

自發錯誤估計促進 自我控制回饋的動作學習效益

林尚武¹、卓俊伶¹、楊梓楣¹、陳重佑²、葉俊良³

¹國立臺灣師範大學體育學系、²國立臺灣體育大學（臺中）體育研究所

³新竹縣立湖口高中體育組

摘要

目的：探討自我控制回饋動作學習效益，是否來自學習者的自發錯誤估計。**方法：**實驗一將 24 名參加者（ 21.6 ± 2.5 歲）隨機分派至自我控制回饋錯誤估計組或自我控制回饋無錯誤估計組，實驗工作為自我配速線性直臂外移動作；在獲得期練習 80 次試作，錯誤估計組每次試作後，進行動作錯誤估計，24 小時後進行 22 次試作的延遲保留測驗。實驗二將 22 名參加者（ 22.5 ± 2.0 歲）隨機分派至非自我控制回饋錯誤估計組或非自我控制回饋無錯誤估計組。不同於實驗一的是，實驗二的參加者無法主動要求回饋。統計分析以獨立樣本 t 考驗，比較組間動作絕對誤差及變異誤差。**結果：**動作後要求進行錯誤估計，對實驗一自我控制回饋學習者動作學習並無影響，卻能提升實驗二非自我控制回饋學習者動作準確性學習效果（ $p < .05, d = 0.91$ ）。顯示額外錯誤估計在自我控制回饋學習中失去提升動作學習的效益，是因學習者在回饋要求前已產生自發錯誤估計。**結論：**自發錯誤估計是自我控制回饋益於動作學習的重要因素。

關鍵詞：自我控制回饋、自發錯誤估計、動作學習

壹、緒論

回饋能提供動作執行正確與否的相關訊息、提升學習者動機並且促進刺激與動作產生聯結，因此，在動作執行後給予適當的回饋，將有助於習得動作技能 (Schmidt & Lee, 2005)。過去有關不同回饋方式對動作技能表現與學習影響的研究設計，回饋的給予都是由實驗者所決定，學習者只能被動的接受回饋 (Schmidt & Lee)。近年來逐漸引起動作學習研究者關切的議題之一是在練習過程中，當回饋的獲得是由學習者自己決定時，是否比外在決定回饋的安排，有更好的學習效果？

Deci 與 Ryan (1985) 提出自我決定理論 (self-determination theory)，認為行為的動機受自我決定程度的影響，當個體知覺到行為過程中具高度的自我決定時，將產生內在動機導向的行為，此時行為並非受制於外在的要求，也不需要外在的獎賞，而是依興趣並尋求挑戰，期望在行為中產生自發的效能感。而行為的自我調整 (self-regulation) 亦引起教育心理學及社會心理學研究者的關注，Zimmerman (1989) 提出自我調整學習，認為一個自我調整的學習者具有充份的動機並能主動參與學習，為達成知識與技能獲得的學習目標，會在自我效能知覺的基礎上，利用不同的知識做判斷與決策，並且建立自我調整的學習策略。在自我調整的行為中，控制感及能力的知覺，會促使個體採用更具挑戰性的工作目標，而且為達成目標，學習者經過分析思考，同時在此過程中亦提升自我效能 (Bandura & Wood, 1989; Wood & Bandura, 1989)。而針對競技運動情境，Chen 與 Singer (1992) 認為具備自我調整的菁英運動員，能主動參與計劃、組織及自我監控訓練的過程，而自我調整是一種認知策略，需經過訓練才能發揮效用。可知，自我決定或自我調整不僅與個體行為動機有關，並且具備促進學習的效益。

Janelle, kim 與 singer (1995) 首次檢驗自我控制回饋的動作學習效應，發現當學習者可以決定何時獲得回饋時，會比接受實驗者的回饋安排，更有益於動作學習。Chiviacowsky 與 Wulf (2002) 認為，因為自我控制回饋的學習者能於需要時才提出回饋要求，因此較外在安排給予回饋的被動方式，更能符合學習者欲將動作與實際結果進行參照的需求。所以自我控制回饋除了可能具有提升學習動機的效果外，也可以使學習者主動嘗試不同的動作策略，並找出適宜的動作方式，以提升學習效果 (Wulf, Clauss, Shea, & Whitacre, 2001; Wulf & Toole, 1999)。

