

可變形及移位之接駁輪椅的輔具開發

盧炫綸^{1,*} 賴宥伸²

¹大葉大學醫學工程學系

515006 彰化縣大村鄉學府路 168 號

²淡江大學電機工程學系

251301 新北市淡水區英專路 151 號

*hllu@mail.dyu.edu.tw

摘要

本文開發的目的是開發一種可變形與移位的接駁椅。當老年患者或殘疾人士（照護對象）經常需要依靠照護者或家庭成員幫助他們從接駁椅轉移到其他地方。然而，重複執行手動輪椅任務會顯著增加護理人員累積神經損傷或肌肉骨骼勞損的風險。本文接駁椅具有電動控制裝置和傳動機構，使用者和病人可以輕鬆控制，將電動可變形與移位接駁椅變成一張小床，然後利用小床的傳動機構將病人平行轉移到家裡的床上。此設計可以減輕護理人員移動患者的負擔。本電動可變形與移位接駁椅已完成產品外形設計、機構設計、製造和產品組裝，而本電動接駁椅的面板經Ansys分析結果可以確認其面板強度是安全的。

關鍵詞：可變形，移位，機構設計，接駁椅，神經損傷，安全性

Development of a Reconfigurable and Displaceable Wheelchair Assistance Device with Lightweight Structure

HSUAN-LUN LU^{1,*} and YOU-SHEN LAI²

¹Department of Biomedical Engineering, Da-Yeh University

No.168, University Rd., Dacun, Changhua 515006, Taiwan, R.O.C.

²Department of Electrical Engineering, Tamkang University

No.151, Yingzhuan Rd., Tamsui Dist., New Taipei City 251301, Taiwan, R.O.C.

*hllu@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

This study developed a wheelchair assistance device that can be reconfigured and displaced for a care recipient, such as an older patient or an individual with a disability. This device is suitable for situations where a care recipient frequently requires assistance from a caregiver or family member to transfer from a docking chair to another place. The manual effort involved in these transfers exposes the caregiver to the risk of cumulative brain impairment or musculoskeletal strain. Accordingly, with the proposed device, users and patients can easily operate the wheelchair's electric control device and transmission mechanism to convert it into a small bed. They can then parallelly shift the patient to



their home bed using the small bed's transmission mechanism. The design of the device increases the ease with which the caregiver can transport the patient. The manufacture, product assembly, mechanism design, and product design of the electric wheelchair have been completed. Using ANSYS software, we assessed the structure of the reconfigurable and displaceable wheelchair and determined it to be safe.

Key Words: older patient, reconfigurable, displaceable, wheelchair, mechanism design, safety

一、前言

依據內政部資料，台灣推估將於2025年邁入超高齡社會。老年人口占總人口比率將持續提高，預估於2039年突破30%，至2070年將達43.6%。因此，居家照護需要專業照護人員若結合智慧型輔具，提升照護者的照護成效與生活品質。然而Elshani [10]等學者認為在照護人力上需求高且負擔較大，此外護理人員因長期施力，也會造成肌肉酸病、下背痛與腰椎疾病。所以，智慧型輔具的發展，尤其在長期照護病人族群是有其必要的，也可讓照護者有喘息時間。高齡者或行動不便者需依賴看護或家屬協助由輪椅移至其他場所，看護或家屬常會重覆以徒手力量搬移患者，容易導致照護者的神經損傷或是肌肉骨骼拉傷等現象。鄭又升 [3]發現協助病患移位與轉移的動作裡，有四個動作與床相關的動作，如：椅子移動床上位置，床上翻身，床上平躺坐起，小床到大床，其執行頻率高且照護者負擔亦很高。而在廖泰祥 [2]及Cohen [9]等學者認為照護者每日需要重複協助病患（被照護者）移位、拉抬及翻身等動作，若照護者徒手處理移位而造成施力不當，就會容易造成骨骼肌肉拉傷及腰酸背痛等問題。然而台灣相較於歐美國家；移位輔具應用於居家照護頻率較低，導致照護者會有過度勞累的問題。Berg [5]等學者說明歐美國家已經長期推動“不需徒手移動病患”（No-Life-Policy），讓照護者使用符合人體工學的照護輔具來協助病患的移動，照護者才不會因長期施力，也會造成肌肉酸病等問題，可以提昇居家照護品質。

