

檢驗動作練習安排的效率因素：時間與次數

黃愷婕¹

摘要

練習安排的效能與效率是影響動作表現與學習的重要議題。多數研究僅強調練習安排的效能檢核，甚少考量動作練習安排的效率。有效率的學習即花費最少的時間、做最少的練習而獲得良好的結果；但在相同時間內的練習次數多寡或相同次數下花費的練習時間如何取捨是一個值得探究的效率問題。本研究旨在探討動作練習中，時間與次數安排的效率議題，檢驗點觸工作中，不同的練習次數與時間是否會影響練習效率與學習效能？30 名慣用右手之成年人（平均年齡 24.3 ± 0.9 歲），隨機分派至「90 次-24 分」、「45 次-12 分」與「45 次-24 分」三組，進行三段式 Z 字型點觸工作，完成全部動作的目標時間為 999 毫秒，記錄獲得期與 24 小時後保留測驗之絕對誤差值與每單位的進步率。依變項為代表準確性的絕對誤差值。經單因子變異數分析與 *t* 考驗檢驗之結果，發現 (1) 「45 次-24 分」組的保留測驗動作準確性顯著低於另外兩組 ($p > .05$)；(2) 獲得期之點觸工作的準確性在練習次數效率上有顯著差異 ($p < .05$)；(3) 獲得期之點觸工作在每一次練習試作的進步率上有顯著差異 ($p < .05$)；(4) 三組在保留測驗每一次試作與每一分鐘試作的進步率皆未達顯著差異 ($p > .05$)。本研究的結論為：在相同時間內，較少的練習次數無助於提升動作表現與學習的準確性效率以及每一次動作表現之準確性的進步幅度，但若延長學習時間，則有可能獲得間隔效應的學習成效。此外，在相同練習次數下，花費較短的時間無助於提升每一次動作表現與學習之準確性的進步幅度。

關鍵詞：花費、效率、進步率

¹黃愷婕，國立台灣師範大學體育學系，mermaidsleg@hotmail.com

壹、緒論

一、研究背景與動機

動作的技能表現或學習與人類的的生活息息相關，小從簡單的動作行為表現，如幼兒伸手抓取物體，大至個體學習一項新的動作技能，如初次嘗試騎腳踏車。而評估動作表現與學習的方式能幫助個體了解自身學習的成效，其中，效率 (efficiency) 便是評估表現與學習的重要機制。Welford (1976) 認為「技能」不僅跟學習 (learning) 有關，更包含了效率與表現之正確性 (accuracy of performance) 的概念。

運動科學領域在動作技能學習方面的研究，力學與心理學有許多檢驗「效率」與技能進步之準則的議題；生物力學、生理學及工程心理學的研究顯示：理想的表現是能精熟相關物理學上的效率 (Sparrow, 1983)，如 Whipp 與 Wasserman (1969) 依「生理效率」的觀點，說明在訓練或外在情境下，「動作效率」會與表現某項工作時的工作輸出有關連，且每單位消耗的能量會影響工作的執行率。在動作技能學習領域部分，Newell 與 Walter (1981) 透過運動學參數來檢驗回饋過程中，動作力量的變化與動作趨近目標的情形，以及 Higgins (1972) 探討動作進步的過程，皆與學習的效率有關。Sparrow (1983) 認為新手學習一項新技能的過程中，會隨著練習使工作表現越來越精準，接近理想的物理學參數，故學習可視為將四肢的動作逐漸精確至理想的生物力學範圍內，此「理想」被定義為一種「使所有的工作最簡化，來達成工作目標的動作模式」；Willingham (1998) 說明動作學習是動作控制的獲得，當動作學習經過策略、知覺動作整合、動作排序與動態階段，動作控制會逐漸轉為特殊的工作，使動作運作更有效率。

過去動作學習的相關研究很少探討「學習的效率」或「如何提升學習的進

步幅度」等議題，往往僅針對研究結果的數據做出解釋，缺乏如何「改善」或「提升」表現及學習效果觀點。學習新的事物有如面對新的挑戰，以學習者的觀點，會期望表現好還要更好，此信念促使學者們重視提升表現者學習效率的議題，故練習安排的效率問題，實具深入探討的價值。

效率具有「節省」與「正向」的概念，Shea, Wulf 和 Whitacre (1999) 認為最理想的訓練情境策略是兼具效果性 (effective) 與有效性 (efficient)。意即，花費最少的資源，獲得最大的訓練效益。此種概念應用於時間或練習次數上，能減少對時間與精力資產投資的「浪費」，也就是利用最少時間和勞力獲得較多的成果。Mentzer 和 Konrad (1991) 認為效率是指達成計畫目標所需資源之成本的測量，亦即資源消耗（利用）對資源獲得（獲利）的比率，通常被用來測量「花費了多少的資源」，亦可用投入 (input) 與產出 (output) 間的比率或每單位的成本來表示。

過去有兩個實驗針對動作練習時間安排上的效能與效率問題提出省思，首先是 Ammons (1950) 曾針對分散練習進行追蹤工作的相關研究，發現先前休息時間較長的分散練習組已經習慣在有休息時間的情境下練習，因此無法在無休息的遷移測驗中獲得好成績，但此種變化只是臨時性的狀態；而密集練習相較於分散練習，無法獲得良好的動作表現與學習效果。之後 Baddeley 與 Longman (1978) 針對信件分類工作的實驗，結果發現最密集訓練的組別在獲得期與保留測驗的成績最差，而休息時間最長的分散練習組在獲得期擁有最佳的表現，但保留測驗中的成績卻有退步的情形，其結果類似 Ammons (1950) 的研究。而早期有關密集與分散練習的實驗也大都得出一個結論：密集且恆常的練習在獲得期練習階段，相較於休息時間較長的組別，無法獲得良好的動作的表現 (Schmidt & Lee, 2005)。此兩項實驗結果顯示休息與間隔時間對短期動作表現及長期學習效果皆有影響，且練習安排的效率高及對動作表現的影響可能會受到外在情