自我控制回饋方式有益於動作學習，而 Chiviacowsky 與 Wulf (2002) 更透過問卷調查方式，探究自我控制回饋學習者何時決定提出回饋要求，研究指出大部份學習者在知覺自己表現較佳時，才提出回饋要求，同時也指出在表現較不佳時，不會提出回饋的要求。而此研究與之後 Chiviacowsky 與 Wulf (2005) 的研究均發現，學習者提出回饋要求

前的那次表現確實相對較佳。因此，自我控制學習者回饋的要求並非隨意提出，而是存在一種要求回饋的策略，其目的是確認表現符合動作目標。對於自我控制回饋的學習者而言，重複正確動作可能較改正錯誤動作容易，所獲得的正面回饋訊息，有助於提升或維持動機，促使學習者更致力於產生正確的動作反應 (Chiviawsky & Wulf, 2002)。

自我控制回饋的學習者傾向於知覺及實際動作表現良好時，提出回饋的要求，此現象可能是學習者是在評估表現結果後才決定回饋要求。因此，爲了深入了解自我控制回饋有益動作學習的原因，是否因自我控制回饋學習方式提升動機？或是由於自我要求的回饋，能更符合學習者的需求，而促進學習？遂引發 Chiviawsky 與 Wulf (2005) 的探討。爲控制自我控制回饋學習效益的動機因素，該研究設計二組自我控制回饋組，一組學習者須於動作前決定是否要求回饋，而另一組學習者則於動作後才決定要求回饋。結果發現動作前即決定要求回饋的學習效果較差，顯示自我控制回饋學習的效益，並不單是因爲增加自我控制感提升了學習者的動機。Chiviawsky 與 Wulf 認爲動作前即決定要求回饋的學習者，其獲得的回饋並非依據動作表現評估所提出，而當學習者可於動作後決定何時接收回饋時，學習者可能對動作結果產生自發的錯誤估計 (spontaneous error estimation)，再視評估的結果要求回饋，而這可能即是自我控制回饋有益於動作學習的原因。

動作學習的閉鎖環理論 (closed-loop theory) (Adams, 1971) 指出個體在執行動作後，會將肢體所產生的內在感覺回饋，在記憶系統留下知覺痕跡 (perceptual trace)。隨著持續的練習，知覺痕跡不斷與外在正確反應回饋相比較進行動作評估，此過程使正確動作反應有關的知覺痕跡強度增加，當無外在回饋時，正確動作知覺痕跡可代之成爲代表正確動作的回饋，後續動作可與正確動作知覺痕跡相比較，因而形成錯誤偵查機制，即使在缺乏外在回饋時，仍可進行參照比較，而減少動作表現的誤差 (Schmidt & White, 1972)。此外，基模理論 (schema theory) (Schmidt, 1975) 中之確認基模 (recognition schema) 透過動作執行前的初始情形、動作要求結果、過去動作實際結果等不同訊息，對動作進行評估，並綜合過去動作執行的感覺結果，產生動作執行的預期感覺結果。而此預期感覺結果再與實際動作感覺結果相比較，就產生錯誤訊號的標記 (labeling)，此標記的錯誤訊號又稱爲主觀增強，當沒有外在回饋時，主觀增強扮演動作執行時重要的參照功能。所以，不論是閉鎖環理論或是基模理論，均強調錯誤估計在動作學習上的重要性，而錯誤估計能力的形成，必須能將動作執行後感覺的結果，與實際動作結果做有效的參照。就自我控制回饋的學習者而言，由於能決定何時獲取回饋，將使感覺結果與實際動作結果產生有效的聯結，因此可能利於自我控制回饋的學習者，發展自發錯誤估計內在歷程，使自我控制回饋學習有最佳的學習效益。

動作學習的回饋研究典範中，前後兩次試作與之間所獲得的結果獲知 (knowledge of results, KR)，可依時間關係區分為結果獲知延遲時間 (KR-delay interval) 與後結果獲知時間 (post-KR interval) (Schmidt & Lee, 2005)。在結果獲知延遲時間中從事不同的活動，依活動本質的差異可能產生促進或抑制動作學習效果，這是因為學習者在這段時間中，進行動作內在回饋的了解及建立錯誤偵察能力等學習，若有活動助益或干擾此過程，由於注意力容量的限制，將促進或抑制動作學習 (Magill, 1998)，過去相關的研究指出，在結果獲知延遲時間中要求學習者進行錯誤估計步驟，具有提升動作學習的效果 (Hogan & Yanowitz, 1978; Swinnen, 1990; Swinnen, Schmidt, Nicholson, & Shapiro, 1990)。然而，若自我控制回饋的學習效益，是因為自我控制學習者在回饋前會自發產生錯誤估計過程，並將此錯誤估計結果與要求的回饋加以比較，此時可推測即使在每次動作之後，額外要求自我控制回饋學習者進行錯誤估計，對於學習者的動作學習應沒有助益，因為外加的錯誤估計步驟，可能只是重複原本自發錯誤估計的效用而已。對於此一推測，將透過實驗一加以檢驗。

