

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
體育研究所碩士學位論文

訊息處理量與兒童平衡表現：雙重任務典範
THE AMOUNT OF INFORMATION PROCESSING
AND BALANCE PERFORMANCE IN CHILDREN
: THE DUAL-TASK PARADIGM



研究生：蕭玉君 撰

指導教授：陳重佑 博士

中華民國 100 年 7 月

論文名稱：訊息處理量與兒童平衡表現：雙重任務典範

總頁數：53

院校組別：國立臺灣體育學院體育研究所

畢業時間及提要：九十九學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：蕭玉君

指導教授：陳重佑博士

中文摘要

本研究的目的是以雙重任務實驗設計，並在 Hick 定律的概念下以增加刺激源的反應選擇量，操弄 0-bit 與 1-bit 訊息處理量對反應時間或平衡表現之影響。實驗參與者為 18 名兒童（ 9.38 ± 0.27 歲），實驗參與者隨機進行簡單反應時間（0-bit 訊息處理量）、選擇反應時間（1-bit 訊息處理量）、單純站立平衡、站立平衡下的簡單反應時間、站立平衡下的選擇反應時間等總計五項任務之測試。Biodex950-300 平衡測量儀、友聲電子聲光反應器則分別用來來記錄平衡表現與反應時間。平衡表現與反應時間測量參數以重複量數單因子變異數分析、 2 （平衡） \times 2 （訊息處理量）重複量數二因子變異數分析和 HSD 法事後比較進行統計考驗（ $\alpha = .05$ ）。結果發現平衡表現在 1-bit 訊息處理量總穩定指數低於 0-bit 訊息處理量，而 1-bit 訊息處理量總搖晃指數低於單純平衡表現；不論是單一任務情境或是雙重任務情境，簡單反應時間皆快於選擇反應時間。研究顯示可使用反應時間探查技術來推測次要任務所需的注意，但未發現增加訊息處理量會影響兒童平衡表現。

關鍵詞：容量理論、反應時間、Hick 定律

The Amount of Information Processing and Balance Performance in Children : The Dual-Task Paradigm

Hsiao, Yu-Chun

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of reaction time (RT) or balance performance as the number of stimulus response choices increases, the amount of information processing of 0-bit and 1-bit conditions based on Hick's law, using the dual-task design. Eighteen children (age: 9.38 ± 0.27 years old) were recruited as the participants for this study, and asked to assess RT and balance performance separately and simultaneously as following five conditions: simple RT (0-bit decision), choice RT (1-bit decision), single balance control, balance control with simple RT, and balance control with choice RT. Biodex 950-300 balance system and You-Shang response timer were used to record and analyze the postural stability and information processing speed (RT) respectively for the participants. Repeated measures one-way ANOVA with HSD post-hoc test and 2 (balance) \times 2 (amount of information processing) repeated measures two-way ANOVA were used to test the parameters of balance performance and RT ($\alpha = .05$). The results showed the overall stability index in 1-bit decision was lower than in 0-bit decision, and the mean deflection in 1-bit decision was lower than in single balance performance. Simple RTs were faster than choice RTs both in single task condition and dual task condition. It indicated that the chronometric approach of RT could use to infer the attention requirement of the secondary task. However, this study did not find that the balance performance be interfered for children by the increasing of the amount of information processing.

Keywords: capacity theory, reaction time, Hick's law

誌 謝

2009 年在全中運支援之餘準備複試資料，能進到研究所就讀，都歸功於林慧珍校長的鼓勵與幫忙，讓我在協助之餘能專心準備，感謝您的教導與奉獻！

進到研究所後，讓我的工作與學習產生了變化！如同雙重任務實驗設計一樣，在有限的時間、能力，如何將在兩項任務上維持一定的水準，讓我時常進入兩難的狀態，但也都感謝林校長、主任們、教練群、以及同仁們的包容。而在進修之路上，影響我甚遠的是重佑老師，在學習歷程上，不斷地給予提示與刺激，帶領我們進入探索、鑽研、思考與研究的歷程；而在教學上，盡心盡力、不眠不休，永遠將學生擺第一考量的教育理念，更讓一樣在教學現場的我作為借鏡。實驗的完成也感謝彰化師範大學蔡忠昌教授及陳帝佑教授的協助與幫忙。最後感謝口試委員靜兒老師、帝佑老師，不吝於提出建議及策略，以協助研究能進行地更完善、論文寫得更詳實。

回首來時路，能熬過這一切的考驗，順利獲得碩士學位，家人的力量，無限的包容，也感激在心頭。要感謝的人很多，在此以誠摯的心向幫助過我的人，致上深深的謝意。

蕭玉君 謹誌

中華民國 100 年 7 月

目 錄

中文摘要	-----	I
英文摘要	-----	II
誌謝	-----	III
目錄	-----	IV
表目錄	-----	VI
圖目錄	-----	VII
第一章	緒論-----	1
第一節	問題背景-----	1
第二節	研究目的-----	4
第三節	名詞解釋與操作性定義-----	5
第四節	研究範圍與限制-----	7
第五節	研究的重要性-----	7
第二章	理論基礎與文獻探討-----	9
第一節	訊息處理理論-----	9
第二節	訊息處理量與反應時間-----	13
第三節	注意是容量有限的資源-----	17
第四節	雙重任務設計的研究-----	21
第五節	兒童的平衡發展-----	24
第六節	結語-----	26
第三章	研究方法-----	27
第一節	實驗參與者-----	27
第二節	實驗儀器與設備-----	28
第三節	實驗設計-----	29
第四節	實驗流程-----	31
第五節	處料處理與分析-----	32

第四章	結果與討論-----	33
第一節	不同情境下平衡表現參數-----	33
第二節	不同情境下反應時間與選擇反應時間-----	37
第三節	綜合討論-----	40
第五章	結論與建議-----	43
第一節	結論-----	43
第二節	建議-----	44
引用文獻	-----	45
一、中文部分-----		45
二、英文部分-----		45
附錄一	-----	50

表目錄

表 1	實驗參與者基本資料-----	27
表 2	不同情境下平衡表現各因素平均數與標準差-----	34
表 3	平衡表現指數的變異數分析摘要-----	36
表 4	不同情境下反應時間平均數與標準差-----	38
表 5	反應時間的變異數分析摘要-----	38
表 6	反應時間在訊息處理量與平衡之重複量數二因子變異數分析摘要-----	39
表 7	平衡總體穩定指數之 HSD 事後比較-----	51
表 8	平衡前後穩定指數之 HSD 事後比較-----	51
表 9	平衡總體搖晃指數之 HSD 事後比較-----	52
表 10	平衡左右搖晃指數之 HSD 事後比較-----	52
表 11	反應時間之 HSD 事後比較-----	53

圖目錄

圖 1	訊息處理模式-----	11
圖 2	展開訊息處理模式-----	13
圖 3	實驗儀器設備-----	28
圖 4	實驗流程圖-----	31
圖 5	單一任務與雙重任務在不同訊息處理量的反應時間-----	37

第一章 緒論

第一節 問題背景

走在人行道上，注意到對側人的位置，而略微避開且減速才通過，以避免擦撞，而走在斑馬線上，會放慢速度待確定兩側無來車後，才迅速通過馬路，從觀察以上兩個在生活常發生的行為，發現即使是簡易的行為，也需要注意的介入，而注意分散後，將降低原本的動作效率。如同學者研究顯示站立、步行等簡單的動作行為，雖然已非常熟練，甚至是一種自動化的行為，也需要注意的介入（Lajoie, 1993）。表明個體在生活中，任何的動作，不論是動作產生前的階段，還是完成動作期間，都會受到注意和有限容量的影響（Magill, 2007）。

美國心理學家 James 在 1890 年將注意定義為“是對心的支配，以明確鮮明的形式呈現，從同時出現的幾個可能物件中，或一連串的想法中犧牲其他、獨鍾一個。它是具有意識、聚焦或集中的本質”（Eysenck & Keane, 2000, p. 165）。所以，注意是對訊息處理資源的集中與限制。注意的分配來源是中心資源儲備的容量，且中心資源的容量是一種有限的心理資源，而人類就以這有限的認知資源來處理訊息（Kahneman, 1973）。容量理論認為注意可以自由的分配於兩項任務間，當注意的供應不能滿足需求時，則會造成表現下降或失敗（Price, Gill, Etnier, & Kornatz, 2009）。所以，依據容量有限的前提，藉由雙重任務（dual-task）的實驗設計來測量注意需求，如學者 Smit、Eling 與 Coenen（2004）就操弄不同難

度的持續注意任務與警覺度表現任務，發現在愈困難、耗損心理資源多的任務，整個持續的注意反應錯誤率高，且反應速度愈慢，研究表明愈重的主要任務，對同時執行的次要任務產生更大的干擾。故學者經常使用雙重任務的實驗設計，以觀察單一任務與雙重任務的表現差異、干擾程度，以判定任務所需的注意多寡。如學者 Castiello 和 Umilta (1988) 以雙重任務實驗設計，研究動作任務與反應時間任務，發現網球與排球在接球任務時反應時間最慢。Castiello 和 Umilta 也同時研究 100 公尺短跑與 110 公尺欄架，在整個跑步過程中，分別在開始及結束時反應時間較中間時期慢。表示實驗受試者在跑步過程中，將注意放在一開始的槍聲與結束的終點線上，所以這兩個階段留較少資源給反應時間任務，所以造成起跑與結束時這兩個分段過程的反應時間最慢。故操弄雙重任務的研究，最常使用反應時間探查技術 (Prezuchy & Etnier, 2001)。所以，以注意容量有限的前提下，採雙重任務設計，以反應時間判定動作表現的注意需求、比較單一任務與雙重任務動作表現的下降程度。

訊息處理是解釋人類知覺歷程，從人類對訊息處理如何由感覺器官接受、如何儲存、以及如何使用的整個心理歷程 (張春興, 1996)，所以，綜合感官接受時間、儲存時間及使用的如何使用時間，就以反應時間，即為訊息處理的過程的時間總和。Posner 就從認知心理學的角度提出計時 (chronometric approach) 研究觀點，強調利用計算反應時間的方式，以探索人類訊息處理系統的過程 (Schmidt & Lee, 2005)。後由學者 Schmidt 與 Lee (2005) 對訊息處理歷程提出較有系統性階段，其將訊息處理分為三個階段，分別在

刺激輸入到動作輸出之間，包含三個階段處理：刺激辨認（stimulus identification）、反應選擇（response selection）和反應編序（response programming）。而刺激辨認又包含了刺激偵測與型態辨認，簡言之，就是從偵測到訊息的存在、從腦中提取相關型態並辨識是什麼訊息、再從幾個可行的方案選擇、規畫方案的實施流程為何，最後才是動作的執行或反應的產生。故反應時間是為刺激辨認、反應選擇、反應編序三階段的時間總和。