在目前的轉位及移位帶有背負式拉拽式，容易對病患造成受傷的風險，且黃義良 [1]研發複合功能的移位帶，如圖1，雖然改良市面上的轉位及移位帶之缺點，但還是需要2-3人的人力運送，容易造成照護者的腰背拉傷，且需2-3人運送等缺點。因此本文開發電動式變形與移位整合輔具，不需要人力運送到床上，可以降低照護者徒手移動病患的機會，對病患亦不會造成受傷的風險，降低照護者骨骼肌肉拉傷及腰痠背痛的發生機率，讓照護者有喘息的時間或機會。

現今在臥床照護族群的日常生活中，絕大多數仍需倚靠電動吊機協助移動（如圖2），但是成本較高，在照護機構中仍不普遍，現今仍以人力加上簡單輔具為主流，因此在照護人力上需求高且負擔較大，此外護理人員因長期施力，也會造成肌肉酸病、下背痛與腰椎疾病 [7]。因此，本文在電動可變形及移位接駁椅輔具的發展，特別在長期照護病人族群是有其必要性。Mozingo [14]等學者根據肌腱壓迫的頻率和量為每個任務定義撞擊風險評分。MacGillivray [13]等學者以運動技能為基礎的訓練是否能改善老年人的轉體生物力學，在穩態車輪運動期間評估了時間空間和動力學變量。Kulich [11]等學者人體工程學運輸椅（Stryker® Prime TC 和 Staxi® 醫療椅）和兩個輪椅之間的照護者肌肉激活情況。Lui [12]及Yang [15]等學者以眼控裝置、APP 裝置及可翻身床墊等技術主要開發可翻身智慧病床，目前已有技轉給廠商並生產產品。Basker [6]等學者提出了一種運動控制算法，可以提高用戶的安全性和乘坐舒適性，可供本研究參考電動輪椅機電控制系統及運動模式參考分析。Choi [8]等學者以齒輪齒條機構用於將輪椅轉換為床，並為輪椅選擇合適的材料。從人體測量學研究中，對輪椅的尺寸進行人體測量，之後進行設計，而Choi [8]研究以此做參考。Chénier [7]等學者的文章中於臨床實踐輪椅力與力矩，並測量精度受車輪外傾角或推輪重量變化的影響提升安全結構，以及在輪椅動態安全介紹，可以確保結構的安全性。



圖1. 複合功能的移位帶 [1]





圖2. 電動吊機

二、設計方法

本文以長照病患為例，照顧長照病患不單純只是照顧，照顧者應該是想辦法讓病患能夠回歸到正常的生活機能運作，建立患者的自信心讓病況好轉。

本文主要收集可變形電動接駁椅的專利及市場調查，並整理相關資訊或資料提供做為開發複合式智慧載具之構想從蒐集的專利中可看出，複合式載具是現階段研發的趨勢，而本文找到多款的複合式載具的資料，可選取其優良來開發或設計複合式智慧載具的觀點，以利開發及設計製造之用。如圖 3 所示，本文分為變形接駁椅的外型設計、傳動機構設計、動作分析、各元件尺寸定義及電腦輔助分析。

因此本文已完成具安全、功能及舒適的可變形及移位之接駁椅（因空間有限，將設計背部、腳部及整體等升降、平移共有四個控制的致動器來帶動）之開發。本文完成電動變形與移位之接駁椅的面板設計、制定結構尺寸、實體製作、電腦繪圖、傳動裝置機構設計、製作及元件組裝。完成電動變形與移位之接駁椅後未來需再進行臨床檢測與改善，讓實體接駁椅可以達到優化與安全。

