

可攜式學童舒壓背靠產品開發之設計驗證

駱信昌* 林奕瑋**

銘傳大學商品設計學系

* lohc@mail.mcu.edu.tw

** vivian76213@gmail.com

摘要

國小學童書包過重問題已存在多時且有日益惡化的趨勢。改變書包背負姿勢可使重量由肩部平均分散至腰背部，以維持較佳的軀幹姿勢並減輕肌肉疲勞程度。因此本研究之目的為可攜式學童舒壓背靠之設計驗證。本研究針對 20 位國小學童（男 11 名，女 9 名；年齡 10~13 歲）進行模擬負重步行實驗。實驗自變項為三個書包負重水準，分別為：無負重、背負 15%負重率書包、及有舒壓背靠背負 15%負重率書包。依變項共六項，分別為：軀幹前傾角度、腰椎彎曲角度、腹直肌群活性、腹斜肌群活性、豎脊肌群活性、及自覺負荷量表。執行的任務是在跑步機上以自選舒適速度行走 1000 公尺。研究結果顯示有舒壓背靠背負書包行走較無背靠時呈現顯著：1.較少的軀幹前傾角度、2.較大的腰椎彎曲角度、3.較低的腹直肌群與豎脊肌群活性。綜合上述人因工程驗證結果，證實本舒壓背靠對維持學童姿勢平衡與降低相關肌肉疲勞程度有正面的效果。本研究同時支持客觀的人因工程驗證機制在產品設計領域的可行性。

關鍵詞：舒壓背靠、勢身體姿勢、肌群活性、主觀不適評比

論文引用：駱信昌、林奕瑋（2014）。可攜式學童舒壓背靠產品開發之設計驗證。《設計學報》，19（4），21-36。

一、前言

書包是國小學童日常使用以背負教材，如教科書、課程用具；及日常個人物品的重要學習載具，但若以不正確的方式背負書包或背負超額負重，將會導致使用者肌肉骨骼傷害或造成疼痛（Bauer & Freivalds, 2009; Sharan, Ajeesh, Jose, Debnath, & Manjula, 2012; Talbotta, Bhattacharya, Davis, Shukla, & Levin, 2009; Whittfield, Legg, & Hedderley, 2005）。研究指出全球罹患下背痛人口的年齡層已降低至學齡時期的兒童，患有下背痛疾病的學童人口比例約介於 11.6%至 58.9%之間，甚至有 8%的學童曾有週期性的下背痛或是連續性的下背痛的經驗（Hunter, St Clair, Lambert, & Noakes, 2002; Olsen et al., 1992; Salminen, Pentti, & Terho, 1992），而且已有相關實驗證實學童發生下背疼痛的發生原因與背負過重的書包有直接的關係（Grimmer & Williams, 2000; Motmans, Tomlow, & Vissers, 2006; Skaggs, Early, D'Ambra, Tolo, & Kay, 2006）。背負較重書包的學童更容易引發下背疼痛，且背負超過 10%負重率（背負重量與背負者體重的比值）的學童約有 50%面臨罹患下背痛的風險（Grimmer & Williams, 2000）。

在台灣，將近三成國小學童所背負的書包重量明顯超過教育部所建議 12.5% 的身體重量，而且以國小六年級學童的書包最重，平均達 4.2 公斤（張曉亭，2003；傅懷慧、郭輝明、李佩育，2005）。另一項研究則指出國小高年級學童約有 31.1% 患有下背痛的問題，其中以非特殊性下背痛（63%）比例最高。此類下背痛的原因主要來自於不正確的負重使得脊椎結構改變，脊椎長期承受彎矩導致下背部肌肉疲勞、疼痛，更嚴重甚至有椎間盤凸出的情形。下背痛可能產生短暫或持續性地背部疼痛以及肌肉麻痺的現象，對日常生活帶來相當大的困擾，尤其是學齡兒童可能因下背痛的症狀而降低到校學習的意願（Bauer & Freivalds, 2009）。此外，國小學童正處於骨骼發育時期，保持正常身體姿勢對於自然成長非常重要。長期姿勢不良容易導致駝背與頸椎變形，甚至會影響生長發育、抑制身高的發展。由於書包超額負重的問題愈來愈受學童家長及國小教師們的重視，因此如何克服上述問題，讓學童安全舒適上學乃當務之急。

許多研究建議處於發育期的學童使用後背式書包，以雙側肩膀承受重量的確較不容易造成腰背痛傷害（Macias, Murthy, Chambers, & Hargens, 2008；Whittfield, Legg, & Hedderley, 2001；傅懷慧等人，2005；黃佳麟，2002）。但仍有許多研究指出學童以雙肩背負超重背包時，由於重心的改變，因此很難保持正常的站立姿勢。學童以超額負重行走時，在步態週期中必需採用較短的步幅、較少的步頻，且花更多在雙腿站立期，此舉會消耗更多能量而降低行走速度（Chow, Ou, Wang, & Lai, 2010；Hong, Li, & Fong, 2008）。當學童背負 10% 以上負重率時，身體便很難保持正常的站立姿勢。也就是說由當背負重量增加時，整體重心會隨之向後移動，使用者必需採取軀幹向前傾斜的策略將整體重心調回正常位置，此時人體脊椎將無法維持自然曲線，而造成頸椎前凸，胸椎後凸，以及腰椎後凸等現象（Hong & Brueggemann, 2000；Li & Hong, 2004；穆映岑，2011）。此外，當負重增加時，向後彎曲的力矩會隨之增加，使用者必需以增加腹部及背部肌群出力產生向前的力矩以達到平衡，但這些肌群會因過分出力而加速疲勞，因此增加姿勢控制的難度（Al-Khabbaz, Shimada, & Hasegawa, 2008；Hong et al., 2008；Motmans et al., 2006；鄭丞堯、洪瑞鴻、許家毓、沈佳薇、林明毅，2012）。除了生理上的不適外，許多學者以主觀評估的方式探討學童背負書包站立或行走時的舒適度（Bauer & Freivalds, 2009；Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Shim, & Kim, 1997；Whittfield et al., 2005）。多數學童認為造成肌肉骨骼不適徵狀的原因可能來自於背負過重的書包（Whittfield et al., 2005），學童主觀的不舒適會降低其上學的意願（Bauer & Freivalds, 2009）。

