

行孝道、步人生 竹杖輕勝馬，昂首闊步行—具水平調整之助行器設計

紀偉民¹ 黃建華^{1,2} 徐仲楠¹ 黃振嘉¹ *裴駿¹¹南開科技大學 福祉科技與服務管理研究所²署立豐原醫院 復健科輔具中心

摘要

使用標準助行器碰到斜坡及高低差地形時，會因身體平衡問題而造成跌倒受傷意外，為使助行器能有效克服斜坡地形，本研究完成新型具水平調整之助行器雛型製作及功能驗證。此新型助行器具有機構簡單、重量輕、操作便利及可靠度高等有利於銀髮族使用者之優點。功能驗證實驗以 VICON 動作分析系統及生物力學分析系統（上肢施力感測器及力板）等設備，進行使用水平調整助行器與標準型助行器於上下斜坡之步態分析比較。主要量測使用者上、下肢體關節所承受之力矩與人體重心投影點之左右位移量，以評估水平調整之助行器功能性及穩定性。驗證結果顯示使用水平調整助行器在上坡時，會比使用標準助行器時提供更高的上肢支撐力矩及較低的下肢負荷力矩；於下坡時，可降低膝關節負荷力矩。在人體重心投影點之左右位移量，不論上、下坡，使用水平調整之助行器都較標準助行器有較小位移，代表水平調整之助行器有較高的穩定度。

關鍵詞：助行器、步態分析、關節力矩、水平調整功能

1. 設計緣由

「孝」道為中華文化中一個很重要之教育主題。如圖 1，「孝」之造字是一個「老」字與「子」字所組成，亦是指兒子揹負著年紀大的父母，內含兒女對父母盡孝道之意涵。如圖 2，「老」字在甲骨文顯示圖像中，如手持拐杖的長髮老人，老人於體力上的缺陷及其行動不便。由此可知，自古已體認出行動輔具對行動不便之高齡者或身障者的重要性。

子曰：「孝子之事親也，居則致其敬，養則致其樂，病則致其憂...」（孝經，紀孝行章第十），其釋義為：孔子認為，子女奉養雙親時，必須分為五樣要素，就是日常居住時應該對父母有恭敬的心，「飲食、起臥絲毫不能疏忽」，奉養雙親時必須對其和顏悅色，使父母歡樂愉快，倘若父母不幸有了病痛，除了請醫師調治，還要日夜伺候，父母的疾病一日不癒，即一日不能安心。也就是說明兒女們對雙親長者之食、衣、住、「行」均需照顧得宜。在中國二十四孝的故事中，也多次

提到高齡者因行動不便，其子女照料之孝行，例如「行傭供母」即為東漢時期孝子江革因其母親行動不便必須揹母逃難之故事，可知在中華文化孝道中對於高齡者「自主行動」極為重視。本設計之主題「行孝道、步人生」除了呼應此孝道文化之重點外，「行」與「步」亦有雙關之意，副標題「竹杖輕勝馬，昂首闊步行」則更深入說明輔具設計除能使高齡者享有「行」的自由外，也能保有「自尊健康」的心態。



圖 1. 甲骨文「孝」字



圖 2. 甲骨文「老」字

如圖 3 所示，目前國內街道環境，對於需要使用行動輔具之高齡者／身障者是一大挑戰。一般而言，高齡／身障者之助行器應於無障礙平地處使用，但實際狀況仍會碰到斜坡或樓梯等地形，這些確實會對助行器使用者容易造成失衡而跌倒受傷。本研究乃針對標準助行器進行改良，設計出合適於斜坡行走之水平調整之助行器(Wang & Pei, 2007)。