反應時間在 Donders 在 1868 年提出削減法（subtractive method）將反應時間分為單一反應時間、選擇反應時間、鑑別反應時間（Schmidt & Lee, 2005）。單一反應時間測試：如燈一亮即放開按鍵，其中包含偵測刺激及響應執行。選擇反應時間測試：如紅燈亮右手放開按鍵，綠燈亮則左手放開按鍵其中包含偵測刺激、鑑定刺激、反應選擇及響應執行。鑑別反應時間測試：如在紅燈亮起，放開按鍵，綠燈亮起則不做反應，其中包含偵測刺激、鑑定刺激、響應執行。而鑑別反應時間減去單一反應時間是為「刺激辨別」階段的時間量，鑑別反應時間減去選擇反應時間是為「反應選擇」階段的時間量（Schmidt & Lee, 2005; Magill, 2007）。

選擇反應是在不同的刺激源中做出不同的反應，且刺激與反應動作是特定的非隨意的，各種訊號間有不同的反應（Schmidt & Lee, 2005）。而當刺激源數量愈多，代表訊息處理歷程中的反應選擇歷程需花費較長時間，故應該會造成反應時間的增加。直到 Hick 在 1952 年發現，即每次刺激反應選擇增加一個單位，而選擇反應時間隨著固定增加相似的數量，故提出 Hick 定律公式如下：

$$\text{選擇反應時間} = a + b [\text{Log}_2 (N)]$$

N：是指刺激-反應配對的數目；a、b為常數。而 Log_2 指以bit為單位的訊息，代表著需在兩者之間做出是或非（1/0）的選擇；即1-bit有2種選擇，而2-bit有4種選擇；所以如果在4種選擇就需回答2個是/不是的問題。所以當刺激源愈多（N值愈大），選擇反應時間也愈大。所以，未來可根據Hick定律正確地預測選擇量增加時，反應時間特定的增加程度。

先前的研究以雙重任務設計，藉由反應時間來推測從事某項運動階段性的注意需求，及單一任務運動表現與雙重任務運動表現比較，視干擾程度對表現造成的下降程度。本研究是以雙重任務實驗設計方法，在注意容量有限的限制下來研究平衡任務與反應時間任務之間相互關聯，且特別在反應時間任務增加刺激源數量的情境中，探討藉反應供選擇的數量增加，是否更影響平衡表現。

第二節 研究目的

研究主要目的，是透過雙重任務的實驗設計，操弄二個變項，第一個為反應時間，包含簡單反應時間（0-bit 訊息處理量）、選擇反應時間（1-bit 訊息處理量）；第二個為雙足動態平衡，在這些變項下產生了五種情境。而研究中的依變項則為反應時間與平衡穩定指數、搖晃指數。

研究的主要目的，以了解9歲兒童單純平衡站立能力及單純訊息處理速度的特徵，並以雙重任務實驗設計，同時間測量不同訊息處理量的反應時間與平衡表現之間相互干擾的程度。

第三節 名詞解釋與操作性定義

壹、雙重任務 (dual-task) 實驗設計

雙重任務是指同一時間進行兩種任務，而執行其中的任一任務，皆會需要某種程度的注意，基於注意容量有限的假設，注意必須分配於兩件事之間（胡名霞，2009）。本研究是以同一時間進行動態平衡任務與 0-bit 訊息處理量的反應時間任務，及同一時間進行動態平衡任務與 1-bit 訊息處理量的反應時間任務。

貳、注意 (attention)

美國心理學家 James 在 1890 年所提出：“每一個人都知道什麼是注意。它是對心的支配，以明確鮮明的形式呈現，在幾個似乎是同時出現的可能物件中，或是一連串的想法中，犧牲其他，獨鍾一個。它的本質是聚焦 (focalization)、專心 (concentration)，和意識 (consciousness)”(Eysenck & Keane, 2000, p. 165)。簡言之，James 將注意定義為“意識的聚焦或集中”(Magill, 2007)。本研究是以反應時間測量結果來推測注意使用的多寡。

參、反應時間 (reaction time)

反應時間是指從訊號啟動到動作出現前此一區間的時間，稱為反應時間 (Magill, 2007)。反應時間是為刺激辨認時間、反應選擇時間及反應編序時間的總和 (Schmidt & Lee, 2005)。本研究的反應時間是指從訊號開始到放開按鍵瞬間的時間總量，測得數據單位為毫秒。

肆、Hick 定律 (Hick's law)

Hick 在 1952 年發現，即每次刺激反應選擇增加一個單位，而選擇反應時間隨著固定增加相似的數量，故提出 Hick 定律公式如下：

$$\text{選擇反應時間} = a + b [\text{Log}_2 (N)]$$

N：是指刺激-反應配對的數目，a、b為常數。而Log₂指以bit為單位的訊息，代表著需在兩者之間做出是或非（1/0）的選擇；即0-bit有1種選擇，而1-bit有2種選擇；所以如果在2種選擇就需回答1個是/不是的問題。所以當刺激源愈多（N值愈大），選擇反應時間也愈大。本研究操弄0-bit訊息處理量與1-bit訊息處理量等兩種情境，以測量簡單反應時間與選擇反應時間。

伍、穩定指數 (stability index)

穩定指數是指以中心點作為起始位置，而偏離中心點的位置的平均值，指數愈高，表明實驗參與者在測試時偏離中心點位置愈多。

陸、搖晃指數 (sway index)

搖晃指數是真正的擺動角度的標準偏差。指數愈高，表明實驗參與者在測試時身體晃動程度較高，呈現較不穩定狀態。

第四節 研究範圍與限制

過去在兒童平衡發展的文獻中，概念上認為 9-12 歲的兒童在雙足平衡能力已趨成熟，故本研究以 9 歲自願參與者作為研究對象，以了解該年齡兒童單純平衡站立能力及單純訊息處理速度的特徵，並以雙重任務實驗設計，同時間測量不同訊息處理量的反應時間與平衡表現之間相互干擾的程度。

基於注意容量有限前提下，同時間操弄平衡任務與反應時間任務之雙重任務時，將原本在平衡任務的注意容量分散至反應時間任務，而使平衡任務所需的注意容量不足，因注意容量資源被剝奪，可能造成平衡動作表現下降。而人類的大腦運作過程如同黑箱一般，是無法直接被證明，所以，以訊息處理理論的基本條件下假定，以訊息處理歷程時間，也就是反應時間，藉由雙重任務實驗設計，以反應時間測量來評估動作任務的注意需求。而反應時間探查技術是假定在雙重任務中，執行主要任務需要固定的注意容量，及以次要任務的反應時間來評估容量。

第五節 研究的重要性

先前研究多以探討動作技能表現任務與簡單反應時間任務的雙重任務實驗設計。本研究以平衡表現任務與簡單反應時間任務外，特別在反應時間任務加上刺激源，以測量平衡表現任務與選擇反應時間任務。基於注意容量有限，主要任務使用固定的注意需求，簡單反應可能會剝奪部分注意。若再結合 Hick 定律，以注意容量有限，主要任務使用固定的注

意需求，選擇反應可能會剝奪更多注意。

本研究以選擇反應時間測驗來探討 9 歲兒童在 0-bit 與 1-bit 的訊息處理量限制下，平衡表現是否會受影響，並藉反應時間來推測學童的訊息處理速度，研究的相關觀念可作為未來教師教學上的觀念建構與參考。

第二章 理論基礎與文獻探討

本章的重點為各基礎理論與相關文獻的蒐集探討，其探內容有：第一節訊息處理理論、第二節訊息處理量與反應時間、第三節注意是容量有限的資源、第四節雙重任務設計的研究、第五節兒童的平衡發展、第六節結語。內容如下：

第一節 訊息處理理論

在生活中常遇到十字路口的交通號誌由綠燈轉為黃燈的情況下，該如何決定？不是繼續通過路口，就是停止。在這兩種選擇反應中，必需採取一個行動，而整個過程是在大腦產生決策而發送到相應的肌肉組織實施（Green, 2000）。

當個體從環境中取得與事件相關訊息時，即相對地降低事件的不確定性，Rosenbaum 提出前線索技術的實驗方法，即研究者在實驗中告知實驗受試者不同數量的預告訊息，分別告知實驗受試者 0 個、1 個、2 個及 3 個訊息，此訊息是關於必須在選擇情景中完成，結果顯示在預知 3 個訊息時反應時間（reaction time, RT）最短（Magill, 2007），而預知愈多所剩下的不確定訊息愈少，故訊息是為不確定性的降低。訊息從環境中到被個體接受後並化為各種訊息至儲存系統是指記憶，而訊息處理一詞意味著訊息編碼，它可能改變形式成另一個代碼形式；訊息處理模式的運作是從環境開始輸入訊息，透過一個或多個感覺器官，然後考慮這個訊息會在系統內部發生什麼，如同一個黑盒子模式的過程，如圖 1 所示，個體被認為是個大盒子，訊息從環境進入，然後將這些訊息

以不同方式處理，直到它最終輸出作為觀察動作活動依據；此黑盒子模式與刺激-反應（S - R）模式相同，主要都是關注訊息或刺激進入盒子到反應輸出之間的關係（Schmidt & Lee, 2005）。人類訊息處理（information processing）是將未知的黑盒子比擬為電腦，就像外界訊息要進入主機內需先經過電腦的週邊設備，而這些訊息而經過一定的轉換暫存在電腦中，且受到訊息處理量及處理速度上某些程度限制下進行處理，接著在電腦顯示結果或將其傳送到印表機等，而這訊息處理過程輸出就如同外在觀察到的各種動作表現。換言之，訊息處理是解釋人類知覺歷程，從人類對訊息如何經由感覺器官接受、如何儲存、以及如何使用的整個心理歷程（張春興，1996）。從認知論（cognitive theory）觀點廣義來看，是從「知的歷程」來解釋行為現象，意指研究個體思考、理解、記憶、想像等行為與心理歷程。心理學家 Singer（1980）也提出所有運動項目中的任何動作技能，都必需經由知覺歷程、認知歷程及動作歷程的交互作用，而產生具意義性、整合性的有效動作行為。故認知心理學家就是將這看不見的知覺歷程，也就是中樞神經處理過程，比擬為電腦（computer metaphor）。

