



案例研討

以使用者為中心之負壓隔離病房空調介面設計

*駱信昌¹ 阮柏政²

¹銘傳大學 商品設計學系

²國立台灣大學醫學院附設醫院 工務室

摘要

國內醫療院所的負壓隔離病房多建立於 2003 年爆發的嚴重急性呼吸道症候群(SARS)時期。由於疫情來得突然，規劃設計的過程多未考量臨床人員的需求，以致多數病房空調系統硬體系統設計不良，操作流程與介面設計更缺乏整體設計思考，增加了在負壓隔離病房執行醫療作業護理人員發生院內感染的風險。因此本研究遵循使用者中心設計的步驟，以北部某醫學中心為個案，邀請共 36 人次的臨床人員全程參與研究過程。確立了負壓隔離病房空調系統問題，再由臨床需求共同提出解決方案，提出了在淺色背景下，以低明度文字呈現空調資訊的新型介面設計案。最後透過使用性評估發現，新型介面較現有介面有較低的心智負荷與較高的使用者滿意度，代表新型介面較符合使用者需求。尤其是與護理人員共同討論將標準值標示在空調參數旁的設計特色獲得使用者的肯定，其可以讓人員在檢核或調整數值時有參考依據而感到安心。

關鍵詞：負壓隔離病房、使用者中心設計、介面設計

1. 研究背景與目的

從 2003 年的嚴重急性呼吸道症候群(SARS)、中東呼吸症候群冠狀病毒感染症(MERS-CoV)，到 H7N9 禽流感病毒，以及近來由中國大陸開始擴散如野火燎原般肆虐的新型冠狀病毒疾病 COVID-19 (Coronavirus disease 2019)，簡稱新冠肺炎，這些未知傳染病或動物源性病毒已成為人類的新威脅，引起各國對高傳染性病疫防疫流程的重視。截至 2020 年 3 月止，新冠病毒的確診數已大幅超過 SARS，全球 123 個國家有超過 13.25 萬人確診患有新冠肺炎，死亡總人數達到約 5000 人 (CNN, 2020)。由於這類呼吸道感染疾病的感染途徑皆是藉氣霧、氣膠、微滴、接觸等方式，因此為治療這些高致死率的傳染病，許多醫療院所陸續設置負壓隔離病房，除了將具高傳染性之病患與其他病患或人員做有效的隔離外，也讓專業醫療人員在治療這些高傳染性且高致死率病症病患時，可以保護他們的安全及防止醫療院所內傳染危害。國內醫療院所的負壓隔離病房多建立於 2003 年

爆發的 SARS 疫情，至今已逾 17 年。面對這個不知從何而來、如何發生的疾病，只能對於疑似 SARS 的病患隔離於負壓或單獨空調之隔離病房（陳亮恭、黃信彰，2003）。

然而 SARS 疫情過後，衛生主管機關及各醫療院所持續執行相關感染管制措施，並沒再發生如此高致死率之病症。於是疾管局從 101 年提出分級啟動機制，能讓醫療網整體運作更切合實際需求，以達到有效診治病患及防治傳染病疫情（衛生福利部疾病管制署，2013）。目前各醫療院所負壓隔離病房主要收治對象以結核病病患為主，依據行政院衛生福利部疾病管制署(2015b)的統計資料發現，臺灣至今每年仍有約 12,500 左右之新案例發生，仍屬於中度流行地區；且每年有近 600-700 人死於結核病，距離世界衛生組織(WHO)的基準：每十萬人口死亡率小於 1 人仍有一段距離，因此負壓病房仍有存在的必要性。

負壓隔離病房主要使用的對象為中央主管機關公告之高傳染性、高致病力的法定傳染病或新興傳染病需要空氣傳染防護措施的病患（衛生署福利部疾病管制署，2015a），以及專業護理人員。其中護理人員是醫療院所中與病患接觸最頻繁的專業人員，使用負壓隔離病房之醫護人員為了嚴格進行感染控制與自身防護，因此必須穿戴防護設備包括雙層髮罩、護目鏡、N95 口罩、防護面罩、雙層防護衣、雙層手套、雙層腳套等進行醫療行為，可以想像護理人員在如此層層防護裝備包覆下執行醫療工作，身心理均承受相當大的壓力。根據行政院衛生署統計，自台灣出現 SARS 至感染末期，全國確診病例為 655 人，死亡有 71 例，死亡率高達 10.85%，而其中共有 105 位的醫護人員感染！若因執行醫療作業時發生被感染的情形，平時良好之醫病互動、團隊、同事甚至友情、親情都可能變質（謝佑珊等人，2003；林淑慧，2012）。由於當時 SARS 疫情來得突然，加上時間急迫，部分醫療院所甚至未經專業設計程序，便以緊急採購方式發包進行負壓隔離病房的建置工程，規劃的過程未與使用者進行需求訪談，以致造成多數之負壓隔離病房設計不良。空調系統之操作流程與介面設計更是缺乏以使用者為中心的設計思考，大部分空調介面仍以類比指針或數位數字儀表為主（如圖 1）。致使許多在負壓隔離病房執行醫療作業的護理人員造成安全方面的風險，同時產生極大的心理壓力（呂民璿等人，2003）。

雖然使用者中心設計強調了解並確立使用範圍、確立使用需求、提出解決方案、評估解決方案步驟，為一般設計流程中皆有的程序，但不可忽視的是設計程序皆需以使用者為中心進行考量，且強調使用者共同參與的過程，可使產品或服務更符合使用者需求(Ma et al., 2007)。如今面對新冠肺炎疫情可能為負壓隔離病房帶來大量患者的考驗，國內各級醫療均不敢鬆懈。如能從臨床護理人員的角度切入，共同參與病房空調介面設計流程，應可有效產出符合使用者期望的解決方案。因此本研究遵循使用者中心設計的步驟，針對北部某醫學中心為個案進行探討，研究目的如下：(1)挖掘在負壓隔離病房工作護理人員所面臨的問題；(2)與護理人員共同定義問題並討論解決方案；(3)提出空調系統新型介面設計，設計並製作原型；(4)驗證新型介面是否符合使用者需求。