圖 3. 使用者面對的街道現況及使用標準助行器於斜坡狀況

2. 具水平調整之助行器設計概念

(Fast et al., 1995)認為助行器的使用可藉由上肢協助提供下肢肌力支撐，並增加人體步行時支撐底面積，以協助平衡穩定性(Batani & Maki, 2005; Tsai, 2003)。本新產品在原有的標準助行器上，設計簡易之高度調整開關於握把處，使用者不需下蹲即可直接調整助行器後支撐架高低，使其與斜坡坡度相反的角度，因而抵消坡面斜度。使用其在斜坡面行走時，握把仍能與地平面維持水平，能增加上肢支撐力矩及降低下肢負荷力矩，並可增加助行器之穩定度。本研究的產品之主要設計原則有二：(1)改良機構必須無安全顧慮及操作簡易；(2)臨床上，改良後之助行器相較於標準助行器，所增加之重量必須少於 1 公斤。對於高齡使用者，新設計增加之機構並不會造成過多的負擔，使用上與標準助行器相近，但卻能提供更多行動安全功能。

圖 4 以力學概念簡易說明標準助行器使用者在斜坡時之情況。站立於斜坡時，直立的身體與斜坡成 90° 垂直，身體重心線可以分解出一沿著斜坡向下的力 $F1$ ，促使身體容易產生後倒，但因使用者本能代償反應而彎腰向前，產生大小相等方向相反的 $F2$ 力以抵消 $F1$ ，使身體獲得穩定避免後倒。然而，此時標準助行器握把是與斜面平行，助行器處於不穩定狀態，使用時易發生傾倒。圖 5 為水平調整之助行器於斜坡使用時之情形，使用者利用前、後支撐架的高低差，產生與斜坡坡度相同，但前後相反的角度。如此助行器於斜坡上可以抵消斜坡斜度，握把仍能維持與地平面平行（非與斜面平行），此時助行器則處於穩定狀態，讓使用者的施力能如同於平地上行走時一樣 (Pei, et al., 2009; Wang, & Pei, 2007)。