貳、實驗一

本實驗旨在檢驗動作後要求進行錯誤估計，是否有利於自我控制回饋學習者動作表現與學習？依據自我控制回饋學習者在動作後回饋前可能自發產生錯誤估計的推測，本研究的假說為：動作後要求自我控制回饋學習者進行動作表現錯誤估計，對空間性動作準確性、穩定性的表現與學習應沒有促進效益。

一、方法

(一) 實驗參加者

以 24 名自願參與的成人為實驗參加者 (男 = 12 人，女 = 12 人)，平均年齡 21.6 ± 2.5 歲，每位實驗參加者在實驗前簽署同意書，之後被隨機分派到自我控制回饋錯誤估計組或自我控制回饋無錯誤估計組，每組各 12 人。

(二) 實驗器材與工作

本實驗所使用的器材為線性移動儀 (Linear Movement Device, PLM-001, TAKEI)、眼罩、皮尺與碼錶。所採用的實驗工作是空間性移動的自我配速線性直臂外移動作，實驗參加者須站立並戴上眼罩，身體距離線性移動儀 30 公分，身體中心對準動作起始點，以非慣用手直臂外移動作移動線性移動儀滑塊，正確目標距離為 40 公分。

(三) 實驗程序

實驗參加者首先進行獲得期前的 3 次練習試作，所得數據進行不同組均質性考驗，實驗者並於第 3 次試作後提供結果獲知。休息 5 分鐘後，進入獲得期正式練習，共計 80 次試作，分成 3 個階段，第 1 階段試作 20 次，之後休息 5 分鐘，第 2 階段試作 40 次，之後休息 7 分鐘，第 3 階段再試作 20 次後即完成獲得期練習，試作間的休息間隔為 5 秒鐘。自我控制回饋錯誤估計組於每次試作後，由實驗者帶領回原點，再移動至正確目標距離一次，5 秒後以口語方式報告該次試作實際動作距離與正確目標距離的誤差值，若估計實際動作距離超過目標距離，在估算的誤差值前加上正號表示，反之則以負號表示，此口語估計結果由實驗者加以登錄。錯誤估計後此組參加者並決定是否提出回饋要求，當參加者提出要求時，實驗者立即給予 KR，若不提出回饋要求，5 秒後進行下一次試作。與自我控制回饋錯誤估計組不同的是，自我控制回饋無錯誤估計組於每一次試作後，均不進行錯誤估計，在試作後立即決定是否提出回饋要求。全部實驗參加者在獲得期每 10 次試作中，必須於錯誤估計後（自我控制回饋錯誤估計組）或動作後（自我控制回饋無錯誤估計組）要求實驗者提供 3 次 KR，而在何次試作提出 KR 要求，由實驗參加者自行決定。為避免實驗參加者忘記提出 3 次 KR 要求，在每 10 次試作前，實驗者均加以提醒，並於每次提供 KR 後，告知已要求的 KR 次數。獲得期練習 24 小時後進行保留測驗，共 22 次試作，均不提供 KR，前 2 次試作不列入成績計算，以避免後續初做表現降低的影響 (warm-up decrement) (Schmidt & Lee, 2005)。

(四) 資料處理與分析

本研究以每 10 次試作為一個區間 (block)，計取平均數。依變項一為動作準確性，以絕對誤差¹ (absolute error, 簡稱 AE) 公式，計算實際動作距離與目標距離的平均絕對差異。依變項二為動作穩定性，以變異誤差² (variable error, 簡稱 VE) 公式，計算實際動作距離與個人平均距離的差異 (Schmidt & Lee, 2005)。獲得期前的三次練習試作的絕對誤差，以獨立樣本 *t* 檢定進行均質性考驗。獲得期與保留測驗各依變項以獨立樣本 *t* 檢定，進行差異顯著性考驗，並透過 Levene 同質性檢驗 (Levene's test of homogeneity) 檢定變異數同質性，若變異數未同質則進行 *t* 值校正 (邱皓政, 2006)。統計顯著水準 $\alpha = .05$ 。並計算組間差異處理效果量³ (effect size, 以 *d* 符號表示) (Cohen, 1988)。

