



研究論文

新型長期臥床病患體重量測系統—先導研製及評估

*裴駿¹ 李國男¹ 黃建華^{1,2} 黃德劭³

¹南開科技大學 福祉科技與服務管理系

²衛生福利部立豐原醫院 復健科

³南開科技大學 機械工程系

摘要

本研究提出「新型長期臥床病患體重量測系統」設計，假設在一定時間內，減壓氣墊床之氣體排氣量與人體體重成正相關。為證明此一假設，本研究整合減壓氣墊床、氣體洩壓流量量測系統、自製氣流控制閥等設備，進行人體重量模擬之標準「氣體排氣量—時間—體重(V-T-W)」曲線量測及繪製，並與人體實測之 V-T-W 曲線比對分析，以推估實際體重，同時亦針對系統是否可使用於不同氣墊床之變因進行探討。研究結果顯示，「新型長期臥床病患體重量測系統」可推算出受測者體重，並可適用於不同型式之氣墊床。期望未來能進一步研究提升量測精度至 $\pm 1\text{Kg}$ 。目前本系統仍為實驗室之原型，成本偏高，未來將對系統部分重要組件尋求成本較低且功能相同之替代品，可有效降低成本並加速系統商品化之進程。

關鍵詞：長期臥床、減壓氣墊床、臥床體重量測、氣體排氣量—時間—體重曲線

1. 研究背景與目的

高齡者常因身體功能障礙導致長期臥床固定不動，造成如壓瘡、肺炎、尿道感染等合併症的發生，對於其所需之照護的人員及醫療資源，實為一沉重之負擔。長期臥床病患因老化及疾病，使得肌肉組織減少，運動量也減少，相對的熱量需求也下降，進食的能力大為減弱，但對營養的需求並未減少。國外有針對於老人營養不良發生率的研究指出，無法自由行動的居家老人中，營養不良盛行率高達 30-60% (Seidell, et al., 2000)。營養不良會造成體重喪失、降低生理和心智功能、惡化慢性疾病、免疫功能減退，這些問題會增加死亡率、罹病率。而體重減輕是營養不良的重要指標，和生理功能減退及死亡有關，於 1 個月內體重減輕達 5%，或 6 個月內體重減輕達 10%，或低於標準體重 20%，即屬於營養不良高危險群，常規及確實記錄體重是評估營養狀態最有效的方法(Cowan, et al., 2004)。

如何知道病人的體重增加或減輕，最直接的方式就是利用磅秤測量病患體重。但長期臥床的病人無法行動，必須要依靠照護者之協助，測量體重費力又費時，甚至易因移動病患而使病患本身或照護者受傷。目前較常使用之設備為磅秤床，但在價格上令人卻步（魏慶華等人，2008；經濟部智慧財產局專利公報，2009），一般養護機構及居家照顧難以負擔。

本研究目的即是以長期臥床病患為避免壓瘡產生，常用之減壓氣墊床(hoverbed, air bed, pneumatic cushion, air cushion bed)為主要量測工具，開發出不需更換病床或移動病患，即能完成病患體重之量測系統，並進行系統初步評估。

2. 文獻探討

2.1 形成壓瘡危險因素及預防措施

形成壓瘡的危險因素可分為壓力與組織耐受力。壓力可分為移動力和活動力下降以及知覺感受改變，組織耐受力可分為外在因素（潮濕、剪力、摩擦力）與內在因素（營養狀況、高齡、血氧供應不足、活動障礙）（游紋瑛，民 91）。預防壓瘡之措施有：(1)評估高危險及需要預防措施；(2)維持促進組織對壓力及損傷耐受力；(3)保護組織免於受外界壓力、剪力、摩擦力的損傷；(4)施以衛教減少壓瘡發生。根據國內「身心障礙者醫療及輔助器具費用補助辦法」，可向當地縣市政府申請補助或向輔具中心租借輔具。在壓瘡的預防的輔具中則包含有減壓氣墊床和流體力學床墊（王曼溪，1999）。對於嚴重的中風病人、脊髓損傷患者、重度失智症患者、植物人，或其他罕見疾病或重大傷病造成的嚴重運動功能障礙，導致無法翻身的病患來說，交替式減壓氣墊床是預防外力壓迫造成的皮膚破損，甚至引發敗血症導致死亡的救命工具（李達漢，2008）。因此，本研究選擇使用減壓氣墊床做為量測長期臥床病患體重的主要設備。