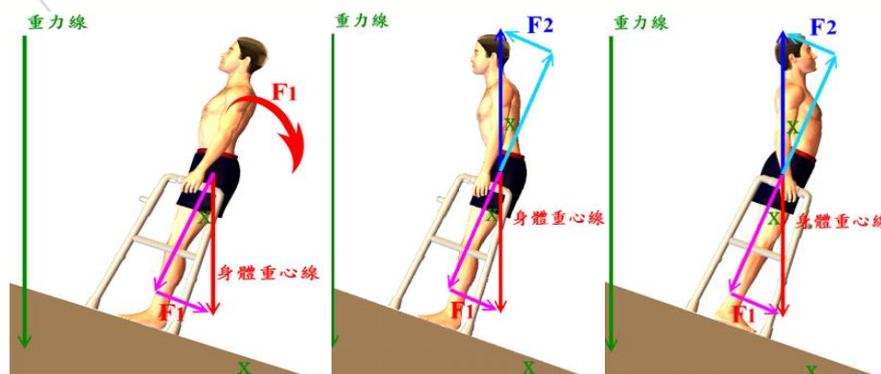


圖 4. 標準助行器—於斜坡上使用時之分析

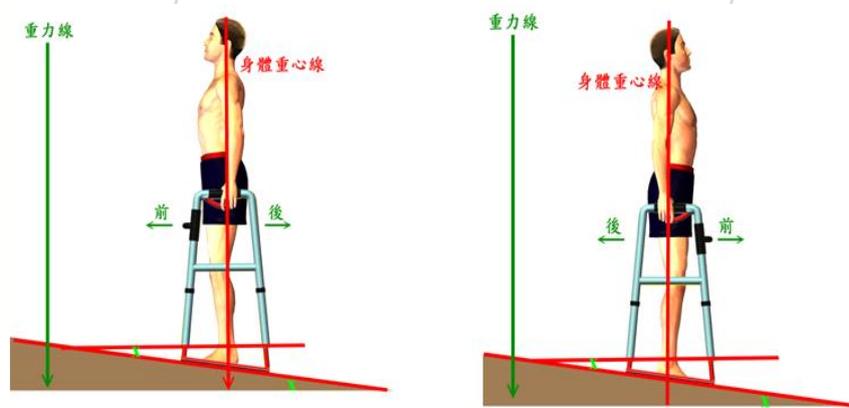


圖 5. 具水平調整之助行器—於斜坡上使用時之分析

具水平調整之助行器能將標準助行器進行有效之改善，進而適用於非平面地形使用，並促進上肢功能完善但下肢失能、身體平衡障礙或身體虛弱之患者提升日常活動能力及其獨立自主性 (朱文玥，民 95)。本設計主要改良有三處：(1)增加水平儀來顯示握把水平狀況；(2)增加助行器高度控制開關及相關機構來直接調整握把水平；(3)支撐底板來增加穩定度。使用者經由高度控制開關調整助行器前後斜度，並以水平儀確認握把與地平面平行，使助行器於斜坡上仍維持穩定，下方支撐底板可增加助行器支撐由點變為面。具水平調整之助行器所改良之機構特色為簡單、可靠、成本低廉，未來進行技術轉移時，製造商不需高門檻技術，在產業製造及商品化時都具有相當的競爭力。圖 6 為水平調整之助行器之實物雛型，於斜坡時圖 6(a)未調整水平時與標準助行器相同，

握把因未與地平面平行，處於不穩定狀態；圖 6(b)調整水平後，握把與地平面平行，處於穩定狀態。
表 1 說明產業發展潛力 SWOT 分析。

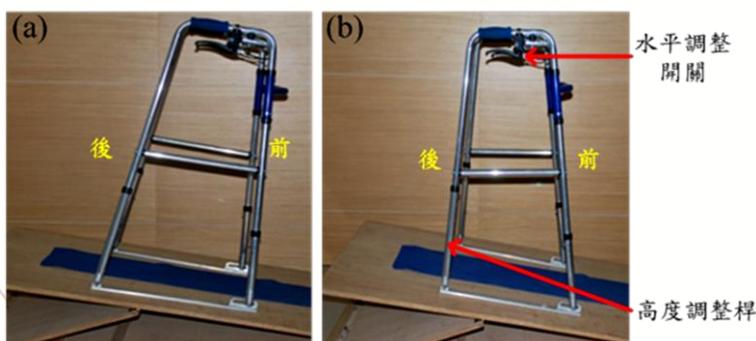


圖 6. 水平調整之助行器於斜坡上(a)未調整水平時與標準助行器相同，握把因未與地平面平行，處於不穩定狀態；(b)調整水平後，握把與地平面平行，處於穩定狀態

表 1. 產業發展潛力 SWOT 分析

優勢(Strength)	劣勢(Weaknesses)
1.目前唯一可克服斜坡行走時不穩定之助行器。 2.組成結構簡單、可靠。 3.與具有附加功能性之同質產品相比較，製作成本較為低廉。	1.助行器種類繁多。 2.使用者需經衛教指導，才易使用
機會(Opportunity)	威脅(Threat)
1.製造商無需高門檻技術，商品化機率大。 2.參加公開之創意設計類比賽、展覽，增加曝光率。 3.與地區之輔具中心合作，推廣本產品。 4.可申請多項專利，取得市場獨特性	1.設計理念易被仿冒。 2.消費者得知產品資訊的程度。

3. 功能驗證實驗

產品功能驗證實驗主要在於比較使用兩種助行器行走於標準殘障斜坡時（內政部營建署，2008），以各肢段中心為原點，量測上肢關節（肩部、肘部、腕部）及下肢關節（踝部、膝部及髖部）之淨力矩(Pardo, et al., 1993)及人體重心(Center of Gravity, COG)投影點之左右位移，並討論使用者支撐力及步態穩定性，藉此瞭解助行器之功能性差異。水平調整之助行器因提供水平調整開關，於上下坡時，可將握把調整成與地面平行；標準助行器因無此功能，於上下坡時握把則是與斜坡面平行。助行器測試時之初始高度是以受測者站立時雙手自然下垂的姿勢，助行器握把與受測者尺骨遠端莖突(processus styloideus ulnae)同一高度(Alkjær, et al., 2006)為標準。相關之實驗設備及高齡受測者，如圖 7 (Pei, et al., 2009; 裴駿等人, 2009)。實驗過程及高齡受測者使用助行器上、下斜坡如圖 8。