（一）機構設計

在一般家用輪椅的功能對於癱瘓、中風、脊椎損傷等行動不便的病患要進行上床的動作卻是一大困難，護理人員更是需要耗費大量體力才能使病患躺平。根據醫療法規座椅背部傾斜角度要為 85 度以方便病患乘坐。本接駁椅的規格尺寸（如圖 4）是躺平時全長 1550 mm，寬 600 mm，前後輪軸距為 554 mm，其座位的座椅長 450 mm，寬 600 mm，輪椅高度可調到最低高度 490 mm 與最高高度 740 mm。背部角度範圍 0~85 度，腳部角度範圍 0~55 度，電壓為 110 V。

本接駁椅設計可載重 150 Kg。在接駁椅的平移裝置之上層座椅面板平移距離 300 mm，二滑軌長度 500 mm 相距 126 mm。

本文接駁椅底座的面板兼具平移的效果，同時具原一般家用輪椅所有的功能，使護理人員在照顧病患時可以達到最省力省時的效果。將原本單層的座椅，增加一層，上層利用滑軌移動，下層供升降使用，上層移動是利用電動直線推桿推出距離設定在 300 mm，不能完全伸出，才不會導致輪椅失去平衡，如圖 5。

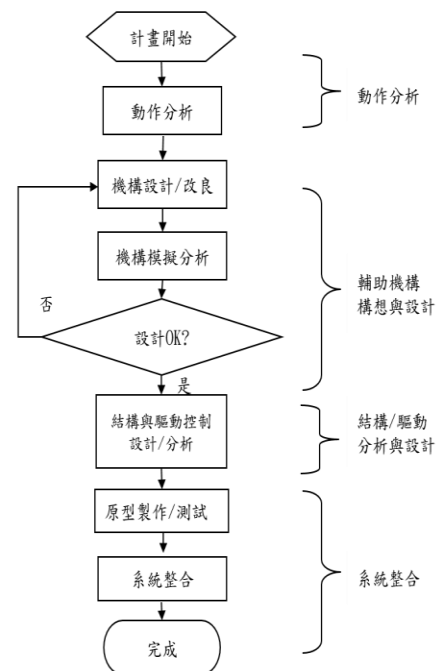


圖3. 本文研究流程圖

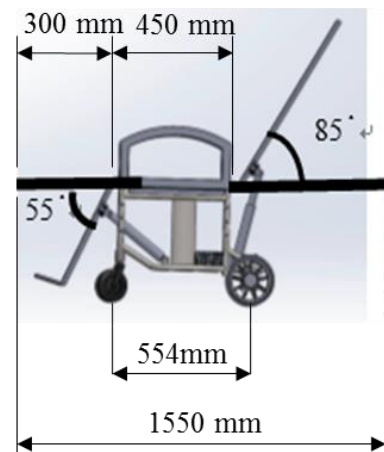


圖4. 接駁椅主要尺寸及角度



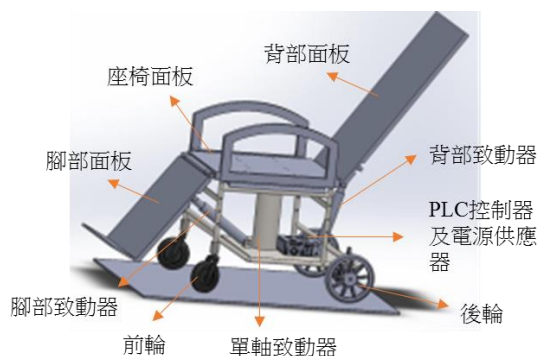


圖5. 接駁椅設計的元件

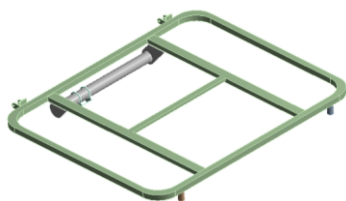


圖6. 接駁椅面板結構

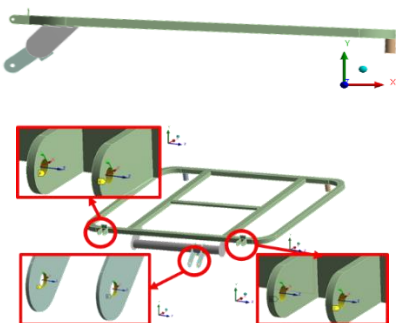


圖7. 邊界條件

(二) 力學分析

根據原始接駁椅繪的面板製成 CAD 圖，進行 CAE 結構分析，如圖 6 所示。

1. 邊界條件：設定根據實際狀況，接頭轉軸處把 X 與 Z 方向位移皆設為零，Y 方向則自由旋轉，使接頭固定住僅能旋轉，如圖 7 所示。
2. 施力條件：假設上身接駁椅與身體接觸面於 Y 方向整體向下施壓 1500 N。

(三) 問卷調查