境、工作形式或工作複雜度的高低而有所不同。之後 Lee 與 Wishart (2005) 針對此兩項研究提出對密集與分散練習效果的質疑，認為在 Ammons (1950) 的研究中，以練習次數對照每一時期所花費的總練習時間，密集練習組在較短休息時間中的表現反而是有效率的，若不考慮疲勞問題而讓密集練習組繼續延續練習，將有可能得到良好的學習效果。而針對 Baddeley 與 Longman (1978) 的研究，他們也提出效能與效率的問題，以訓練的效能達到某標準所需花費的時間來看，密集練習組是最有效率與效能的組別。練習的目的是為了讓參與者記住練習當下的情況，使後續能夠持續練習，最後獲得有效的學習成果，為達到事半功倍之成效，可嘗試先從排除多餘外在變項的簡單工作著手進行實驗。本文透過簡單工作的設計，控制工作的時間與練習次數，來檢驗練習的時間與次數是否為影響工作效率的因子，並嘗試得出適當的練習時間與練習次數。

練習安排 (practice scheduling) 效率應考量的資產有時間、次數、情境與動機 (驅力) 四個部分 (Schmidt & Lee, 2005)。練習次數 (trials) 是教導概念與操作時適用的依變項，指學生欲達預定的標準所需的練習次數 (或反應機會)。行為分析學家可運用練習次數的資料獲得「學習心向」(Learning set) 的標準，也就是經過概念實例的練習後，只需較少的練習次數就能達到預定的標準，可以說學生已獲得類化的動作模式 (Tawney & Gast, 1994)。任何練習在達成一次試作之後會增加學習者對所進行工作的熟悉度，若進行較多次的練習，有可能導致學習者產生過度學習 (over learning) 的現象。此外，若想瞭解行為發生的時間有多長，持續時間 (duration) 是很好的依變項選擇。假使能夠操弄整個練習過程的時間，也就是「總持續時間」，再比照練習的表現，應可評估此項練習的效率。學者若想針對學習一項新技能所需花費的時間做研究，必須找出科學的方法來統計，嘗試檢驗在相同時間內的練習次數多寡，或相同次數下所花費的練習時間長短，此兩種不同練習安排的方式對動作學習所產生的效率值差異為

何？經由以上各學者的論點指出，有效率的學習代表花費最少的時間、做最少的練習即可獲得良好的結果。故本研究採用時間與次數做為效率考量的因素，針對練習安排效率的議題提出以下研究問題：

- 一、在相同時間內，較少的練習次數是否有助於提升「每一次動作表現與學習之準確性的進步幅度」以及「動作表現與學習之準確性的效率」？
 - 二、在相同練習次數下，花費較短的時間是否有助於提升「每一次動作表現與學習之準確性的進步幅度」以及「動作表現與學習之準確性的效率」？
- 後續若能從效率值與進步率的差異來決定如何分配時間與次數資產，將有助於「學習投資」的資產配置，達到事半功倍之成效。

貳、方 法

一、實驗參與者

本研究招募 30 名（男、女各 15 人）自願參加並慣用右手之成年人（平均年齡 24.3 ± 0.9 歲）為實驗參與者，皆無感官與肢體失能，具獨立活動能力，將其隨機分派至「90 次-24 分」、「45 次-12 分」和「45 次-24 分」三組，每組男、女各五人。參與者於實驗前皆簽署「參與者須知及同意書」。

二、實驗儀器與軟體

本研究所使用的實驗儀器主要有筆記型電腦（廠牌：MSI，型號：VR420）、外接式鍵盤（廠牌：Logitech，型號：Y-BP62a）與滑鼠、可調整高度的椅子及附帶橡皮擦之鉛筆各一，實驗軟體為「Z 字型多樣練習情境之電腦程式」。

三、實驗場地佈置

實驗參與者面對電腦螢幕，右手反執一支附帶橡皮擦之鉛筆。預備動作時，將鉛筆末端之橡皮擦置於鍵盤左側 1 號數字鍵上。「Z 字型」點觸工作之硬體操

作設備由一般桌上型電腦的鍵盤設計而成，將鍵盤左側四個按鍵（1、4、Z、V）分別用黃色標籤紙標示出 1、2、3 與 4 之執行動作的按鍵順序（如圖 1），實驗場地情境如圖 2。

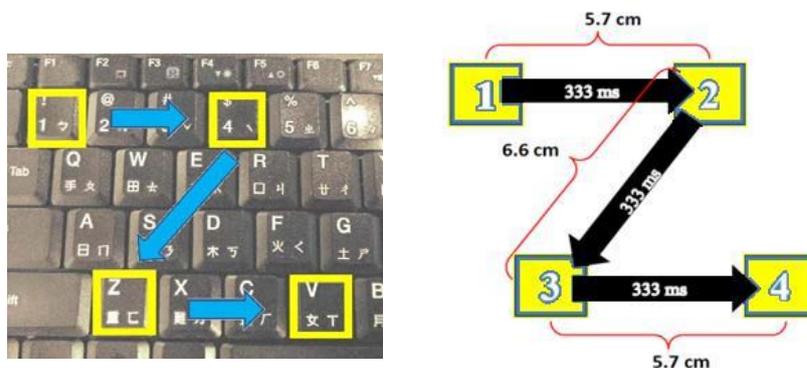


圖 1 獲得期與保留測驗之「Z 字型」點觸工作圖



圖 2 實驗場地情境圖

四、工作要求與實驗程序

（一）工作要求

本研究利用電腦鍵盤的四個按鍵（1、4、Z、V）構成三段式 Z 字型，進行 Z 字型三段時間之相對時宜（1：1：1）比例相同的點觸動作練習。Z 字型所需的三段動作相對時宜分別為（333：333：333）（如圖 1）。相對時宜的動作設計符合基模理論中不變的特徵（invariant feature），故此一工作是屬於同一類化動作程式所控制（Schmidt, 1975）。試作次數的安排由「45 次-24 分」和「90 次-24 分」兩組進行比較。依據林靜兒（2007）「試作次數的考驗」中，檢驗試作次數與動