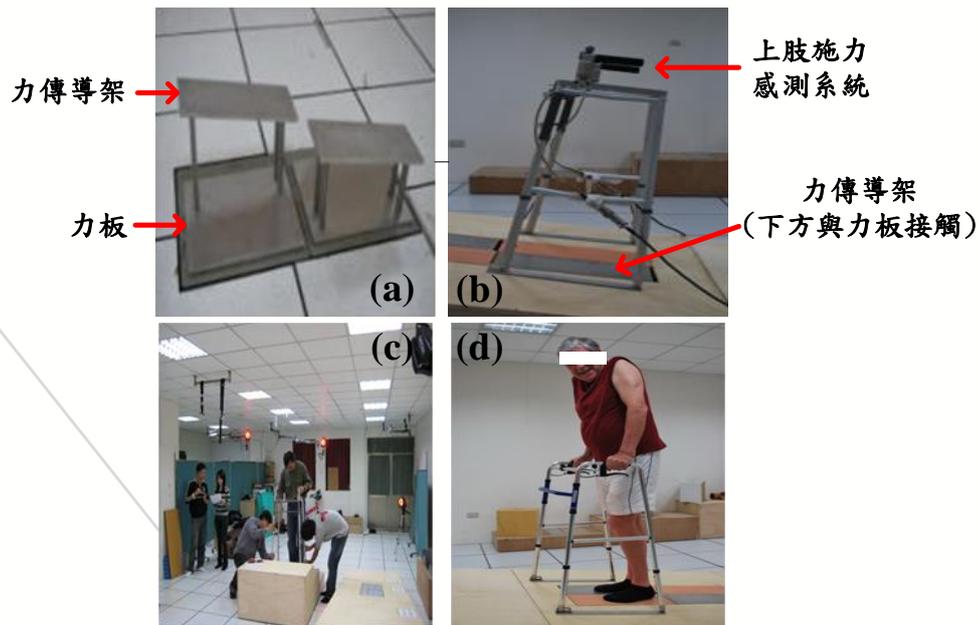


圖 7. 助行器功能驗證實驗相關設備與準備工作：(a)自製之力傳導架置於力板上、(b)上肢施力感測系統與助行器結合、(c)實驗設備整合、(d)高齡受測者測試

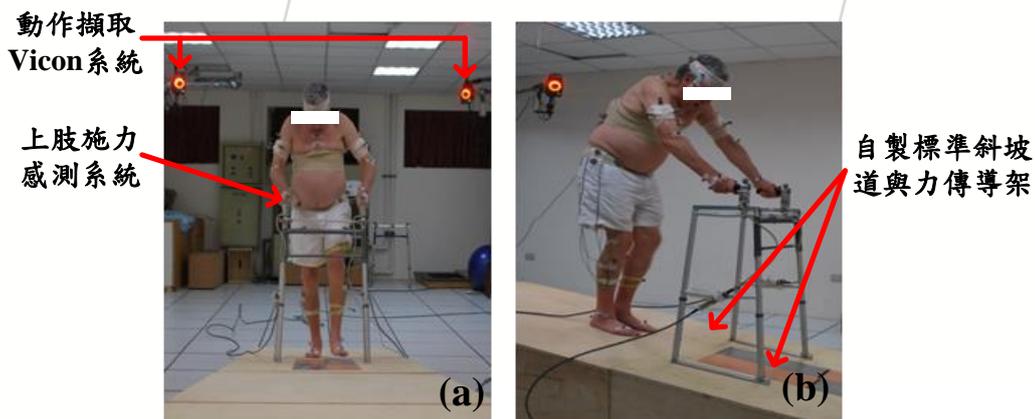


圖 8. 高齡受測者使用助行器之功能驗證實驗過程：(a)上坡情形、(b)下坡情形

圖 9 為上坡時水平調整助行器（紅線）與標準助行器（藍線）之肩關節伸直方向力矩比較，水平調整助行器之承受力矩高於標準助行器力矩（曲線下面積）。水平調整助行器較標準助行器之平均值高 5.13Nm，最大值高 7.15Nm，如表 2。在下肢關節負荷方面，使用水平調整助行器會較標準助行器為低，以髖關節伸直方向之負荷力矩最為明顯。使用標準助行器時，下肢力矩負荷較大（曲線下面積），如圖 10。使用水平調整助行器平均值會降低 0.09Nm/Kg（其單位為 Nm/kg，將施力力矩除以受測者體重為標準化方法），最大值降低 0.06Nm/kg，如表 3。