附註

$$^1 \text{ 絕對誤差 (AE) = } \sum |x_i - T| / n$$

式中， x_i 代表某次試作結果， T 為試作目標， n 為試作次數 (Schmidt & Lee, 2005)。

$$^2 \text{ 變異誤差 (VE) = } \sqrt{\sum (x_i - M)^2 / n}$$

式中， x_i 代表某次試作結果， M 為試作結果平均值， n 為試作次數 (Schmidt & Lee, 2005)。

$$^3 \text{ 處理效果量 (effect size) 以 } d \text{ 符號表示，其計算公式為： } d = |m_A - m_B| / \sigma$$

式中， m_A 與 m_B 是各組平均數， σ 是全體標準差。處理效果量判定準則為： $d = 0.2$ 為低度效果量， $d = 0.5$ 為中度效果量， $d = 0.8$ 為高度效果量 (Cohen, 1988)。

二、結果

(一) 均質性考驗

在獲得期前練習試作的 AE 值方面，自我控制回饋錯誤估計組 (4.88 ± 2.84 公分) 與自我控制回饋無錯誤估計組 (4.64 ± 2.56 公分) 兩組未達統計上顯著差異 ($t_{(22)} = 0.21$, $p > .05$)，顯示各組於實驗處理前，對於空間性移動動作起始能力均等。

(二) 絕對誤差 (AE)

獲得期 AE 值方面，自我控制回饋錯誤估計組 (1.52 ± 0.47 公分) 與自我控制回饋無錯誤估計組 (1.60 ± 0.42 公分) 兩組未達統計上顯著差異 ($t_{(22)} = -0.42$, $p > .05$, $d = 0.18$)。而在保留測驗中，自我控制回饋錯誤估計組 (2.06 ± 0.65 公分) 與自我控制回饋無錯誤估計組 (2.21 ± 0.83 公分) 兩組亦沒有顯著不同 ($t_{(22)} = -0.49$, $p > .05$, $d = 0.21$)。各組 AE 值的平均數曲線圖如圖 1 所示。

(三) 變異誤差 (VE)

代表動作穩定性的 VE 值方面，獲得期自我控制回饋錯誤估計組 (1.52 ± 0.26 公分) 與自我控制回饋無錯誤估計組 (1.44 ± 0.27 公分) 兩組無顯著差異 ($t_{(22)} = 0.74$, $p > .05$, $d = 0.31$)。在保留測驗中，Levene 同質性檢驗發現兩組變異數不同質 ($F_{(1, 22)} = 4.84$, $p < .05$)，經校正 t 值後顯示，自我控制回饋錯誤估計組 (1.36 ± 0.28 公分) 與自我控制回饋無錯誤估計組 (1.45 ± 0.45 公分) 兩組未達顯著差異 ($t_{(18, 118)} = -0.55$, $p > .05$, $d = 0.24$)。各組 VE 值的平均數曲線圖如圖 2 所示。