作時間、目標時間的誤差值之簡單回歸分析，顯示 90 次試作次數達到足夠的練習量，故訂定 90 次為最高練習次數量，並配合次數效率的檢驗，訂 45 次為較低的練習次數量。試作時間則透過「45 次-12 分」和「45 次-24 分」兩組進行比較。本研究為方便時間計算，將完成三段 Z 字型點觸的試作時間設計為接近 1 秒鐘的 999 毫秒（其後的試作時間敘述皆以 1 秒鐘計算）。「45 次-12 分」組完成一次試作之總時間（動作 1 秒+回饋 10 秒+預備 5 秒）共 16 秒，完成 45 次試作共花費（16 秒×45 次試作=720 秒=12 分鐘）12 分鐘。為方便組間的比較，將「45 次-24 分」組的每一次試作之總時間設計為另外兩組的兩倍，亦即「45 次-24 分」組完成一次試作之總時間（動作 1 秒+回饋 10 秒+預備 21 秒）共 32 秒，完成 45 次試作共花費（32 秒×45 次試作=1440 秒=24 分鐘）24 分鐘。故訂定 12 分鐘為最少練習時間量，並配合時間效率的檢驗，訂 24 分鐘為最多的試作時間量。

三組的練習時間與試作次數如表 1 所示，每試作 15 次後，休息三分鐘。實驗者在獲得期階段，除了透過口述（太快或太慢）提供實驗參與者結果獲知（knowledge of results，簡稱 KR）之外，並請實驗參與者觀看電腦螢幕上提供的動作結果數據，來判斷下一次動作應如何修正（快或慢），以評估參與者知覺判斷的正確性，獲得期每組試作的時間與次數如表 1 所示。

表 1 獲得期每組的試作時間與次數

組別	一次試作總時間	動作總時間 (不含休息時間)	次數
90 次-24 分	1 秒(動作)+10 秒(回饋)+5 秒(預備)=16 秒	16 秒×90 次=1440 秒=24 分	90 次
45 次-12 分	1 秒(動作)+10 秒(回饋)+5 秒(預備)=16 秒	16 秒×45 次=720 秒=12 分	45 次
45 次-24 分	1 秒(動作)+10 秒(回饋)+21 秒(預備)=32 秒	32 秒×45 次=1440 秒=24 分	45 次

(二) 實驗程序

參與者簽署「參與者需知及同意書」後，被隨機分派至「90次-24分」組、「45次-12分」組及「45次-24分」組。先進行N字型點觸工作之均質性考驗。其後進行獲得期Z字型點觸實驗，各組每試做15次後，休息3分鐘。保留測驗在獲得期後的24小時進行共17次，其中，為避免初作表現降低效應，前兩次為試做練習不列入保留期的成績計算。保留測驗三組皆不提供動作結果的獲知，且預備時間皆為5秒，因此保留測驗一次試作總時間為：1秒(動作)+5秒(預備)=6秒，總動作時間為：6秒×15次=90秒。

五、資料處理與分析

本實驗採用絕對誤差 (absolute error, 簡稱 AE) 計算獲得期與保留測驗完成實際動作時間與目標動作時間的平均絕對偏差，測量動作表現的準確性。公式如下：

$$\text{絕對誤差} = \sum_{i=1}^n |x_i - T|/n$$

x_i 為實際完成動作所需的時間，單位為毫秒； T 為目標時間，單位為毫秒； n 為試作次數

透過獨立樣本單因子變異數分析，檢驗三組在獲得期與保留測驗中的練習與學習效果。其次，為檢驗獲得期階段練習次數與練習時間差異的效率，透過 *t*-test，比較相同時間內進行不同練習次數的「90次-24分」組與「45次-24分」組和相同練習次數但不同練習時間的「45次-12分」組與「45次-24分」組的 AE 值，進而推斷出兩組在練習次數與時間效率上的差異。

最後，經由 Singer 的「獲得分數」(gain score)，分別算出獲得期與保留測驗三組共 30 人的進步率百分比（為避免參與者因個別工作適應問題，使初期試作表現落差過大，故扣除頭兩次試作的成績，以頭、尾各五次試作的加總分數來算），公式如下：

$$\frac{(\text{最後五次試作的AE值加總}) - (\text{最初五次試作的AE值加總})}{(\text{最後五次試作的AE值加總})} \times 100\%$$

以獲得期次數進步率為例，先算出「90次-24分」與「45次-24分」組各十位參與者的進步率，兩組進步率百分比再分別除以90次與45次，得到每組十位參與者的「次數進步率」，也就是每一次試作的進步幅度為多少。再以 *t*-test 分析，檢驗「90次-24分」組與「45次-24分」組在次數進步率上的差異，進而觀察兩組每一次試作進步幅度的高低。時間進步率方面，亦先算出「45次-12分」組與「45次-24分」組的進步率後，再分別將之除以12分鐘與24分鐘，得到每組十位參與者的「時間進步率」，也就是每一分鐘的進步幅度為多少。將兩組的「時間進步率」用 *t*-test 分析，檢驗「45次-12分」組與「45次-24分」組在時間進步率上的差異，透過每一分鐘練習進步的幅度來判斷練習時間上的效率。