助行器主要使用者為上肢功能完善但下肢失能者，以上肢使用輔具協助減輕行走時之下肢負荷。在實驗過程中，上肢關節的力矩數值高，代表助行器被使用者支撐的時機及程度；而下肢關節的力矩數值則代表使用者本身的負荷程度。當上肢關節力矩越高，代表使用者依賴助行器穩定

度之程度增加；當下肢關節力矩越高，代表使用者自身負擔變大，對助行器依賴程度下降。由於本實驗受測者為健康高齡者，整體支撐程度取決於助行器給予受測者實際之穩定度，受測者越覺得助行器穩定且可信賴，則越會以上肢施力於助行器以減輕下肢負荷，此現象符合助行器設計原則。因此，當上肢施力越大且下肢施力下降時，代表助行器有較佳的設計且可提供較高之穩定度。

表 2. 上坡時上肢肩關節施力力矩統計量(Nm)

關節動作	助行器種類	最大值	最小值	平均數	標準差
肩伸直	標準	14.79	0.02	6.23	4.38
	水平調整	21.94	0.06	11.36	6.29

表 3. 上坡時下肢髖關節負荷力矩統計(Nm/kg)

關節動作	助行器種類	最大值	最小值	平均數	標準差
髖伸直	標準	0.84	0.00	0.25	0.27
	水平調整	0.78	0.00	0.16	0.20

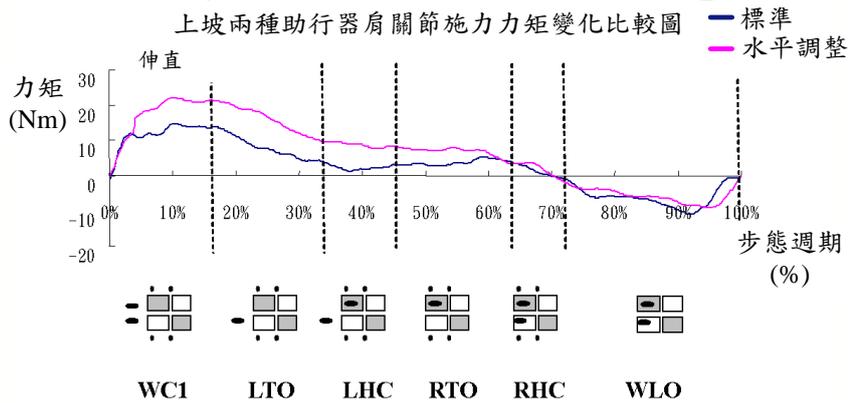


圖 9. 上坡時上肢肩關節力矩比較 (曲線圖下方為步態圖示說明)