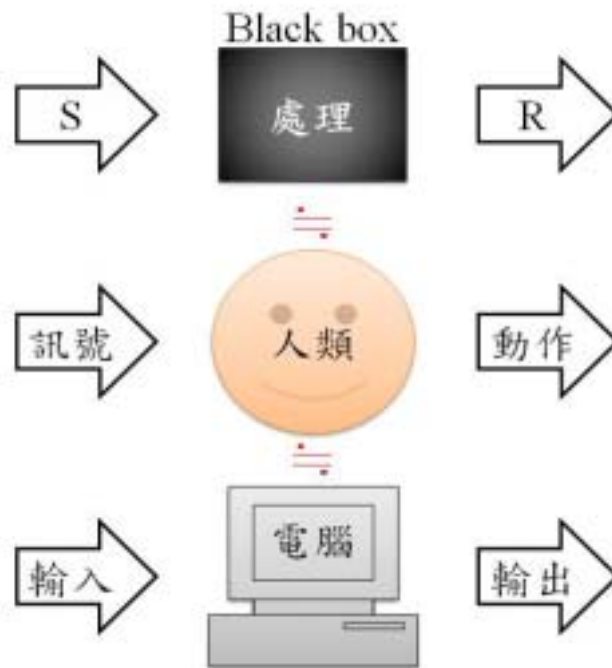


圖 1 訊息處理模式

訊息處理的整個歷程是從感覺器官接受刺激後，將訊息變成神經衝動，再傳達至大腦皮質後，中樞神經會對來源刺激進行處理，接著透過神經傳達到肌肉系統而產生動作(Sage, 1984)。現代的認知心理學家研究，提出訊息需在中樞系統經過一連串在時間上不重疊的處理階段，即刺激辨認、反應選擇、反應編序，才能產生動作的觀念(胡名霞，2009)。如個體有口渴感覺，在桌上看到一杯水，即是偵測刺激階段，而觀察水量、水溫、杯子形狀等，即是型態辨認階段，但若沒水先去倒水，若水很燙，要採用不燙手的握姿，若杯子有提把則採用食指、拇指拿取，即為反應選擇階段，而最後一旦決定了適當的反應方式就收縮主動肌，舉起上臂，手肘伸直，手腕與手指關節成適當姿勢，接著拿起杯子往口中送，即為

反應編序階段。故心理活動可以用感官刺激與動作反應的關係來表示，而刺激與反應之中為中樞神經處理的過程，此與訊息處理模式概念相符。

訊息處理歷程較有系統性階段是由學者 Schmidt 與 Lee (2005) 提出與動作相關的訊息處理模式，其將訊息處理分為三個階段，使得訊息處理有更明確的序列式程序，分別在刺激輸入到動作輸出之間，包含三個處理階段（圖 2）：刺激辨認（stimulus identification）、反應選擇（response selection）和反應編序（response programming），而刺激確認又包含了刺激偵測與型態辨認。如駕駛員快抵達十字路口時，眼睛偵測到號誌閃了一下，為刺激偵測階段；接著辨別燈號是由綠燈轉為黃燈，為型態辨階段；腦中開始思索中繼續前進或是該停下車子，為選擇反應階段；經由觀察後車距離及燈號才剛改變，且路口並不很寬的情況下，駕駛員決定繼續前進，為最後反應編序階段。訊息處理就是人在接受刺激後，到動作產生這過程中在大腦中所發生序列式歷程，從對偵測到訊息的存在，接著辨識是什麼訊息，再對這樣訊息提出幾個可行的方案，接著選定方案後，此方案的實施流程為何，皆需在腦中做好流程規畫，接著才是動作的執行與反應的產生。



圖 2 展開訊息處理模式 (Schmidt & Lee, 2005)

其實在 1868 年就有荷蘭醫師 Donders 提出訊息處理論的相關看法，以削減法 (subtractive method) 分別測量三種不同任務的反應時間，相減後找出訊息處理中刺激辨認與反應選擇的階段時間。到了 1952 年 Hick 發現了刺激 - 反應選擇量和反應時間的關係，提出 Hick 定律 (Schmidt & Lee, 2005)，用刺激 - 反應選擇量來解釋選擇反應時間的改變情況，才使得訊息處理理論進一步受到重視。

第二節 訊息處理量與反應時間

Posner 在 1978 年提出心理計時 (chronometric approach) 研究觀點，是從認知心理學的角度來強調利用計算反應時間的方式，深入探索人類訊息處理系統的過程，而這類的研究經常採用反應時間來進行測試 (Schmidt & Lee, 2005)。Sage (1984) 認為，反應時間是從感官刺激、神經衝動、大腦皮質、中樞神經系統、神經肌作用到動作產生的此一區間時間總量。反應是訊息處理後的行為，一般指結果；而反應時間是指個體感受系統受刺激後，傳達訊息到達動作器官的時間

(Boutcher, 1992)。簡言之，反應時間是指從訊號啟動到動作出現前此一區間的時間，稱為反應時間 (Magill, 2007)，如：田徑運動員在起跑架上從發令槍聲到動作出現前，此一段時間間隔為反應時間。反應時間是一種神經整合作用的速度表現，亦是一種生理及心理潛能的發揮，反應時間短，表示對運動可塑性及適應性佳，同時是測量人類訊息處理時間的主要指標 (Matenium, 1976)。故許多研究都以反應時間為訊息處理速度的依據，即反應時間越短，表示個體與表現環境交互作用以產生的準備時間越短，有更迅速的動作決策速度 (Magill, 2007)。

Donders在1868年提出削減法 (subtractive method) 分別測量三種不同任務的反應時間，依其不同任務的反應時間找出其共同條件，相減後剩下的條件為訊息處理的某一階段時間，而將反應時間分為單一反應時間、選擇反應時間、鑑別反應時間。單一反應時間，是指對單一刺激源做反應的時間，如燈一亮即按下按鍵；選擇反應時間，則是在不同的刺激源中做出不同的反應，且刺激與反應動作是特定的非隨意的，如紅燈亮右手按下按鍵，綠燈亮則左手按下按鍵，各種燈號間有不同的反應，此為選擇反應時間 (Schmidt & Lee, 2005)；鑑別反應時間是指在兩種或兩種以上的刺激中，只需對單一刺激做回應，而在刺激出現至鑑別刺激後的反應時間為鑑別反應時間，如在紅燈亮起，按下按鍵，綠燈亮起則不做反應。而鑑別反應時間減去單一反應時間是為「刺激辨別」階段的時間量，鑑別反應時間減去選擇反應時間是為「反應選擇」階段的時間量 (Schmidt & Lee, 2005; Magill, 2007)。

Henry和Rogers(1960)操作一個反應時間的經典實驗，實驗設計三種任務，任務A為鈴響後放開按鍵，任務B為鈴響後放開按鍵並向上移動30公分抓住吊在線上的網球，任務C為鈴響後放開按鍵，向前用手背擊中掛著的網球，向反方發按一個按鍵最後再又反方向抓住另一個網球。結果發現任務A的平均反應時間為165毫秒，任務B的平均反應時間為199毫秒，任務C的平均反應時間為212毫秒，結論說明複雜運動比簡單運動需花費更長的準備時間，故研究者認為，反應時間增加是因為必須準備的運動相關動作訊息複雜度增加的緣故。

綜合Donders及Henry和Rogers的研究，發現反應時間的增加可能包含了刺激辨認、反應選擇、反應編序等任一階段的增加均會造成反應時間的增加，與Schmidt所提出訊息處理三歷程完全相符，故反應時間等於刺激辨認時間量、反應選擇時間量、及反應編序時間量的總和。若假設其他歷程的反應時間不變，但在其中任一階段的時間增加，皆會增加反應時間。

反應時間除了受Schmidt的三個歷程影響外，亦受個體自身因素的影響，如疲勞、熟悉、年齡等方面的影響。如：在疲勞狀態下，注意力可能會下降，而造成反應時間增加；而熟悉，是指多次練習後，再接受到刺激到反應的時間間隔可能較第一次接受時快。而年齡方面如：Thomas(1980)提出訊息處理能力發展的差異，年齡愈小的兒童其訊息處理的能力愈低。Grouios(1992)研究指出個體在20歲後，反應時間會隨年齡增加而增長，主要在於大腦對外界干擾訊息能力降低而造成，而20歲前的個體反應時間較短，訊息處理速度較

快，但兒童期的訊息處理速度相對較慢，其訊息處理速度的平均是隨年齡增加而增加。胡名霞（2009）認為訊息處理的能力會受到個體的學習技巧程度及任務的難度影響，學者Guadagnoli與Lee也在2004年提到，訊息理論說明學習的發生是經過訊息處理的歷程，訊息的難易程度與數量多寡會影響學習效果，而學習效果下降是因為訊息處理歷程受影響（胡名霞，2009）。

在Schmidt所提出訊息處理三歷程中，其中的第二歷程：反應選擇階段，Hick針對訊息處理量與選擇反應時間的關係，發現它們的關係是相互影響，不斷研究後發現是可以用數學式帶入，故於1952年提出Hick定律。Schmidt與Lee(2005)指出有關選擇反應時間最早研究是Merkel於1885年發現反應時間會隨著刺激-反應配對數目的增加而增加（見於Woodworth, 1938），但發現供選擇量從1增加到2時，選擇反應時間增加了129毫秒，當供選擇量從9增加到10時，選擇反應時間卻只增加了3毫秒（Schmidt & Lee, 2005）。直到Hick（1952）發現，即每次刺激反應選擇增加一個單位，而選擇反應時間隨著固定增加相似的數量，所以認為它們間關係應該是呈線性，故以方程式： $y = a + b x$ 帶入，但發現仍非線性關係，意味著需更多的處理，而到1953年時，Hyman發現在各種不同的刺激反應選擇數量各不相同的實驗中，發現了所有個體的反應時間（a）都不一樣長，而增加選擇所帶來的反應時間改變率（b）也不同；但在反覆驗證後發現：若x以 $[\text{Log}_2(N)]$ 帶入，則指出在各種情況下的 $\text{Log}_2(N)$ 和選擇反應時間有一種強烈趨於線性的關係，故提出Hick定律，公式如下：

$$\text{選擇反應時間} = a + b [\text{Log}_2 (N)]$$

N：是指刺激-反應配對的數目；a、b為常數。而 Log_2 指以bit為單位的訊息，代表著需在兩者之間做出是或非（1/0）的選擇；即1-bit有2種選擇，而2-bit有4種選擇，3-bit有8種選擇；所以如果在8種選擇就需回答3個是/不是的問題。所以可根據Hick定律正確地預測選擇量增加時的反應時間是增加的，更可以預測增加的特定程度。