活動功能正常的人，夜晚睡覺會翻身數十次，在不自主的狀況達到自我減壓效果。在醫療保健上會使用氣墊床的人通常是翻身能力較差或完全無法翻身者，包括脊髓損傷者、肌肉萎縮症等須長期臥床病患，因其無法自行翻身減壓，需要照顧者協助翻身，以避免褥瘡的發生（醫療復健輔具中心，2009）。

2.2 營養不良對長期臥床病患的影響

體重喪失是營養危機的重要指標，常規及確實記錄體重是評估營養狀態最有效的測量。如以身體質量指數(Body Mass Index, BMI)來計算，可同時考量到身高與體重，不僅作為體重的判斷，更能反應營養狀況（蘇淑芬，民 94）。許多研究對於營養狀況的評估採用迷你營養評估量表(Mini Nutrition Assessment, MNA)來評估長期臥床病患的營養情形（蘇淑芬，民 94；De Groot, et al., 1998；黃荻妮，民 97；連處寧等人，2008），內容包含體位測量、一般評估、飲食評估及自我評量等方面。

根據衛生署 2002 年公布標準，體位測量是使用 BMI，計算公式如下，

$$\text{BMI} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{體重}}{\text{身高}^2} \quad (1)$$

其中 BMI < 18.5 為營養不良，18.5 ≤ BMI < 24 為正常，24 ≤ BMI < 27 為過重，BMI ≥ 27 肥胖。

2.3 長期臥床病患體重測量之市場產品

市場上目前針對身心障礙人士設計多款量測體重的輔具，以協助護理人員和照護者評估病患營養需求，如表 1 (輔具資源入口網，2010；天群醫療股份有限公司，2013；北京宏仁凝瑞科技發展公司，2013)。但這些產品大多仍需移動病患或需將病患吊起，易發生危險。而其中之輪椅軌道秤，主要是提供使用輪椅之病患進行秤重。但如果臥床病患使用此型輪椅軌道秤時，則臥床病患必須進行臨床照護中具相當危險性之由臥床至輪椅坐姿轉位過程，容易對病患造成意外傷害。

表 1. 市場量測體重之輔具產品

榕懋實業	APC-10150SL 豪華型電動平躺式床上磅秤。	APC-10150EW 電動移位機(含磅秤)。
		
	APC-10100W 手動移位機(含磅秤)。	APC-10112SL 手動平躺式床上磅秤。
		
天群醫療	CHARDER MS 2300 輪椅軌道秤	CHARDER MS 3800 輪椅秤
		
	CHARDER MS 2504 扶手秤	CHARDER MS 5400 座秤
		

針對上述市場產品對長期臥床病患的體重測量法，在數據誤差、操作方便性、病患安全性、照護人員的傷害、產品價格、人性尊嚴上都仍有改進空間。

3. 研究方法

本研究提出不用移動病患而能測量出病患體重之「長期臥床病患體重測系統」，免除因量測體重而要移動病患所產生的危險與不便，和衍生出護理人員及照護人員之職業傷害。系統原理是利用長期臥床病患為避免壓瘡產生所使用之減壓氣墊床，當人體躺臥其上時，「在一定時間內其排氣量與人體體重成正相關」的假設為設計基礎。本研究整合減壓氣墊床、氣體流量量測系統及自製氣流控制閥等設備，進行不同重量之「排氣量—時間—體重」(Volume-Time-Weight, V-T-W)標準曲線繪製，再以人體實測之 V-T-W 曲線與標準曲線比對，即可推估實際體重。

本研究流程分為 5 階段、共 12 項步驟，如圖 2 所示。第 1 階段（黃色部分），針對長期臥床病患體重測相關資料進行蒐集及整理分析；第 2 階段（綠色部分），提出「在一定時間內減壓氣墊床之氣體排氣量與人體體重成正相關」之研究假設，並為本研究實驗之驗證目標；第 3 階段（藍色部分），進行標準及人體實測 V-T-W 曲線繪製；第 4 階段（紫色部分），評估受測者的 V-T-W 曲線圖是否落於標準 V-T-W 曲線的合理範圍內；第 5 階段（紅色部分），進行不同型式減壓氣墊床對同一受測者的重量量測，評估本系統是否能適用不同型式之減壓氣墊床。