圖 1. 負壓隔離病房所採用之(a)指針式；(b)數字式空調介面（本研究整理）

2. 文獻探討

2.1 負壓隔離病房

負壓隔離病房主要是經醫療機構確診，感染途徑是藉氣霧、微滴、接觸等方式，且具高傳染性及高致死率的疾病，必須將病患與其他病患或人員做有效的隔離，避免病患以外人員受到感染，也讓醫療人員在治療這些高傳染性且高致死率病症之病患時，可以保護他們的職業安全及防止醫療機構內傳染危害之病房（行政院衛生署疾病管制局、勞工委員會勞工安全衛生研究所，2008）。當醫院收治傳染病病患時，為控制病患產生的生物氣膠污染範圍，刻意使病房內之氣壓恆低於病房外之氣壓，使病房外之空氣透過各種結構縫隙（門縫、風門開口等）單向流入病房內部，造成病房內空氣單向隔絕。負壓隔離病房通常由病房與附屬於病房的前室構成（如圖 2）。病房位於醫院負壓隔離區內，供病患居住以便於提供密集醫療服務。前室則為緊鄰病房門外之空間，其佔地面積通常遠小於病房。前室可作為防止負壓失效之氣壓緩衝空間，工作人員進出病房時亦可在此進行換裝、消毒（行政院衛生署疾病管制局、勞工委員會勞工安全衛生研究所，2008）。

空調是與負壓隔離病房安全最相關之處，包括進排氣路徑、設備系統儀表判讀監控、環境指標的標示方式、隔間材質的氣密能力與表面清潔容易度等。現行主管單位針對負壓隔離病房相關設施環境要求標準如下說明（行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2008）：

- (1) 前室負壓力 $\leq -3\text{Pa}$ ，病房負壓力 $\leq -8\text{Pa}$ ，前室相對壓力至少 $>$ 病房 5Pa 。
- (2) 壓力及氣流方向依照壓力及氣流分佈以走廊 \rightarrow 前室 \rightarrow 病房。
- (3) 溫濕度要求為 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ，70% RH 以下相對濕度。
- (4) 排氣過濾設備須使用袋進袋出式過濾裝置。
- (5) 日夜間控制節能模式、自動切換功能及盤面數值顯示及警報功能。在負壓模式時系統所有設備運轉及功能，包括溫度、濕度、換氣次數皆須按照規範要求運作。

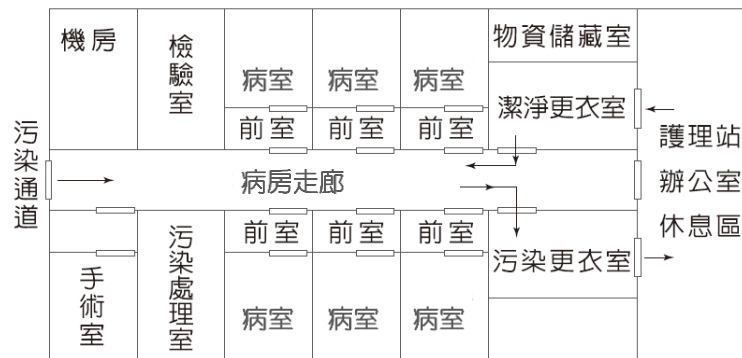


圖 2. 一般負壓隔離病房配置 (行政院衛生署疾病管制局、勞工委員會勞工安全衛生研究所, 2008)

國內醫療機構負壓隔離病房多源自 2003 年 SARS 疫情的爆發，其間雖不曾再發生大規模之呼吸道感染疾病，但由於當時在緊急狀況下建立的負壓病房考量不夠周詳，因此至今學者仍致力於研究如何降低現行負壓病房的安全危害，如從工程技術面著手探討如何設計不同換氣次數條件下所對應之門縫尺寸，或調整病房空調進排氣通風效率以維持恆定負壓 (Memarzadeh & Jiang, 2000; 曹達和等人, 2010; 王順志, 2010)，或探討隔離病房內臥床病患所呼出病菌之濃度場分布情形 (董雲春、胡石政, 2011)。除此之外，有關護理人員的工作壓力也是受到重視的議題 (郭錦暖等人, 2005; 游文甄等人, 2007; 蔡梅蘭、林雅蘋, 2010)。重症或加護病房護理人員工作壓力多來自於「擔心感染疾病的壓力」所致 (董貞吟等人, 2005)，尤其在這個場域服務的護理人員須嚴格執行感染控制與自身防護，但若因執行醫療作業時發生被感染的情形，平時良好之醫病互動、團隊、同事甚至友情、親情都可能變質 (謝佑珊等人, 2003; 董貞吟等人, 2005)。

當時的研究也提到，護理人員在照顧傳染性病患時的態度顯得相當的矛盾，一方面基於職責，多數贊成病患應得到適當的醫療照護，另一方面卻又會擔心自身及家人的健康保障，因此對於是否親自參與照顧傳染性病患出現了猶豫的態度 (蔡梅蘭、林雅蘋, 2010)。作業流程方面，為了達到最佳的安全防護措施，護理人員被要求在走廊與前室確認病房所有資訊、完整穿戴個人防護裝備，完成個人清潔消毒工作後才能進入病房 (林依靜等人, 2006)。由前述內容可知，雖然許多研究從工程技術面著手探討如何降低病房安全危害或是由職業傷害方面著手探討護理人員所受到的工作壓力，然而卻鮮少以使用者經驗探討改善空調介面降低感染的可能性。

2.2 以使用者為中心的概念

使用者中心設計 (User-Centered Design) 有別於傳統的設計概念，是基於對使用者、操作任務和所處環境的明確理解後，再由使用者角度切入整個設計流程。使用者參與整個設計與開發的過程，可降低設計者個人主觀意識的影響，幫助設計師更深入地連結目標群體，從而發現新的設計機會點 (Zhao, 2010)。在設計開發過程中使用者中心設計相當重要，關鍵是為使用者的需求和利益而設計，考量怎樣能夠讓使用者獲得最大的幫助，並以使用者需求和使用者感受出發 (Ying, 2010; 黃馨儀、陳建雄, 2012)。