綜上所述，反應時間是指從訊號到反應這中間的處理歷程，也就是訊息處理的所需的時間，而Hick定律則是特別針對訊息處理歷程的第二個反應選擇階段，所提出的定律，說明供選擇的訊息處理量增加，選擇反應時間也隨著增加，且訊息處理量與選擇反應時間以對數代入，是趨於線性關係的新發現。

第三節 注意是容量有限的資源

運動員因沒有完全準備好而表現不佳，如百公尺選手沒聽到槍聲、手槍射擊手只關注在本身的飢餓和疲累，而沒有將思維放在目標靶上...等事件時有所聞，造成這些結果，都是因注意的分配、選擇、持續不正確或無法完成（Singer, Hausenblas, Janelle, 2001）。其實不單是在運動上，就連日常生活中的行為也都需要注意的介入，如走在人行道上，亦先注意到對面的人的位置，而略微避開通過，避免擦撞，而喝水的動作，則先確認杯子位置、是否有水、杯子形狀而採取不同的拿取動作。甚至連站立、步行等簡單的動作行為，儘管在日常生活中已非常熟練，甚至是一種自動作的行為，但

尚有許多學者的研究顯示，執行簡單動作行為實際上亦需要注意的介入（Lajoie, 1993）。Huxhold、Li、Schmiedek與Lindenberger（2006）研究也指出靜態站立平衡需經過與視覺、本體感覺、前庭感覺等三大感覺系統整合的複雜過程，但也需要注意資源，故注意不是一種獨立的心理過程，而是感覺、知覺、思維、記憶等心理過程的一種共同的特性。而有關注意的定義最具代表是美國心理學家James在1890年所提出：

每一個人都知道什麼是注意。它是對心的支配，以明確鮮明的形式呈現，在幾個似乎是同時出現的可能物件中，或是一連串的想法中，犧牲其他，獨鍾一個。它的本質是聚焦（focalization）、專心（concentration），和意識（consciousness）（Eysenck & Keane, 2000, p. 165）。

簡言之，James將注意定義為“意識的聚焦或集中”（Magill, 2007），並將注意視為一種選擇的心理歷程，且注意具有從多種選擇之中擇一處理（犧牲其他）及擇一處理是為增進心理歷程效率（獨鍾一個）的特點。故注意是對訊息處理資源的集中與限制。

從認知心理學角度所提出的注意理論，說明個體如何選擇注意目標的運作，理論基礎是建立在訊息處理歷程上。主要可區分成瓶頸理論（bottleneck theory）容量理論（capacity theory）與多元理論（multimode theory）等三大類別。瓶頸理論最早被Broadbent（1958）提出的瓶頸理論為過濾模式（filter model），將注意視為一個有選擇性的過濾器（亦即瓶頸機制），將接收到的感覺訊息加以處理，並篩選掉不重要的刺激，同時只將需要的訊息進入意識中，但此模式所主

張訊息的全有或全無過濾機制後來受到質疑，因此後續學者以瓶頸機制在不同時間點出現並非在一開始訊息就被完全過濾的概念，而提出 Treisman (1969) 所提出減弱模式 (attenuation model)、Deutsch 和 Deutsch (1963) 晚期選擇模式 (late selection model)。容量理論乃假設個體所能選擇與支配的注意是固定，將注意視為一個有限資源。容量模式主張注意是分類和辨認刺激的認知資源 (cognitive resources)，這些認知資源是有限，因此當個體面對越複雜的刺激，就需要越多資源 (Kahneman, 1973)。Wickens 依容量理論所提出的多重資源模式 (multiple resources model) 認為注意具有幾種不同的注意資源機制，每種機制完成特定對象的處理，且每種機制的資源都是有限 (Magill, 2007)。後來學者 Johnston 與 Heinz 綜合瓶頸理論和容量理論提出多元理論模式 (Eysenck & Keane, 2000)。主張個體可以選擇將瓶頸置於何處，其中早期選擇是將瓶頸置於辨認之前，選擇儘早發生，可以對容量要求降到最低，而晚期選擇則是將瓶頸置於語意分析之後，代表經過處理階段越多，對處理容量要求也就越高。所以晚期選擇較早期選擇需耗費較多的心理資源，因為個體需同時處理更多的訊息。

無論是動作產生前的階段 (RT) 還是完成動作期間 (MT)，都會受到個體“注意”和選擇訊息“有限容量”的影響 (Magill, 2007)。容量理論最具代表是在 1973 年由 Kahneman 提出中心資源容量理論，注意是從中心資源儲備的容量所分配，強調注意是一種有限的心理資源，是分類和辨認刺激的認知處理資源，而人類就以這有限的認知資源來處理訊息。Magill (2007) 中心資源容量是受個體差異、不同的周圍環

境特徵而改變，如個體喚醒水平的不同而增加或減少注意容量、及任務對注意的需求決定資源是否充足。中心資源容量在注意分配時，需要能保證能完成一項活動，且過程中持續分配，並根據當時的心理意向進行注意分配原則；前二者是無意注意，是指某些事物不由自主的吸引了我們的注意，為注意轉移，如新奇環境、或對自己有特殊意義的事件；心理意向又包含自我指導與他人指導產生。

容量理論認為注意可自由的分配於兩項任務間，當注意的供應不能滿足需求時，表現會下降或失敗（Price, Gill, Etnier, & Kornatz, 2009）。該理論認為，不同的任務需要不同的注意量，以注意有限的前提，可預期雙重任務下因注意的分散，任務表現變差，造成雙重任務干擾，而藉由雙重任務的實驗設計下可觀察到單項與雙重任務之表現差異，來判定主要任務所需的注意多寡，亦可得知次要任務對主要任務的干擾程度。Binet 研究指出同時執行心算任務與以規律速度擠壓橡皮球時，心算工作的介入會干擾擠壓橡皮球規律速度的能力（Keele, 1973）。Welch（1898）研究指出同時心算任務，會造成手握力量下降，而後學者也提出相似的概念，在資源有限的情況下，雙重任務中只要增加其中一個任務的困難度，將會影響另一任務的表現（Proctor & Zandt, 1994）。容易的任務會從現有資源中留下較多注意資源以支持另一個次要任務，然而，困難的任務需要較多注意量，留少較少的注意資源（Styles, 2006）。所以，注意如同有限資訊處理空間（Keele, 1973）、容量（Moray, 1967）、或資源（Wickens, 1992）的概念。注意的有限容量或空間的看法，將注意形容類似於固定容量儲存設備，如電腦記憶體（Moray, 1967），

容量雖固定，但可由個體決定如何劃分給不同的工作。

第四節 雙重任務設計的研究

Geurts與Mulder(1994)以比較下肢截肢患者與一般人的站立平衡能力(使用測力板看足底壓力中心的位移速度方差值),結果發現兩者並沒有顯著差異,但介入數學問題作答後發現,截肢患者答錯的題數較多且平衡也較差。上述的研究就是說明了當兩個人從事一項任務時,表現都一樣好,如何進一步瞭解誰較好呢?為了解決這樣的問題,學者就設計了一種特殊的測驗方式-雙重任務(dual-task)設計(胡名霞,2009)。雙重任務是指同一時間進行兩種任務,而執行其中的任一任務,皆會需要某種程度的注意,基於注意容量有限的假設,注意必須分配於兩件事之間,從這個立論之下,表示在處理一件事情比同時處理兩件事情較能專心,能有較佳的表現,若同時處理兩件事,可能會對原本任務產生干擾,而影響原本的表現。故雙重任務的設計即在觀察同時間,從事兩件事時,表現的降低程度,來推論其原本熟練的程度,或次要任務的干擾程度,次要任務的表現是用來評估主要任務的注意需求。所以如果主要任務A比主要任務B造成次要任務下降,表示主要任務A比B需要更多的注意資源(Price, Gill, Etnier, & Kornatz, 2009)。

雙重任務實驗設計的兩項預測:第一個是干擾發生時,兩種任務沒有共同的機制;第二個是每一項任務所需注意,決定干擾的程度。預測所依據來源是容量理論,其指出注意容量有限,兩項活動超出現有容量時,即產生干擾(Kahneman,

1973), 如果主要任務佔有限資源中的大部分, 只有一小部分用於次要任務, 為了主要任務的表現, 就會造成次要任務表現下降。

Huxhold、Li、Schmiedek與Lindenberger(2006)提出幾個可能會影響雙重任務下執行站立平衡的原因: 同時任務的難度、年齡、同時任務給予方式、反應呈現的方式、對任務的熟練度、及姿勢任務的困難度等因素。從任務難度因素來探究任務間相互影響, Pellecchia(2003)以利用三種難易不同的數學認知任務(數字倒數、數字分類、倒減三)與在軟墊上靜態站立的搖晃程度的影響, 結果發現當認知任務愈困難, 則搖晃程度愈大, 即穩定姿勢的注意被干擾。另一學者Smit、Eling與Coenen(2004)以不同難度的持續注意任務與警覺度表現之關係, 發現在愈困難、耗損心理資源多的任務, 整個持續的注意反應錯誤率高, 且反應速度愈慢, 表明愈重的主要任務, 對同時執行的次要任務產生更大的干擾。

從另一年齡因素來探究任務間相互影響, Whittall(1991)比較2到10歲女童及年輕成年女性, 發現在動作跳躍奔馳(galloping)、跑步(running)與認知(唱兒歌、背誦字母)雙重任務下, 隨年齡層增加, 兩種動作受到的干擾程度愈小。Brown、Shumway-Cook與Woollacott(1999)研究年輕組與老年組在不同速度干擾平衡與倒唸數字的雙重任務下, 記錄實驗受試者唸數字與數字的時間間隔, 結果發現干擾前的間隔時間較干擾後的間隔時間短, 且老年組雙重任務表現比單項任務表現的差異較年輕組大, 表示老年組為了維持個體平衡使用較多的注意在平衡干擾任務上。

