education. III. Kinesthetic learning of an irregular pattern. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 143-150.

- Davis, A., & Annett, M. (1994). Handedness as a function of twinning, age and sex. *Cortex, 30*, 105-111.
- Davis, R. C. (1942). The pattern of muscular action in simple voluntary movements. *Journal of Experimental Psychology, 31*, 437-466.
- Driesen, N. R., & Raz, N. (1995). The influence of sex, age, and handedness on corpus callosum morphology: A meta-analysis. *Psychobiology, 23*, 240-247.
- Dunham, P. J. (1977). Effect of practice order on the efficiency of bilateral skill acquisition. *Research Quarterly, 48*, 284-287.
- Elliott, D. (1985). Manual asymmetries in the performance of sequential movements by adolescents and adults with Down Syndrome. *American Journal of Mental Deficiency, 90*, 90-97.
- Fagot, J., & Vauclair, J. (1991). Laterality in nonhuman primates: A distinction between handedness and manual specialization. *Psychological Bulletin, 109*, 76-89.
- Grouios, G. (1992). The effect of mental practice on diving performance. *International Journal of Sport Psychology, 23*, 60-69.
- Harman, N. B. (1905). Ambidexterity. *British Medical Journal, 7*, 155-160.
- Hellebrant, F. A., & Waterland, J. C. (1962). Indirect learning: the influence of unimanual exercise on related groups of same and opposite side. *American Journal of Physical Medicine, 41*, 44-45.
- Hicks, R. E., Frank, J. M., & Kinsbourne, M. (1982). The locus of bimanual skill transfer. *Journal of General Psychology, 107*, 277-281.
- Hicks, R. E., Gualtieri, T. C., & Schroeder, S. R. (1983). Cognitive and motor components of bilateral transfer. *American Journal of Psychology, 96*, 223-228.

- Jackson, H. (1905). *Ambidexterity*. London: Kegan Paul.
- Kelso, J. A. S., & Zanone, P. G. (2002). Coordination dynamics of learning and transfer across different effector systems. *Journal of Experimental Psychology*, *28*, 776–797.
- Kimura, D. (1973). The asymmetry of the human brain. *Scientific American*, *228*, 70-80.
- Kimura, D., & Vanderwolf, C. H. (1970). The relation between hand preference and the performance of individual finger movements by left and right hands. *Brain*, *93*, 769-774.
- Kohl, R. M., & Roeneker, D. L. (1980). Bilateral transfer as function of mental imagery. *Journal of Motor Behavior*, *12*, 197-206.
- Kurian, G., Sharma, N. K., & Santhakumari, K. (1989). Left-arm dominance in active positioning. *Perceptual and Motor Skills*, *68*, 1312-1314.
- Landers, D. M. (1980). Moving competitive shooting into the scientist's lab. *American Rifleman*, *128*, 36-38.
- Latash, M. L. (1999). Mirror writing: Learning, transfer, and implications for internal inverse models. *Journal of Motor Behavior*, *31*, 107-115.
- Munn, N. L. (1932). Bilateral transfer of learning. *Journal of Experimental Psychology*, *15*, 343-353.
- Newman, H. H. (1928). Studies of human twins II: Asymmetry reversal of mirror imaging in identical twins. *Biological Bulletin*, *55*, 298-315.
- Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113.
- Perelle, I. B., Ehrman, L., & Manowitz, J. W. (1981). Human handedness: The

- influence of learning. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 967-977.
- Porac, C., & Coren, S. (1981). *Lateral Preferences and Human Behavior*. New York: Springer-Verlag.
- Provins, K. A., Milner, A. D., & Kerr, P. (1982). Asymmetry of manual preference and performance. *Perceptual and Motor Skills*, 54, 179-194.
- Stephens, R. K. (2008). The relationship between preference and performance measures of handedness. *The Plymouth Student Scientist*, 1, 63-94.
- Porac, C., Rees, L., & Buller, T. (1990). Switching hands: a place for left and use in a right hand world. In S. Coren (Ed.), *Left-handedness: behavioral implications and anomalies* (pp. 259-290). North-Holland: Elsevier Science.
- Raibert, M. H. (1977). *Motor control and learning by the state-space model* (Tech. Rep. No. AI-TR-439). Cambridge: Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- Rife, D. (1940). Handedness with special reference to twins. *Genetics*, 25, 178-186.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Scripture, E. W. (1899). Recent investigations at the Yale laboratory. *Psychol. Rev*, 6, 165.
- Seth, G. (1973). Eye-hand co-ordination and handedness: A developmental study of visuo-motor behaviour in infancy. *British Journal of Educational Psychology*, 43, 35-49.
- Shapiro, D. C. (1987). The learning of generalized motor programs. Ph.D. dissertation. In R. A. Schmidt, *Motor control and learning*, P.322 Champaign, IL: Human Kinetics.



- Swift, E. J. (1903). Studies in the psychology and physiology of learning. *Amer. J. Psychol.* 14, 201-51.
- Taylor, H. G., & Heilman, K. M. (1980). Left-hemisphere motor dominance in righthanders. *Cortex*, 16, 587-603.
- Witelson, S. F. (1976). Sex and the single hemisphere: Right hemisphere processing for spatial processing. *Science*, 193, 425-427.
- Woo, T. L., & Pearson, K. (1927). Dextrality and sinistrality. *Biometrika*, 19, 192-198.
- Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review*, 3, Suppl-2.
- Woodworth, R. S., & Schlosberg, H. (1971). *Experimental psychology*. Calcutta: Oxford Press & IBH.