使用者中心設計概念已經被應用在各種不同領域，除了讓網站、系統和生活產品的使用性大幅提高外，也被應用在輔具設備開發方面，如為學習障礙學生設計虛擬法庭以協助弱勢證人為出庭作準備(Cooke et al., 2002)；為患有上肢殘疾的腦性麻痺兒童設計的獨特輔助繪圖設備以改善繪圖範圍和繪圖運動(Wu et al., 2003)；為單側肩關節活動障礙使用者開發洗髮設備以克服肩部與上臂活動限制，讓他們可以正常的姿勢洗頭(Wu et al., 2009)；或為小學生的舒壓背包進行了重新設計，透過人因工程和生物力學測試，驗證所開發的新背包可以大大減少肩部、背部和頸部的負荷(Amiri et al., 2012)。同時，使用者中心設計應用在醫療與健康照護領域也是確實可行的(感染控制雜誌編輯部, 2007; Duarte & Guerra, 2012)；趙育玲、李亭亭, 2015；周芮仔等人, 2017)。由前述研究可知，使用者共同參與的方法可充分納入使用者意見，透過不斷的歸納與修正過程，可產出更貼近使用者需求的解決方案。

使用者中心設計在設計初期就必須將設計的焦點著重在使用者及執行的任務上，除了分析目標族群、類型外，更應該考慮使用者的使用行為模式、需求、可能會遇到的問題等，將使用者的行為反應成為設計思考的一部分。關於使用者中心設計的方法相當多，沒有固定不變的方法論或流程，隨著產品開發的背景不同，運用的方法與過程也會有所不同(Ma et al., 2007; 梁又文、梁桂嘉, 2009; Montignies et al., 2010; Park J, 2011; Siricharoen, 2011; 胡祖武、熊哈拿, 2012; Wong et al., 2012; 王婷儀, 2013)。

以 ISO 13407 Standard User-Centered Design Activities Development Process (1999) 為例，使用者中心設計包含四個階段：了解並確立使用範圍、確立使用需求、提出解決方案、及評估解決方案(如圖 3)。前二階段常採用的方法包含：文獻分析、現況分析、觀察紀錄分析、訪談紀錄分析、表格歸納整理、扎根理論、統計分析等，以歸納整理或統計分析的方法統整出各典型任務或後續設計準則。接著設計師依設計準則提出設計解決方案，最後以使用性評估解決方案是否符合使用者需求。使用性概念是一種以使用者的角度進行思考的設計概念，可經由量測使用者與某樣產品互動經驗的品質得知，使用者以最少的努力完成任務，避免在操作過程中遭遇錯誤或感到挫折，達到互動滿意經驗(Nielsen, 1993; Bastien, 2010)。目前常用來評估人機介面之使用性以操作時間及錯誤率等量化指標為主，本研究在前期實驗時發現，護理人員均熟悉現有介面的操作模式，再加上新的新型介面依臨床需求提供了更多功能，無法以標準操作任務的量化指標進行比較，因此改採針對主觀感受的 NASA-TLX 工作負荷程度量表(NASA Task load index standard workload test)與系統使用性尺度量表(System usability scale, SUS)為介面評估之依據。NASA-TLX 量表與 SUS 量表皆以李克特式形式呈現之問卷，以多向度的方式量測使用者在操作介面時的工作負荷量與滿意度。

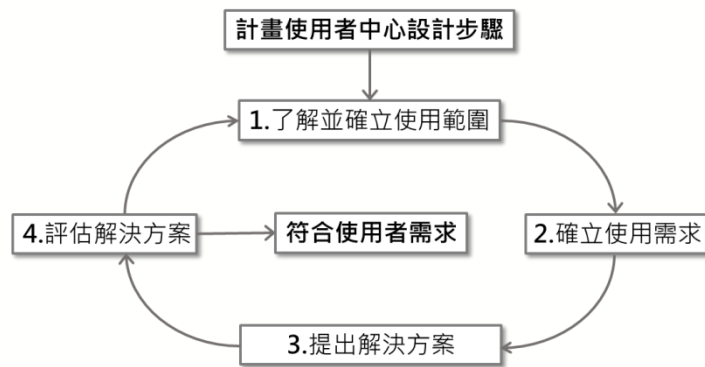


圖 3. 使用者中心設計流程(ISO 13407, 1999)

3. 研究方法

本研究所探討的個案共有 96 間負壓隔離病房，皆為單人病房形式。建置時原僅供負壓隔離病房使用，但在 SARS 疫情結束後，為提高病房利用率，在符合現行法規下，未收治隔離病患時則提供給內科加護病患使用。本研究採用使用者中心設計的方法，依循以下四個主要步驟進行空調介面設計，不同步驟參與人員如表 1 所示。

表 1. 各步驟參與使用者中心設計人員屬性一覽表 (共 36 人次)

參與者編號	步驟 1	步驟 2	步驟 3	步驟 4	年資
HN01	●			●	23
HN02		●	●		17
HN03		●	●		20
NS01	●				17
NS02	●				18
NS03	●	●	●	●	20
NS04	●	●	●	●	17
NS05	●			●	18
NS06	●			●	20
NS07	●				20
NS08			●	●	18
NS09			●	●	16
NS10				●	16
IC01	●	●	●	●	22
IC02	●	●	●	●	18
ET01		●	●		25
	10	7	9	10	

HN: 護理長; NS: 護理師; IC: 感染控制管理師; ET: 醫院工務室技師

步驟 1 挖掘負壓隔離病房空調系統問題：研究團隊在 1 位護理長與 1 位工務技師的陪同下實地至醫學中心之胸腔內科重症中心，採用非參與式觀察法分析負壓隔離病房使用情境、相關設備，與人員操作流程，歷時約 2 小時。整理現場觀察資料後由研究團隊發展訪談大綱，之後再次到醫學中心邀請護理人員進行焦點團體訪談。在主持人引言，成員簡短自我介紹後，依主持人提供之訪談架構自由參與討論，全程錄音錄影歷時約 1.5 小時。焦點團體訪談由 10 位護理人員組成，包括 1 位護理長、7 位護理師、及 2 位感染控制管理師（平均服務年資 19.3 年）。會議成員分別依背景加以編碼以利後續資料整理，討論主題如次：

- (1) 如何確認病房的負壓系統是正常運作？
- (2) 如何設定病房的空調系統？
- (3) 收治重症患者與一般患者時，空調系統如何設定？
- (4) 其他在工作時曾遭遇到的問題？

步驟 2 針對臨床需求共同討論解決方案：研究團隊採用焦點團體法進行研究，邀請 6 位護理人員（2 位護理長、2 位護理師、2 位感染控制管理師，平均服務年資 19 年）及 1 位工務室技師（平均服務年資 25 年）參與訪談。過程如步驟 1，歷時約 1.5 小時，討論主題如次：

