

減算任務之三種難易度對感覺整合測試下 姿勢控制的影響

彭雅祺¹ 羅世忠² 陳惠雅^{3,4,*}

背景和目的：本研究目的在探討三種不同難易度的數學減算任務是否會使靜態站立平衡表現有依序之變化，且其變化是否隨著感覺輸入訊息的情況而不同。**方法：**以感覺整合測試製造六種感覺輸入情況。除單一平衡任務外，15名健康年輕人另在雙重作業中一邊維持穩定站立姿勢、一邊執行簡單、中等、困難三種數學減法測試。主要分析變項為平衡分數，以二維重複量數變異數分析進行。**結果：**不同難易度之數學減算任務與六種感覺情況並沒有互動效應($p=0.764$)；不同難易度之數學減算任務未造成平衡分數之依序改變($p=0.682$)。**結論：**三種不同難易度的數學減算任務並沒有造成姿勢穩定度之依序變化，此現象也沒有隨著站立時感覺輸入訊息的差異而不同，這可能是由於本研究之受試族群為健康年輕人且平衡任務有其任務優先性，未來應針對注意力資源受損之族群進行研究，並調整測試指令或更改第二任務類型，以利未來發展針對靜態站立平衡的雙重作業表現的臨床測試。(物理治療 2012;37(1):60-65)

關鍵詞：姿勢控制、感覺整合測試、雙重作業、任務難易度

姿勢控制需要相當程度的注意力資源，¹ 臨床上我們可以觀察到病患在學習姿勢控制任務的過程中，從非常需要專注力到漸漸可以同時聊天回答並注意環境變化。自從西元1985年第一篇合併站立平衡任務與記憶任務的研究發表之後，² 雙重作業(dual tasking)已經成為姿勢控制研究領域的一大主流。雙重作業測試可以測試受測者的注意力資源有效分配能力，屬於執行功能(executive function)的一部分。^{3,4} 目前已經有些臨床測試專門被設計來評估病患進行雙重作業的能力，例如說話時行走停頓測試(Walking while talking)、⁵ 計時起走測試合併數學減算任務(Timed up and go test combined with counting backward by threes)，⁶ 在在顯示了雙重作業在評估姿勢控制之臨床應用。

過去研究發現雙重作業對靜態站立平衡的影響力除了取決於受試者年齡與平衡能力之外，也受到一些任務設計的因素所影響，例如認知任務的難易度。Huxhold等學者將反應時間任務分為四個等級的難易度—只聽不必反應、對聽到的特定數字做出反應、對兩個步驟前聽到的相同數字做出反應、對兩個步驟前看到出現在相同位置的點做出反應，他們提出一個U型理論—較簡單的認知任務會使受試者因為專注在認知任務上而使站立平衡控制變得自動化，進而促進站立平衡任務表現，而較困難的認知任務則會使注意力資源不敷使用，進而衝擊站立平衡任務表現；他們的研究結果發現不論是年輕或老年受試者的較簡單認知任務研究結果都與此假說相符，而較困難認知任務的假

¹ 中山醫學大學醫學檢驗暨生物技術學系碩士班乙組

² 中山醫學大學職能治療學系

³ 中山醫學大學物理治療學系

⁴ 中山醫學大學附設醫院物理治療室

通訊作者：陳惠雅 中山醫學大學物理治療學系 402台中市南區建國北路一段110號

電話：(04)2473-0022 轉 12379 E-mail: hychen@csmu.edu.tw

收件日期：100年10月28日 修訂日期：101年1月6日 接受日期：101年1月13日

說則只有老年組受試者符合。Huxhold等學者認為，對於年輕受試者而言，他們所設計的較困難認知任務似乎還是不夠困難。⁷ 以上文獻回顧顯示，認知任務的難易度會影響年輕和老年族群的站立平衡控制，不同的難易程度會造成不同的影響，測試時必須使用足夠難度的認知任務才會看到平衡控制受衝擊。

感覺輸入訊息的變化也會影響雙重作業下之靜態站立平衡表現。Teasdale等學者研究視覺輸入有無以及站立平面軟硬度的影響，⁸ 他們發現無論是年輕組或老年組的站立平衡表現都不受同時進行聽覺反應時間任務的影響。Shumway-Cook和Woollacott研究六種感覺整合測試的情況，⁹ 他們發現年輕組的站立平衡表現不受同時進行聽覺反應時間任務的影響，健康老年組在感覺輸入受剝奪或干擾較多的第五、六種情況下的站立平衡表現因為同時進行聽覺反應時間任務而變差，跌倒老年組則在六種情況下的站立平衡表現都因為同時進行聽覺反應時間任務而變差。以上文獻回顧顯示，感覺輸入訊息的變化可能會影響雙重作業下之靜態站立平衡表現，尤其是曾經跌倒的老年人，但相關文獻所採用的認知任務都是非常簡單的，並沒有難易度的分層，也看不出認知任務難易度與感覺輸入訊息變化的交互作用。