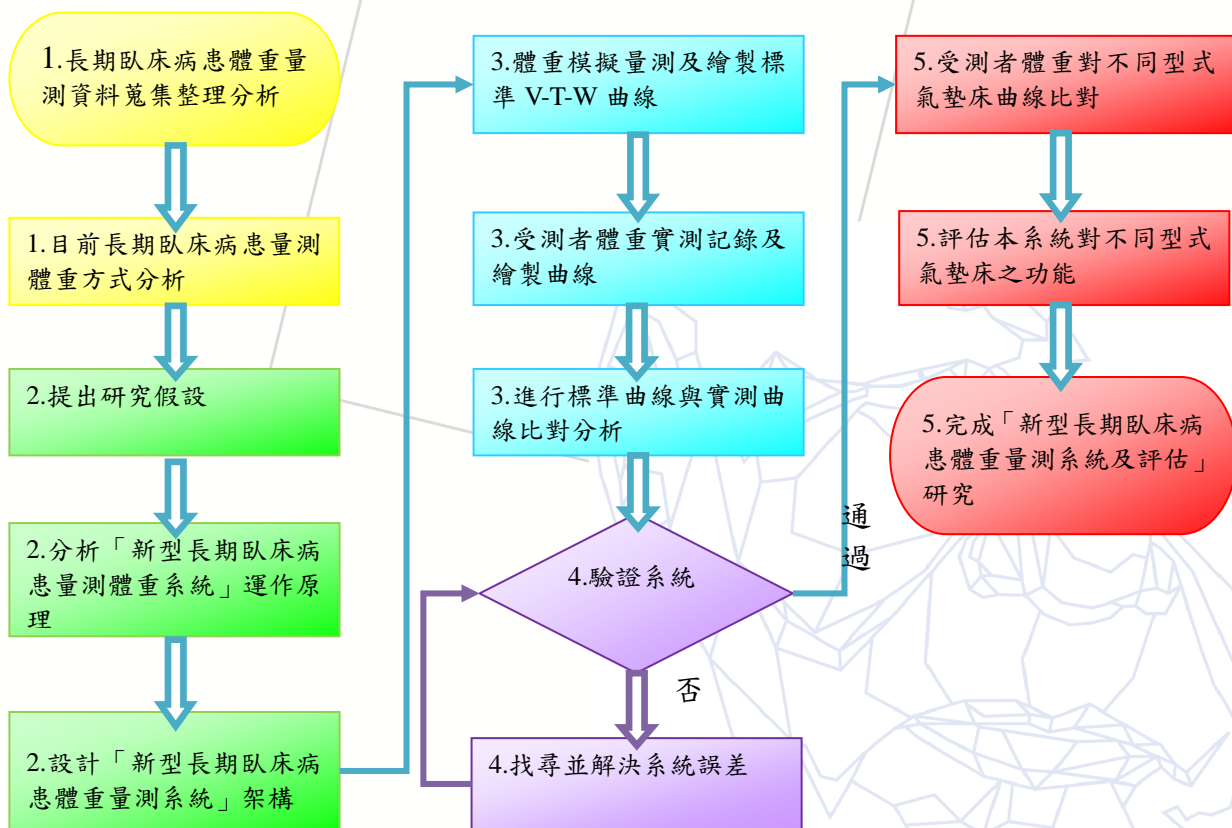


圖 2. 「新型長期臥床病患體重測系統」先導研製及評估流程圖

本研究所使用的實驗設備包括：

- (1) 雅博公司生產的三管交替式福康 3300 減壓氣墊床，如圖 3 所示。其元件包含：(a)床墊、(b)充氣幫浦、(c)床罩、(d) CPR 快速洩氣閥、(e)充氣快速接頭、(f)止逆閥。
- (2) 氣體洩壓流量量測系統，如圖 4 所示。主要功能為量測並記錄減壓氣墊床受壓後所排出之氣體流率及隨時間變化之氣體排氣量。系統儀器包含：(a) ADInstrument 公司的訊號記錄器、(b) 氣體流量器、(c)流速頭、(d)數據擷取系統 Chart 軟體、(e) Testo 公司的數字型微壓計、(f)自製氣流控制閥等。