根據回顧文獻後，本文採用作者與秀傳醫院合作的校內計畫調查資料 [4]，根據 2 位於臨床照護領域之資深專家，針對電動移位接駁椅產品於長期照護實務上之需求研擬調查問卷，該問卷包含 11 題照護實務面向、2 題目前最常使

用之移位工具、1 題移位工具價格調查與 2 題針對照護輔具重要性與期待性之問題。問卷評分採李克特五點計分，得分由 1 分「非常不同意」到 5 分「非常同意」。評分愈高代表受訪者認同該題描述之傾向愈高。問卷設計除了收集相關資料並找 2 位資深專家進行訪談，以完成電動變形與移位接駁椅需求調查問卷。另施測方式以匿名線上問卷方式，受訪者為長照中心與護理之家的照服員，有 1 位男性及 55 位女性，合計 56 位，問卷收件大多數為女性 (n=55; 98.2%)，其平均執業年資為 19.57 年。

三、結果與討論

本文完成電動變形與移位接駁椅的面板最佳化設計、制定結構尺寸、實體實作、電控程式設計-控制模組編程與傳動裝置機構設計製作及馬達與元件組裝。

在本文中以一般家用輪椅為基礎，再加具有平行移動之座椅，以及上下升降功能和可調式椅背腿部功能使其能幫助病人在上床時可以更為省力。本文所開發之輪椅機構具下列特點：

1. 新型設計中依舊保有原始移動之功能和方便性。
2. 新型設計中另具有平移機構、座椅升降機構以輔助病人上下床。

(一) 接駁椅的設計規格

一般家用輪椅最常見的功能有床面升降、背部升降、腳部升降、整體升降以及坐姿的角度，然而這些功能對於癱瘓、植物人、中風、脊椎損傷等行動不便的病患而言要進行上床的動作卻是一大困難，尤其是對於照顧病患的護理人員 更是需要耗費大量體力才能使病患躺平。其可變形與移位之接駁椅（如圖 8）的設計規格如下：

1. 可變形機構設計

一般輪椅椅背是無法做調整的為了讓病患乘坐時可以依據自己的舒適度去做合適的調整，椅背長度可以支撐到頭部，有些病患頭頸部都缺乏控制的能力因此輪椅必須具備頭靠，有些病患頭部支撐力不夠時輪椅必須向後仰躺或是傾倒，才能引導乘坐者上半身穩定的靠在椅背上。腿部升降可以配合背部仰躺或其他姿勢，身體可以完全貼合在輪椅上。本電動接駁椅的靠背和腳部支撐部分變形角度為 0° ~ 85° ，平躺角度為 180° （如圖 9），其規格背部長 730 mm 寬 500 mm，腿部長 350 mm 寬 500 mm。背部角度範圍 85° 至 0° ，腿部角度範圍 30° 至 92°