由此可知，一個考量使用者需求，可維持平衡的背負姿勢，並減少可能引起的骨骼肌肉傷害是現代書包設計相當重要的課題。Amiri、Dezfooli 和 Mortezaei (2012) 曾採用使用者中心設計方法 (User-Centered Design, UCD) 進行人因工程書包設計，其以預設使用情境與擷取學童需求等階段提出新型人因工程書包方案，最後再透過主觀評估測試證實此方案具有改善背負舒適度的效果。使用者中心設計是一個強調源自於使用者需求的參與式設計方法，也就是讓產品或體驗中的使用者位於設計流程的核心。這個方法要求設計者不只是分析與預想產品操作情形，同時也要讓真實使用者進行測試工作。根據 ISO 規範完整的使用者中心設計的流程可分為四個主要階段：1. 具體的使用情境與脈絡、2. 具體的使用者需求、3. 提出解決方案、4. 對方案進行設計驗證（ISO 13407 standard, 1999）。其中設計驗證這是此法相當重要且基本的步驟，藉由產品測試來了解真實使用者的問題並使其符合人因工程準則，可確保最終產品或服務的品質。過去曾有專業醫療器材廠商採使用者中心設計方法進行可攜式學童舒壓背靠的產品開發，首先以德爾菲法分析使用者背負書包的使用情境，接著以分析層級程序法將設計要素轉化為具體的使用者需求，設計人員依此提出設計構想，最後決定最佳構想方案並完成原型製作（駱信昌，2013）。雖然廠商內部討論後認為產品原型符合最初所訂定的設計目標，然而是否能符合使用者的期望，則必需透過設計驗證的階段得以確認。因此本研究目的在於完成使用者中心設計之設計驗證階段，對本舒壓背靠進行人因工程驗證，確認其是否達到維持正常身體姿勢及降低相關生理負擔等目標。

二、文獻探討

2-1 學童負重之軀幹姿勢分析

Hong 等人曾利用動作分析技術針對學童背超額負重產生不良軀幹姿勢進行一系列的研究 (Hong & Brueggemann, 2000; Hong & Cheung, 2003; Li & Hong, 2004)。研究指出學童背負 0%、10%、15%、20% 負重率之雙肩背包於跑步機上步行 20 分鐘後，負重率 0% 及 10% 的軀幹前傾角度無顯著改變，但負重率 15% 及 20% 的前傾角度則顯著較大 (Hong & Brueggemann, 2000)。當學童背負上述四種負重率背包行走 2 公里後的步態分析結果顯示步幅與時間並無顯著差異，但背包重量與步行距離對軀幹前傾角度均有顯著影響，尤其當背包重量達體重 20% 時，會導致軀幹姿勢傾斜角度顯著增加 (Hong & Cheung, 2003)。接著，其探討年齡因素與負重率之間的關係，針對 6 歲及 12 歲的學童分別背負上述四種負重率背包於跑步機上步行 20 分鐘。研究發現相同的負重率於第 1、5、10、15、20 分鐘時的軀幹前傾角度無顯著差異。但當負重率增加時身體傾斜角度隨之增加。相較於未負重時，15% 負重率的軀幹前傾角度顯著地增加。面對相同的負重率，12 歲組學童軀幹前傾角度顯著大於 6 歲組。由此可知，20 分鐘內的負重行走對軀幹前傾角度不會有顯著的影響，但不同年齡與負重率的增加對軀幹前傾角度皆有顯著影響 (Li & Hong, 2004)。在國內，陳佑 (2007) 以國小高年級學童背負不同負重率的背包於步行操場 30 分鐘，結果發現軀幹傾斜角度於 15% 負重率時顯著大於 10% 與 12.5% 負重率。穆映岑 (2011) 探討國小高年級學童於跑步機負重步行 10 分鐘後身體姿勢的改變，結果發現軀幹不同部位的角度會隨著背負重量愈重而顯著改變，負重率 15% 時，頭部伸展角度、頸部伸展角度、軀幹前傾角度、腰椎伸展角度與 0%、5%、10% 負重率均有顯著差異造成不良背負姿勢。

由過去研究可知，當背負的重量越大時，人體更難維持正常姿勢而趨向前傾斜，脊椎無法維持自然曲線造成頸椎前凸、腰椎後凸。因此，具人因工程考量的負重載具應具備減少負重時軀幹前傾角度與維持較大腰椎彎曲角度等兩方面的效果。

2-2 學童負重之肌電圖訊號分析

肌電圖 (electromyography, EMG) 訊號分析廣泛應用於生物力學方面的研究，可用於量測上肢、肩部和背部肌肉於操作特定動作；或背部與下肢肌肉於負重時肌群活性 (activation)，也就是的肌肉活動程度 (Chaffin, Andersson, & Martin, 1999)，是一項評估肌群施力與疲勞程度的重要指標 (Luttmann, Jäger, & Laurig, 2000)。過去已有許多研究利用肌電圖來探討人體負重時肌群活性與疲勞的情形 (Al-Khabbaz et al., 2008; Bauer & Freivalds, 2009; Hong et al., 2008; Motmans et al., 2006; 鄭丞堯等人, 2012; 穆映岑, 2011)。Motmans 等人 (2006) 曾針對新型抗平衡 (counterbalance) 背包的負重狀況進行研究，其請大學生背負 15% 負重率的單肩包、後背包、前背包、及抗平衡背包，並以肌電圖量測腹直肌群 (rectus abdominis) 與豎脊肌群 (erector spinae) 的活性，結果顯示背負後背包時的腹直肌群的活性增加，豎脊肌群的活性下降；而背負前背包或肩背包時的豎脊肌群的活性顯著增加。抗平衡背包由於可將負載均勻分佈在身體的正面與背面，因此腹直與豎脊肌群的活性與無背負時沒有顯著差異。Bauer 和 Freivalds (2009) 使用肌電圖分析中學生以 0%、10%、15%、20% 等四種負重率於靜止站立與在跑步機上行走時斜方肌 (trapezius)、擴背肌 (latissimus dorsi)、豎脊肌群活性的研究。結果顯示靜止站立時各肌群無顯著差異，唯一有顯著肌群活性變化的是負重率 0% 與 20%；以及負重率 10% 與 20% 的豎脊肌群。研究並指出由於後背包可以取代豎脊肌為軀幹的伸肌，因此當負重增加時，腹直肌必需出力調整重心讓軀幹

保持前後的平衡，豎脊肌群的活性便因此下降。Al-Khabbaz 等人（2008）的研究則分析大學生背負上述四種不同負重率背包靜止站立時，腹直肌與豎脊肌的肌群活性。結果顯示腹直肌群的活性隨負重增加而上升，但之間並無比例關係。其中背負負重率 20% 背包的肌群活性與軀幹姿勢有顯著變化。Hong 等人（2008）曾探討背負上述四種不同負重率之書包在跑步機上步行 20 分鐘對國小學童肌群活性和疲勞的影響。肌電圖記錄上斜方肌、下斜方肌以及腹直肌的肌電訊號，結果顯示當負重為 15% 時，下斜方肌在第 15 分鐘時肌肉活性有顯著的增加，而當負重增加為 20% 時，則提前在第 5 分鐘時肌群活性便有顯著性的增加。鄭丞堯等人（2012）則招募 4 位中學生探討背負四種不同負重率及後背、側背、和拖式等三種書包在跑步機上進行 5 分鐘步行。由於人數不足，因此分析結果均無顯著性的影響，但上斜方肌、腹直肌以及豎脊肌在重量增加的情況下，都出現較明顯的肌電圖訊號改變。且在高負重情況下，側背書包的上斜方肌以及豎脊肌訊號改變幅度較其他兩種書包高。