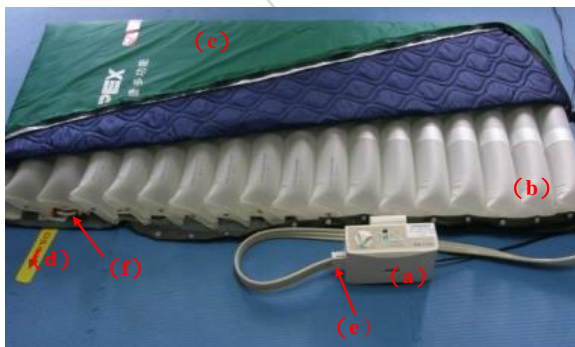


圖 3. 雅博公司出產之福康 3300 減壓氣墊床

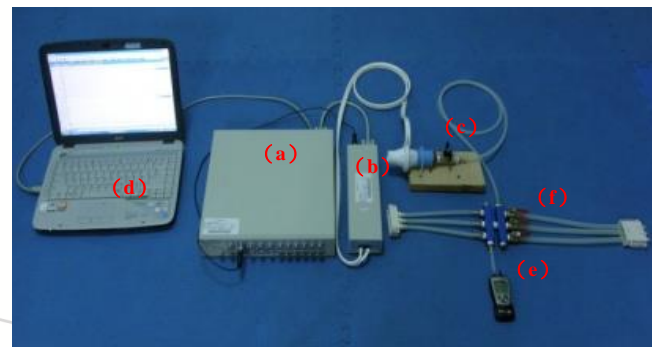


圖 4. 氣體洩壓流量量測系統實體

系統運作主要程序如圖 5 所示，系統整合後依實驗標準操作流程，進行受測者體重實測並驗證本研究假設，所得結果如圖 6。由 V-T-W 曲線圖得知，體重越重的受測者，在一定時間內，所排出的氣體量會越多，此與研究流程中第二階段(圖 2)所提之「一定時間內減壓氣墊床之氣體排氣量與人體體重成正相關」之研究假設相符。