在雙重任務研究中最常使用反應時間探查技術(Prezuchy

& Etnier, 2001), 如在1988年學者Castiello和Umilta 研究動作任務與反應時間雙重任務時, 發現網球與排球在球場接球任務時反應時間最慢, 說明在接球任務時需要最大注意, 使用較多的注意資源, 而留給反應時間任務較少資源, 故反應時間為最慢。另外Castiello和Umilta也同時研究了100公尺短跑與110公尺欄架, 在整個跑步過程中, 分別在開始及結束時反應時間較中間時期慢, 表明實驗受試者在一開始起跑時, 可能將注意放在槍聲, 而在結束時, 將注意放在終點線上, 所以留給次要任務即反應時間較少資源, 故在這兩個運動分段過程的反應時間最慢。Prezuhy和Etnier(2001)研究馬蹄鐵投擲運動, 研究動作啟動、延伸動作期間、擲出馬蹄鐵至接觸目標前等三個階段, 發現在動作開始啟動與馬蹄鐵落地前的反應時間較延伸動作時期慢, 說明實驗參與者在一開始及結束時比動作延伸時期使用較多的注意(Price, Gill, Etnier, & Kornatz, 2009), 此研究在第二階段反應時間最快, 表示需要較少注意, 留給主要任務較多注意資源, 而一開啟動期與最後的飛行期皆使用較多的注意資源, 故反應時間較慢。Sibley和Etnier(2004)也使用雙重任務設計, 研究排球動作組合的注意需求, 要求實驗參與者在四個研究位置點; 球拋出時、球到最高峰前、過了高峰及實驗參與者觸球前, 聽到聲音盡快回應, 結果發現在第一個研究位置點即球拋出時需要最大注意。此研究表示在球拋出時, 實驗受試者非常專注在觀察球, 留給次要任務較少資源, 故反應時間最慢。Price、Gill、Etnier和Kornatz(2009)研究罰球表現的注意需求, 以準備、預投、投射及飛行等四個研究位置點, 要求實驗參與者各別階段中聽到研究者隨機給予的聲音大聲喊

“球”，並記錄反應時間，結果表示研究位置點1即準備階段需最大注意，其次是研究位置點2即球向上運動到胸部高度時，在研究位置點2預投階段後的其餘階段與基準反應時間比較，並無顯著差異，表明不需要更多注意，意味著罰球在一特定點後需最少注意，是自動進行。

透過以上的研究顯示，不論是在網球、排球、100公尺、110欄、馬蹄鐵運動、籃球等運動，透過同時從事運動任務與反應時間任務的實驗設計，基於注意容量有限假設，發現在運動任務中需要最大注意，佔去有限容量中的大部分，只留給少部分做反應時間任務，故反應時間最慢，表明從事主要任務注意力多，另一反應時間任務即表現不佳，故調查動作技能表現的注意，證明以雙重任務實驗設計及反應時間探查技術是有效的。

第五節 兒童的平衡發展

校園中下課鐘聲一響，兒童即向操場以短距離衝刺、追逐方式進行卡位，而如何避免跌倒、運動傷害的發生是老師們所重視的課題，而探究其原因，不論是一般生活能力或是運動技能表現都與平衡控制能力有關（Gallahue & Ozmun, 2002；Massion & Wollacott, 1996）。

而過去針對兒童姿勢控制發展的研究中，發現姿勢制能力的發展並非隨身齡增長而呈線性增加，而是在不同年齡層呈現階段性發展（Wollacott & Sveistrup, 1992；Shumway-Cook & Wollacott, 1985；Wollacott, Debu, & Mowatt, 1987）。Wollacott、Debu和Mowatt（1987）研究中發現在7歲

至10歲的兒童平衡控制型態幾與成人相近，但若給予較快速移動而干擾平台，原本與成人相近的平衡控制型態則消失。但也有學者研究兒童平衡控制動作發展，在9歲左右的兒童才逐漸開始有與成人相近的姿勢控制表現（Forssberg & Nashner, 1982；Shumway-Cook & Woollacott, 1985；Taguchi & Tada, 1988）。平衡能力可隨年齡增長而發展（Gallahue & Ozmun, 2002）。雖然平衡控制隨著年齡增加而逐漸成熟，各參數達到成熟的年齡則略有不同，如Taguchi和Tada（1988）透過平衡穩定測量板測量60秒的開眼、閉眼的雙足站立平衡，發現身體重心面積方面同成人水準的階段，開眼在9至12歲時，而閉眼則到12至15歲，在重心軌跡長度及身體擺動速度方面，不受視覺影響，皆在12至15歲時達成成人水準，而身體擺動最大幅度，在前後方向擺動在9-12歲達成成人水準，但左右方向擺動至12-15歲才成人水準。

綜合以上研究顯示在9歲兒童的平衡發展，以整體平衡與姿勢控制表現來看，在靜態雙足站立、開眼狀態的身體重心面積，前後方向的擺動最大幅度等平衡參數已趨近於成人水準。但在閉眼狀態的身體重心面積、左右方向的擺動最大幅度、重心軌跡長度及身體擺動速度等平衡參數，在該年齡兒童則尚未發展完整。從上述可知，兒童平衡控制在9歲時期可能是一個關鍵發展階段。

第六節 結語

不論是運動場上的行為或是日常生活中的一般行為，都是經由訊息處理歷程而產生的動作行為。必需經過感官對刺激源的偵測及辨識，接著在擬定幾個可行的方案，最後針對選定的方案進行流程的編排，以完成動作行為。故整個訊息處理歷程的時間會受到刺激源數量、相對應的選擇方案及動作流程編排的影響，當刺激源數量多、供選擇方案多、動作編排複雜等，皆會造成訊息處理的時間較長，也就是反應時間較慢。

先前的研究都是以注意容量有限理論下，以動作任務與反應時間的雙重任務實驗設計，以反應時間任務來推測動作任務所需的注意容量，亦或是以反應時間任務的難度增加，推論可能對動作任務造成影響，而本研究亦是以雙重任務實驗設計方法，研究平衡任務與反應時間任務間是如何互相影響。雙重任務以往研究，皆是以簡單反應任務與動作任務為實驗設計，而本研究特別在反應時間任務加入刺激源，以選擇反應時間任務與動作表現任務來探討：刺激源增加是否符合 Hick 定律，增加反應時間而影響平衡表現。亦或是，以反應時間推測動作任務所需的注意資源，當在動作任務所需的資源增加時，是否因更加專注而提升動作表現。因此，研究以操弄不同刺激源的訊息處理量，探討個體在平衡任務上與操作不同難度任務的訊息處理速度。

第三章 研究方法

本研究依研究問題所需，分成下列內容說明：第一節、實驗參與者；第二節、實驗儀器與設備；第三節、實驗設計；第四節、實驗流程；第五節、資料處理與分析。

第一節 實驗參與者

本研究以 18 名的 9 歲兒童為實驗參與者，實驗參與者採自願方式參加，並在實驗之前由實驗參與者家長簽署一份「實驗參與者家長同意書」(附錄一)以保障實驗參與者的權益，若是之後參與的意願有所改變，仍可告知研究者隨時退出研究並不會對貴子弟有任何的影響。本次研究測量的結果只當作研究之用，相關資料的隱私權亦被保障。實驗參與者的資料如表 1 所呈現。

表 1 實驗參與者基本資料 (n=18)

	n	年齡 (歲)		身高 (公分)		體重 (公斤)	
		M	SD	M	SD	M	SD
男	9	9.47	0.22	138.86	4.46	36.26	6.90
女	9	9.30	0.29	135.90	5.04	31.08	4.27
合計	18	9.38	0.27	137.38	4.86	33.67	6.17

第二節 實驗儀器與設備

本研究所使用之測量儀器與設備包含測量部分與資料處理二部分：

壹、測量部分

- 一、Biodex平衡測試儀(型號950-300)及內建分析軟體(圖3)。
- 二、友聲電子聲光反應器測量儀，訊號刺激設備包含訊號主機1台，燈光設備3個，與反應鍵3個，如圖3所示。
- 三、筆記型電腦1部與號碼球5顆。

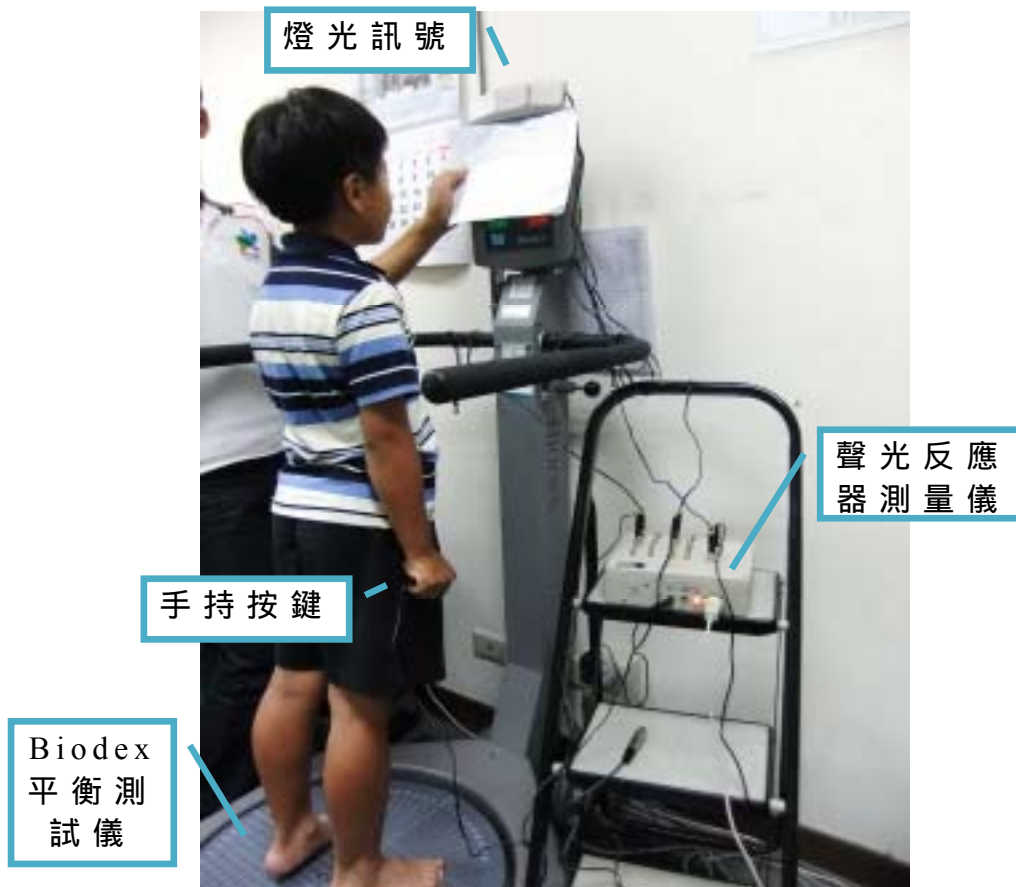


圖 3 實驗儀器設備

貳、資料處理部分

- 一、聲光反應測量儀多功能軟體系統。
- 二、Microsoft Office Excel 2007 版資料分析系統。
- 三、SPSS for Windows 18.0 版統計分析軟體。