由上述研究可知，人體負重時必需靠腹部與背部相關肌群的控制與協調以達到的身體姿勢的穩定與平衡。當負重增加或背負時間增加時肌群活性會隨之增加，代表相關肌肉愈容易疲勞。當肌肉處於疲勞狀態時可能造成姿勢控制不良，進而容易引起肌肉方面的傷害。因此，具人因工程考量的負重載具應具備分散負重且降低軀幹肌群活性的效果。

2-3 學童負重之主觀不適評比

Pascoe 等人（1997）曾以問卷調查方式探討學生背負書包造成身體不適之主觀評價，結果顯示因書包所造成之身體不適以肌肉疼痛最高佔 67.2%，其次為背痛 50.8%、麻木 24.5%、和肩佔 14.7%。Whitfield 等人（2005）以修正北歐標準肌肉骨骼調查表（nordic musculoskeletal questionnaire）對中學生進行背負書包造成身體肌肉骨骼不適的調查中發現以上半身、肩膀與頸部占多數，平均分別為 73%、58% 與 44%，且有高達 77% 的學生認為造成肌肉骨骼不適的原因可能來自於背負過重的書包。除此之外，運動自覺量表（Rating of Perceived Exertion scale, RPE scale）也是常被用於評估運動負荷的主觀評價方式，主要來自於受測者對於四肢肌肉或呼吸系統的主觀評價，如疲勞、呼吸困難、疼痛等（Borg & Dahlstrom, 1959）。運動自覺量表以數字符號和簡單的文字來表達運動強度和身體感覺，其中最為廣泛使用的有十點自覺負荷（Borg Category Rating 10, Borg CR-10）量表（Borg, 1982）、Borg 6~20 量表（Borg, 1985）等。Bauer 和 Freivalds（2009）使用 Borg CR-10 量表請中學生背負不同負重率書包於靜止站立與在跑步機上行走，針對肩部、中背部、下背部、及全身給予主觀評價。結果顯示除了站立時的肩部之外，Borg CR-10 量表的分數在 0% 及 10% 負重率時無顯著的差異。而當負重率由 10% 上升至 15% 時，Borg CR-10 量表分數在肩部及全身呈現大幅上升。研究者根據 Borg CR-10 量表分數以及軀幹前傾角度建議負重率不要超過 10%。穆映岑（2011）在國小學童背負背包的步行實驗中亦以 Borg CR-10 量表進行受試者身體各部位的主觀不適評比。結果發現當負重率愈重，受試者對於肩頸、背、腰、臀部及下肢的不適評比愈高，尤其肩頸所感受不適的程度最高。

由上述研究可知，主觀評估不適評比可衡量負重率或負重型態對身體造成的不適，當負重率上升時，肩部、頸部、及腰部更容易感到不適。具人因工程考量的負重載具應能讓使用者感到舒適並降低肩頸所感受到的不適。

三、研究方法

本研究徵召 20 位國小學童背負不同負重率書包在跑步機上行走 1000 公尺，同時以客觀的生物力學分析及主觀不適評比完成本舒壓背靠之設計驗證。

3-1 可攜式學童舒壓背靠簡介

本舒壓背靠主要的功能如下：使用者利用魔鬼氈將背靠黏貼至與一般市售國小書包的下半部，接著操作高度調整鈕進行背靠高度的微調，當順時針轉動時背靠向上移動，反之則向下向移動，可以配合使用者身形達到舒適的腰部位置。然後操作曲度調整鈕進行背靠曲度的調整，由下往上撥動曲度調整鈕時，背靠曲度會逐漸增加，使用者可依背負習慣調整至舒適的腰椎曲度。背靠表面以彈性鋼片製作，當背負過重物品時鋼片亦具有緩衝及增加舒適性的效果，如圖 1 所示。



圖 1. 可攜式學童舒壓背靠

(a) 市售國小書包、(b) 背靠本體、(c) 背靠曲面、(d) 高度調整鈕、(e) 曲度調整鈕

3-2 研究受測者

本研究受測者為國小四~六年級學童（男 11 名，女 9 名；年齡 10~13 歲）共 20 位。受測者必需符合下列條件：1.有使用雙肩後背式書包的經驗；2.意識清楚、可溝通；3.無骨骼肌肉及神經生理方面疾病；4.無脊椎關節活動受限情形。受測者相關資料如表 1 所示。

表 1. 受測者基本資料

| 項目，單位（分項） | 平均值±標準差（數量） |
|-----------|-------------|
| 年齡，歲 | 11.4±1.0 |
| 性別，男/女 | 11/9 |
| 身高，公分 | 143.1±12.5 |
| 體重，公斤 | 40.7±13.9 |
| 年級，四/五/六 | 5/8/7 |

3-2 實驗設計

1. 書包背負方式與背負高度

參考過去研究方法 (Chow et al., 2010; Whittfield et al., 2001; 張曉亭, 2003; 傅懷慧等人, 2005; 穆映岑, 2011), 本研究決定採用雙肩後背方式, 並將書包背負高度設定在 T12 的高度。

2. 書包負重率與負重任務

許多國外研究建議負重率應小於 15% (Bauer & Freivalds, 2009; Chansirinukor, Wilson, Grimmer, & Dansie, 2001; Li & Hong, 2004)。本研究訂定 15% 為目標負重率。負重率是根據學童體重的百分比訂定, 計算公式如下:

$$\text{負重率} = \{\text{學童背負的重量(kg)} / \text{學童自身重量(kg)}\} \times 100\%$$

本研究所設定之負重任務包含: a. 無負重 (負重率 0%); b. 無背靠負重 (背負 15% 負重率書包); c. 有背靠負重 (使用舒壓背靠背負 15% 負重率書包)。

3. 步行時間與速度

步行速度過快可能使身體疲勞而影響姿勢的維持, 步行速度過慢則與實際行走的情況不同而導致步態不正常。過去研究根據實驗目的不同, 所設定的步行時間與速度亦不同, 步行時間介於 10~30 分鐘之間; 步行速度則介於 0.75~1.3 m/s 之間 (Li & Hong, 2004; 宋宏偉, 2003; 陳佑, 2007; 穆映岑, 2011)。本研究由先導實驗 (pilot test) 發現受測者為國小四~六年級學童, 身高發育差異性較大, 因此無法固定行走速度, 約介於 0.9~1.1 m/s (3.2~4.0km/hr) 之間。因此在正式實驗時受測者以自選舒適速度於跑步機上完成 1000 公尺步行任務。

4. 軀幹角度之量測

本研究於受測者肩峰 (acromion process) 與髖骨 (iliac crest) 處貼上反光球作為標示, 以靜態站立時肩峰—與髖骨連線與地面垂直線的夾角為軀幹前傾角度。此外, 利用雙軸光纖角度計 (SG65, Biometrics LTD, Newport, UK) 貼於豎脊肌處量測受測者站立時之腰椎彎曲角度。軀幹前傾角度及腰椎彎曲角度以屈曲時為正; 伸張時為負, 如下頁圖 2 所示。