至於保留測驗的進步率檢驗，則因三組的試作次數與試作時間皆一致，故採用獨立樣本單因子變異數分析，檢驗三組在保留測驗中每一單位的進步率高低，亦即檢驗三組每一次試作及每一分鐘進步的幅度多寡。事後比較採 LSD 法，統計顯著水準 α 皆定為.05。

參、結 果

一、均質性考驗

經由獨立樣本單因子變異數分析發現，三組組別， $F(2, 41) = 0.248, p > .05, \eta^2 = .01$ ，在點觸工作的絕對誤差 (AE) 值未達顯著差異，顯示各組執行點觸工作的行為起始能力沒有差異。

二、獲得期與保留測驗之準確性的變化

透過獨立樣本單因子變異數分析，檢驗三組在獲得期中準確性的變化，發

現點觸工作在獲得期的動作表現未達顯著差異，組別， $F(2, 41) = 11.515, p > .05, \eta^2 = 0.37$ 。

而保留測驗亦透過單因子變異數分析發現，組別， $F(2, 17) = 4.09, p < .05, \eta^2 = 0.35$ ，在保留測驗動作準確性達統計的顯著差異。處理效果量方面，組間值達 $0.35, > 0.14$ ，ES 值屬於高的處理效果。經由 LSD 法進行事後比較發現，「90 次-24 分」組 ($M=107.43$) 顯著優於「45 次-24 分」組 ($M=188.33$)；「45 次-12 分」組 ($M=98.71$) 顯著優於「45 次-24 分」組。獲得期與保留測驗中三組準確性的變化，如圖 3 所示。

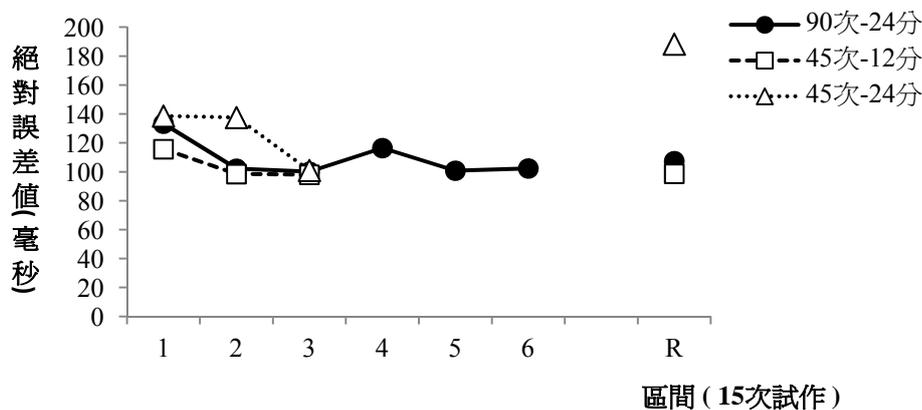


圖 3 三組準確性的變化

註：區間 1-6 為獲得期，R 為保留測驗

三、獲得期練習次數與時間準確性的效率

由圖 4、圖 5 發現，在獲得期練習階段中，點觸工作之練習效率的準確性在總練習次數上有顯著差異 ($p < .05$)，且「90 次-24 分」組 ($M=109.21$) 在次數準確性上比「45 次-24 分」組 ($M=123.15$) 有更佳的表现；點觸工作之練習效率的準確性在總練習時間上則無顯著差異 ($p > .05$)。

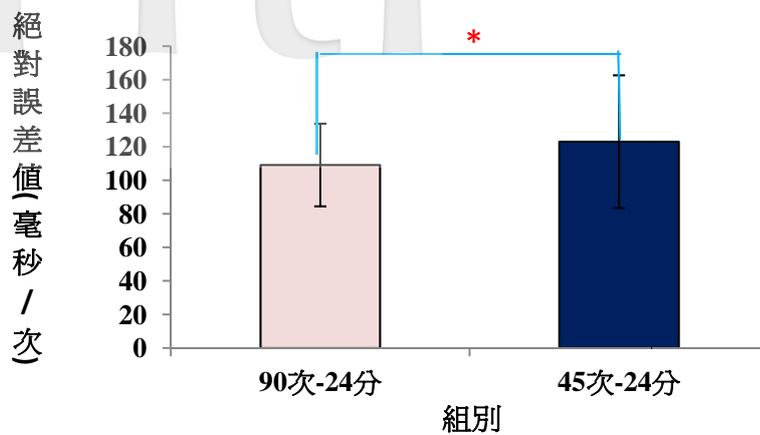


圖 4 獲得期次數準確性的效率

註：縱座標單位為「絕對誤差值（毫秒）/次數」

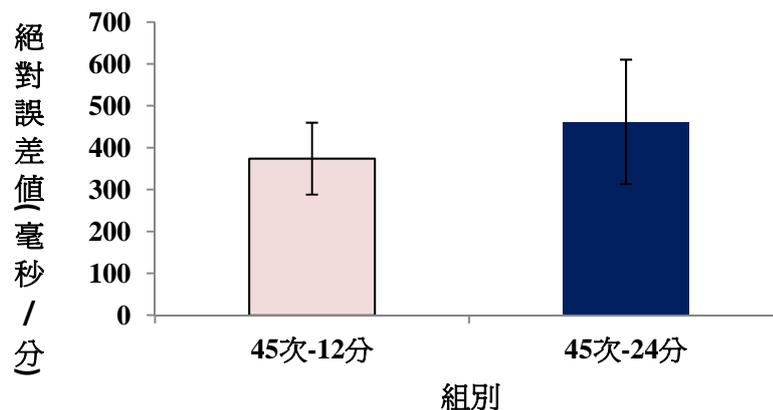


圖 5 獲得期時間準確性的效率

註：縱座標單位為「絕對誤差值（毫秒）/時間（分）」

四、獲得期與保留測驗每一單位的進步率

由圖 6、圖 7 發現，以獲得期練習試做過程中每一次練習的進步率來看，「45 次-24 分」組與「90 次-24 分」組在點觸工作之每一次練習試作的進步率上有顯著差異 ($p < .05$)，且在相同時間內，「45 次-24 分」組 ($M=0.87$) 每一次練習試作的進步幅度大於「90 次-24 分」組 ($M=0.35$)；以練習試做過程中每一分鐘練