- (1) 針對病房空調問題提出相對應的需求；
- (2) 針對前述需求探討解決方案。

步驟 3 進行空調系統新型介面設計：本研究邀請 8 位護理人員（2 位護理長、4 位護理師、2 位感染控制管理師，平均服務年資 17.3 年）及 1 位工務技術師共同參與介面設計，並以三回合設計流程完成新型空調系統介面設計。

- (1) 第一回合規劃空調系統新型介面人機操作流程，討論介面版面配置。
- (2) 第二回合數位介面設計時，為讓護理人員可快速適應新型的空調系統介面，本研究在基礎介面設計的理論上（許勝雄等人，2017），沿用現有介面型態，以靜態、定量為主的資訊呈現方式，規劃兩種不同面向：一為文字 vs 圖形，另一為不同背景極性（淺色 vs 深色）的兩款提案，再針對介面呈現文字之字級、識別空調參數類型之色彩及象徵空調參數的符號等進行細部設計。透過護理人員共同討論確認最終新型介面設計方案。
- (3) 第三回合將新型介面設計原型安裝至於胸腔內科重症中心場域，讓護理人員熟悉操作方式一週後再進行使用性評估。

步驟 4 不同類型介面使用性評估：本階段邀請 10 位平均年資 18.8 年的護理人員（1 位護理長、7 位護理師及 2 位感染控制管理師）參與介面評估實驗。內容如下：

- (1) 研究人員先向受測者講解實驗流程；
- (2) 請受測者以新型介面、數字式介面、指針式介面的順序，進行標準操作流程：確認並紀錄前室與病室氣壓值；調整病室溫度；調整排氣次數；換氣次數；

- (3) 每個介面型式操成完畢後，受測者填寫 NASA-TLX 量表及 SUS 系統使用性尺度量表；
- (4) 最後再請受測者發表對新型介面的看法。

NASA-TLX 量表是根據雙極方向的六個指標（如表 2）的加權平均來評估心智負荷，分別為：心理負荷(Mental demand, MD)、生理負荷(Physical demand, PD)、時間負荷(Temporal demand, TD)、自我績效(Own performance, OP)、努力(Effort, E)及挫折(Frustration, F)，計算公式如下：

$$W(t_i) = W_{i1} * V(MD_{i1}) + W_{i2} * V(PD_{i2}) + W_{i3} * V(TD_{i3}) + W_{i4} * V(OP_{i4}) + W_{i5} * V(E_{i5}) + W_{i6} * V(F_{i6})$$

上述 W (ti)指的是個體 i 與工作 t 的複合工作負荷，Wi1...Wi6 則代表兩極方向的六個指標的個別權數(Hart, 1986)。

表 2. NASA-TLX 量表各項指標說明

編號	指標	說明
1	心理負荷	執行任務時需花費多少心智與感受程度，譬如考慮、決策、搜尋、記憶等內心層面感受
2	生理負荷	執行任務時需花費多少生理動作，譬如移動、點擊、敲打、操作等外在層次感受
3	時間負荷	對於執行任務花費的時間、操作的速度以及任務的組成對於受測者是否產生壓力
4	自我績效	受測者對自我完成任務的滿意度，或是對自我表現的評分
5	努力	需花費多少精力或專注程度來完成任務
6	挫折	執行任務時遇到失敗、煩悶、挫敗等內心負面程度

SUS 量表為五點尺度李克特量表(Five-interval likert scale)形式之問卷（如表 3），含十項標準敘述題型，問項由正反面交叉詢問方式敘述組成，而施測者藉由公式將受測者在每項問題上所選擇之尺度，轉化成數據型式之資料後進行統計分析。分數計算方式為第 1、3、5、7、9 題分數累加減 5，再以 25 減去第 2、4、6、8、10 題的累加分數，兩部分得分相加後乘以 2.5 即得到總分，計算公式如下：

$$[(S1+S3+S5+S7+S9)-5] + [25-(S2+S4+S6+S8+S10)] * 2.5$$

S 指題號，換算後分數範圍介於 0 與 100 間，分數越高代表受測者對系統的使用性評價越高。

表 3. 系統使用性量表問項說明 (修改自 Brooke, 1996)

編號	說明
S1	我願意經常使用這個控制介面
S2	這個控制介面過於複雜
S3	這個控制介面是容易使用的
S4	我覺得操作這個控制介面時可能需要他人的協助
S5	我覺得這個控制介面將各個操作步驟整合得很好
S6	我認為這個控制介面的設計缺乏一致性
S7	我認為大多數使用者都能快速了解如何使用這個控制介面
S8	我覺得這個控制介面使用上很麻煩
S9	我很有自信能使用這個控制介面
S10	我需要很多其他學習才能順利使用這個控制介面

4. 結果

4.1 確立負壓隔離病房空調系統介面問題

本研究邀請 10 位護理人員訪談在負壓隔離病房工作時遭遇到的問題及相關之使用者經驗，歸納結果如下：

- (1) 顯示儀表命名混淆：空調系統的顯示儀表與控制器均設置於控制盤上，包含：前室-走廊壓差指示器、前室-病室壓差指示器、電源指示燈、負壓正常指示燈、負壓異常指示燈、負壓異常復歸燈，顯示燈號均以工程術語命名，一般護理人員不易理解（如圖 4）。



圖 4. 負壓隔離病房空調系統，指針式與數字式氣壓表並存，控制盤上方為外接警示喇叭

- (1) 氣壓數值不易判讀：人員利用控制盤上的氣壓表判斷空調系統運作是否正常，由於走廊、前室、病室間的空氣是流動的，儀器感測到的氣壓值會持續變化，造成指針式氣壓表的指針不斷跳動，再加上表面的氣壓刻度過小，需要多次判讀才能確認。而數字式氣壓表面臨

同樣的問題，數值也不斷變化，因而增加人員判讀時的不確定性。尤其當病患情況危急時，人員在時間壓力下常忽略所判讀的數值是否正確，便進入照護病患，而於事後擔心是否會被感染，造成自身心理的壓力。

- (2) 資訊顯示方式不一致：由於病房建置時間緊迫，會發生走廊與前室使用不同廠牌、不同氣壓單位儀表的情形，如英寸水柱(Inches of water)或帕斯卡(Pa)；有些則是指針式與數字式並存（如圖 5），在同一環境標示兩種不同的氣壓數值，增加人員判讀時的困擾。