5. 肌電圖訊號

本研究利用表面肌電圖訊號擷取系統 (W4X8 DataLOG, Biometrics LTD, Newport, UK) 紀錄包括腹直肌、腹斜肌 (obliques)、豎脊肌等三個肌群的肌電訊號, 如下頁圖 3 所示, 並採用均方根 (Root Mean Square, RMS) 特徵值評估不同負重任務對使用者主要肌群活性造成的影響。受試者必需先量測最大自主收縮 (Maximal Voluntary Contraction, MVC) 肌電值。再以執行任務時之肌電值與 MVC 肌電值之比值取百分比成為 %MVC, 以表示該肌群出力為可出全力的百分比。

$$\%MVC = \{\text{執行任務之肌電值 (mV)} / \text{MVC 之肌電值 (mV)}\} \times 100\%$$

量測腹直肌 MVC 時, 請受測者躺在床上做仰臥起坐, 當肩胛骨離開床面研究人員即給予受測者肩膀一向床面推的阻力, 並請受測者撐住。腹斜肌 MVC 與腹直肌相同做仰臥起坐, 但伴隨身體向左或向右轉的動作。豎脊肌 MVC 則請受測者趴於床上, 雙手放於身體兩側做上半身抬離床面的姿勢, 當肚臍離開床面研究人員即給予受測者肩膀一向床面推的阻力, 並請受測者撐住。每個 MVC 測試持續 10 秒, 本研究取中間 3~6 秒的訊號平均值為最大自主收縮值。過程中研究人員提醒受測者用力並給予口頭激勵, 以達到 MVC 之效果 (Chaffin et al., 1999)。

6. 主觀不適評比

本研究採用 Borg CR-10 量表對不同負重任務進行主觀不適評比。每完成一項任務，研究人員請受測者以 Borg CR-10 量表針對身體各部位進行主觀不適評比，評估項目包括肩部、背部、及腰部疲勞或不適的程度，依級數共分為 0 分（無不適）至 10 分（非常不適）。

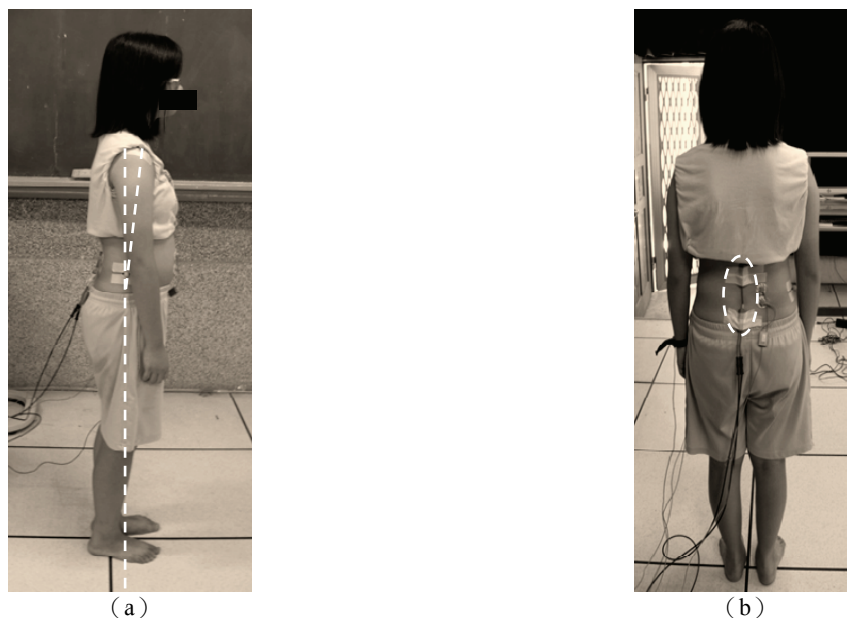


圖 2. 軀幹角度量測方式

- (a) 以肩峰與髌骨連線與地面垂直線夾角（圖中兩虛線夾角）為軀幹前傾角度；
- (b) 以雙軸光纖角度計（圖中虛線橢圓所示）量測腰椎彎曲角度。

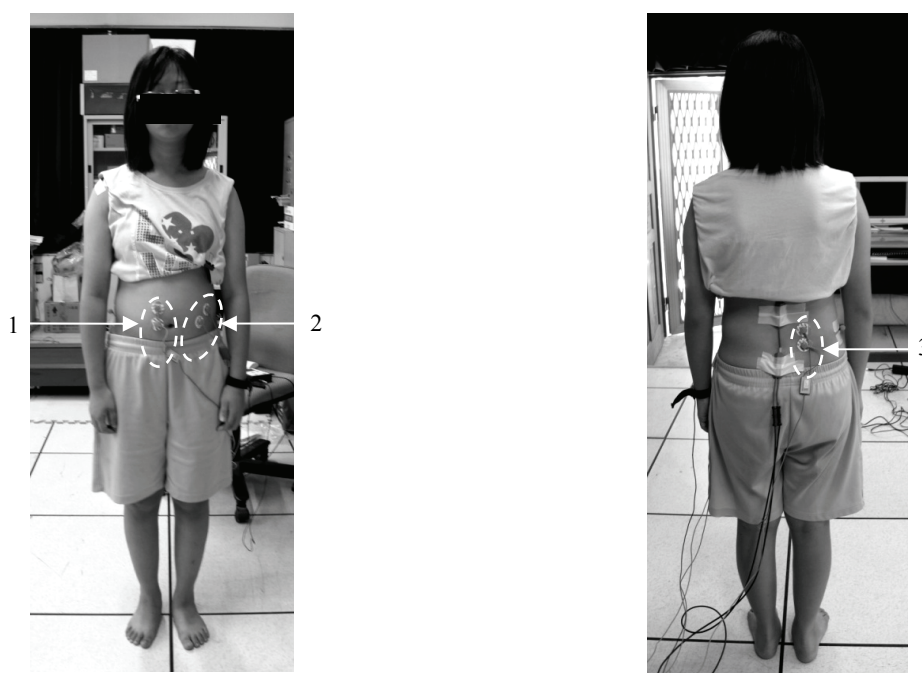


圖 3. 肌電圖訊號量測方式

- 1. 腹直肌群；2. 腹斜肌群；3. 豎脊肌群

3-3 實驗流程

實驗開始前研究人員先向學童及家長說明實驗內容並填寫實驗同意書。任務開始前先請受測者作熱身運動，並背負實驗用書包於跑步機上試走以習慣行走方式。接著受試者以隨機方式進行：a.無負重；b.無背靠負重；c.有背靠負重等任務。任務完成後受測者繼續做緩和運動以利下肢血液回流。實驗流程說明如下：

- (1) 研究人員向受測者說明實驗流程，量測受測者身高、體重。
- (2) 受測者自行調整書包背帶長度、舒壓背靠高度及曲度。
- (3) 研究人員清理電極片黏貼位置表面肌膚，接著在受測者腹直、腹斜、豎脊肌位置貼上電極片，每組電極片中心點間距約 20mm。
- (4) 研究人員在受測者肩峰與髂骨貼上反光球；並於受測者左側豎脊肌位置貼上光纖角度計。
- (5) 任務開始前請受測者於地面靜止站立，研究人員在固定位置以數位攝影機紀錄軀幹角度、以光纖角度計紀錄腰椎彎曲角度；並利用肌電圖紀錄腹直、腹斜、豎脊等肌群活性。最後填寫 Borg CR-10 量表記錄主觀不適程度。
- (6) 任務進行時請受測者以自選舒適速度在跑步機上負重行走 1000 公尺，如圖 4 所示。
- (7) 任務結束後，請受測者於地面靜止站立，再次紀錄軀幹前傾角度、腰椎彎曲角度；三個肌群活性等參數；最後再次填寫 Borg CR-10 量表。