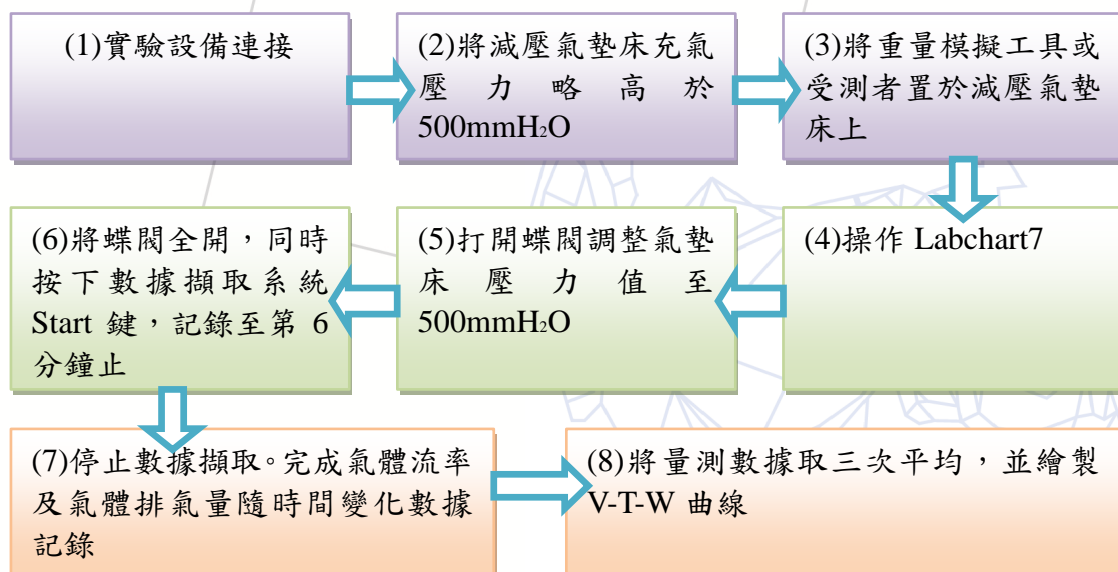


圖 5. 實驗標準操作流程

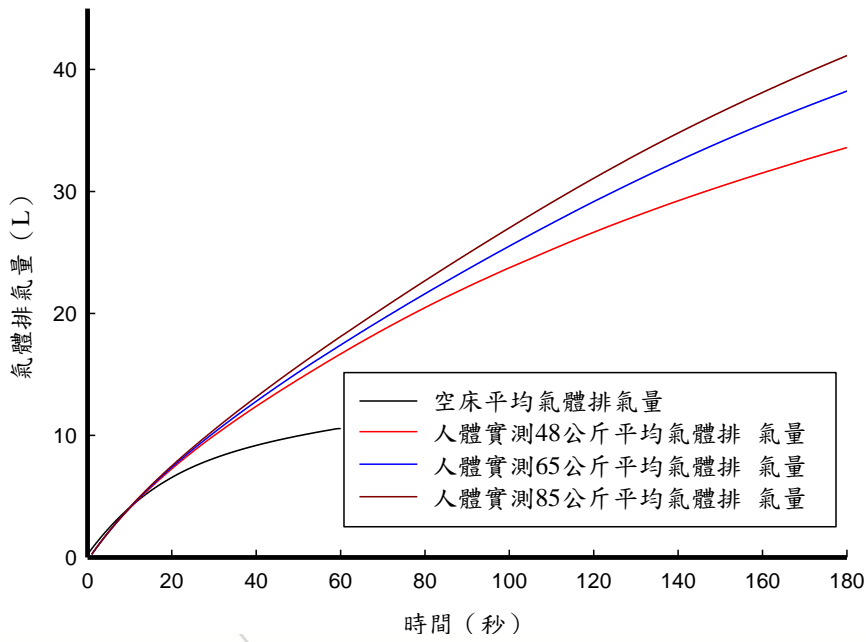


圖 6. 初步驗證受測者體重實測曲線

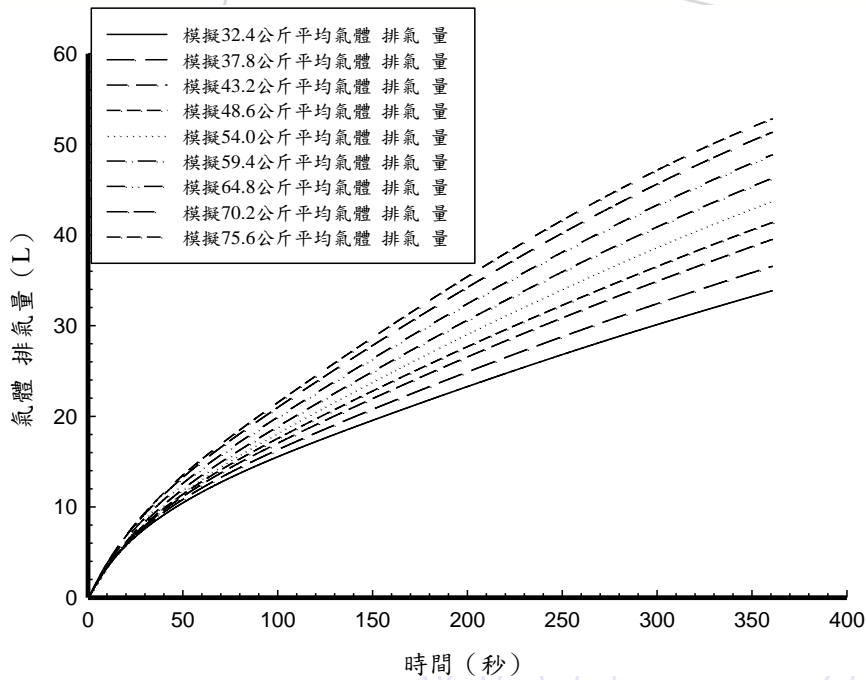


圖 7. 模擬人體重量之標準 V-T-W 曲線

以本系統量測人體體重流程如下：(1)人體重量模擬：本研究以儲水容器裝水模擬人體重量，將身體重量依比例分配至 3 個區塊，分別為軀幹 45%、臀部 25%、腿部 30% (International Electrotechnical Commission, 1999)，並依圖 5 實驗標準操作流程，完成繪製重量模擬 30-70 公斤之標準 V-T-W 曲線（頭部修正），如圖 7；(2)人體實測：建立人體重量模擬 V-T-W 曲線；(3)進行標準曲線與實測曲線比對分析，觀察受測者之曲線落於標準 V-T-W 曲線之區間，即可推估受測者之體重值。