圖 5. 以英寸水柱為單位的指針式氣壓表，與以帕斯卡為單位的數字式氣壓表並列於控制盤

- (1) 顯示儀表與控制器配置過於分散：前室-走廊壓差指示器及前室-病室壓差指示器設置於走廊，但控制排氣風速及換氣次數時則必需進入病室才能控制，造成人員困擾。
- (2) 溫度控制器位置設置不良：病室溫度控制器設置於病室，讓病患可自行調整溫度。但遇到起身困難的病患時，必須請護理人員由走廊穿過前室進入病室才能調整溫度。非因必要性治療而進入病室可能增加人員被感染的風險。
- (3) 未明確區分病房模式：現行病房並未明確標示為負壓模式（收治高傳染力病患）或是一般模式（收治內科重症病患），因此人員可能在未確認收治病患的屬性情況下更改空調設定，避免非相關人員或病友擅自更改空調設定，導致發生短循環及氣流交叉感染的風險。
- (4) 系統異常警示聲引起恐慌：空調系統發生異常時，警報蜂鳴聲會透過控制盤上方的外接警示喇叭大聲播放，容易造成同區域病患的恐慌與緊張。

4.2 共同討論解決方案

挖掘護理人員曾遭遇到的問題後，研究團隊邀請 6 位臨床人員及 1 位工務室技師進行焦點團體訪談，共同討論如何將現行的空調系統問題轉換為臨床需求，再針對各項需求提出解決方案，如表 4 所示。

表 4. 臨床需求轉換解決方案對照表

確立問題	臨床需求	解決方案
1 顯示儀表命名混淆	<ul style="list-style-type: none"> 希望儀表的命名以護理人員習慣的用詞為主，而且要避免使用冗長的文字說明。 	<ul style="list-style-type: none"> 邀請護理人員共同討論儀表命名：找出慣用的代表詞彙。
2 氣壓表數值不易判讀	<ul style="list-style-type: none"> 希望採用數字式的顯示方式，比較好判讀，但數字不要再一直跳來跳去。 	<ul style="list-style-type: none"> 降低顯示儀表靈敏度：降低氣壓感測器與顯示器的增量(Gain)值，並採用數位顯示器。
3 資訊顯示方式不一致	<ul style="list-style-type: none"> 希望統一氣壓數值的單位。 	<ul style="list-style-type: none"> 統一空調參數單位：溫度單位為$^{\circ}\text{C}$，壓力單位為 Pa，換氣單位為次/時，排氣壓力為 m/秒。
4 顯示儀表與控制器配置過於分散	<ul style="list-style-type: none"> 希望將空調參數集中於同一螢幕顯示，將有助減輕工作負擔。 希望能將顯示儀表與控制器整合在一起。 	<ul style="list-style-type: none"> 設置觸控顯示器：整合空調相關顯示與控制介面。
5 溫度控制器位置設置不良	<ul style="list-style-type: none"> 希望可以在病室外調整病室溫度，可避免進入病房防護的程序。 	<ul style="list-style-type: none"> 將溫度控制器設置於走廊：整合空調控制介面，並設置於走廊，減少人員進出病室次數。 提供溫度遙控器給病患使用。
6 未明確區分病房模式	<ul style="list-style-type: none"> 希望有負壓模式與一般模式可針對不同病症的病患選擇不同空調模式。 希望有避免誤觸的功能，才不致造成設備運作異常。 	<ul style="list-style-type: none"> 提供模式切換與密碼保護功能：對應隔離治療／非需隔離的病患選擇不同空調設定。 負壓模式時必需輸入密碼才能進入設定頁面，調整各項空調參數。
7 系統異常警示聲引起恐慌	<ul style="list-style-type: none"> 希望不要使用聲響為提醒方式，以免造成護理人員及病患的恐慌。 	<ul style="list-style-type: none"> 加入燈光閃爍功能：考量設備系統若故障造成負壓系統失效可能會帶來的安全危害，因此仍保留異常警示聲響，避免人員忽略問題，但加入燈光閃爍功能加速人員定位。

4.3 空調系統新型介面設計過程

設計團隊以三回合進行負壓隔離病房空調系統新型介面設計，並完成功能原型。

第一回合：規劃人機介面操作架構（如圖 6），包含：(1)一般待機時啟動螢幕保護程式，顯示休眠狀態；(2)選擇模式：一般模式／負壓模式對應收治／需要隔離治療之病患；(3)內容：前室氣壓、病室氣壓；(4)密碼設定：要控制前室或病房內的相關設定時必須輸入密碼才得以操作；(5)設定內容：前室氣壓、病室氣壓、病室換氣次數、病室換氣風速。