圖 4. 受測者於跑步機上負重行走實驗

3-4 統計分析

本研究以 SPSS (statistical package for social science) 17.0 統計軟體進行分析。除了敘述性統計外，並以重複量數單因子變異數分析 (repeated measures one-way ANOVA) 探討三個自變項 (a.無負重；b.無背靠負重；c.有背靠負重) 在個別依變項 (軀幹前傾角度、腰椎彎曲角度、腹直肌群活性、腹斜肌群活性、豎脊肌群活性、Borg CR-10 量表分數) 之關係是否顯著，若呈現顯著差異則進一步以最小顯著差異 (Least Significance Difference test, LSD) 進行事後比較。

四、結果

本研究以模擬負重步行實驗驗證使用本舒壓背靠對於國小學童軀幹姿勢、相關曲屈與伸展肌群的變化、以及主觀不適評比的影響。實驗結果顯示，任務前／後測之間的各项依變項並無顯著的改變，因此後續皆以步行後的數據進行分析。

4-1 軀幹姿勢分析

首先探討 a.無負重、b.無背靠負重、c.有背靠負重等三個自變項對軀幹前傾角度及腰椎彎曲角度的分析結果，如表 2 所示。受測者軀幹前傾角度在 a.無負重時介於 5.5~21°；b.無背靠負重時介於 6~27.5°；及 c.有背靠負重時介於 5~26.5° 之間。三種背負任務之間有顯著差異 ($p<.05$)，事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重顯著 ($p<.05$) 大於 a.無負重；而 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間並無顯著差異。腰椎彎曲角度在 a.無負重時介於 -39.65~-8°；b.無背靠負重時介於 -35.64~-8.63°；c.有背靠負重時介於 -45~0.49° 之間。三種背負任務之間有顯著差異 ($p<.05$)。事後比較發現 b.無背靠負重顯著 ($p<.05$) 大於 a.無負重及 c.有背靠負重；a.無負重及 c.有背靠負重之間無顯著差異。

表 2. 軀幹姿勢分析 (平均值±標準差；單位：°)

| | a. 無負重 | b. 無背靠負重 | c. 有背靠負重 | P | 事後比較結果 |
|--------|--------------|--------------|--------------|-------|------------|
| 軀幹前傾角度 | 11.08±4.37 | 17.00±5.40 | 16.13±5.19 | .000* | (b, c) > a |
| 腰椎彎曲角度 | -22.57±10.31 | -14.06±11.98 | -21.42±12.11 | .000* | b > (a, c) |

*表顯著差異 $p<.05$

4-2 腹部肌群之肌電圖訊號分析

受測者進行三項負重步行任務後，三個肌群的肌電圖訊號分析結果請參考表 3。腹直肌的%MVC 在 a.無負重時介於 10.01~24.11%；b.無背靠負重時介於 11.21~54.58%；c.有背靠負重時介於 12.00~50.87% 之間。腹直肌群活性在三種背負任務之間有顯著差異 ($p<.05$)。事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重的%MVC 顯著 ($p<.05$) 大於 a.無負重；且 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間亦有顯著差異 ($p<.05$)。腹斜肌的%MVC 在 a.無負重時介於 8.40~38.98%；b.無背靠負重時介於 13.57~54.85%；c.有背靠負重時介於 10.03~54.15% 之間，但腹斜肌群活性在三種背負任務之間無顯著差異。豎脊肌在 a.無負重時介於 7.05~33.12%；b.無背靠負重時介於 16.87~48.84%；c.有背靠負重時介於 9.24~42.17%。豎脊肌%MVC 在三種背負任務之間有顯著差異 ($p<.05$)。事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重的%MVC 顯著 ($p<.05$) 大於 a.無負重；且 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間有顯著差異 ($p<.05$)。

表 3. 腹部肌群之肌電圖%MVC 分析 (平均值±標準差；單位：%)

| | a. 無負重 | b. 無背靠負重 | c. 有背靠負重 | P | 事後比較結果 |
|-----|------------|-------------|-------------|-------|--------|
| 腹直肌 | 16.51±3.53 | 35.95±11.10 | 29.83±9.82 | .000* | b>c>a |
| 腹斜肌 | 18.59±7.58 | 26.19±11.11 | 25.45±13.16 | .174 | |
| 豎脊肌 | 16.77±6.89 | 29.71±8.25 | 23.83±7.77 | .000* | b>c>a |

*表顯著差異 $p<.05$

4-3 主觀不適評比分析

受測者進行三項負重步行任務後，利用 Borg CR-10 量表所獲得之肩、背、腰等三個部位之主觀不適分數請參考表 4。肩部在 a.無負重時分數介於 0~1 分；b.無背靠負重及 c.有背靠負重時則介於 1~4 分之間。肩部主觀不適分數在三種背負任務之間有顯著差異 ($p < .05$)。事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重的分數顯著 ($p < .05$) 大於 a.無負重時的分數；但 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間無顯著差異。背部在 a.無負重時分數介於 0~1 分；b.無背靠負重及 c.有背靠負重時則介於 1~3 分之間。背部主觀不適分數在三種背負任務之間有顯著差異 ($p < .05$)。事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重的分數顯著 ($p < .05$) 大於 a.無負重時的分數；但 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間無顯著差異。腰部在 a.無負重分數時介於 0~1 分；b.無背靠負重及 c.有背靠介於 1~4 分之間。腰部主觀不適分數在三種背負任務之間有顯著差異 ($p < .05$)。事後比較發現 b.無背靠負重及 c.有背靠負重的分數顯著 ($p < .05$) 大於 a.無負重時的分數；但 b.無背靠負重及 c.有背靠負重之間無顯著差異。

表 4. 主觀不適評比分析 (Borg CR-10 量表；平均值±標準差；單位：分)

| | 無負重 | 無背靠負重 | 有背靠負重 | <i>p</i> | 事後比較結果 |
|----|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| 肩部 | 0.20±0.38 | 3.25±0.79 | 3.10±0.79 | .000* | (b, c) > a |
| 背部 | 0.10±0.26 | 2.08±0.83 | 2.10±0.79 | .000* | (b, c) > a |
| 腰部 | 0.10±0.26 | 2.10±0.79 | 2.15±0.93 | .000* | (b, c) > a |