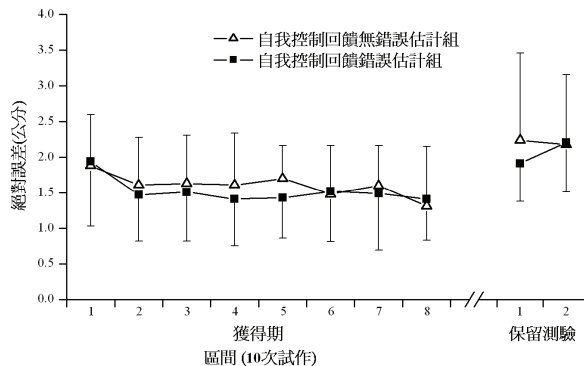


圖 1 動作準確性絕對誤差 (AE) 平均數曲線圖

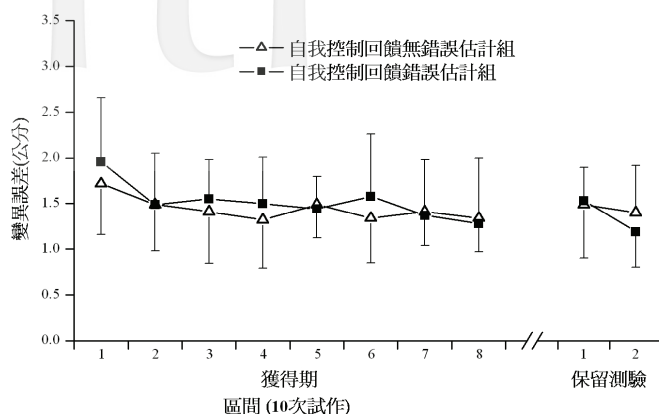


圖 2 動作穩定性變異誤差 (VE) 平均數曲線圖

三、討論

Chiviawsky 與 Wulf (2005) 的研究指出，自我控制回饋學習者於要求回饋前，可能自發進行動作錯誤估計過程，再立即將此評估結果與要求的回饋加以比較，而此機制，可能是自我控制回饋有益於動作學習的原因。因此，本實驗透過外加的錯誤估計操弄，觀察實驗參加者絕對誤差及變異誤差依變項，旨在了解有無錯誤估計過程，是否造成自我控制回饋學習者動作學習上的差異，並希望藉此研究結果，更進一步探討、解釋自我控制回饋有益於動作學習的原因。如果 Chiviawsky 與 Wulf 認為自發錯誤估計過程，是自我控制回饋有益於動作學習的觀點正確時，由於自我控制回饋的學習者會於要求回饋前，自發產生錯誤估計過程，因此額外要求自我控制回饋學習者於每次動作後進行錯誤估計步驟，將無法提升自我控制回饋學習者的學習效益。

從 AE 與 VE 依變項的實驗結果顯示，不論是在獲得期或是保留測驗，自我控制回饋錯誤估計組與自我控制回饋無錯誤估計組均沒有顯著差異的結果發現，在動作後被要求進行額外錯誤估計步驟，對於自我控制回饋學習者而言，並不具有促進動作表現與學習的效益，該發現支持了本實驗的假說。因此，自我控制回饋學習的效益，與自我控制回饋學習者動作後自發錯誤估計的內在歷程有關。

從 Guadagnoli 與 Kohl (2001) 有關錯誤估計與回饋頻率的研究中可發現，獲得期 100% 錯誤估計加上 100% 回饋的學習方式，由於每一次錯誤估計後，學習者都可以將估計結果與必定會出現的回饋做比較，使得錯誤估計與回饋間能夠有效的聯結，因此產生較佳的動作學習效果。若就此方向加以討論，由於自我控制回饋學習者能決定何時接受回饋，因而在可預期回饋出現的機制下，學習者在動作執行後將會自發產生動作表現

的評估，並將之與自我控制的回饋進行驗證，而這也正是 Chiviawsky 與 Wulf (2005) 認為自我控制回饋有益於動作學習的重要因素。

雖然實驗一的結果支持本研究的假說，與 Chiviawsky 與 Wulf (2005) 的觀點吻合，然而由於本研究所採用的工作，為較簡易的自我配速線性直臂外移動作，自我控制回饋錯誤估計組與無錯誤估計組，在動作表現與學習上沒有顯著不同的研究結果，尚有一種可能性，也許此研究的發現與自我控制回饋學習中，是否自發產生錯誤估計歷程並無關聯。意即在如此簡易的動作學習過程中，透過回饋的訊息即可使兩組產生天花板效應 (ceiling effect) (Schmidt & Lee, 2005)，如果此推測正確，此時即使實驗者於每次試作後，要求自我控制回饋學習者進行錯誤估計，顯然將無法進一步提升動作表現與學習，與過去錯誤估計能提升動作學習效果的研究 (Hogan & Yanowitz, 1978; Swinnen, 1990; Swinnen 等, 1990) 並不相同。因此，為了解決此可能影響實驗一結果解釋的問題，有必要進行實驗二，進一步釐清要求額外進行錯誤估計步驟，是否能在一般情境中（非自我控制回饋學習），有效提升本研究實驗工作的動作表現與學習效果。

參、實驗二

本實驗二旨在探討動作後要求進行錯誤估計，是否利於非自我控制回饋學習者在本研究工作的動作表現與學習？依據過去要求學習者進行額外錯誤估計，能提升動作學習效果的觀點，本研究的假說為：動作後要求進行動作表現錯誤估計，利於非自我控制回饋學習者空間性動作準確性、穩定性的表現與學習。

一、方法

(一) 實驗參加者

以 22 名自願參與的成人為實驗參加者（男 = 10 人，女 = 12 人），平均年齡 22.5 ± 2.0 歲，每位實驗參加者在實驗前簽署同意書，之後被隨機分派到非自我控制回饋錯誤估計組或非自我控制回饋無錯誤估計組，每組各 11 人。