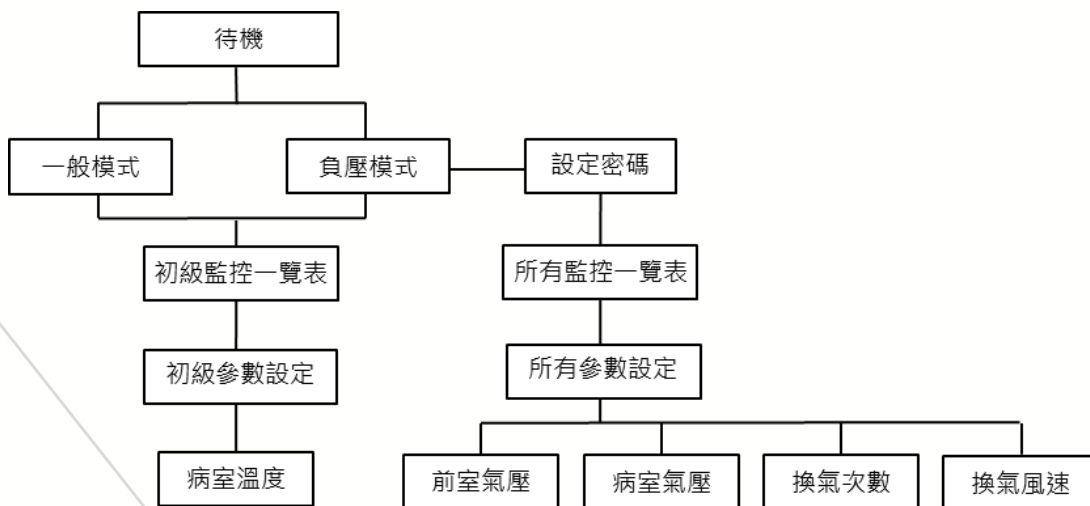


圖 6. 空調系統新型介面操作架構

第二回合：確定人機介面操作流程與設計邏輯後，即進行數位設計。兩款設計提案分述如下：A 版在深色背景下以圖形呈現空調資訊（如圖 7a）、B 版在淺色背景下以文字呈現空調資訊輔以色彩分類（如圖 7b）。經過第一輪與護理人員共同討論後，認為以文字呈現資訊的方式較佳，因此設計團隊馬上修正 A1 版在深色背景下以文字呈現（如圖 8a）。B1 版則維持淺色背景，以文字加上象徵空調參數的餘備符碼（如圖 8b）。再經第二輪與護理人員共同討論後，一致認為 B 版淺色背景的呈現較佳，但象徵空調參數的餘備符碼辨識度不佳，因此再次修正提出 B2 版為最終設計案（如圖 7b）。



圖 7. 負壓隔離病房空調系統新型介面設計過程：(a)A 版；(b)B 版

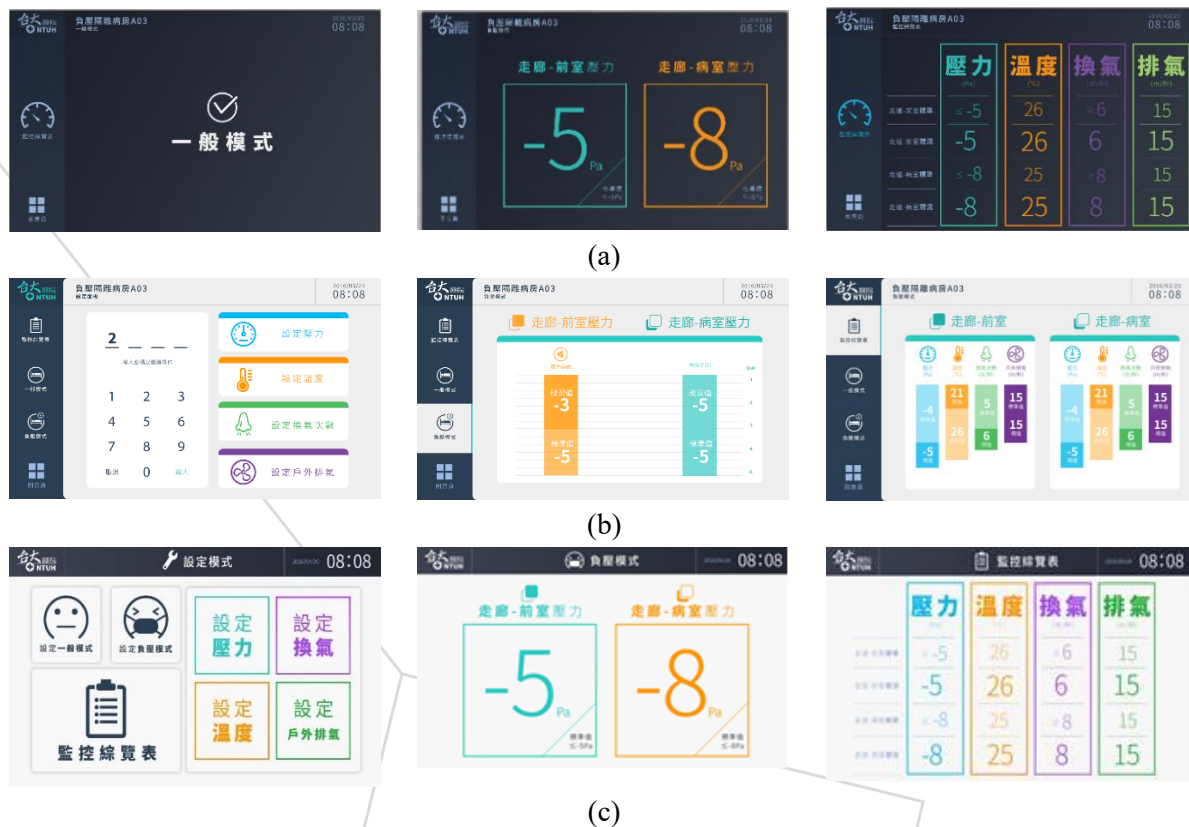


圖 8. 負壓隔離病房空調系統新型介面設計修改過程：(a)A1 版；(b)B1 版；(c)B2 版

第三回合：原型製作：系統工程師將空調系統的項目、階層流程及個別之頁面編寫控制程式並輸入至 7" LED 觸控螢幕。同時將原型線路連接至病房中的空調主機，達到讓護理人員實際測試的目的（如圖 9）。

4.4 介面使用性評估結果

本研究開發之新型介面原型可實際控制前室與病室內的空調設備，在病室內產生實際的溫度與氣壓變化，因此參與受測者是以實際工作情境進行評估。本階段邀請十位護理人員參與評估實驗，完成指定任務後進行 NASA-TLX 量表問卷調查，描述性統計結果如表 5 所示。新型介面之 NASA-TLX 量表合計分數為 15.5 分，較指針式介面 23.6 分、數字式介面 18.5 分低，顯示新型介面心智負荷量最少，亦是較不費力且較易操作的。SUS 系統使用性尺度量表問卷調查方面，描述性統計結果如表 6 所示。指針式平均為 57.8 分、數字式平均為 60.5，遠低於新型介面平均分數 80.8 分，由此可知受測之護理人員對新型介面有較高之滿意度。

整合空調使用經驗訪談摘要如下：

- (1) 新型介面直接顯示為病房現正處於負壓或一般模式，有明顯警示效果，可避免人員誤入收治高感染性病患之病房而遭到感染。

- (2) 新型介面可在走廊調整病室溫度、排氣次數、換氣次數等參數，相較於現有介面可減少進入病房次數。
- (3) 新型介面可顯示項目較多，可以一次確認各項空調參數，而且可以由不同色彩很容易辨識參數類型，不會混淆。
- (4) 新型介面在空調參數旁標示標準值，可以比對安全數值範圍，調整流程簡單易懂，很容易就上手。
- (5) 新型介面可在系統異常時，除了發出警示聲響，並且螢幕閃爍，可以很明確地告訴護理人員是哪間病房發生問題。
- (6) 新型介面內容清楚穩定，尤其是前室與病室的氣壓值不再跳來跳去，讓人有安心的感覺。
- (7) 各項空調參數與控制器整合在觸控螢幕上，有一致的數值顯示單位，很快就可以確認相關資訊，也比較美觀。