*表顯著差異 $p < .05$

五、討論

5-1 可攜式舒壓背靠之效果

在維持良好軀幹姿勢方面，本研究結果與 Hong 和 Cheung (2003) 所呈現的結果一致，當身體背負重量時軀幹前傾的角度會因此增加，但腰椎彎曲角度則會減少。在無負重時，人體腰椎呈現自然前凸的角度，但加上負重後造成軀幹前傾，腰椎前凸角度減少，其原因可能來自於當身體承受較大重量時，所採取補償性的軀幹彎曲姿態 (Goh, Thambyah, & Bose, 1998)。此時造成腰椎彎曲角度顯著變小，以維持身體平衡。當學童未使用舒壓背靠背負書包時，整體的重心往後方移動，此時為了克服書包的重量，軀幹必需向前傾斜使腰椎後凸以保持身體平衡 (Hong & Brueggemann, 2000)。然而使用舒壓背靠背負書包時，腰部與書包間之背靠可將腰椎向前頂出，因而造成腰椎前凸角度較未使用背靠時顯著增加，軀幹便可維持較自然姿勢。

在降低肌肉疲勞度方面，Hong 等人 (2008) 量測國小學童在背負 15%負重率書包在跑步機上步行 20 分鐘後腹直肌之%MVC 值為 42.8%，高於本研究所測得之平均值，推測可能原因為此項研究所採用的步行速度為 1.1m/s，較本研究 0.9~1.1 m/s 來得快，而且步行時間較本研究長，因此受測者之腹直肌肉群需要產生更大的力量維持姿勢平衡。穆映岑 (2011) 的研究請國小高年級學童背負 15%負重率書包在跑步機上步行 10 分鐘，其豎脊肌群的%MVC 值為 24.3%，與本研究所量測之平均值接近，推測可能是兩個研究的受測者條件較為接近所致。鄭丞堯等人 (2012) 的研究則請中學生背負 15%負重率書包在跑步機上以 1.12m/s 的速度步行 5 分鐘，其腹直肌以及豎脊肌的%MVC 平均值為 54.24%及 38.30%，兩者皆高於本研究所測得之平均值，但由於此研究之受測者僅為四位國中學生，因樣本數太少僅能視為個案表

現。學童背負書包時，整體重心會往後方移動，人體需藉由軀幹的曲屈肌群（腹直肌）將上半身向前傾斜使身體保持平衡，因此，不論是無背靠或有背靠的負重任務，受測者之腹直肌群活性皆較無負重時顯著增加。但有舒壓背靠負重時，腹直肌群的活性較無使用時顯著較低，可能的原因是使用背靠負重時軀幹前傾角度明顯較小，脊椎趨向自然曲線，負重接近身體重心，因此需要較少的肌肉力量即可維持身體的平衡（Hong & Brueggemann, 2000；Motmans et al., 2006）。同樣的現象也發生在豎脊肌群，除了前述原因之外，本研究認為舒壓背靠可能增強書包輔助豎脊肌作為軀幹的伸肌的效果（Bauer & Freivalds, 2009），因此使用舒壓背靠負重時的豎脊肌群活性顯著較無使用時低。而腹斜肌群的主要功用是協助軀幹旋轉及壓縮腹部，本研究背負重物時主要是腹部縱向肌肉及背部肌肉在作用，因此這個肌群在負重行走的情況下，對維持姿勢平衡的貢獻不大。

在主觀不適評比方面，本研究結果指出肩部主觀不適分數較背部及腰部來得高，可能原因是背包重量多由雙肩承受，因此造成肩頸不適程度較高（穆映岑，2011）。各部位主觀不適評比值皆不高，介於 0~4 分，原因可能是受測者所接受之運動強度未達不舒服、呼吸困難或疼痛的感覺，導致受測者之各部位主觀不適評比分數偏低。

5-2 與其他改良式背包之比較

許多研究提出改良書包背負方式或新型書包以解決學童背負過重書包的問題（Lloyd & Cooke, 2000；Motmans et al., 2006；Safikhani et al., 2011；陳俊璋，2011）。陳俊璋（2011）指出改良式側背包具有改善輕度原發性脊椎側彎現象的效果，但受測者來自國小至高中學生，樣本變異性較大，且實驗中並未給予受測者步行測試，因此實際使用上是否有改善效果值得商榷。近來抗平衡的設計策略也被應用在新型人因工程背包的設計上，其將所有負重分為前及後兩部份，並透過背包的背負系統將負重分散至軀幹的前側與背部（Lloyd & Cooke, 2000；Ramadan & Al-Shayea, 2013；Safikhani et al., 2011）。運動力學分析的結果指出抗平衡背包在受測者的肌肉疲勞程度或步行推進力皆優於傳統背包，並可達到維持身體姿勢平衡的目的（Lloyd & Cooke, 2000；Safikhani et al., 2011）。Ramadan 和 Al-Shayea（2013）亦以抗平衡的策略提出一款救生衣型的背包，背包前後側皆可容納物品的設計可達到平均分散負重的目的。然而救生衣型背包缺少的腰部支撐設計，無法將負重分散至腰部，所有負重皆必需由雙肩承擔，可能會壓迫肩部的神經或肌肉而衍生出其他後遺症。本研究透過人因工程測試證實在不改變常用的雙肩後背負方法前提下，可攜式學童舒壓背靠採用外加背負輔具的策略亦可達到改變負重的分佈，對維持身體姿勢平衡與降低相關肌群疲勞度有正面的效果。

市面上已經有抗平衡型背包公開販售（Aarn North America, 2013），據了解此型背包最小尺寸（22 公升）較市售學童後背式書包（約 13 公升）大，若學童背負此抗平衡型背包上學恐會因與體形不符而造成其他的傷害。此外此背包在美國當地的售價高達 149 美金，折合約新台幣 4500 元，價格較於國內市售學童後背式書包（約 13 公升）高出四至五倍。雖然其在生物力學測試的各項表現優於傳統後背包，但過大的容量設計、較高的售價、再加上無法吸引學童注意力的外觀設計（Mackie, Legg, Beadle, & Hedderley, 2003），現實生活尚未看到國小學童使用此型背包為上學書包。本研究所證驗之舒壓背靠為一外加負重輔具，其實務上的優勢為可攜式的設計，學童無需花費高額費用購買人因工程型書包，僅需添購可攜式學童舒壓背靠附加於現有的書包上，即能讓傳統書包立刻成為可分散負重並維持身體姿勢平衡的人體工學型書包。當學童因不同原因，如書包破損或跟不上流行而需要更換書包時，學童可依自己喜好購買不同特色主題的書包，將背靠拆下再重新安裝至新購書包即可，可避免不必要的浪費。