習的進步率來看，「45次-12分」與「45次-24分」組在點觸工作每一分鐘試做的進步率上沒有顯著差異 ($p > .05$)。

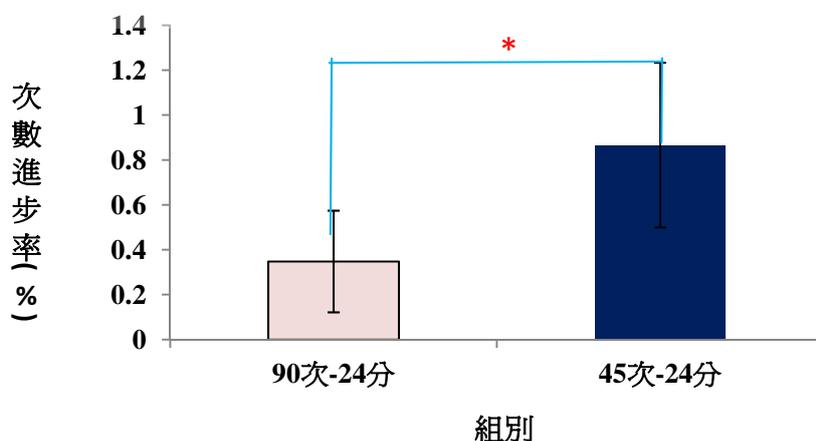


圖 6 獲得期每一次試作的進步率

註：縱座標單位為「進步率 (%) / 次數」

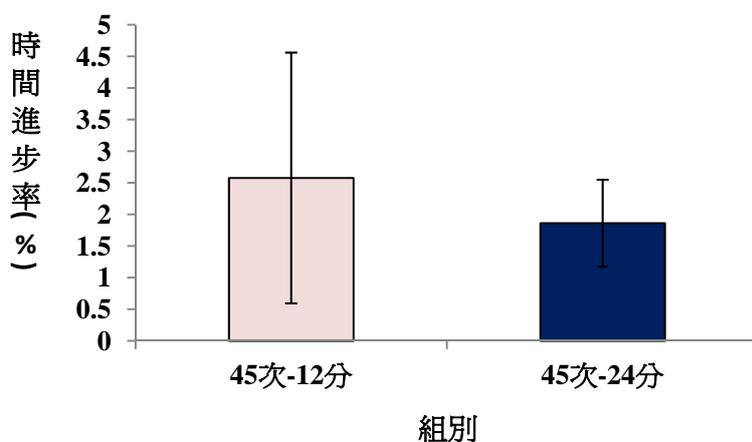


圖 7 獲得期每一分鐘試作的進步率

註：縱座標單位為「進步率 (%) / 時間 (分)」

保留測驗中，三組進行的練習次數與時間皆相同，其每一次試作進步率透過單因子變異數分析發現，組別， $F(2, 17) = 0.37, p > .05, \eta^2 = 0.5$ ，在保留測驗動作準確性沒顯著差異，亦即學習階段每一次試作的進步率未達顯著差異。而每一分鐘試作進步率亦透過單因子變異數分析發現，組別， $F(2, 17) = 0.47, p > .05, \eta^2 = 50$ ，在保留測驗動作準確性沒顯著差異，亦即學習階段每一分鐘的進