由於過去未曾有研究同時探討不同難度之認知任務以及不同感覺輸入訊息對靜態站立平衡的綜合影響力，因此本前驅研究旨在健康年輕族群中探討此議題。靜態站立任務方面，我們選擇使用在大型研究機構與醫院中常配備的感覺整合測試，以六種感覺情況來分析受試者在不同的感覺輸入訊息下的靜態站立平衡表現，此測試雖然需要昂貴儀器，但也有不需儀器的臨床簡易版(Clinical Test for Sensory Interaction in Balance)可供使用。¹⁰ 考量到目前有關感覺整合測試的雙重作業研究使用的認知任務大都是非常簡單的聽覺反應時間任務，如果要測量其任務表現也需要特別的儀器，較不容易在臨床上使用；所以，我們選擇使用不需儀器即可執行的數學減算任務，過去研究指出數學減算任務較反應時間任務在雙重作業測試中更能夠區辨受試者是否會跌倒。¹¹ 我們將數學減算任務分為三種難易度：簡單(兩個個位數相減)、中等(十位數減個位數)、困難

(兩個十位數相減)，前置實驗發現兩個十位數相減對大多數年輕人來說都是具相當難度的任務，需要較長的處理時間並且錯誤答題率也較高，應屬於難度足夠的認知任務。我們的假說是三種不同難易度的數學減算任務會使平衡控制有依序之變化，簡單的任務可能會促進平衡表現，而困難的任務可能會衝擊平衡表現；此外，我們也預期上述變化會隨著六種感覺輸入訊息的感覺整合測試情況而不同，這樣的互動效應可能只表現在最具挑戰性、最能夠區辨跌倒¹²的第五、六種感覺整合測試情況。

方 法

本研究採方便取樣，受試者為15名就讀本校大學部或碩士班的健康學生，11男4女，年齡介於18到25歲，平均年齡 21.33 ± 2.16 歲。感覺整合測試利用電腦動態姿勢平衡儀(SMART Balance Master system, NeuroCom International Inc., Clackamas, Oregon, USA)，此測試製造三種視覺輸入狀況：張眼、閉眼、視覺環境依足底壓力中心位移等比例前後晃動，兩種站立平面狀況：地板固定、地板依足底壓力中心位移等比例前後晃動，因此組合後共有六種感覺訊息輸入情況(表1)。雙重作業中的數學減算任務有三種難易度：簡單(兩個個位數相減)、中等(十位數減個位數)、困難(兩個十位數相減)，我們預先準備了可供隨機挑選的題庫，以確認受試者不會碰到一模一樣的題目，同時也幫助實驗者紀錄答案之正確與否。本研究業已通過本校附設醫院人體試驗委員會審查。

在正式收集資料之前，受試者先各在單一平衡任務及雙重作業測試下練習感覺訊息輸入情況中最具挑戰性的第五、六種情形。實驗正式開始，奇數號受試者首先進行單一平衡任務的測試，以隨機順序測試第一到六種感覺訊息輸入情況各一次。接著進行雙重作業測試，受試者必須一邊維持穩定站立姿勢一邊執行數學減算任務，以隨機順序進行六種感覺訊息輸入情況，每一種感覺訊息輸入情況都搭配隨機的簡單、中等、困難數學減算任務各一次。偶數號受試者則先進行雙重任務測試，再做單一平衡任務測

表1. 感覺整合測試之六種情況

站立平面狀況	視覺輸入狀況		
	張眼	閉眼	視覺環境依足底壓力中心位移等比例前後晃動
地板固定	情況一	情況二	情況三
地板依足底壓力中心位移等比例前後晃動	情況四	情況五	情況六

試。每次測試進行二十五秒，第六秒起儀器才開始記錄資料，大約在第六、十六秒時實驗者會唸出數學減算任務的題目各一題，受試者計算完成後須默記答案，於測試完成後同時說出兩題的答案。為了使數學減算任務和站立平衡任務的表現同時被重視，受試者並未被告知任何有關任務優先性的指令。^{13,14} 每個受測者的受測時間約為三十分鐘。