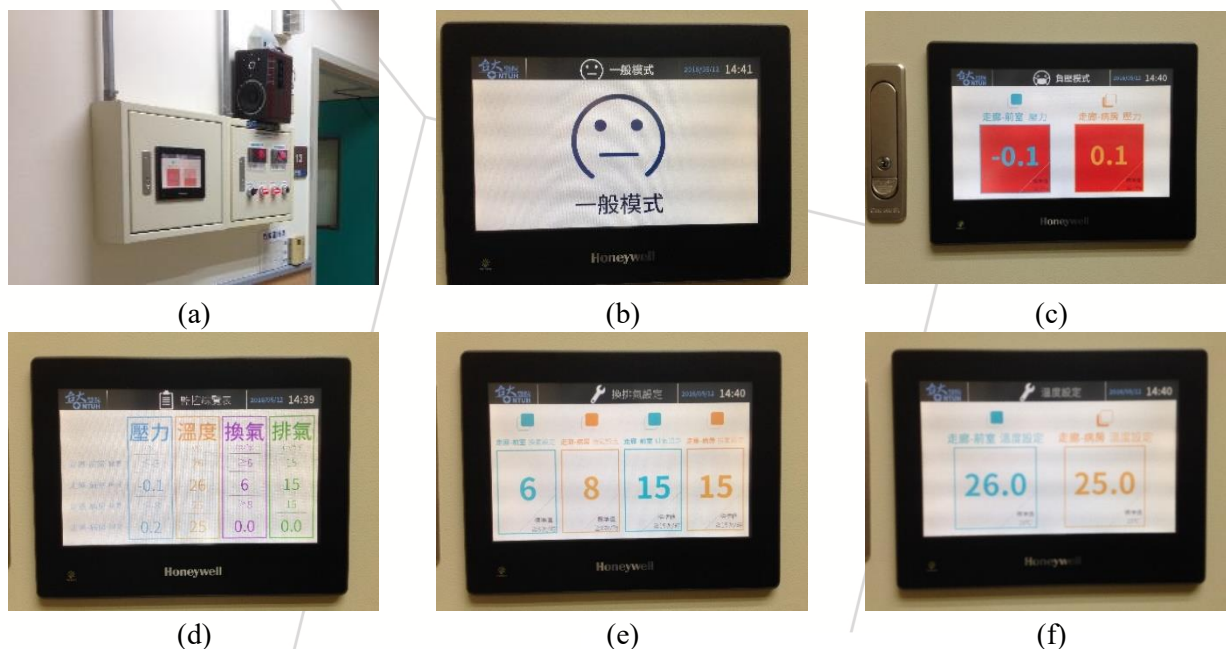


圖 9. 負壓隔離病房空調系統新型介面功能原型：(a)設置於數字型氣壓表左側；(b)一般模式；(c)負壓模式系統異常；(d)監控一覽表；(e)換氣次數設定；(f)溫度設定

表 5. NASA-TLX 量表問卷調查結果 (平均值、標準差)

	指針式	數字式	新型介面
心智負荷	4.0(1.5)	3.0(1.2)	2.7(1.3)
生理負荷	3.9(2.0)	3.0(1.4)	2.7(1.3)
時間負荷	3.6(1.4)	2.8(1.1)	2.8(1.0)
努力程度	4.0(1.8)	2.6(1.1)	2.5(0.9)
表現績效	3.8(1.9)	2.9(1.5)	2.1(0.8)
挫折程度	4.4(2.1)	4.4(2.7)	3.8(2.1)
合計	23.6(7.4)	18.5(6.2)	15.5(4.9)

表 6. SUS 系統使用性尺度量表問卷調查結果 (平均值、標準差)

		指針式	數字式	新型介面
S1	我願意經常使用這個介面	2.7(0.8)	2.9(0.5)	4.1(0.8)
S2	這個介面過於複雜	1.5(0.7)	1.4(0.5)	1.7(0.8)
S3	這個介面是容易使用的	2.9(1.4)	3.2(0.6)	4(0.6)
S4	我覺得操作這個介面時可能需要他人的協助	1.6(0.5)	1.2(0.4)	1.8(0.6)
S5	我覺得這個介面將各個操作步驟整合得很好	2.1(0.8)	2.5(0.8)	4.3(0.6)
S6	我認為這個介面的設計缺乏一致性	2.1(0.8)	2.6(0.8)	1.4(0.7)
S7	我認為大多數使用者都能快速了解如何使用這個介面	2.2(1.0)	1.4(0.5)	3.9(0.9)
S8	我覺得這個介面使用上很麻煩	3.3(0.5)	2.9(0.8)	1.7(0.8)
S9	我很有自信能使用這個介面	4.5(0.7)	4.4(0.7)	4.2(0.7)
S10	我需要很多其他學習才能順利使用這個介面	2.8(1.2)	2.1(1.1)	1.6(0.7)
	合計	57.8(7.9)	60.5(4.3)	80.8(5.1)

5. 討論

為能瞭解護理人員在高感染風險環境工作所遭遇的問題，針對他們的臨床需求進行設計改善，本研究遵循使用者中心設計的步驟進行空調系統的人機介面設計並提出功能原型。由使用者評估的結果可知，新型介面有較低的心智負荷，內容辨識性改善很多；系統使用性量表的結果也呈較高的分數，代表有較高的使用者滿意度。

於介面設計階段，本研究提出以圖形為主，及以文字為主的兩款介面設計提案，經過與護理人員共同討論，最後產出以文字說明為主的介面設計。究其原因，護理人員對空調介面的需求以參數的監控與紀錄為主，其次才是控制病室的空調參數。因此如何讓使用者快速地確認病房內氣壓值是最重要的，他們認為象徵氣壓或溫度的各項符號是不需要的。另一方面，空調介面可調整的參數並不多，僅病室的溫度、換氣次數、換氣風速，因此人員可利用不同的資訊呈現向度，如版面位置、色彩來辨識資訊的意義。如同有位護理長提到，利用不同色彩顯示的方式讓我們更容易辨識病房的溫度與氣壓值，調整溫度與換氣風速時也不易犯錯。由此可知在以醫療院所為主的特定型態的工作環境，以文字、色彩向度構成之介面設計較符合使用者需求。