圖8. 接駁椅外型設計

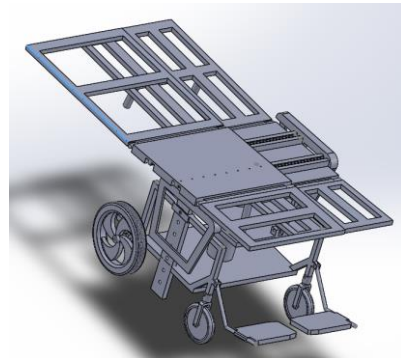


圖10. 面板框架可平行移位

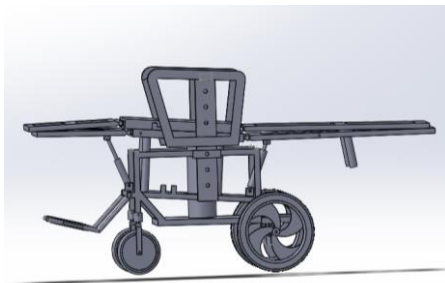


圖9. 接駁椅平躺狀態



圖11. 接駁椅新增升降的功能

腳部升降機構和背部升降機構主要藉由電動馬達的推桿作直線拉伸，其推桿在運動時可以保持停滯或停止或減速的機械零件，推桿推力可達 8000N 拉力為 3000N。而電動馬達的推桿直線動作是透過螺桿產生，螺桿以順時針或逆時針旋轉可讓軸心以直線上移或下移動，讓負荷產生推動／拉伸效應。

2. 移位機構設計

直線滑軌移位，面板框架可平行移位達300 mm（如圖10）。本設計加入可平移機構在輪椅中，既可以使輪椅底座平移的效果，而平移後框架會接觸到居家床墊上，有居家床墊支撐不會有傾斜及安全性疑慮。本接駁椅同時又兼具原一般家用輪椅所有的功能使護理人員在照顧病患時可以達到最省力省時的效果。

3. 座椅升降輔助

一般家用輪椅除了原有的功能外新增了升降的功能（如圖11），為了可以相容大部分病床之高度，平常使用時可以不用升降，在需要平移時，可以協助使用者更從容的使用，不需要煩惱高度的問題，以協助護理人員以及病患家屬使用時不會因為病床高度而受影響，達到更為省力與便利的效果。本接駁椅的座椅至地板高度為560 mm升降距離設定200

mm，最大負載為2000 N（推力），升降行程最低為200 mm，經過分析計算單支升降立柱就足以承受150 Kgw成年人的重量，在椅背跟腿部完全平行時並不會因為力臂過大而導致變形。

（二）面板結構的力學行為分析

本電動可變形與移位接駁椅的元件及面板經Ansys分析，其分析接駁椅的元件及面板結構的強度是安全性。

1. 面板框架腿部與背部保持在平行狀態

接駁椅結構應力分析採用面板框架、腿部與背部保持在平行的狀態（平躺，0 度）下，施加人體重量150Kgw重，均勻施力在腿部、背部與座位的面板框架上，需經Ansys 分析的等效應力和總變形的結果。而Ansys 分析結果得知其最大等效應力為99.8 MPa（如圖12），最大位移為1.56 mm（如圖13），得知最大等效應力為99.8 MPa，低於鋁合金材料的破壞強度180 MPa，表示接駁椅的面板結構強度是安全的。

2. 面板框架腿部與背部在45 度的狀態

接駁椅結構應力分析採用其面板框架腿部與背部在45 度的狀態下，施加人體重量150Kgw，均勻施力在腿部、背部與座位的面板框架上，需經Ansys 分析的等效應力和總變形的結果。而Ansys 分析結果得知其最大等效應力為120.8



MPa (如圖14)，最大位移為1.57 mm (如圖15)，分析結果得最大等效應力為120.8 MPa，低於鋁合金材料的破壞強度180 MPa，表示接駁椅的面板結構是安全的。