(二) 實驗器材與工作

本實驗所採用的器材及工作與實驗一相同。

(三) 實驗程序

實驗程序與實驗一大致相同，不同的是每一位實驗參加者在獲得期每次錯誤估計後（非自我控制回饋錯誤估計組）或動作後（非自我控制回饋無錯誤估計組）無法主動要求回饋，只能被動接受回饋訊息。為使兩組回饋頻率與安排相同，本實驗將兩組參加者同時依序對應實驗一自我控制回饋無錯誤估計組的參加者，若自我控制回饋無錯誤估計

組參加者該次試作要求 KR，則立即給予本實驗參加者 KR。

(四) 資料處理與分析

依變項及分析處理方式與實驗一相同。

二、結果

(一) 均質性考驗

在獲得期前練習試作的 AE 值方面，非自我控制回饋錯誤估計組 (6.29 ± 2.89 公分) 與非自我控制回饋無錯誤估計組 (4.80 ± 3.71 公分) 兩組未達統計上顯著差異 ($t_{(20)} = 1.05, p > .05$)，顯示各組於實驗處理前，對於空間性移動動作起始能力均等。

(二) 絕對誤差 (AE)

獲得期 AE 值中，非自我控制回饋錯誤估計組 (1.75 ± 0.58 公分) 與非自我控制回饋無錯誤估計組 (1.86 ± 0.46 公分) 兩組未達顯著差異 ($t_{(20)} = -0.48, p > .05, d = 0.22$)；然而在保留測驗中，非自我控制回饋錯誤估計組 AE 值的平均數 (2.47 ± 1.24 公分) 顯著低於非自我控制回饋無錯誤估計組 (3.81 ± 1.41 公分) ($t_{(20)} = -2.37, p < .05, d = 0.91$)。兩組 AE 值的平均數曲線圖如圖 3 所示。

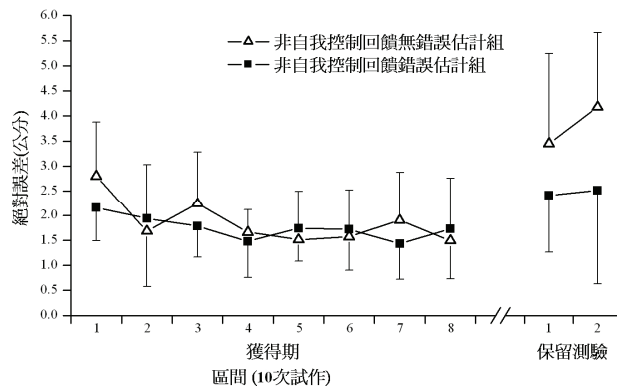


圖 3 動作準確性絕對誤差 (AE) 平均數曲線圖

(三) 變異誤差 (VE)

在獲得期 VE 值方面，非自我控制回饋錯誤估計組 (1.93 ± 0.59 公分) 與非自我控制回饋無錯誤估計組 (1.69 ± 0.33 公分) 並無顯著差異 ($t_{(20)} = 1.15, p > .05, d = 0.50$)。在保留測驗中，非自我控制回饋錯誤估計組 (1.47 ± 0.64 公分) 與非自我控制回饋無錯誤估計組 (1.82 ± 0.77 公分) 兩組亦沒有顯著不同 ($t_{(20)} = -1.13, p > .05, d = 0.49$)。兩組 VE 值的平均數曲線圖如圖 4 所示。