4. 結果與討論

4.1 模擬曲線與人體量測分析

由模擬體重 30 至 70 公斤氣體體積流率(L/sec)隨時間變化之曲線，如圖 8 所示，前 100 秒屬於快速下降期，不同重量曲線差異不顯著，不適合做為 V-T-W 曲線觀察範圍。於 200 秒後，60 公斤以上之曲線，因為重量較重致使氣囊洩氣較快而氣體不足並碰觸底部，造成曲線突然下降趨勢，亦屬於不穩定期，也不適合做為 V-T-W 曲線觀察範圍。因此，選擇 100 至 200 秒之間的平穩期，為本研究比較 V-T-W 曲線之時間範圍。

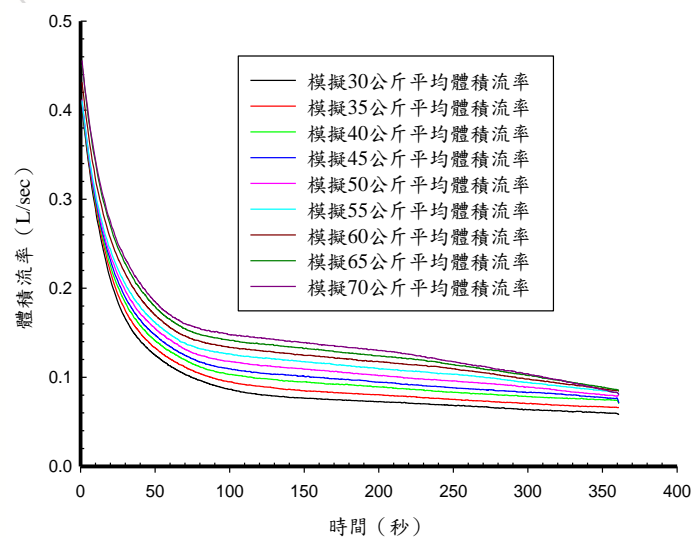


圖 8. 模擬體重 30 至 70Kg 氣體體積流率(L/sec)隨時間變化之曲線

本研究以兩位受測者進行體重實測。受測者體重分別為 46.4 公斤與 57.7 公斤。經系統測試結果顯示，受測者之 V-T-W 曲線均落於合理範圍（黑），如圖 9 所示。由此可知本系統臨床上，由測得未知重量之 V-T-W 曲線於標準曲線間之落點，可反推獲得形成此未知曲線之重量。