我們以獨立性卡方檢定分析數學減算任務的答題正確人次，檢驗正確答題數(0,1,2題)的人次其是否分別受難易度以及感覺情況的影響。主要分析變項為 SMART Balance Master 輸出之平衡分數 (equilibrium score)，此分數藉由力板收集的足底壓力中心前後變化而算出，分數越接近滿分一百代表姿勢穩定度越高。利用 SPSS 18.0 進行二維重複量數變異數分析 (六種感覺情況 × 四層認知任務情況)，顯著水準設為 0.05，事後比較採用經 Bonferroni 法調整信賴區間之成對比較。

結 果

無論何種感覺情況，數學減算任務的正確答題數的人次皆依任務難度有依序之表現(表 2.)，簡單任務時答對 0、1、2 題的人次分別有 0、1、89 人次，中等任務時則分別有 0、8、82 人次，困難任務時分別有 13、26、51 人次，獨立性卡方檢定顯示此三種任務確實與難易程度有相關 ($X^2_{(4, N=270)}=65.57, p=0.000, \phi=0.49$)。數學減算任務的正確答題數的人次與六種感覺情況則沒有明顯相關 ($X^2_{(10, N=270)}=3.09, p=0.979$)。此外，我們歸納答錯一題者的答错题目分別在第六秒、第十六秒的人次，發現簡單任務時分別有 1、0 人次、中等任務時分別有 3、5 人次、困難任務時分別有 15、11 人次，顯示受試者大多並非因記憶問題而答錯。

二維重複量數變異數分析 (六種感覺情況 × 四層認知任務情況) 結果顯示不同難易度之數學減算任務與六種感覺情況並沒有互動效應 ($p=0.764$)。不同難易度之數學減算任務並未造成平衡分數之改變 ($p=0.682$) (圖 1.)。感覺情況的主效應達顯著差異，因球形檢定的結果為顯著 ($X^2=84.22, p=0.000$)，故採用 Greenhouse-Geisser 調整自由度 ($\epsilon=0.386, F_{1,932.27,048}=49.28, p=0.000, \eta^2=0.779$)，事後比較的結果顯示，除了感覺情況二和四、五和六之間未達顯著，其餘情況之間的差異皆達顯著。

討 論

過去未曾有研究同時探討不同難度之認知任務以及不同感覺輸入訊息對靜態站立平衡的影響，因此本前驅研究探討了三種不同難易度的數學減算任務是否會使平衡控制有依序之變化，且其變化是否隨著六種感覺輸入訊息的感覺整合測試情況而不同。研究結果與我們的假說相抵觸：在一群年輕受試者族群，我們發現三種不同難易度的數學減算任務並沒有造成姿勢穩定度之依序變化，其影響也沒有隨著不同感覺輸入訊息的情況而不同。

Dault 等學者¹⁵ 使用三種難易度的史初普叫色 (Stroop) 測試在一群年輕受試者身上，他們發現選擇性注意力任務的難易度不會影響站立平衡任務的表現。這樣的結果暗示三種難易度的史初普叫色測試的難度差距不大，其答題速度之認知任務表現並沒有統計上之差異，極可能對年輕受試者而言都位於中等難度。Swan 等學者¹⁶ 針對一群年輕受試者進行了兩種不同難易度的布魯克 (Brooks') 測試，他們發現站立平衡只受到較難的空間記憶任務所影響，相對較簡單的空间記憶任務則不影響站立平衡表現；我們進一

表 2. 依三種數學減算任務難度搭配六種感覺輸入情況呈現的數學任務表現，呈現答對 0 題、1 題、2 題之總人次

三層認知任務情況	六種感覺情況			情況一			情況二			情況三			情況四			情況五			情況六			總人次		
	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題	0題	1題	2題
簡單	0	1	14	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	1	89
中等	0	2	13	0	2	13	0	1	14	0	0	15	0	2	13	0	1	14	0	1	14	0	8	82
困難	3	2	10	1	6	8	2	4	9	2	6	7	3	4	8	2	4	9	13	26	51			
總人次	3	5	37	1	8	36	2	5	38	2	6	37	3	6	36	2	5	38						