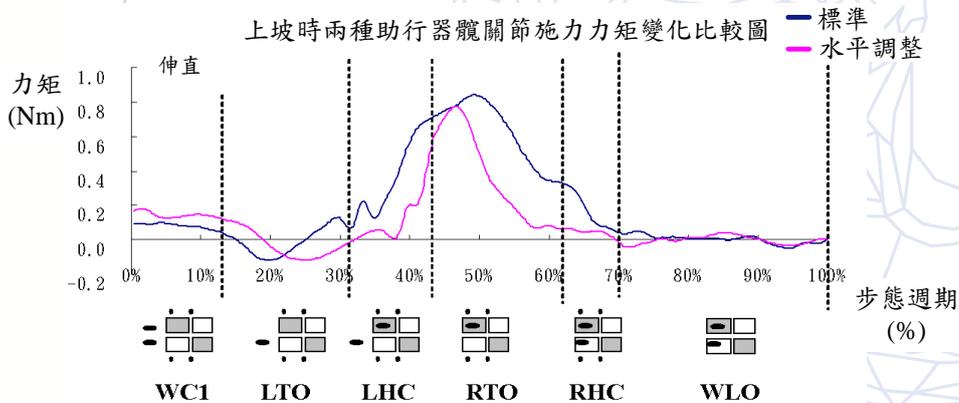


圖 10. 上坡時下肢髖關節力矩比較 (曲線圖下方為步態圖示說明)

文獻研究顯示(Pardo, et al. 1993a; Pardo, et al., 1993b)使用助行器行走時跌倒風險最大時機發生在人體 COG 左右位移時,因此實驗以 COG 水平左右位移變化量為評量助行器穩定度的指標值。實驗結果如圖 11 所示,上、下坡時水平調整助行器 COG 水平方向位移均小於標準助行器位移。由此可得,水平調整助行器有較高穩定性,可有效降低使用者於斜坡行走時發生跌倒之風險。

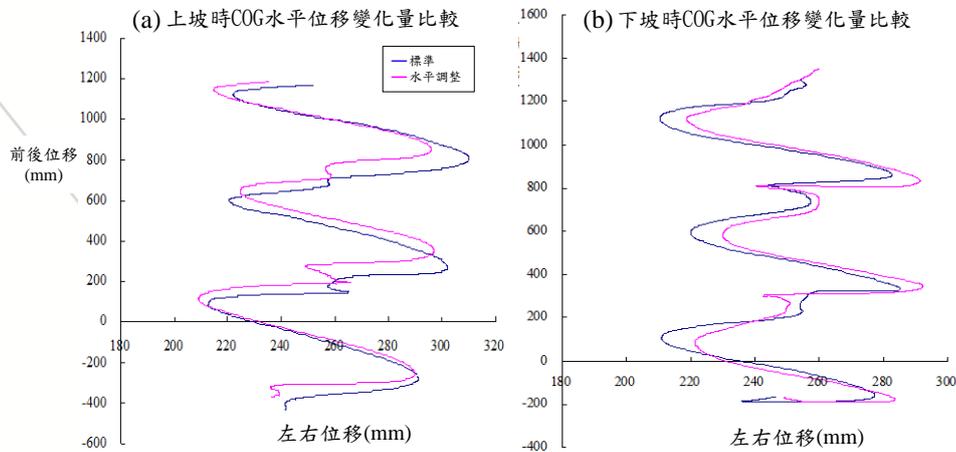


圖 11. 使用者 COG 投影軌跡：(a)上坡時比較、(b)下坡時比較

4. 結論

為了使助行器使用者能有效克服斜坡地形,本研究已完成新型具水平調整助行器雛型製作(Pei, et al., 2009; Wang, & Pei, 2007)及功能驗證。新產品在標準助行器上設計增加簡易之高度調整開關於握把處,使用者不需下蹲即可直接調整助行器後支撐架高低來產生與斜坡坡度相反的角度,以抵消坡面斜度,使得水平調整助行器使用者在斜坡面行走時,握把仍能與地平面維持水平,讓使用者的施力能如同於平地上行走一般。並利用生物力學設備(力板、上肢施力感測系統等)、VICON 動作擷取系統及自製設施進行功能驗證實驗,量測具水平調整助行器與標準助行器,於上、下標準殘障坡道之生物力學參數。驗證結果與本產品原設計目標相符,在不增加使用者負荷下,設計出可提供更多行動安全功能、穩定度高之助行器。