步率未達顯著差異。三組在保留測驗的次數與時間進步率如圖 8、圖 9 所示。

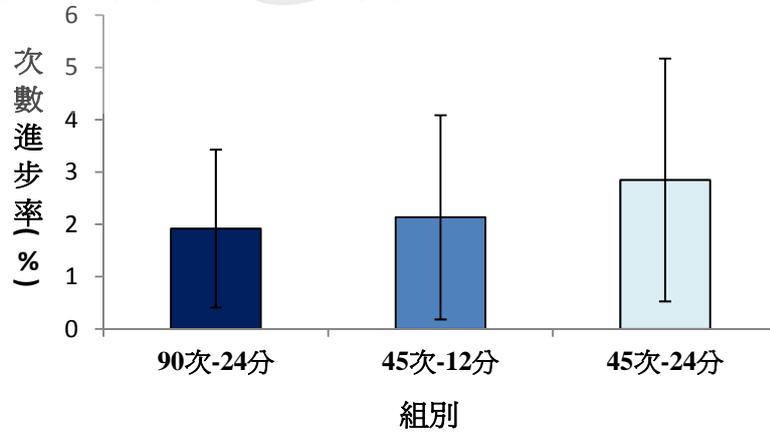


圖 8 保留測驗每一次試作的進步率

註：縱座標單位為「進步率 (%) / 次數」

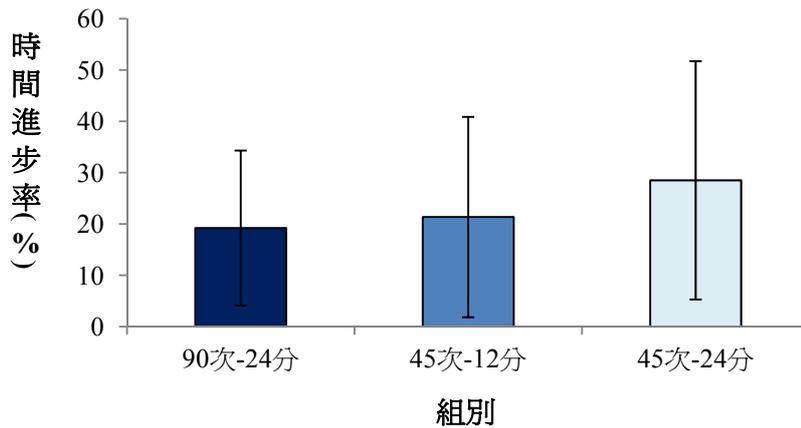


圖 9 保留測驗每一分鐘試作的進步率

註：縱座標單位為「進步率 (%) / 時間 (分)」

綜合以上研究，本實驗得到以下四個結果：

1. 「45 次-24 分」組的保留測驗動作準確性顯著低於另外兩組 ($p < .05$)。
2. 獲得期之點觸工作的準確性在練習次數效率上有顯著差異 ($p < .05$)，但在練習時間效率上則無顯著差異 ($p > .05$)。
3. 獲得期之點觸工作在每一次練習試作的進步率上有顯著差異 ($p < .05$)，但在每一分鐘試做的進步率上則沒有顯著差異 ($p > .05$)。

4. 三組在保留測驗每一次試作與每一分鐘試作的進步率皆未達顯著差異 ($p > .05$)。

肆、討論與建議

一、討論

三組在獲得期整體的表現沒有顯著差異，但可單就獲得期與保留測驗的練習次數效率與練習時間效率來探討。

(一) 獲得期的練習次數效率與進步率

在獲得期次數效率的探討部分，本研究為檢驗練習次數的差異對動作學習效率的影響，因此設計相同練習時間但不同練習次數的「90 次-24 分」與「45 次-24 分」兩組進行次數效率的比較。為使兩組的練習次數有多寡之分，因此讓「90 次-24 分」組的練習比另一組多一倍的試作次數，且為配合此實驗的時間設計，故讓「45 次-24 分」組的每一次試作比另一組多一倍的時間（增加每一次試作的預備時間為 21 秒）。

透過「90 次-24 分」組與「45 次-24 分」組的 AE 值比較來檢視練習次數的效率，發現「90 次-24 分」組的表現顯著優於「45 次-24 分」組（如圖 4），顯示在練習時間相同且每次皆提供回饋的情況下，大量、密集的練習能提升當下的動作表現。反觀類似分散練習的「45 次-24 分」組，其參與者在較長的間隔時間（可視為本研究中的預備時間）中無法有效掌控動作的技巧，甚至對動作產生遺忘，因此無法獲得良好的動作表現。此結果與過去探討恆常工作在密集與分散練習的研究結果稍有不同，但因過去研究設計的密集練習組在獲得期並無每一次動作皆提供結果獲知，如 Ammons (1950)，加上因無休息產生的疲勞，因此相較於分散練習組在獲得期的表現，密集練習組反而沒有明顯進步的情形。單就獲得期的練習次數表現而言，並不符合效率的觀點。

獲得期練習次數的進步率，亦透過「90 次-24 分」組與「45 次-24 分」組的進步率來比較兩組每一次試作練習的進步幅度。由於「45 次-24 分」組練習次數比「90 次-24 分」組少了一倍，因此在三組獲得期表現沒有明顯差異的情況下，不意外發現「45 次-24 分」組的每一次試作進步幅度大於「90 次-24 分」組（如圖 6），但此進步幅度仍無法讓「45 次-24 分」組在獲得期的表現超越「90 次-24 分」組，故本研究較低的練習量在獲得期不足以提升練習的效率。此結果亦說明兩組在獲得期階段的動作表現皆有進步。

（二）獲得期的練習時間效率與進步率

在獲得期時間效率的探討部分，本研究為檢驗練習時間的差異對動作學習效率的影響，因此設計相同練習次數但不同練習時間的「45 次-12 分」與「45 次-24 分」兩組進行時間效率的比較。為使兩組的練習時間有長短之分，因此讓「45 次-24 分」組的每一次試作比另一組多一倍的時間（增加每一次試作的預備時間為 21 秒）。此種練習時間不一致所帶來兩組的實驗差異即為本研究所要探討的結果。

本研究結果顯示，「45 次-12 分」與「45 次-24 分」兩組在獲得期練習過程中的時間效率沒有顯著差異，因此可推測在簡單工作情境下，若每次動作練習之間的時間（預備）時間較長，在練習階段可能無法獲得良好的表現；反之，較短的時間，如本研究的「45 次-12 分」組，僅間隔五秒即可獲得良好的表現。此種練習類似練習安排中的「密集」與「分散」練習，因此可推測，快速動作的熟練度會因「密集」的練習而提高，若動作之間的時間稍長，練習者可能會失去對當下動作的覺察甚至導致動作的遺忘。此結果亦可進一步與過去探討記憶力的間隔效應 (spacing effect) 之相關研究作比較。間隔效應指在記憶相關的實驗中，標準工作透過時間的分隔重複出現，能更有效地提升記憶力，雖不利於當下短暫的練習表現，但有助於長時間的學習效果 (Schmidt & Lee,

2005)。間隔效應相關研究之目的是為了獲得持久的學習保留效果，並透過間隔的介入來探討練習或學習的時間如何影響動作的保留 (Cepeda, Vul, Rohrer, Wixted, & Pashler, 2008)。