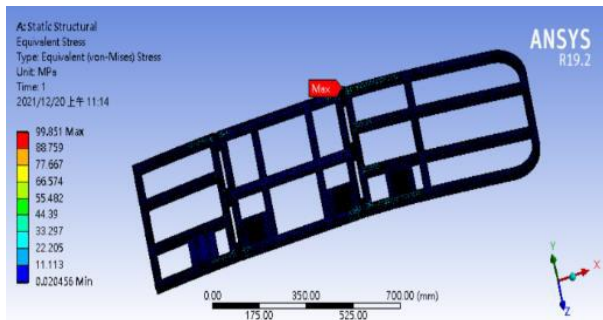


圖12. 平躺 0 度下的最大等效應力為99.8MPa

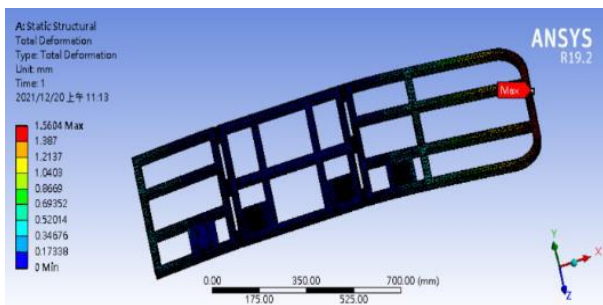


圖13. 平躺 0 度下的最大位移為1.56mm

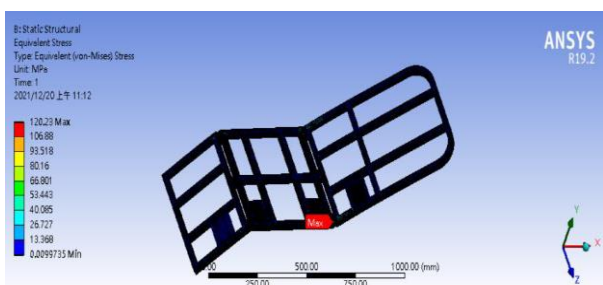


圖 14. 腿部與背部在 45 度的最大等效應力 120.8MPa

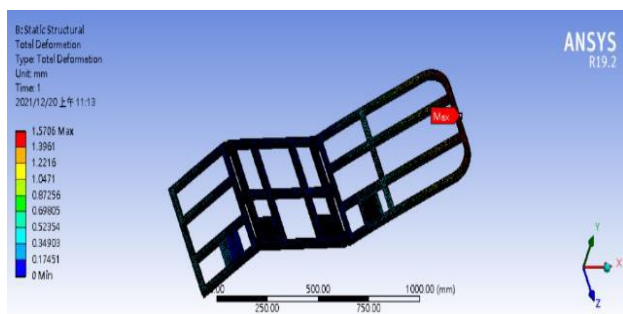


圖 15. 腿部與背部在 45 度的最大位移 1.57mm



圖16. 電動移位輔具調查的量化分析結果

(三) 電動移位接駁椅調查量化結果

本電動移位輔具調查主要區分量性與質性二面向 [4]，在量化分析結果顯示，有效問卷合計56 位。樣本基本人口學分佈方面，受訪者大多數為女性 (n = 55；98.2%)，其平均執業年資為19.57年 (標準差為7.39；範圍：3-37)。目前照護長期臥床患者時，有91.1%使用傳統人力輔具移位方式，其中移位板占多數(48.2%)、簡易移位墊次之(23.2%)與移位腰帶(17.9%)，僅5.4%有使用移位機之經驗。因此調查結果目前使用者偏好移位板與移位墊之方式，如圖16，但期待電動移位輔具的誕生。