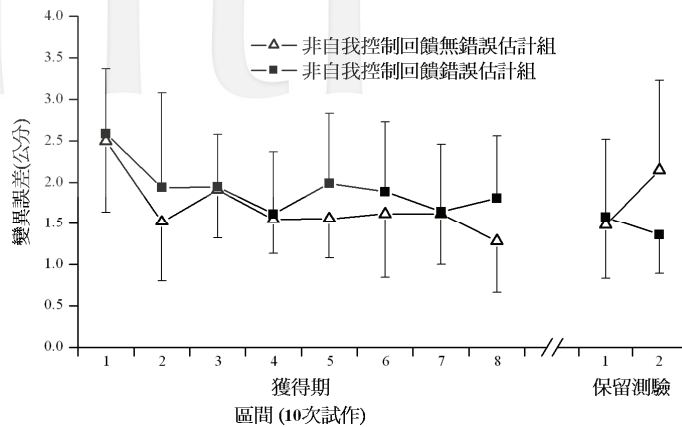


圖 4 動作穩定性變異誤差 (VE) 平均數曲線圖

三、討論

從本實驗的研究結果發現，就非自我控制回饋學習者而言，動作後有無進行錯誤估計過程，並無法提升獲得期動作準確性與穩定性的表現；然而值得注意的是，在 24 小時後的保留測驗中，非自我控制回饋錯誤估計組的學習者，其動作準確性顯著優於非自我控制回饋無錯誤估計組的學習者。Hogan 與 Yanowitz (1978) 的研究認為，當有外在回饋時，在動作結束後至回饋給予前這段時間，學習者進行動作結果的自我評估，並無法顯現出其利於動作表現的效益；然而當沒有外在回饋時，動作後的自我評估，卻能發揮維持動作表現的效果。本實驗二的非自我控制回饋學習者，在獲得期的動作表現並不因有無進行錯誤估計而不同，這可能是因為在獲得期中，尚有外在回饋的效果所致；然而在保留測驗沒有回饋訊息的情境時，獲得期練習所進行的錯誤估計步驟，即顯現出動作學習上的效益。此結果支持本實驗二的部份假說，雖然本研究所採用的自我配速線性直臂外移動作，為一相當簡單的間斷性工作，但在動作後回饋前，額外進行錯誤估計步驟，即使不具促進非自我控制回饋學習者動作穩定性的學習效益，但仍能有效提升動作準確性學習效果。對非自我控制回饋的學習者而言，由於回饋的出現並非是學習者根據動作表現評估後所產生，可能導致回饋前自發錯誤偵察機制效用的不足或缺乏，此時額外要求其進行錯誤估計步驟，加強其錯誤偵察機制，使主觀的知覺結果與客觀表現結果有更緊密的聯結，因而產生更佳的动作學習效果。

肆、綜合討論

自 Janelle 等 (1995) 首次發現自我控制回饋為一有效的動作學習方式後，自我控制回饋學習的效益已陸續被證實 (葉俊良、卓俊伶、林靜兒、陳重佑, 2007; Chiviawsky & Wulf, 2002; Wulf 等, 2001; Wulf & Toole, 1999)，然而對於其益於動作學習的原因，並未有直接明確的證據。本研究透過實驗一與實驗二旨在探討自發的錯誤估計，是否為自我控制回饋益於動作學習的因素。透過實驗二的結果發現，即使是本研究中簡單的線性直臂外移動作，動作後額外要求學習者進行錯誤估計，仍能有效提升動作學習。若將此結果，進一步與實驗一結果綜合分析則可推論，在採用相同動作的實驗一中，額外進行錯誤估計步驟，理應亦能扮演提升動作學習的功能，然而對實驗一的自我控制回饋學習者而言，不論是否於動作後進行錯誤估計，動作學習效果並無明顯不同。其原因即是自我控制回饋學習者在回饋要求前，已自發進行有效的錯誤估計內在歷程。對動作後進行錯誤估計步驟的自我控制回饋學習者而言，額外要求學習者進行錯誤估計步驟，可能取代或重複自我控制回饋學習中自發錯誤估計的效用。而對動作後沒有進行錯誤估計步驟的學習者而言，由於自我控制回饋學習的特性，使學習者能自發產生有效的錯誤估計機制，所以能夠與額外進行錯誤估計的自我控制回饋學習者有相同的動作學習效果。不過，本研究自我控制回饋錯誤估計組學習者，額外要求的錯誤估計步驟重複學習者動作後自發錯誤估計，其產生的相關影響有待未來研究進一步釐清，才能更確切支持本研究結果。

因此，在自我控制回饋學習中，由於回饋的提出是學習者根據動作評估而來，因此回饋將更能符合學習者的需求 (Chiviawsky & Wulf, 2002)。此外，本研究支持了 Chiviawsky 與 Wulf (2005) 的觀點，由於學習者能自己決定何時接受回饋訊息，將引發動作後有效的自發錯誤估計機制，並將此內在評估結果與要求的回饋加以比較，使學習者動作的知覺結果與實際動作結果間，產生有效的聯結，不僅可以知道動作結果，更可以評估先前自發錯誤估計的正確性。隨著此聯結的增加，從閉鎖環理論 (Adams, 1971) 觀之，將強化與正確動作反應的知覺痕跡；另就基模理論 (Schmidt, 1975) 而言，將提升主觀增強的效果，即使在缺少外在回饋時，仍有益於動作學習。在日常生活情境中，許多動作的執行並非都能獲得明確的外在回饋，回饋訊息的獲得常是來自於內在的評估，過去有關於動作學習回饋的操弄，均是由實驗者所決定，學習者只能被動接受回饋，不僅難以切合學習者的需求，也影響有效自發錯誤評估機制的產生，然而這樣的機制，正是自我控制回饋學習優於非自我控制回饋學習的重要因素。