5-3 驗證方法於設計領域之應用

本研究之驗證方法與程序常應用於人因工程領域，主要探討人員作業績效或生／心理負荷方面的研究，如利用動作分析技術對學童背負過重書包產生不良姿勢的影響（Hong & Brueggemann, 2000; Hong & Cheung, 2003; Li & Hong, 2004）。利用肌電圖來探討人體背負重物時肌群活性與疲勞的情形（Al-Khabbaz et al., 2008; Bauer and Freivalds, 2009; Hong et al., 2008; Motmans et al., 2006）。但較少有研究以科學性的驗證方法應用於產品設計領域，大部份仍以主觀問卷或是口頭評價的方式進行新構想的驗證，如 Amiri 等人（2012）的研究僅採用主觀的口語評價方式對新型人因工程書包進行設計測試，並未對使用者實際使用時的生理負擔提出報告。本研究主要將人因工程驗證方法應用於使用者中心設計的設計驗證階段。使用者中心設計的概念與方法已經發展多年，由於使用者在整個設計流程中扮演合作者的角色，因此使用者的想法與操作經驗將深刻地引導產品的設計方向（Namayandegi, 2008）。雖然使用者中心設計可以較低成本的方式解決企業開發新產品面臨的問題，但一般企業實務的產品開發流程上並不常見。先前研究與專業醫療器材廠商合作採用使用者中心設計方法，順利地從了解國小學童學習載具產品的需求開始，確認使用者的期望功能，接著完成舒壓背靠的產品設計與原型製作（駱信昌，2013）。本研究接續先前研究成果，以人因工程驗證方法完成本舒壓背靠之設計驗證，希望本研究結果可供未來採用使用者中心設計方法進行產品開發的企業參考。

5-4 研究限制及未來建議

本研究主要探討使用舒壓背靠背負書包對國小學童維持身體姿勢平衡與降低相關肌群疲勞度的效果。然而仍有以下研究限制：

- （1）研究僅徵召 20 位國小四～六年級學童參與人因工程實驗，人數上略顯不足。未來在資源許可的情況下，可考慮增加受測者的數量讓產品驗證結果更具代表性。
- （2）為了減少實驗誤差並排除環境影響，研究請受測者在室內環境的跑步機上進行模擬負重步行實驗，因此在場地之選擇上有一定的限制。未來則可考慮請受測者於戶外操場或一般道路行走，以得到更接近真實使用情境的驗證結果。
- （3）研究採用人因工程驗證方法對學童外加負重輔具進行設計驗證，然而此法並非具有完全的外推性，當採用使用者中心設計方法進行不同類別產品開發時，需視實際情況考量不同的驗證方式。

六、結論

本研究請國小學童進行模擬負重步行的人因工程實驗，並由軀幹角度變化、相關肌群疲勞度變化、及主觀不適評比等三方面探討使用可攜式舒壓背靠的效果。研究結果顯示學童使用本舒壓背靠背負書包行走較無使用時有顯著：1.較少的軀幹前傾角度、2.較大的腰椎彎曲角度、及 3.較低的腹直肌群與豎脊肌群活性。由此證實本舒壓背靠對維持身體姿勢平衡與降低相關肌群疲勞度有正面的效果，應有助於減少學童因背負過重書包而導致下背痛的機會。

本研究乃延續以過去「應用德爾菲層級程序法於可攜式學童舒壓背靠之設計」的研究成果，進行舒壓背靠的設計驗證，以完成整個使用者中心設計的設計流程。研究成果除證實完整的使用者中心設計流程可用於外加負重輔具之產品設計，亦支持客觀的人因工程驗證機制在產品設計領域的可行性。

誌謝

本研究承國科會（現為科技部）產學合作計畫經費補助（NSC99-2622-E-130 -001 -CC3），及參與之國小學童、教師、家長的協助，特此致謝。

參考文獻

1. Aarn North America. (2013, February 20). Retrieved from <http://www.aarnusa.com/>.
2. Al-Khabbaz, Y. S., Shimada, T., & Hasegawa, M. (2008). The effect of backpack heaviness on trunk-lower extremity muscle activities and trunk posture. *Gait and Posture*, 28(2), 297-302.
3. Amiri, M., Dezfooli, M. S., & Mortezaei, S. R. (2012). Designing an ergonomics backpack for student aged 7-9 with user centred design approach. *Work*, 41(Suppl 1), 1193-1201.
4. Bauer, D. H., & Freivalds, A. (2009). Backpack load limit recommendation for middle school students based on physiological and psychophysical measurements. *Work*, 32(3), 339-350.
5. Borg, G. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. *Psychophysical Judgment and the Process of Perception*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
6. Borg, G. (1985). *An introduction to Borg's RPE scale*. New York, NY: Movement Publications.
7. Borg, G., & Dahlstrom, H. (1959). Psychophysical study of work on the bicycle ergometer. *Nordisk Medicine*, 62, 1383-1386.
8. Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J., & Martin, B. J. (1999). *Occupational biomechanics* (3rd ed.). New York, NY: Wiley-Interscience.
9. Chansirinukor, W., Wilson, D., Grimmer, K., & Dansie, B. (2001). Effects of backpacks on students: Measurement of cervical and shoulder posture. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 47(2), 110-116.
10. Chow, D. H., Ou, Z. Y., Wang, X. G., & Lai, A. (2010). Short-term effects of backpack load placement on spine deformation and repositioning error in schoolchildren. *Ergonomics*, 53(1), 56-64.
11. Goh, J., Thambyah, A., & Bose, K. (1998). Effects of varying backpack loads on peak forces in the lumbosacral spine during walking. *Clinical Biomechanics*, 13(Suppl 1), S26-S31.
12. Grimmer, K., & Williams, M. (2000). Gender-age environmental associates of adolescent low back pain. *Applied Ergonomics*, 31(4), 343-360.
13. Hong, Y., & Brueggemann, G. P. (2000). Changes in gait patterns in 10-year-old boys with increasing loads when walking on a treadmill. *Gait and Posture*, 11(3), 254-259.
14. Hong, Y., & Cheung, C. (2003). Gait and posture responses to backpack load during level walking in children. *Gait and Posture*, 17(1), 28-33.
15. Hong, Y., Li, J. X., & Fong, D. T. (2008). Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 18(6), 990-996.
16. Hunter, A. M., St Clair, G. A., Lambert, M., & Noakes, T. D. (2002). EMG normalization method for cycle fatigue protocols. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), 857-861.
17. International Standards Organization (ISO) 13407. (1999). *Human-centred design processes for*