另一方面，本問卷評分採李克特五點計分，得分由1分「非常不同意」到5分「非常同意」，在問卷中選4分「同意」及5分「非常同意」二項都列入同意的人數，問卷統計的結果多數認為同意。在電動移位接駁椅之價格能夠為執業單位所接受，其轉換使用電動移位接駁椅傾向會上升。根據本問卷調查指出，92.9%認為電動移位輔具之合價格應在70,000元以下(48.2%為50,000元以下；33.9%為50,001元-60,000元；10.7%為60,001元-70,000元)，照護人員建議本產品能訂出合價格。在電動移位接駁椅的問卷傾向分佈，96.40%醫療照護人員同意同時具備電動移位、自動升降且具備輪椅功能是很創新的產品。而89.30%醫療照護人員同意嘗試在照護工作中使用本電動移位輔具。87.50%醫療照護人員同意在照護工作中使用電動移位輔具來取代現行傳統輔具。照護工作，94.60%醫療照護人員同意有本電動移位產品的輔助是很重要的事情，照護人員期待本產品可以完成。

另外，92.90%醫療照護人員認為照護工作上，有本電動移位產品的輔助能夠增加照護工作的方便性。而85.70%醫療照護人員同意照護工作上，有本電動移位產品的輔助能夠增加照護工作的安全性。在照護工作的效益性上，94.60%醫療照護人員同意有本電動移位產品的輔助能夠增加照護工作的效益性。所有受訪之醫療照護人員皆同意照護工作



上，例如搬運病患或是病患的移動，有本電動移位產品的輔助，能減輕照護人員與家屬的負擔。並有96.40%醫療照護人員同意有本電動移位產品的輔助能增加病患從事正常生活的能力。在病患對照護的滿意度方面，有91.10%醫療照護人員同意有本電動移位產品的輔助能增加病患對醫療照護的滿意度，期待本文發展移位之接駁椅。有94.60%醫療照護人員認為照護機構應在照護工作上，採用本電動移位機的輔助是有其必要的，並且願意推薦電動移位機給其他照護長期臥床患者的同事或朋友。在生活品質方面，大多數的醫療照護人員同意在照護工作上，有本電動移位產品的輔助能增加被照護者（96.40%）、家屬（100%）與照護人員（98.20%）的生活品質。由上述結果可知，醫療照護人員對於照護工作上使用本電動移位輔具是具有創新性、方便性、重要性、安全性與效益性。另外也能增加滿意度與生活品質與減輕照護工作的負擔，綜合上述調查結果（如圖17），由以上的資料可以看出接駁椅需具有電動移位功能。

（四）小結

本文已經成功完成可變形及移位的接駁椅產品，如圖18所示，並與認證單位進行臨床測試和驗證，包括輪椅的變形測試、框架的移位和回縮以及其他模擬患者實際使用的動作測試。本文電動變形與移位接駁椅經過臨床測試與評估如圖19，其本接駁椅已通過認證，其結果是具有良好的人機互動性、穩定性（不傾斜）、安全性、功能性和坐墊舒適性。

四、結論

1. 本文完成接駁椅的機械設計、製造組裝、電控系統和接線、電控系統模組、電控程式設計-控制模組編程及認證，確實實現電動接駁椅的變形和移位的動作。
2. 本文已經成功設計和生產了電動變形與移位接駁椅的各個零件及控制器，且經 Ansys 分析分析面板結構的強度是安全性。
3. 本電動變形與移位接駁椅已通過 IRB 認證，並前往台中榮民總醫院進行臨床人體試驗，以確保安全性和符合病患需求。