第三節 實驗設計

先前研究多以探討動作技能表現任務與簡單反應時間任務的雙重任務實驗設計，本研究以平衡表現任務與簡單反應時間任務外，特別在反應時間任務加上刺激源，以測量選擇反應時間。並以Biodex平衡測量儀器做為身體姿勢平衡控制之評估工具，受試者須以雙腳站立姿勢於穩定等級8的平台上，進行姿勢穩定(postural stability)測試與穩定限度(limits of stability)測試。而所有實驗參與者皆必須隨機完成五種測試，每種測試進行80秒，測試與測試之間休息2分鐘，各項測試詳細說明如下：

壹、站立平衡測試：要求實驗參與者以雙足站立在動態平衡穩定等級8的平台上進行80秒測量。

貳、簡單反應時間測試：要求實驗參與者以坐姿接受測驗，雙手在放在兩側大腿上，以固定前臂僅以慣用手拇指壓住反應鍵，燈光訊號一出現即放開手指，每次連續測量10次。

參、選擇反應時間測試：要求實驗參與者以坐姿接受測驗，雙手在放在兩側大腿上，以固定前臂僅以兩手拇指壓住

反應鍵，燈光訊號一出現即放開手指，本實驗設計為相容反應模式，燈光訊號出現在右側即放開右手，若燈光訊號出現在左側即放開左手，訊號是隨機出現，總測量次數為 10 次。

肆、站立平衡 + 簡單反應時間的雙重任務測試：同時間進行站立平衡測量與簡單反應時間測量，要求實驗參與者以雙足站立在動態平衡穩定測量等級 8 的平台上，並要求實驗參與者雙手在放至身體兩側以固定手臂，並以慣用手拇指壓住反應鍵，燈光訊號一出現即放開手指，每次連續測量 10 次，總測量時間為 80 秒。

伍、站立平衡 + 選擇反應時間的雙重任務測試：同時測量平衡與選擇反應時間實驗，要求實驗參與者以雙足站立在動態平衡穩定測量等級 8 的平台上，並要求實驗參與者雙手在放至身體兩側以固定手臂，並以雙手拇指壓住反應鍵，燈光訊號一出現即放開手指，本實驗設計為相容反應模式，燈光訊號出現在右側即放開右手，若燈光訊號出現在左側即放開左手，訊號是隨機出現，總測量次數為 10 次，總測量時間為 80 秒。

第四節 實驗流程

本研究之實驗參與者為 18 名自願性參加的 9 歲兒童，於正式實驗前皆由家長簽署「實驗參與者家長同意書」。而實驗進行之前，研究者告知實驗參與者本實驗的所有動作操作流程，說明內容包括：雙足站立平衡動作、簡單反應時間、選擇反應時間、雙足站立平衡同時測量簡單反應、雙足站立平衡同時測量選擇反應等，接著研究者示範雙足站立的動作以及手持反應鍵壓住按鈕，當訊號一亮起即放開按鈕，並請實驗參與者一同練習，且告知實驗參與者每種測驗時間皆為 80 秒，當完成一項測驗即休息 2 分鐘，而測驗進行順序是以實驗參與者隨機抽取。研究之實驗流程如圖 4 所示。



圖 4 實驗流程圖

第五節 資料處理與分析

本研究雙足動態站立平衡測驗之原始資料是經由 Biodex 平衡測試系統分析而得到總體指數 (overall stability index) 的穩定指數與搖晃指數、前/後指數 (anterior/posterior index) 的穩定指數與搖晃指數、左右指數 (medial lateral index) 的穩定指數與搖晃指數之運動學參數。

平衡測量結果使用重複量數單因子變異數分析，比較該年齡兒童在雙足動態站立的平衡能力、雙重任務情境下 0-bit 訊息處理量的動態站立平衡能力與雙重任務情境下 1-bit 訊息處理量的動態站立平衡能力，分析結果若 F 值達到顯著水準，則繼續以 HSD 法進行事後比較。

反應時間測量結果使用重複量數單因子變異數分析，比較該年齡兒童的簡單反應時間、選擇反應時間、雙重任務情境下 0-bit 訊息處理速度與雙重任務情境下 1-bit 訊息處理速度，分析結果若 F 值達到顯著水準，則繼續以 HSD 法進行事後比較。

研究也以 2 (平衡) × 2 (訊息處理量) 重複量數二因子變異數分析，比較站立平衡與訊息處理量是否有交互作用，交互作用若達顯著，則進行單純主要效果考驗，交互作用未達顯著，則進行主要效果考驗。上述所有統計考驗顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

第四章 結果與討論

本研究主要透過雙重任務實驗設計來探討在注意容量有限情況下，兒童站立平衡表現與不同訊息處理量的反應時間之間是否相互影響。而實驗數據經由處理分析後，共分為三個部分說明：第一節、不同情境下平衡表現參數；第二節、不同情境下反應時間與選擇反應時間；第三節、綜合討論。

第一節 不同情境下平衡表現參數

本研究以雙足站立平衡、0-bit 訊息處理量的雙足站立平衡、1-bit 訊息處理量的雙足站立平衡等三種情境的平衡測量，測得的原始資料經由 Biodex 平衡測試儀分析計算，得到整體的穩定指數與搖晃指數，以及前後、左右等不同方向的穩定指數與搖晃指數（表 2）。

從表 3 可了解經變異數分析後，平衡表現的穩定指數：以在單純站立平衡、0-bit 訊息處理量的站立平衡、1-bit 訊息處理量的站立平衡的表現，總穩定指數分別為 1.56 ± 0.74 、 1.63 ± 0.84 、 1.13 ± 0.73 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果達顯著差異， $F(2, 34) = 4.09$ ， $p < .05$ ， $\eta^2 = .19$ ， $\text{power} = .69$ 。再經由 HSD 事後比較三種不同情境的平衡表現，結果發現總穩定指數在 1-bit 訊息處理量的站立平衡表現優於 0-bit 訊息處理量的站立平衡表現（ $p < .05$ ）。而平衡表現的總穩定指數中包含前後、左右二個方向的穩定指數。

表 2 不同情境下平衡表現各因素平均數與標準差

變數	0-bit 訊息處理量		1-bit 訊息處理量		1-bit 訊息處理量	
	站立平衡		站立平衡		站立平衡	
	M	SD	M	SD	M	SD
穩定指數						
總體指數	1.56	0.74	1.63	0.84	1.13	0.73
前後指數	1.10	0.66	1.17	0.76	0.85	0.74
左右指數	0.91	0.64	0.95	0.65	0.52	0.43
搖晃指數						
總體指數	0.57	0.39	0.46	0.30	0.34	0.30
前後指數	0.46	0.35	0.40	0.35	0.30	0.31
左右指數	0.48	0.30	0.42	0.24	0.29	0.16

註：M 為平均數、SD 為標準差

平衡表現的前後穩定指數，在單純站立平衡、0-bit 訊息處理量的站立平衡、1-bit 訊息處理量的站立平衡，分別為 1.10 ± 0.66 、 1.17 ± 0.76 、 0.85 ± 0.74 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果未達顯著差異， $F(2, 34) = 2.09$, $p > .05$, $\eta^2 = .11$, $power = .40$ (表 3)。

在單純站立平衡、0-bit 訊息處理量的站立平衡、1-bit 訊息處理量的站立平衡的表現，左右穩定指數分別為 0.91 ± 0.64 、 0.95 ± 0.65 、 0.52 ± 0.43 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果達顯著差異， $F(2, 34) = 3.70$, $p < .05$, $\eta^2 = .18$, $power = .64$ (表 3)。

再經由HSD事後比較三種不同情境的平衡表現，結果發現左右穩定指數在1-bit訊息處理量的站立平衡表現優於0-bit訊息處理量的站立平衡表現 ($p < .05$)。

從表3可了解經變異數分析後，平衡表現的搖晃指數，在單純站立平衡、0-bit訊息處理量的站立平衡、1-bit訊息處理量的站立平衡的表現，總搖晃指數分別為 0.57 ± 0.39 、 0.46 ± 0.30 、 0.34 ± 0.30 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果達顯著差異， $F(2, 34) = 4.61$, $p < .05$, $\eta^2 = .21$, $power = .74$ 。再經由HSD事後比較三種不同情境的平衡表現，結果發現總搖晃指數在1-bit訊息處理量的站立平衡表現優於單純平衡表現 ($p < .05$)。而平衡表現的總搖晃指數中包含前後、左右二個方向的搖晃指數。

平衡表現的前後搖晃指數，在單純站立平衡、0-bit訊息處理量的站立平衡、1-bit訊息處理量的站立平衡，分別為 0.46 ± 0.35 、 0.40 ± 0.35 、 0.30 ± 0.31 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果未達顯著差異， $F(2, 34) = 2.49$, $p > .05$, $\eta^2 = .13$, $power = .47$ (表3)。

在單純站立平衡、0-bit 訊息處理量的站立平衡、1-bit 訊息處理量的站立平衡的表現，左右搖晃指數分別為 0.48 ± 0.30 、 0.42 ± 0.24 、 0.29 ± 0.16 。就三種不同情境的平衡表現，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果達顯著差異， $F(2, 34) = 4.35$, $p < .05$, $\eta^2 = .20$, $power = .72$ (表3)。再經由HSD事後比較三種不同情境的平衡表現，結果發現左右搖晃指數在1-bit 訊息處理量的站立平衡表現優於單純平衡表現， $p < .05$ 。

表 3 平衡表現指數的變異數分析摘要

變異來源	MS	F	p	η^2	power
總體穩定指數					
情境 ^a	1.35	4.09*	.03	.19	.69
殘差 ^b	0.33				
前後穩定指數					
情境 ^a	0.52	2.09	.14	.11	.40
殘差 ^b	0.25				
左右穩定指數					
情境 ^a	1.02	3.70*	.04	.18	.64
殘差 ^b	0.28				
總體搖晃指數					
情境 ^a	0.23	4.61*	.02	.21	.74
殘差 ^b	0.05				
前後搖晃指數					
情境 ^a	0.12	2.49	.10	.13	.47
殘差 ^b	0.05				
左右搖晃指數					
情境 ^a	0.17	4.35*	.02	.20	.72
殘差 ^b	0.04				

註：* $p < .05$

η^2 = 處理效果 (effect size)

^adf = 2 ; ^bdf = 34

第二節 不同情境下反應時間與選擇反應時間

本研究以單一任務的簡單反應時間（0-bit 訊息處理量）、單一任務的選擇反應時間（1-bit 訊息處理量）、雙重任務的簡單反應時間（0-bit 訊息處理量）、雙重任務的選擇反應時間（1-bit 訊息處理量）等四種情境的反應時間測量，測得各種情境的反應時間平均數與標準差呈現如圖 5。