- interactive systems*. Geneva: International Standards Organization.
18. Li, J. X., & Hong, Y. (2004). Age difference in trunk kinematics during walking with different backpack weights in 6- to 12-year-old children. *Research in Sports Medicine*, 12(2), 135-142.
 19. Lloyd, R., & Cooke, C. B. (2000). Kinetic changes associated with load carriage using two rucksack designs. *Ergonomics*, 43(9), 1331-1241.
 20. Luttmann, A., Jäger, M., & Laurig, W. (2000). Electromyographical indication of muscular fatigue in occupational field studies. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(6), 645-660.
 21. Macias, B. R., Murthy, G., Chambers, H., & Hargens, A. R. (2008). Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 28(5), 512-517.
 22. Mackie, H. W., Legg, S. J., Beadle, J., & Hedderley, D. (2003). Comparison of four different backpacks intended for school use. *Applied Ergonomics*, 34(3), 257-264.
 23. Motmans, R. R., Tomlow, S., & Vissers, D. (2006). Trunk muscle activity in different modes of carrying schoolbags. *Ergonomics*, 49(2), 127-138.
 24. Namayandegi, M. H. (2008). Process of the user center design. *Dastavard*, 26, 72-83.
 25. Olsen, T. D., Andrews, R. L., Dearwater, S. R., Kriska, A. M., Cauley, J. L., Aaro, D. J., & LaPorte, R. E. (1992). The epidemiology of low back pain in an adolescent population. *American Journal of Public Health*, 82(4), 606-608.
 26. Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Y. T., Shim, D. M., & Kim, C. K. (1997). Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youth. *Ergonomics*, 40(6), 631-641.
 27. Ramadan, M. Z., & Al-Shayea, A. M. (2013). A modified backpack design for male school children. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(5), 462-471.
 28. Safikhani, H., Kamalden, T. F. B. T., Amri, S. B., & Ahmad, M. M. H. M. (2011). Ground reaction force during walking with and without counterbalance load system. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, 5(12), 2704-2708.
 29. Salminen, J. J., Pentti, J., & Terho, P. (1992). Low back pain and disability in 14 year old schoolchildren. *Acta Paediatr*, 81(12), 1035-1039.
 30. Sharan, D., Ajeesh, P. S., Jose, J. A., Debnath, S., & Manjula, M. (2012). Back pack injuries in Indian school children: risk factors and clinical presentations. *Work*, 41(Suppl 1), 929-932.
 31. Skaggs, D. L., Early, S. D., D'Ambra, P., Tolo, V. T., & Kay, R. M. (2006). Back pain and backpacks in school children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 26(3), 358-363.
 32. Talbotta, N. R., Bhattacharya, A., Davis, K. G., Shukla, R., & Levin, L. (2009). School backpacks: It's more than just a weight problem. *Work*, 34(4), 481-494.
 33. Whittfield, J. K., Legg, S. J., & Hedderley, D. I. (2001). The weight and use of schoolbags in New Zealand secondary schools. *Ergonomics*, 44(9), 819-824.
 34. Whittfield, J. K., Legg, S. J., & Hedderley, D. I. (2005). Schoolbag weight and musculoskeletal symptoms in New Zealand secondary schools. *Applied Ergonomics*, 36(2), 193-198.
 35. 宋宏偉 (2003)。國小學童不同負重率之步態分析 (未出版碩士論文)。屏東教育大學，屏東。
Sung, H. W. (2003). *Primary school children gait analysis to different loads* (Unpublished master's thesis). National Pingtung University of Education, Pingtung, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
 36. 張曉亭 (2003)。不同書包背負型式對國小學童走路心跳率與耗氧量之比較 (未出版碩士論文)。

國立體育學院，桃園。

Chang, S. T. (2003). *Oxygen consumption and heart rate responses during walking of elementary school students with different schoolbag carrying styles* (Unpublished master's thesis). National Taiwan Sport University, Taoyuan, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]

37. 陳佑 (2007)。背重步行對學童身體姿勢的影響 (未出版碩士論文)。國立臺中教育大學，台中。
Chen, Y. (2007). *The effects of lading conditions and prolonging time on posture during level walking of children* (Unpublished master's thesis). National Taichung University of Education, Taichung, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
38. 陳俊璋 (2011)。具改善脊椎側彎現象效果之側背包設計。《設計學研究》，14 (2)，104-120。
Chen, C. Y. (2011). A shoulder bag on preventing the idiopathic scoliosis. *Journal of Design Science*, 14(2), 104-120. [in Chinese, semantic translation]
39. 傅懷慧、郭輝明、李佩育 (2005)。應用層級分析法於國小學童書包減輕背重方案之研究。《國民教育研究學報》，15，59-81。
Fu, H. H., Kuo, H. M., & Lee, P. Y. (2005). An application of AHP for feasible plans of package reduction for students at the elementary school. *Journal of Research on Elementary and Secondary Education*, 15, 59-81. [in Chinese, semantic translation]
40. 黃佳麟 (2005)。台南縣國小學童書包減重策略初探 (未出版碩士論文)。國立臺南大學，台南。
Huang, C. L. (2005). *The general strategic studies of reducing elementary school student schoolbag weight in Tainan Count* (Unpublished master's thesis). National University of Tainan, Tainan, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
41. 鄭丞堯、洪瑞鴻、許家毓、沈佳薇、林明毅 (2012)。中學生書包款式與負重對肌肉骨骼系統之影響-以平地步行為例。第 19 屆人因工程學會年會暨學術研討會 (光碟版)。高雄市：中華民國人因工程學會。
Cheng, C.Y., Hung, J. H., Hsu, C. Y., Shen, C. W., & Lin, M. I. (2012). Muscular effects of schoolbag type and load on students in junior high schools: A case study for walking on ground. *Proceedings of 19th Annual Meeting of the Ergonomics society of Taiwan* (CD Rom). Kaohsiung: Ergonomics Society of Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
42. 穆映岑 (2011)。不同背重與高度對學童步行之生理負荷分析 (未出版碩士論文)。明志科技大學，新北市。
Mu, Y. C. (2011). *Effects of different loads and heights of backpack on schoolchild's physiological strains during walking* (Unpublished master's thesis). Ming Chi University of Technology, New Taipei City, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
43. 駱信昌 (2013)。應用德爾菲層級程序法於可攜式學童舒壓背靠之設計。《設計學報》，18 (3)，1-21。
Lo, H. C. (2013). Applying Delphi hierarchy process in the design of a portable pressure-relieving back supporter for elementary school children. *Journal of Design*, 18(3), 1-21. [in Chinese, semantic translation]

Design Validation of Portable Pressure-relieving Back Supporter for Elementary School Children

Hsin-Chang Lo^{*} Yi-Wei Lin^{**}

Department of Product Design, Ming Chuan University

* lohc@mail.mcu.edu.tw

** vivian76213@gmail.com

Abstract

The problem of over-weight backpacks for elementary school children is worsening. A good human factor design, which adjusted the carrying method, can distribute the weight evenly to lower back from shoulders, in order to maintain the best torso posture and lessen muscle fatigue. Thus, the purpose of this study is to perform the design validation of a new portable pressure-relieving back supporter. Twenty elementary school children (11 male and 9 female, age between 10~13) were recruited to conduct the simulated weight-bearing walking experiment. The independent variable is the loading of their backpacks, including no carrying, carrying backpack loaded with 15% of body weight, and carrying backpack loaded with 15% of body weight combined with the new pressure-relieving back supporter. Subjects were asked to walk on a treadmill for 1000 meters at a comfortable pace. The measurements include the angles of torso anteversion and lumbar spine angle, the activity of rectus abdominis muscle, oblique muscle, and erector spinae muscle, and the score of Borg Category Rating 10. Study results revealed that subjects walking with the pressure-relieving back supporter had significantly (1) smaller torso anteversion angle, (2) larger lumbar spine angle, and (3) lower activity at rectus abdominis and erector spinae muscle than those who did not use back supporter. In conclusion, this new pressure-relieving back supporter provides positive effect to maintain posture balance and decrease muscle fatigue. This study also supports the feasibility of objective human factors verification in the product design process.

Keywords: Pressure-relieving Back Supporter, Body Postures, Muscle Activity, Subjective Discomfort Rating.