參考文獻

1. Alkjær, T., Larsen, P. K., Pedersen, G., Nielsen, L. H., & Simonsen, E. B. (2006). Biomechanical analysis of rollator walking. *BioMedical engineering*, 5, 1-7.
2. Bateni, H., & Maki, B. E. (2005). Assistive devices for balance and mobility: benefits, demands, and adverse consequences. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(1), 134-145. doi:10.1016/j.apmr.2004.04.023
3. Fast, A., Wang, F. S., Adrezin, R. S., Cordaro, M. A., Ramis, Juan., & Sosner, J. (2005). The instrumented walker: usage patterns and forces. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 76(5), 484-491. doi: 10.1016/S0003-9993(95)80584-2

4. Pardo, R. D., Deathe, A. B., & Winter, D. A. (1993a). Walker user risk index. A method for quantifying stability in walker users, *American journal of physical medicine and rehabilitation*, 72(5), 301-305. doi: 10.1097/00002060-199310000-00009
5. Pardo, R. D., Winter, D. A., & Deathe, A. B. (1993b). System for routines assessment of walker-assisted gait, *Clinical biomechanics*, 8(2), 73-80. doi: 10.1016/S0268-0033(93)90036-H
6. Pei, C., Chi, W. M., & Huang, C. H. (2009). Design and pilot test of an adaptable walker for slopes and stairs, *Gerontechnology*, 8(2), 117. doi: 10.4017/gt.2009.08.02.016.00
7. Tsai, H. A. (2003). Aided gait of people with lower limb amputations: comparison of 4-footed and 2-wheeled walkers, *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(4), 585-591. doi:10.1053/apmr.2003.50079
8. Wang, J. Y., & Pei, C. (2007). Design of a topography adaptation walker. *Journal of Nan Kai*, 4(4), 19-28.
9. 內政部營建署，(2008)。建築物無障礙設施設計規範。上網日期：2012年11月16日，檢自 http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10518&Itemid=57
10. 朱文玥，(1996)。助行器參數對虛弱老人步行生物力學之影響。未出版之碩士論文。國立陽明大學復健科技輔具研究所，台北市。
11. 裴駿、黃建華、吳鴻文、紀偉民，(2009，12月)。適形助行器設計及初步功能驗證。生物醫學工程科技研討會暨國科會醫學工程學門成果發表會，台北市。

A Novel Walker with Build-in Horizontal Adjustment for Slopes

W-M. Chi, C-H. Huang, C-N. Hsu, Z-J. Haung, C. Pei

Abstract

Assistive devices-Walkers increase the mobility of a person with lower limb disabilities or poor balance. Users need to have good function in their upper limbs. In Taiwan, 47% of common assistive devices are walkers and canes; but users of these devices have a higher risk of injury or falls than wheelchair users. The regular type of walker used by patients in Taiwan often causes users to lose their balance and fall. The users cannot keep the center line of their body and the line of their body's center of gravity parallel while they walk on slopes with a regular walker; also, walkers and canes do not provide sufficient support points for walking on stairs. We developed and evaluated a new walker with build-in horizontal adjustment that helps the user to overcome slopes and stairs. When the user walks with the new walker, the user simply adjusts the angle of the handles by holding the handle switches to keep the handles horizontal, allowing the user to maintain their balance with a normal walking position on slopes.

The major procedures of the test are: (1) comparison of gait of users with the regular walkers and the new walkers using the Vicon motion analysis system (Oxford Metrics, Oxford, England) as well as a biomechanics analysis system; (2) calculation of the supporting moments of upper and lower limbs of persons using the new and the regular walkers. The results show: during ascent, the new walker can provide more support moments for the upper limbs than a regular walker. In descent, the new walker can reduce loading moments. In conclusion, the new walker is more stable, convenient and safer than the

regular one. Also, the data analysis results can provide as an important index for continuing efforts to modify the new walker.

Keywords: Walker, GAIT analysis, Joint moment, Build-in horizontal adjustment