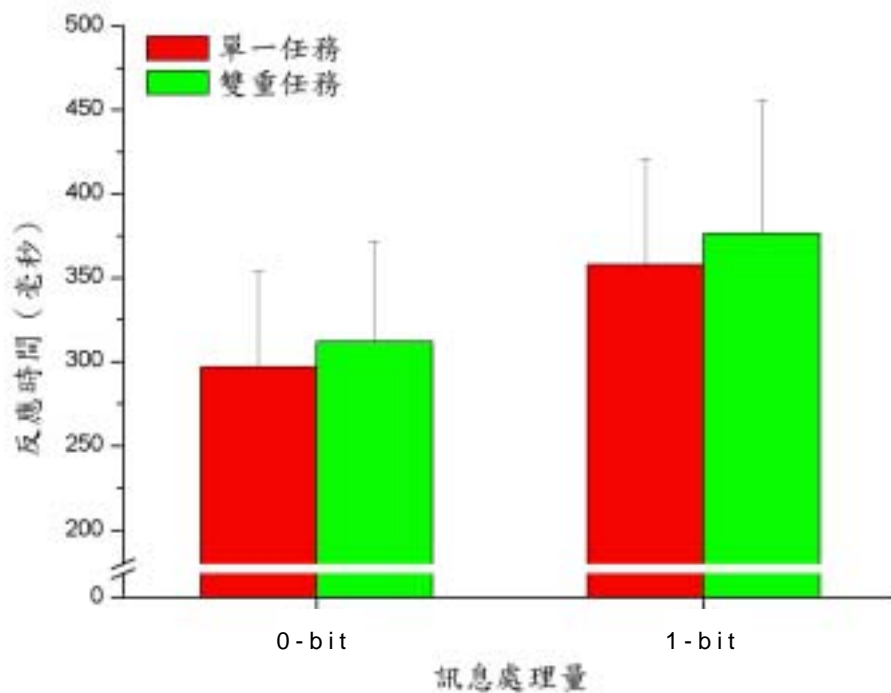


圖 5 單一任務與雙重任務在不同訊息處理量的反應時間

表 4 不同情境下反應時間 (毫秒) 的平均數與標準差

	0-bit 訊息處理量		1-bit 訊息處理量	
	M	SD	M	SD
單一任務	296.98	57.51	357.52	63.66
雙重任務	311.75	59.99	376.38	79.15

註：M 為平均數、SD 為標準差

表 5 反應時間的變異數分析摘要

變異來源	df	MS	F	p	η^2	power
情境	3	25225.05	21.89*	.00	.56	1.00
殘差	51	1152.63				

註：* $p < .05$

η^2 = 處理效果 (effect size)

在單一任務的簡單反應時間 (0-bit 訊息處理量)、單一任務的選擇反應時間 (1-bit 訊息處理量)、雙重任務的簡單反應時間 (0-bit 訊息處理量)、雙重任務的選擇反應時間 (1-bit 訊息處理量)，反應時間分別為 296.98 ± 57.51 毫秒、 357.52 ± 63.66 毫秒、 311.75 ± 59.99 毫秒、 376.38 ± 79.15 毫秒 (表 4)。就四種不同情境的反應時間，經由重複量數單因子變異數分析後，統計考驗結果達顯著差異， $F(3, 51) = 21.89$ ， $p < .05$ ， $\eta^2 = .56$ ， $power = 1.0$ (表 5)。再經由 HSD 事後比較四種不同情境的反應時間，結果發現單一任務的簡單反應時間快於單一任務的選擇反應時間，也快於雙重任務的選擇反應時間， $p < .05$ 。而雙重任務的簡單反應時間快於單

一任務的選擇反應時間也快於雙重任務的選擇反應時間 ($p < .05$)。

單一任務情境下的簡單反應時間與選擇反應時間分別為 296.98 ± 57.51 毫秒、 357.52 ± 63.66 毫秒，在雙重任務情境下的簡單反應時間與選擇反應時間分別為 311.75 ± 59.99 毫秒、 376.38 ± 79.15 毫秒。就平衡因子與訊息處理量因子進行重複量數二因子變異數分析，結果顯示交互作用未達顯著水準， $F(1, 17) = 0.21, p > .05, \eta^2 = .01, \text{power} = .07$ (表 6)。因此，研究則僅就主要效果進行分析，在不同訊息處理量的主要效果分析顯示，在不同的訊息處理量因子有差異存在， $F(1, 17) = 63.59, p < .05, \eta^2 = .79, \text{power} = 1.00$ (表 6)。而就平衡因子的主要效果分析顯示未達顯著差異， $F(1, 17) = 2.55, p > .05, \eta^2 = .13, \text{power} = .33$ (表 6)。

表 6 反應時間在訊息處理量與平衡之
重複量數二因子變異數分析摘要

變異來源	MS	F	p	η^2	power
訊息處理量 ^a	70510.41	63.59*	.00	.79	1.00
殘差 ^b	1108.76				
平衡 ^a	5089.44	2.55	.13	.13	.33
殘差 ^b	1992.79				
訊息處理量×平衡 ^a	75.29	0.21	.65	.01	.07
殘差 ^b	356.34				

註：* $p < .05$

η^2 = 處理效果 (effect size)

^adf = 1 ; ^bdf = 17

第三節 綜合討論

動作的產生就訊息處理觀點而言，在接收到刺激後，必須經過刺激辨認、反應選擇、反應編序等三個序列式的處理歷程 (Schmidt & Lee, 2005)。而 Posner (1978) 強調如果要深入探索人類訊息處理系統的過程，可採心理計時的觀點。所以，反應時間代表刺激源輸入到動作產生前的這一區間，是為訊息處理所需的時間。然而，在雙重任務研究中最常使用反應時間探查技術 (Prezuhny & Etnier, 2001)。

學者更經常以雙重任務實驗設計，並以反應時間來推測動作任務所需的注意資源 (Castiello & Umilta, 1988; Prezuhny & Etnier, 2001; Price, Gill, Etnier, & Kornatz, 2009; Sibley & Etnier, 2004)。所以，本研究操弄，發現雙重任務的簡單反應時間與單一任務的簡單反應時間無顯著差異 ($p > .05$)，而雙重任務的選擇反應時間與單一任務的選擇反應時間達顯著差異 ($p < .05$)。由此可知，在選擇反應時間的平衡動作相較於簡單反應時間的平衡動作使用較多注意，而以注意的使用量來推測，在選擇反應狀態下的平衡表現，穩定程度高於簡單反應狀態下平衡表現，是以本研究的結果也發現，總穩定指數在 1-bit 訊息處理量的站立平衡表現高於在 0-bit 訊息處理量的站立平衡表現 ($p < .05$)。

本研究發現當每增加一個刺激源後，不論是在單一任務或是雙重任務情境下，反應時間都隨之增加，1952 年 Hick 的研究發現，即刺激反應選擇增加一個單位，選擇反應時間隨著固定增加相似的數量，且發現以方程式：

$y = a + b [\text{Log}_2 (N)]$ 帶入，有一種強烈趨於線性的關

係，故提出 Hick 定律。但本研究實驗設計只操弄 0-bit 與 1-bit 兩種情境，發現了 9 歲兒童的訊息處理速度與增加幅度是否與 Hick 定律預測曲線相符，則待未來進一步探討。

就 Kahneman 所提注意容量有限理論而言，已知本研究雙重任務情境在 0-bit 訊息處理量的平衡表現較 1-bit 訊息處理量的平衡表現差，主要是因為使用較少的注意資源，致使動作者的注意容量資源存在較多，結果也顯示 0-bit 訊息處理量的反應時間較 1-bit 訊息處理量的反應時間快。但若從 Hick 定律的觀點而言，在雙重任務情境中的 1-bit 訊息處理量的反應時間較 0-bit 訊息處理量的反應時間長，表示需要更多的注意在選擇反應上，而留給平衡任務較少的資源，可能造成 1-bit 訊息處理量的平衡表現較 0-bit 訊息處理量的平衡表現差。

兒童平衡表現穩定程度在增加一項任務時，0-bit 訊息處理量的平衡表現穩定度相對於單純平衡表現的穩定度下降，表明 9 歲兒童的站立平衡，符合注意容量有限理論假設，從事雙重任務時，可能從原本單一任務中剝奪部分注意，致使平衡表現下降。故推測平衡表現下降，其原因可能是加入反應時間任務，對原本的站立平衡產生干擾，注意容量有限的情況下剝奪部分資源，而影響原本的平衡表現。

本研究採開眼雙足站立在動態平衡測量儀上，測量 9 歲兒童站立平衡的整體平衡表現指數的穩定度及搖晃度，在總穩定指數、左右穩定指數、總搖晃指數、左右搖晃指數皆達顯著水準，顯示出在 9 歲兒童其動態平衡控制未達成熟時期。Taguchi 及 Tada (1988) 研究發現，身體擺動最大幅度，在左右方向擺動幅度至 12-15 歲才達到成人水準，身體擺動

最大幅度，在前後方向擺動在 9-12 歲達成人水準相同。而平衡表現指數的穩定度及搖晃度在前後穩定指數、前後搖晃指數皆未達顯著水準，表示在該年齡的平衡表現在前後方向控制的發展較左右方向的控制發展成熟。

而在 1980 年 Donder 所提出削減法，可發現各階段個別時間，雖尚有許多學者提出削減法弊病 (Schmidt & Lee, 2005)，但本研究發現，不論是單一任務或雙重任務，選擇反應時間減簡單反應時間的數值相近，分別為 60.54 毫秒、64.63 毫秒，推測 9 歲兒童的刺激辨認時間量為 62.59 ± 2.89 毫秒。

研究發現 9 歲兒童在訊息處理速度因子與平衡因子，訊息處理中刺激辨別因子的影響高於平衡因子，可能是因該年齡兒童的平衡發展趨於成熟，而兒童期的訊息處理能力在 9 歲兒童階段則較未發展完全，Thomas (1980) 也提出訊息處理速度的發展，研究發現年齡愈小的兒童其訊息處理的能力愈低，而 Grouios (1992) 提出一個訊息處理的能力發展的關鍵期，表明個體在 20 歲前反應時間較短，20 歲後反應時間將隨年齡增長而增加。