誌謝

本文為國科會計畫（編號 112-2221-E-212 -004）之計畫成果，由於國科會的支持，使本文得以順利進行，特此致上感謝之意。

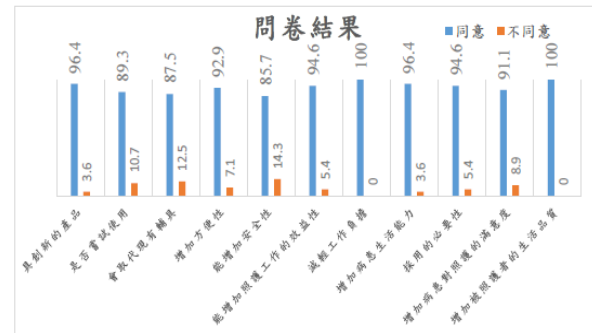


圖17. 電動移位輔具調查的質性分析結果



圖18. 完成接駁椅產品



圖19. 接駁椅產品測試

參考文獻

1. 黃義良（民109），雙向安全且快速調整移位帶之研發，福祉科技與服務管理學刊，8(4)，361-374。
2. 廖泰翔、何思怡（民103），長照機構推動(No-Lift Policy)的經驗分享，長期照護雜誌，18(1)，41-48。
3. 鄭又升（民103），護理人員協助病患轉移位方式與肌肉骨骼不適之探討，臺灣大學職能治療研究所碩士論文。



4. 賴峯民、蔡秀鸞、黃聖雄 (民110), 二位一體複合式載具開發, 秀傳醫院與大葉大學產學合作計畫結案報告, 彰化市。
5. Berge, L. (2017) *The Effect of a Multifaceted Intervention Upon Staff Nurses's Knowledge Related to Adherence to a No-lift Policy: An Evidence-based Practice Project*. Ph.D. Dissertation. Catholic University of America, Washington.
6. Baskar, C., N. Anitha, S. A. Kumar and M. D. Kumara (2021) Integrated bed cum wheelchair system for crippled patients. *Materials Today Proceedings*, Available online 3 March 2021, 36-48.
7. Chénier F, R. Aissaoui, C. Gauthier and D. H. Gagnon (2017) Wheelchair pushrim kinetics measurement: a method to cancel inaccuracies due to pushrim weight and wheel camber. *Medical Engineering & Physics*, 40, 75-86.
8. Choi, J. H., Y. Chung and S. Oh (2019) Motion control of joystick interfaced electric wheelchair for improvement of safety and riding comfort. *Mechatronics*, 59(10), 104-114.
9. Cohen M., H., G. G. Nelson, D. A. Green, R. Leib, M. W. Matz, P. A. Thomas, et al. (2010) Patient handling and movement assessment: a white paper. *The 2010 Health Guidelines*, the Facility Guidelines Institute, Dallas, TX.
10. Elshani, B., S. Krasniqi and R. Gjyliqi (2018) Herniated lumbar disc and nursing care. *International Journal of Business and Technology*, 6(2), 1-8.
11. Kulich, H. R., S. R. Bass, J. S. Griscavage, A. Vijayvargiya, J. S. Slowik and A. M. Koontz (2020) An ergonomic comparison of three different patient transport chairs in a simulated hospital environment. *Applied Ergonomics*, 88, 103172.
12. Lui, P. W., F. M. Lai, K. C. Su, J. Y. Lin, H. W. Chi, J. S. Wang and Y. W. Chen (2017) Use eye tracker to design an intelligent patient bed. *Energy Procedia*, 143, 553-558.
13. MacGillivray, M. K., J. J. Eng, E. Dean and J. Sawatzky (2020) Effects of motor skill-based training on wheelchair propulsion biomechanics in older adults: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(1), 1-10.
14. Mozingo, J. D., A. S. Mozingo, N. S. Murthy, M. G. V. Schueler, B. A. Straaten, D. R. Holmes, C. H. McCollough and K. D. Zhao (2020) Shoulder mechanical impingement risk associated with manual wheelchair tasks in individuals with spinal cord injury. *Clinical Biomechanics*, 71, 221-229.
15. Yang, Y. T., T. C. Chang and F. M. Lai (2021) Designing, manufacturing, and testing a voice controlled intelligent drawer. *Sensors and Materials*, 33(11), 4069-4075.

收件：112.12.05 修正：113.01.02 接受：113.03.15