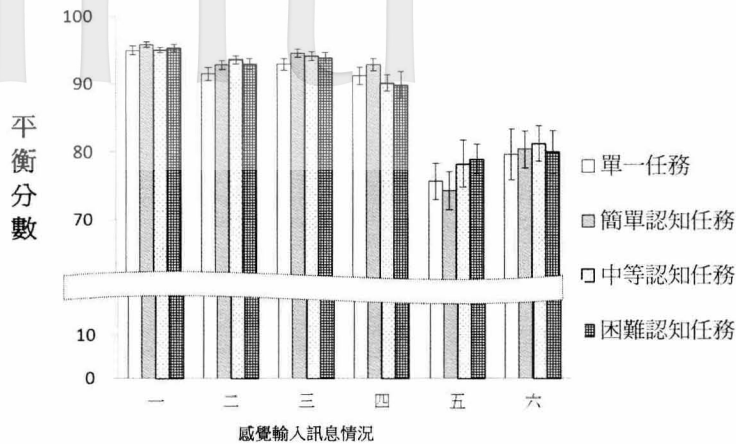


圖 1. 依數學減算任務難度呈現之六種感覺輸入情況的平衡分數表現，另呈現正負一個標準誤。(N=15)

步檢視Swan等學者¹⁶的研究結果發現這兩種難易度的記憶正確率之認知任務表現有明顯分別。Riley等學者的研究結果¹⁷和Swan等學者¹⁶的類似，他們發現站立平衡只受到較難的數字記憶任務所影響，相對較簡單的數字記憶任務則不影響站立平衡表現；且四種難易度的錯誤率之認知任務表現有明顯分別。以上文獻顯示，不同難易度的認知任務需各自具備一定程度的困難度，且彼此之間需具備足夠的難度差異性，才會導致平衡控制的不同變化。因此，本研究選用相當困難的困難級數學減算任務，15名受試者、90總人次中平均只有51人次能兩題全部答對，並且從答題正確人次來看三種數學減算任務確實呈現難易程度之依序變化。

然而研究結果發現數學減算任務的答題正確人次雖依難度有依序之表現，卻沒有如我們所預期地造成姿勢穩定度之依序變化。這可能是因為受試者並未被告知任何有關任務優先性的指令，並且受試者不會因在認知任務表現不佳而受到懲罰，造成受試者沒有如我們預期地同時重視數學減算任務和站立平衡任務，^{13,14}反而可能優先分配注意力資源到有安全顧慮的站立平衡任務上，以確保站立平衡表現不受影響。Mitra和Fraizer兩位學者的研究¹⁸發現，任務優先性的指令確實會造成雙重作業表現的不同結果，因此，未來的研究設計可以明確的任務優先性指令配合適當的獎懲制度，來確立受試者的注意力資源分配。此外，選擇執行效果不佳則導致較嚴重後果的第二任務類型也許是另一個可行方案，例如拿水杯任務若執行不佳時則水會溢

出，透過裝入的水位高低變化能夠調整任務難易度，也是可以列入考量的任務類型。

我們的研究結果也顯示在感覺整合測試中，即使我們採取了相當具挑戰性的認知任務，三種不同難易度的數學減算任務所造成的平衡表現變化並沒有隨著不同感覺輸入訊息的情況而不同。根據Shumway-Cook和Woollacott⁹的研究結果，一種難度的聽覺反應時間任務與不同感覺情況的互動效應在年輕組、健康老人組與跌倒老人組是不同的，因此我們預期未來實驗可能必須針對老年人或其他注意力資源受損之族群進行研究，才能看到不同難易度之認知任務與不同感覺情況之互動效應。

目前雖然已發展出說話時行走停頓測試、⁵計時起走測試合併數學減算任務⁶的雙重作業臨床測試，但兩者都是評估行走時的雙重作業能力。截至目前為止並沒有一個標準的臨床測試特別針對靜態站立平衡的雙重作業表現而設計，但這樣的測試對於評估病患剛學習簡單姿勢控制時的平衡表現變化卻是特別的重要。

本前驅研究有兩項主要限制。首先，我們所選用的主要分析變項為儀器直接輸出之平衡分數，此分數可能不夠敏感，無法偵測出不同難度之認知任務以及不同感覺輸入訊息對年輕人靜態站立平衡的影響。其次，我們的受試人數為15位，統計檢定力並不足夠(observed power=0.144)。總結來說，本前驅研究為第一個同時探討不同難度之認知任務以及不同感覺輸入訊息對靜態站立平衡的影響的實驗。雖然並沒有如預期地看見三種不同難易