綜上所述，注意容量有限情況下，各學者以雙重任務實驗設計反應時間測量來推測注意的分配情形。然而本研究實驗結果也可以使用反應時間探查技術來推測動態平衡站立任務的注意資源。但也有雙重任務的實驗設計是以增加反應時間任務難度來預測對動作的產生干擾情況，而在本研究並無發現這樣的干擾。故個體可自由將有限的注意容量分配於任務間。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究之目的旨在探討平衡與反應時間雙重任務情境，以及操弄不同訊息處理量後，9 歲兒童對注意資源的分配情形，以及對平衡表現、反應時間的影響。實驗參與者為 18 名兒童，實驗要求參與者分別測量簡單反應時間（0-bit 訊息處理量）、選擇反應時間（1-bit 訊息處理量）、單純平衡的單一任務，與站立平衡下的簡單反應時間、站立平衡下的選擇反應時間的雙重任務等五項任務。平衡表現透過 Biodex 動態平衡測量儀檢測與分析系統進行資料收集，反應時間透過聲光反應測量儀測量。統計方法在平衡與反應時間測量結果使用重複量數單因子變異數分析，並以 2（平衡）× 2（訊息處理量）重複量數二因子變異數分析，並以 HSD 法進行事後比較，統計水準訂為 $\alpha = .05$ 。以下僅就研究的結果發現提出結論。

結果發現在平衡表現方面，9 歲兒童整體穩定指數、搖晃指數及左右穩定指數、搖晃指數與文獻相比較後發現尚未發展至成人標準，僅控制前後方向的穩定指數、搖晃指數趨近成熟階段。而反應時間方面，增加一個刺激源的反應時間不論是坐姿或是站立，都顯著高於簡單反應時間，與 Hick 定律所提的刺激源與反應時間成正比的概念相似。而平衡與反應時間二個因子交互作用經統計考驗後雖未達顯著（ $p > .05$ ），但在就主要效果分析後，訊息處理量的不同是有顯著差異存在（ $p < .05$ ）。

雙重任務實驗設計，在注意容量有限情況下，注意的分配情形也為各學者所探討。而本研究實驗結果也認為可以使用反應時間探查技術來推測另一動作任務的注意資源。而相對於以增加反應時間任務難度來預測對動作的產生干擾情況，在本研究未發現這樣的結果。然而注意容量雖然有限，但分配注意的使用可能與個體差異而有所不同。

第二節 建議

以下就本研究結果的分析討論後，提供一些建議供未來在研究及教學上參考：

本研究實驗參與者為 9 歲兒童，發現平衡能力整體發展並未完全，可能影響研究結果，未來在研究設計上可進行相似的實驗設計，增加不同年齡兒童或成人以進一步探討平衡發展效應。而研究更發現兒童的平衡能力在各項指數方面，以左右方向的姿勢控制未呈穩定，且有顯著差異存在，故老師們應思考，在未來的體育教學活動設計，應如何提升小腿兩側肌肉，來增加平衡穩定的能力，更進一步達預防運動傷害之效。

另外，本研究操弄 0-bit 與 1-bit 訊息處理量的兩種情境，研究結果雖與 Hick 定律一致，但在 bit 數愈高的情境下，反應時間隨之增加的幅度也值得探討，而研究得知的結果也可讓老師作為設計教學相關問題時，該年段兒童的訊息處理速度，而在訊息處理量的控制及答題時間的掌握，來增進教學效益。

引用文獻

中文部分

- Eysenck, M. W., & Keane, M. (2003)。 *認知心理學* (李素卿譯)。臺北市：五南。(原著出版於 2000 年)
- 胡名霞 (2009)。 *動作控制與動作學習* (第三版)。臺北市：金名。
- 張春興 (1996)。 *教育心理學*。臺北市：東華。

英文部分

- Abernethy, B. (2001). Attention. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas, & C. M. Janelle (Eds), *Handbook of sport psychology* (pp. 53-85). New York: John Wiley.
- Boutcher, S. H. (1992). Attention and athletic performance: An integrated approach. In T. S. Horn (Ed.), *Advances in sport psychology* (pp. 251-265). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Broadbent, D. E. (1958). *Prtception and communication*. New York: Pergamon Press.
- Brown, L. A., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1999). Attentional demands and postural recovery: The effects of aging. *Journal of Gerontoloty: Medical Sciences*, 54, 165-171.
- Castiello, U., & Umilta, C. (1988). Temporal dimensions of mental effort in different sports. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 199-210.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some

- theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Forsberg, H., & Nashner, L. M. (1982). Ontogenetic development of postural control in man: Adaptation to altered support and visual conditions during stance. *The Journal of Neuroscience*, 2(5), 545-552.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2002). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (5th ed.). Singapore: McGraw-Hill.
- Geurts, A. C. H., & Mulder, T. W. (1994). Attention demands in balance recovery following lower limb amputation. *Journal of Motor Behavior*, 26, 162-170.
- Green, M. (2000). "How long does it take to stop?" Methodological analysis of driver perception-brake times. *Transportation Human Factors*, 2, 195-216.
- Grouios, G. (1992). On the reduction of reaction time with mental practice. *Journal Sport Behavior*, 15(2), 141-157.
- Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movement and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- Huxhold, O., Li, S. C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 69, 294-305.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs,

- NJ: Prentice-Hall.
- Keele, S. W. (1973). *Attention and human performance*. Pacific Palisades, CA: Goodyear.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleuty, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97, 139-144.
- Magill, R. A. (2007). *Motor learning and control: Concepts and applications* (7th ed.). New York: Mcgraw-Hill.
- Massion, J., & Woolacott, M. H. (1996). Posture and equilibrium. In A. M. Bronstein, T. Brandt, & M. H. Woollacott (Eds.), *Clinical disorders of balance, posture and gait* (pp. 1-18). New York: Oxford University.
- Matenium, G. R. (1976). *Information processing in motor-skill*. New York: Holt, Rainehart & Winston.
- Moray, N. (1967). Where is attention limited? A survey and a model. *Acta Psychologica*, 27, 84-92.
- Pellecchia, G. (2003). Postural sway increases with attentional demand of concurrent cognitive task. *Gait & Posture*, 18, 29-34.
- Prezuhy, A. M., & Etnier, J. L. (2001). Attentional patterns of horseshoe pitchers at two levels of task difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 293-298.
- Price, J., Gill, D. L., Etnier, J., & Kornatz, K. (2009). Free-throw shooting during dual-task performance: Implications for attentional demand and performance, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80, 718-726.

- Proctor, R. W., & Van Zandt, T. (1994). *Human factors in simple and complex systems*. Boston: Allyn and Bacon.
- Sage, G. H. (1984). *Motor learning and control: A neuro psychological approach*. Dubuque, IA: William C. Brown.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1985). The growth of stability: Postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, 17(2), 131-147.
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2004). Time course of attention and decision making during a volleyball set. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75, 102-106.
- Singer, R. N. (1980). *Motor learning and human performance* (3rd ed.). New York: Macmillan.
- Smit, A. S., Eling, P. A. T. M., & Coenen, A. M. L. (2004). Mental effort causes vigilance decrease due to resource depletion. *Acta Psychol*, 11, 187-194.
- Styles, E. A. (2006). *The psychology of attention* (2nd ed.). Hove, UK: Psychology Press.
- Taguchi, K., & Tada, C. (1988). Change of body sway with growth of children. In B. Amblard, A. Berthoz, & F. Clarac (Eds.), *Posture and gait development, adaptation and modulation* (pp. 49-58). Amsterdam: Elsevier Science.

- Thomas, J. R. (1980). Acquisition of motor skills: Information processing differences between children and adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 158-173.
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Whitall, J. (1991). The developmental effect of concurrent cognitive and locomotor skills: Time-sharing from a dynamic perspective. *Journal Expansion Child Psychol*, 51, 245-266.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. New York: Harper Collins.
- Woollacott, M. H., & Sveistrup, H. (1992). Changes in the sequencing and timing of muscle response coordination associated with developmental transitions in balance abilities. *Human Movement Science*, 11, 23-36.
- Woollacott, M. H., Debu, B., & Mowatt, M. (1987). Neuromuscular control of posture in the infant and child: Is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, 19, 167-186.

附錄一：參與研究家長(監護人)同意書

親愛的家長您好：

我是國立台灣體育學院體育學系碩士班的研究生，目前進行一項有關兒童平衡與反應時間影響的研究，由於貴子弟符合研究的條件，因此想邀請貴子弟參與本次研究。本次研究測量的動作是手指壓住反應鍵，訊號出現即放開，及雙足靜態站立於平衡擺動反應板上。所使用的測量儀器與動作完全不會對小朋友造成任何傷害，研究的時間也絕對不會影響貴子弟在學校的學習。另外，本次研究測量的結果只當作研究之用，相關資料的隱私權亦被保障。

最後，非常期盼您的協助！由於您的參與將使本研究可以順利完成。如果您對本次研究或是貴子弟的權益有任何問題，歡迎以電話連絡國立台灣體育學院體育學系碩士班研究生蕭玉君 0926-670928。非常感謝您的支持與參與！

國立臺灣體育學院 體育研究所

指導教授 陳重佑 博士

研究生 蕭玉君 敬上

本人已經詳細閱讀並瞭解上述內容，我同意我的小孩參與上述研究。

學生姓名：

家長簽名：

日期： 年 月 日

表 7 平衡總體穩定指數之 HSD 事後比較

情境	M	SD	平衡	0-bit 訊息	1-bit 訊息
				處理量平衡	處理量平衡
平衡	1.56	0.74	--		
0-bit 訊息 處理量平衡	1.63	0.84		--	*
1-bit 訊息 處理量平衡	1.13	0.73			--

註：*p < .05

表 8 平衡左右穩定指數之 HSD 事後比較

情境	M	SD	平衡	0-bit 訊息	1-bit 訊息
				處理量平衡	處理量平衡
平衡	0.91	0.64	--		
0-bit 訊息 處理量平衡	0.95	0.65		--	*
1-bit 訊息 處理量平衡	0.52	0.43			--

註：*p < .05

表 9 平衡總體搖晃指數之 HSD 事後比較

情境	M	SD	平衡	0-bit 訊息	1-bit 訊息
				處理量平衡	處理量平衡
平衡	0.57	0.39	--		*
0-bit 訊息 處理量平衡	0.46	0.30		--	
1-bit 訊息 處理量平衡	0.34	0.30			--

註：*p < .05

表 10 平衡左右搖晃指數之 HSD 事後比較

情境	M	SD	平衡	0-bit 訊息	1-bit 訊息
				處理量平衡	處理量平衡
平衡	0.48	0.30	--		*
0-bit 訊息 處理量平衡	0.42	0.24		--	
1-bit 訊息 處理量平衡	0.29	0.16			--

註：*p < .05

表 11 反應時間之 HSD 事後比較

反應時間	M	SD	簡單反應	選擇反應	雙重任務 簡單反應	雙重任務 選擇反應
簡單反應	296.98	57.51	--	*		*
選擇反應	357.52	63.66		--	*	
雙重任務 簡單反應	311.75	59.99			--	*
雙重任務 選擇反應	376.38	79.15				--

註：*p < .05