引用文獻

- 邱皓政 (2006)。《量化研究法 (二)：統計原理與分析技術》。臺北市：雙葉。
- 葉俊良、卓俊伶、林靜兒、陳重佑 (2007)。自我控制回饋對動作表現、學習及錯誤估計的效應。《大專體育學刊》，9，23-35。
- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Bandura, A., & Wood, R. (1989). Effect of perceived controllability and performance standards on self-regulation of complex decision making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 805-814.
- Chen, D., & Singer, R. N. (1992). Self-regulation and cognitive strategies in sport participation. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 277-300.
- Chiviacowsky, S., & Wulf, G. (2002). Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 408-415.
- Chiviacowsky, S., & Wulf, G. (2005). Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 42-48.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Guadagnoli, M. A., & Kohl, R. M. (2001). Knowledge of results for motor learning: Relationship between error estimation and knowledge of results frequency. *Journal of Motor Behavior*, 33, 217-224.
- Hogan, J. C., & Yanowitz, B. A. (1978). The role of verbal estimates of movement error in ballistic skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 10, 133-138.
- Janelle, C. M., Kim, J., & Singer, R. N. (1995). Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 627-634.
- Magill, R. A. (1998). *Motor learning: Concepts and applications* (5th ed.). Singapore: McGraw-Hill.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: A behavior emphasis* (4th

- ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R. A., & White, J. L. (1972). Evidence for an error detection mechanism in motor skills: A test of Adams' closed-loop theory. *Journal of Motor Behavior*, 4, 143-153.
- Swinnen, S. P. (1990). Interpolated activities during the knowledge-of-results delay and post-knowledge-of-results interval: Effects on performance and learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 692-705.
- Swinnen, S. P., Schmidt, R. A., Nicholson, D. E., & Shapiro, D. C. (1990). Information feedback for skill acquisition: Instantaneous knowledge of results degrades learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 706-716.
- Wood, R., & Bandura, A. (1989). Impact of conceptions of ability on self-regulatory mechanisms and complex decision making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 407-415.
- Wulf, G., Clauss, A., Shea, C. H., & Whitacre, C. A. (2001). Benefits of self-control in dyad practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 299-303.
- Wulf, G., & Toole, T. (1999). Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 265-272.
- Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329-339.

投稿日期：97年04月

接受日期：98年01月

Spontaneous error estimation facilitating self-controlled feedback in motor learning

*Shang-Wu Lin¹, Hank Jwo¹, Chih-Mei Yang¹,
Chung-Yu Chen², and Chung-Liang Yeh³*

¹Department of Physical Education, National Taiwan Normal University,

*²Graduate School of Physical Education,
National Taiwan Sport University (Taichung),*

³Physical Education Section, Hsinchu County Hukou High School

Abstract

Purpose: This study examined whether the benefit of self-controlled feedback learning is induced by learner's spontaneous error estimation. **Method:** In the experiment I, 24 adult participants (21.6 ± 2.5 yrs.) were randomly assigned to (1) self-controlled feedback with error estimation group or (2) self-controlled feedback without error estimation group. Self-paced straight-arm outward movement was used as experimental task. The acquisition phase consisted of 80 trials. Participants in the self-controlled feedback with error estimation group had to estimate performance after each trial, and 22 trials were administered for delayed retention test (24 hours later). In the experiment II, 22 adult participants (22.5 ± 2.0 yrs.) were randomly assigned to yoked groups either with or without error estimation. The task and procedure were identical to the experiment I except that participants could not control the feedback schedule. Absolute error and variable error were adopted as dependent variables. Between-subjects design t-test was utilized for statistical analyses. **Results:** In experiment I, requesting self-controlled feedback participants to estimate their performance following each movement showed no advantage in motor learning. In experiment II, however, error estimations did facilitate motor learning of movement accuracy in yoked group ($p < .05$, $d = 0.91$). It was suggested that spontaneous error estimations took place prior to self-controlled feedbacks, which was the reason that augmented error estimations could not be beneficial to motor learning during practice. **Conclusion:** Spontaneous error estimation was the critical factor that self-controlled feedback facilitated motor learning.

Key words: self-controlled feedback, spontaneous error estimation, motor learning