在本研究中，每一次試作練習所包含的預備時間可視為一種讓練習不連續出現的間隔方式，因此具有間隔時間的功能。「45 次-12 分」與「45 次-24 分」兩組預備時間不一致所產生的實驗差異也可與過去間隔效應的相關研究做對照。Lloyd, Richard, Meredith, and Dorothy (1963) 在文字記憶的工作中發現，文字重複出現而沒有間隔的介入，在練習階段會有較好的表現，但無法獲得有效的記憶保留成績；當文字間隔 2 至 4 秒再重複出現，能夠增加記憶保留的效果，而間隔秒數提升到 8 至 16 秒之間，反而無助於記憶的保留，顯示間隔介入的時間有其限制，並且需配合工作的複雜與難易度而有所調整。對照本研究獲得期的工作內容，「45 次-12 分」組的預備（間隔）時間為 5 秒鐘，其在每分鐘的進步率並未低於「45 次-24 分」組；反觀「45 次-24 分」組的預備（間隔）時間為 21 秒，每分鐘的進步幅度並不高，且保留測驗的成績也明顯低於另外兩組，因此可推測學習簡單工作的過程中，練習的間隔時間不宜過長，否則可能易造成練習者對動作的遺忘或生疏。

再透過獲得期每一分鐘試作進步率的檢驗，發現「45 次-12 分」與「45 次-24 分」兩組在每一分鐘裡進步的幅度未達顯著差異，且不論 12 分鐘或 24 分鐘後的練習仍持續在進步，以效率的觀點來看，類似的簡單工作僅需設計 12 分鐘的練習即可達到相同的進步效果。但若要觀察時間的差異對動作表現與學習的影響，未來可嘗試再將時間的長短差距拉大，以進行更完善的比較。

（三）保留測驗的學習效率與進步率

三組在保留測驗的試作次數與試作時間完全一致，透過單因子變異數分析發現三組在保留測驗的學習效果有顯著差異（如圖 3），且練習次數與練習時間

的效率和進步率結果類似，故綜合討論如下：

「45 次-24 分」組在保留測驗的絕對誤差值顯著高於另外兩組，以練習次數的效率來看，相較於「90 次-24 分」組的成績，45 次的練習似乎無法在延遲保留測驗中迅速獲得良好的學習效果；而以練習時間的效率來解釋，相較於「45 次-12 分」組的成績，間隔時間較長的練習方式在僅有一分半的保留測驗中無法獲得良好的學習效果。有趣的是，雖然三組保留測驗的進步率未達顯著差異，但從圖 9、圖 9 可發現，在試作次數與時間皆相同的情況下，「45 次-24 分」組不論在每一次或每一分鐘試作的進步率皆是三組中最高的，且 ES 值屬於高的處理效果 ($\eta^2 > 0.14$)，可推測若延長保留測驗或學習的時間，「45 次-24 分」組應該會有明顯的進步，甚至最後會超越另外兩組的學習效果。此發現也說明了在練習過程中，擁有較長間隔時間的組別，在獲得期的表現與保留測驗初期的學習效果不盡理想，但後續的學習會有持續且大幅度的進步，呼應了間隔效應對學習效果的解釋。間隔效應概念的延伸是透過過去練習測驗的經驗，發現在任何工作的練習試作實驗中，短期的遺忘能促進學習。Cuddy and Jacoby (1982) 針對間隔效應在語言記憶的研究提出了「遺忘有助於記憶」的觀點。此研究發現參與者在閱讀文字的工作中，對較長間隔時間之文字的記憶比較短或完全無間隔時間之文字的記憶來得深刻，其解釋為當訊息重複出現時，參與者不會完整地進行初次試作後之相似的訊息處理活動，直到參與者已經遺忘了先前的訊息，才會再次完整地處理訊息。且大量、密集的練習雖有助於參與者當下立即的動作表現，但可能無法使參與者有效發展出確認痕跡，故很難提升錯誤偵查與修正的能力。此外，Arthur and Stenven (1981) 認為此種遺忘有助於記憶力提升的原因，是參與者對最後處理活動進行的過程有最深刻的印象，若參與者對訊息的記憶良好，當此訊息再次出現時，參與者較易忽略對第二次訊息的處理活動。當此訊息被遺忘後，參與者才會再次完整的處理此訊息。此觀點將記憶的構成

視為訊息處理活動的產物，訊息處理就類似於問題的解決。

過去研究證實，訊息於較長的時間出現比訊息立即重複且整組的出現，在長期記憶測驗中會有較佳的成績 (Glenberg, 1979)。其相關研究，除了上述在獲得期的練習階段實施短暫的間隔介入之外，亦有探討延長保留測驗天數的間隔效應，並透過較長的時間，來觀察間隔的介入在學習過程的效果，如 Cepeda, Vul, Rohrer, Wixted, and Pashler (2008) 的研究發現，在不同間隔時間介入下的延遲保留測驗初期，內在學習的效果會逐漸增加，但持續到一個階段後會慢慢下降。關於獲得期與保留測驗間隔時間的設置仍有很多值得探討的方向，本研究未來亦可嘗試增加保留測驗的天數，來觀察後續學習效果的變化。

由以上討論可以得出以下四個結論：

1. 在相同時間內，較少的練習次數無助於提升動作表現與學習之準確性的效率，但若延長學習時間，練習時的間隔效應有可能提升學習成效。
2. 在相同時間內，較少的練習次數雖無法有效超越較多練習次數下整體動作準確性的表現，但仍有助於提升每一次動作表現之準確性的進步幅度，不過無法提升每一次動作學習之準確性的進步幅度，但若延長學習時間，練習時的間隔效應有可能提升學習成效。
3. 在相同練習次數下，花費較短的時間無助於提升動作表現與學習之準確性的效率。
4. 在相同練習次數下，花費較短的時間無助於提升每一次動作表現與學習之準確性的進步幅度。

二、建議

(一)未來研究方向

本研究係以內在效度較易掌握的簡單工作來檢驗練習效率與學習效果，屬

於實驗情境的研究，但動作學習最終的目的是希望能夠直接運用到與生活相關的實際工作，因此建議未來研究可進一步選擇實際的田野工作 (field task) 探究練習安排的效率。