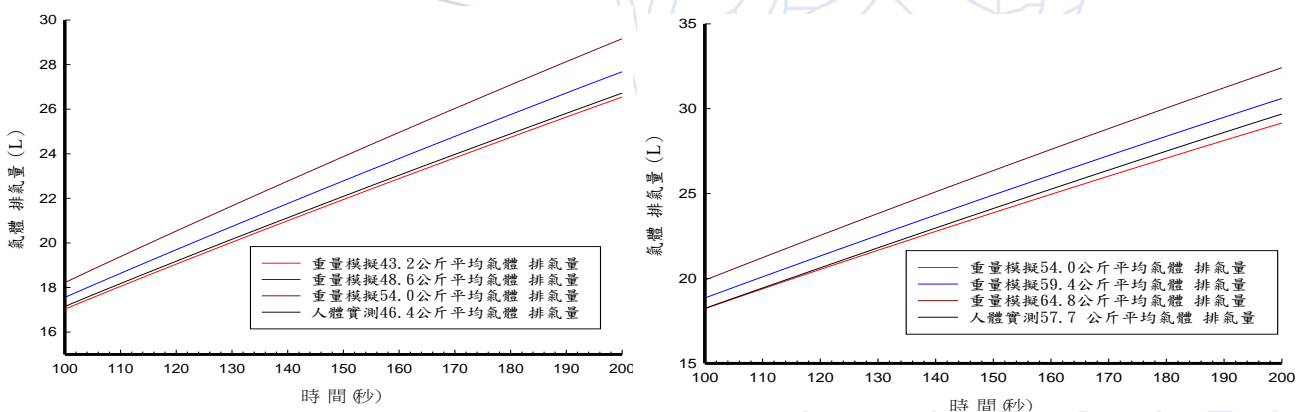


圖 9. 氣體排氣時間 100 至 200 秒之人體實測體重與模擬之 V-T-W 曲線比較

4.2 氣體洩壓流量量測系統與不同型式之氣墊床

氣體洩壓流量量測系統為「新型長期臥床病患體重測量系統」之核心，但對於不同型式之氣墊床，氣體洩壓流量量測系統所量測之 V-T-W 曲線是否相同？針對此問題本研究另以雅博公司所出產之兩管交替式氣墊床，型號「倍護 4160」為對照之實驗設備（王志元，2005）。依標準實驗步驟進行受測者（66.4 公斤）之人體體重實測。結果顯示實測 V-T-W 曲線，於氣體排氣時間 100 至 200 秒內，仍落於合理之模擬體重 V-T-W 曲線區間（65 公斤與 70 公斤之間），如圖 10。初步證實不同型式之氣墊床對新型長期臥床病患體重測量系統並無影響。

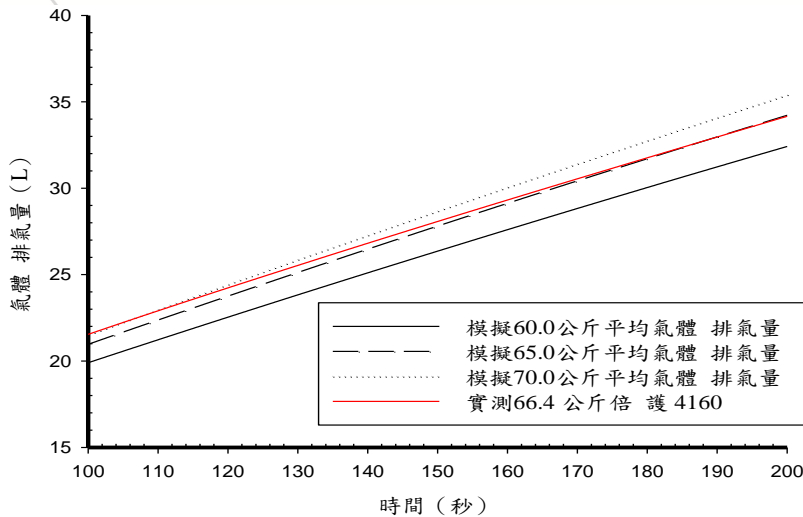


圖 10. 不同型式氣墊床人體實測與重量模擬之 V-T-W 曲線比較

5. 結論與未來發展

本研究提出「新型長期臥床病患體重測量系統」之設計概念，並整合自製設備，完成系統實體。此系統核心「氣體洩壓流量量測系統」，利用人體躺臥於氣墊床上時，氣體排氣量與時間、體重之間關係，繪出 V-T-W 曲線進行體重量測。再經由實測人體重量，確認本系統體重量測功能，並以不同型號之氣墊床進行系統測試。結果顯示系統可合理量測出體重及適用於不同型式之氣墊床。本系統因尚屬於先導研究，仍有下列限制：

- (1) 本系統因氣墊床充氣壓力選擇限制，對於體重超過 60Kg 以上之人體重量，必須先確定取樣時間區段。主要原因為超過 60Kg 的受測者因排氣速度快，在量測時間大於 200 秒後，床墊氣囊會先碰觸床墊底部而產生不規則性。
- (2) 使用者在使用本系統時，應檢視氣墊床下支撐物軟硬應類似於本研究所使用之支撐墊（EVA 泡棉材質，厚度約 2cm），降低量測變因。

本系統於體重量測之精度上，期望未來能提升量測精度至 $\pm 1\text{Kg}$ 。此外，本系統仍為實驗室之原型，成本偏高，未來將對本系統之部分重要組件尋求成本較低且功能相同之替代品，例如目前