度的數學減算任務造成平衡控制有依序之變化，也沒有看見這樣的變化隨著六種感覺輸入訊息的感覺整合測試情況而不同，然而根據本前驅研究結果，我們建議未來相關研究應針對老年人或其他注意力資源受損之族群、增加受試人數來進行研究，並且考量任務優先性可能造成的影響，例如調整測試指令或更改第二任務類型，以利未來發展針對靜態站立平衡的雙重作業表現的臨床測試，例如未來可以發展三種不同難易度的拿水杯任務合併感覺整合臨床測試 (Clinical Test for Sensory Interaction in Balance)。¹⁰

致 謝

感謝國科會計畫 (NSC 98-2314-B-040-006-MY2) 經費支持。

參考文獻

1. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002;16:1-14.
2. Kerr B, Condon SM, McDonald LA. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1985;11:617-22.
3. Alexander NB, Hausdorff JM. Guest editorial: Linking thinking, walking, and falling. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:1325-8.
4. Yogeve-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord* 2008;23:329-42.
5. Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y. "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 1997;349:617.
6. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000;80:896-903.
7. Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Lindenberger U. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull* 2006;69:294-305.
8. Teasdale N, Bard C, LaRue J, Fleury M. On the cognitive penetrability of posture control. *Exp Aging Res* 1993;19:1-13.
9. Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: The effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:M10-6.
10. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Phys Ther* 1986;66:1548-50.
11. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2011;35:715-28.
12. Buatois S, Gueguen R, Gauchard GC, Benetos A, Perrin PP. Posturography and risk of recurrent falls in healthy non-institutionalized persons aged over 65. *Gerontology* 2006;52:345-52.
13. Bloem BR, Grimbergen YA, van Dijk JG, Munneke M. The "posture second" strategy: A review of wrong priorities in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 2006;248:196-204.
14. van Iersel MB, Kessels RP, Bloem BR, Verbeek AL, Olde Rikkert MG. Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:1344-9.
15. Dault MC, Geurts AC, Mulder TW, Duysens J. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait Posture* 2001;14:248-55.
16. Swan L, Otani H, Loubert PV. Reducing postural sway by manipulating the difficulty levels of a cognitive task and a balance task. *Gait Posture* 2007;26:470-4.
17. Riley MA, Baker AA, Schmit JM. Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Res Bull* 2003;62:191-5.
18. Mitra S, Fraizer EV. Effects of explicit sway-minimization on postural-suprapostural dual-task performance. *Hum Mov Sci* 2004;23:1-20.

The Effects of Three-Level Complexity of Subtraction Task on Postural Control Under SOT Test

Ya-Chi Peng¹ Shu-Zon Lou² Hui-Ya Chen^{3,4,*}

Background and Purpose: We examined if three-level complexity of subtraction task would cause an ordered change on quiet standing balance and if the above effect varies with sensory inputs. **Methods:** The Sensory Organization Test was utilized to produce six conditions for sensory input. Apart from the single balance task, during dual-tasking, 15 healthy young participants maintained standing balance and at the same time performed easy, medium, or difficult subtraction tasks. The main analysis variable was equilibrium score; it was analyzed by two-way repeated measure ANOVA. **Results:** The three-level complexity of subtraction task resulted in ordered changes of performance in terms of the number of participants with correct answers. There was no interaction effect between complexity of subtraction task and sensory condition ($p=0.764$), and there was no ordered change of equilibrium score as a function of complexity of subtraction task ($p=0.682$). **Conclusions:** The three-level complexity of subtraction task did not cause ordered change in quiet standing balance and the influence did not vary with different sensory inputs. The results may due to our testing participants were young and healthy or the influence of task priority. Further research is warranted to apply this experimental paradigm, with adjustment for instruction priority or for types of secondary task, to subjects with attention deficit. Clinical tools could then be developed for evaluating dual-tasking effects on quiet standing balance. (FJPT 2012;37(1):60-65)

Key Words: Postural control, Sensory Organization Test, Dual tasking, Level of task complexity

¹ Graduate Institute of Medical Laboratory and Biotechnology, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan

² School of Occupational Therapy, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan

³ School of Physical Therapy, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan

⁴ Physical Therapy Room, Chung Shan Medical University Hospital, Taichung, Taiwan

Correspondence to: Hui-Ya Chen, School of Physical Therapy, Chung Shan Medical University, No. 110, Sec. 1, Jianguo N. Rd., Taichung 402, Taiwan, ROC

Tel: 886-4-2473-0022#12379 E-mail: hychen@csmu.edu.tw

Received: October 28, 2011 Revised: January 6, 2012 Accepted: January 13, 2012