(二)實際應用

本研究發現不同的練習時間對按鍵工作之練習效率與學習效果並無明顯的正面效應，但在不同練習次數上對按鍵工作之練習效率與學習效果較有助益，因此建議將來設計動作的練習安排時，宜適時調整練習的次數，以裨益動作的練習效率與學習效果。

參考文獻

- 林靜兒 (2002)。變異練習對相對時宜工作表現與學習的發展效應。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 林靜兒 (2007)。老年人的變異練習效應：自我控制與動作技能水準。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 陳俊伊 (2009)。不同練習安排對類化動作程式與參數學習的影響。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
- 杜正治 (譯) (1994)。單一受試者。臺北市：心理。(Tawney, J. W., & Gast, D. L., 1984)
- Ammons, R. B. (1950). Acquisition of motor skill: III. Effects of initially distributed practice on rotary pursuit performance. *Journal of Experimental Psychology*, 40, 777-787.
- Arthur, M. G., & Steven, M. S. (1981). Spacing repetitions and solving problems are not the same. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 110-119.
- Baddeley, A. D., & Longman, D. J. A. (1978). The influence of length and frequency of training session on the rate of learning to type. *Ergonomics*, 21, 627-635.
- Baldamus, W. (2001). *Efficiency and effort* (2th ed.). London, England: Tavistock.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing

effects in learning: A temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological Science*, 19, 1095-1102.

- Cuddy, L. J., & Jacoby, L. L. (1982). When forgetting helps memory: An analysis of repetition effects. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 451-467.
- Flanagan, H., & Spurgeon, P. (1996). *Public sector managerial effectiveness: Theory and practice in the National health service*. Bristol, England: Open University Press.
- Glenberg, A. M. (1979). Component-levels theory of the effects of spacing of repetitions on recall and recognition. *Memory & Cognition*, 7, 95-112.
- Higgins, J. R. (1972). Relationship between consistency of movement and environmental condition. *Quest*, 17, 61-69.
- Lloyd, R. P., Richard, W., Meredith, K., & Dorothy, S. (1963). Effect of spacing presentations on retention of a paired associate over short intervals. *Journal of Experimental Psychology*, 66, 206-209.
- Lee, T. D., & Wishart, L. R. (2005). Motor learning conundrums (and possible solutions). *Quest*, 57, 67-78.
- Long, A. F., & Harrison S. (1985). *Health services performance: Effectiveness and efficiency*. Sydney, Australia: Croom Helm.
- Mentzer, J. T., & Konrad, B. P. (1991). An efficiency/effectiveness approach to logistics performance analysis. *Journal of Business Logistics*, 12, 33-51.
- Newell, K. M., & Walter, C. B. (1981). Kinematic and Kinetic parameters as information feedback in motor skill acquisition. *Journal of Human Movement Studies*, 7, 235-254.
- 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 behavioral emphasis* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shea, C. H., Wulf, G., & Whitacre, C. (1999). Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training. *Journal of Motor Behavior*, 31,

119-125.

Sparrow, W.A. (1983). The efficiency of skilled performance. *Journal of Motor Behavior*, 15, 237-261.

Sudit, E. F. (1996). *Effectiveness, quality and efficiency: A management oriented approach*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Tones, K., Tilford, S., & Robinson, Y. (1991). *Health education: Effectiveness and efficiency*. London, England: Chapman and Hall.

Van der Meulen, P. R. H., & Spijkerman, G. (1985). The logistics input-output model and its application. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 15, 17-25.

Welford, A. T. (1976). *Skilled performance: Perceptual and motor skills*. Glenview, IL: Scott, Foresman, and Company.

Willingham, D. B. (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105, 558-584.

Whipp, B. J., Wasserman, K. (1969). Efficiency of muscular work. *Journal of Applied Physiology*, 26, 644-648.

Examination of the efficiency factors of the motor practice scheduling: completion time and the number of times

Kai-Chieh Huang

Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

Abstract

Practicing is one of the variables which affect movement performance and motor learning. Moreover, it is an important issue that practice scheduling might decide learning effectiveness and efficiency. By retrospectively related studies of efficiency in practice scheduling, most researchers only focus on examining the effectiveness, but rarely considering the motor efficiency. The most efficiency learning means the individuals can spend the least time as well as practice less and still get the well result. However, how to decide the number of practice times within the same completion practice time or how to decide the completion practice time within the same number of practice times is worth to explore. Thus, the purpose of this study is to examine the learning efficiency by manipulate different numbers of practices and completion time. Thirty right hand dominated adults were recruited in this experiment. They were randomly assigned to three groups which are "90 times-24 min", "45 times-12 min", and "45 times-24 min". All participants were asked to tap 4 keys on the keyboard orderly which are 1, 4, z, and v (formed a Z shape on the keyboard). The goal for them was to complete tapping task at 999ms. The retention test was conducted after 24hrs. We computed the values of absolute error (AE) and the gain score in the acquisition retention test and the. The difference between different number of practices, completion time and groups were examined by using t-test and one-way ANOVA, and the significant were set $\alpha = .05$. The results showed that (1) the accuracy of the retention test of group "45-12" was significantly lower than the other two ($p > .05$); (2) the accuracy of the tapping task had significant difference in efficiency of practice times ($p < .05$); (3) the improvement rate of tapping task had significant differences in each trial ($p < .05$); (4) the improvement rate between each trial and trials in each minute in all three groups had no significant difference in retention tests ($p > .05$); The conclusions of this study:

(1) different total practice times affected practice efficiency of the tapping task, but total completion time did not have the trend, and (2) different total practice times affected the improvement in each trial (3) the improvement rate between each trial and trials in each minute were neither affected by total practice times nor total completion time. (4) The improvement of the spacing effect would affect the result of the retention test in the later stage.

Key words: spend, efficiency, improvement rate