是使用 8 頻道訊號記錄器及數據擷取 Chart 軟體，未來均可以韌體晶片組取代，如此可有效降低成本並加速本產品推向商品化之進程。

參考文獻

1. Cowan, D. T., Robert, J. D., Fitzpatrick, J. M., While, A. E., Baldwin, J. (2004). Nutritional status of older people in long term care settings: Current status and future directions. *International Journal of Nursing Studies*, 41(3), 225-237. doi:10.1016/S0020-7489(03)00131-7
2. De Groot, L., Beck, A. M., Schroll, M., Van Staveren, W.A., (1998). Evaluating the determine your nutritional health checklist and mini nutritional assessment as tools to identify nutritional problems in elderly Europeans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 877-883. doi:10.1038/sj.ejcn.1600658
3. International Electrotechnical Commission. (1999). Medical electrical equipment-part2 particular requirements for safety of electrically operated hospital beds. amendment 1:1999. IEC 60601-2-38. Retrieved from <http://www.iec.ch/>.
4. Seidell, J. C., Visscher, T. L. S. (2000). Body weight and weight change and their health implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(3), 33-39. doi:10.1038/sj.ejcn.1601023
5. 王志元, (2005)。如何選購減壓產品。中華民國老人福祉協會銀髮世紀季刊, 24, 1-3。
6. 王曼溪, (1999)。預防勝於治療：談壓瘡護理。榮總護理雜誌, 16(1), 88-93。
7. 天群醫療股份有限公司, (2013)。EZ-GO 輔具系列。取自：<http://www.ezgo99.com.tw/products/ez100.htm>
8. 北京宏仁凝瑞科技發展公司, (2013)。長庚醫療器材。取自：<http://www.chinahrnr.com/>
9. 李達漢, (1998)。預防褥瘡生成之病床創新設計：人體肌肉受力分析及支撐系統初步設計。碩士論文。國立中山大學機械與機電工程研究所，高雄市。
10. 黃荻坭, (1998)。簡易營養評估量表之驗證及安養機構住民的營養風險評估。碩士論文。亞洲大學長期照護研究所，台中市。
11. 連處寧、唐憶淨、劉丕華、許惠恒, (2008)。「門診老年人體重減輕的處置」。基層醫學雜誌, 23(1), 10-14。
12. 經濟部智慧財產局專利公報, (2009)。一種用以懸吊病患的移動式床秤結構。(證書號 M359689) 取自：http://infodata.ctdp.org.tw/DoitWeb/data.asp?q1=&q2=&q3=&q4=&status=find&g_find=&award=pateapp&q5=0&ListID=7362
13. 游紋瑛, (2002)。長期照護機構住民壓瘡盛行率及危險因素之探討-以台北地區養護機構為例。碩士論文。國立台北護理學院，臺北市。
14. 輔具資源入口網, (2010)。輔具分類查詢。取自：http://repat.moi.gov.tw/03product/pro_a_main.asp?id=3738。
15. 魏慶華、蕭世杰、黃聖聞、吳涵玉、陳思懿、張素禎、蔡雅雯、蔡宇浩, (2008)。多功能醫護輔助套件，產學合作成果專刊。
16. 蘇淑芬, (2005)。護理之家居民營養與液體攝取狀況及其相關因素之探討。碩士論文。高雄醫學大學護理學研究所，高雄縣。

17. 醫療復健輔具中心，(2009)。氣墊床衛教單。行政院衛生署豐原醫院，臺中市。

Developing and Evaluating a Body Weight Measuring System for Long-term Bedridden Patients

C. Pei, K-N. Lee, C-H. Haung, D-S. Huang

Abstract

The purpose of this research study is to propose a convenient and time-saving system designed for use as a bed scale designed for weighing bedridden patients. With this novel system, caregivers can reduce the likelihood of occupational injury and work stress. In addition, use of the scale reduces the rate of malnutrition in long-term bedridden patients. The system measures quantity of air exhaust from a hoverbed per unit of time to weigh patients; the quantity is assumed to be positively correlated to body weight. To verify this assumption, a hoverbed was used with a device designed to measure the volume of air flow per unit time; also custom-designed air control valves were integrated into the unit to measure standard volume-time-weight (VTW) curves of measurements taken for patients with different body weights. The body weight of the patient can be acquired by comparing and analyzing the differences between the standard and the actual subject VTW curves.

The experimental results show the bedridden patient weight measuring system can measure a patient's body weight; the system can be integrated to work with different models of hoverbeds. The accuracy of the proposed system still needs improvement; an accuracy of ± 1 Kg is suitable for application to a clinical setting. Also, the current laboratory prototype is too expensive for mass production. Seeking low cost alternatives and reducing costs are also important issues which need to be addressed to accelerate commercialization of the purposed system.

Keywords: Long-term bedridden, Hoverbed, Bedridden weight measuring, Volume-Time-Weight curve.