在使用者評估方面，透過 NASA-TLX 量表結果可知，新型介面的各項心智負荷指標皆低於數字式及指針式介面。推論其原因可能是新型介面可準確顯示前室與病室的各別氣壓，而非以氣壓差值的方式呈現，因此護理人員可在最短時間確認病房內的氣壓值是否正常，進而減低工作壓力。指針式的介面容易因不易閱讀，護理人員沒有把握讀取資訊是否正確，但又在不容許有失誤發生的壓力下，只好再三檢核確認，因此造成 NASA-TLX 量表裡心智負荷、時間負荷、與挫折程度等指標分數較高。數字式介面的挫折程度指標較高，可能是因為顯示介面過於靈敏，小數位數經常變化，以致於護理人員在確認數值時沒有把握，進而無法放心對病患進行治療。至於新型介面與數字式介

面在時間負荷指標分數相同，本研究認為是新型介面即採數位方式呈現資訊，使用者的判讀歷程也較為一致。

在設計過程中，除了邀請使用者參與之外，不斷地與使用者溝通是改善負壓病房的空調介面的使用性的重要過程，也是設計專案能否成功的關鍵。綜觀本研究確實依循使用者中心設計方法，各步驟均有臨床人員共同參與討論，其中，確立負壓隔離病房空調系統問題 10 位、針對臨床需求共同討論解決方案 7 位、進行新型介面設計 9 位、新型介面原型評估 10 位，共計有 36 人次，但因為護理工作排班的關係，無法所有的護理人員均參與使用者中心設計的四個步驟，僅 4 位是全程參與，實乃本研究較為可惜之處。但由整個設計流程均有核心使用者的參與，讓本研究所提出之新型介面更能貼近臨床需求。值得一提的是，與護理人員討論的過程中發現，他們真正關心的是空氣流是否有從走廊經前室流往病室再向外排出。但有些病房呈現房室間的氣壓差值，有些病房則是呈現與大氣壓力的差值，在顯示格式不一致的情況下，再加上不同廠牌、不同氣壓單位的儀表更容易造成護理人員誤判。本研究參考法規（行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2008），提出在空調參數旁標示標準值供人員參考（如圖 10），這項設計獲得參與評估護理人員的肯定，一致認為是相當實用的設計。這是原先護理人員並未提出之需求，透過共同參與的過程不斷地與設計團隊溝通與討論而提出創新的見解，這也是落實使用者中心設計的好處。



圖 10. 新型介面標示標準氣壓值供人員設定參考

6. 結論

由於國內外新冠肺炎疫情持續延燒，確診人數不斷攀升，收治病患且防止病毒擴散的醫療空間以負壓隔離病房最為適當。國內負壓隔離病房多建置於十多年前 SARS 期間，但由於時間急迫，大部分院所緊急進行建置工程時，未考慮到真正的使用者需求，以致造成人機操作介面設計不良。護理人員有擔心被病患感染的心理壓力，以致對此工作產生壓力。因此，本研究從使用者中心設計的角度出發以北部某醫學中心進行研究，成果如下：

- (1) 透過實地觀察與訪談挖掘護理人員曾遭遇的問題包含：顯示儀表命名混淆、氣壓數值不易判讀、資訊顯示方式不一致、顯示儀表與控制器配置過於分散、溫度控制器位置設置不良、未明確區分病房模式、系統異常警示聲引起恐慌。
- (2) 與護理人員針對前述問題共同討論解決方案有包含：邀請護理人員共同討論儀表命名、降低顯示儀表靈敏度、統一空調參數單位、設置觸控顯示器、將溫度控制器設置於走廊、提供模式切換與密碼保護功能、加入燈光閃爍功能。
- (3) 由解決方案設計新型介面，特色是空調參數顯示儀表與控制器整合於觸控面板，安裝於走廊病房入口，可減少護理人員進入病室的次數。具備負壓模式與一般模式切換功能，可避免誤入高感染性病患之病房而遭到感染。
- (4) 最後透過使用性評估發現，本研究所提出之新型介面較現有空調介面有較低的心智負荷與較高的滿意度。標示法規標準值的設計，讓人員在檢核數值時有參考依據而感到安心，更獲得護理人員的肯定。

使用者中心設計方法強調使用者共同參與的精神，建議未來為特定場域或專業工作人員進行設計時，必需深入了解他們的作業性質，透過不斷溝通與討論，才不致提出偏離使用者需求的方案。惟本研究資源有限，無法調查國內所有醫療院所負壓隔離病房之空調系統介面，僅能以某醫學中心為個案進行空調介面設計，實為本研究之限制，希望研究成果能作為其他醫療院所整修或建置病房時之參考。

誌謝

本研究承科技部專題研究計畫經費補助(MOST 105-2622-E-130-002-CC3)，以及參與研究之護理人員協助，特此致謝。

參考文獻

1. 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(Supplement 1), 1193-1201.
2. Bastien, J. M. (2010). Usability testing: a review of some methodological and technical aspects of the method. *International Journal of Medical Informatics*, 79(4), e18-23.
3. Brooke, J. (1996). SUS: a 'quick and dirty' usability scale. In: Jordan P. W., Thomas, B., Weerdmeester, B. A, McClelland IL (eds) Usability evaluation in industry. Taylor & Francis, London, 189-194.
4. CNN (Cable News Network) (2020, March 18). March 18 coronavirus news. 2020 年 9 月 17 日取自 <https://edition.cnn.com/world/live-news/coronavirus-outbreak-03-18-20-intl-hnk/index.html>
5. Cooke, P., Laczny, A., Brown, D. J., & Francik, J. (2002). The virtual courtroom: a view of justice. Project to prepare witnesses or victims with learning disabilities to give evidence. *Disability and Rehabilitation*, 24(11-12), 634-642.
6. Duarte, J., & Guerra, A. (2012). User-centered healthcare design. *Procedia Computer Science*, 14, 189-197.

7. Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1986). NASA task load index (TLX). *Human Performance Res. Grp. NASA Ames Res. Center, Moffett Field, CA, USA, Computerized Version v1. 0.*
8. International Standard Organization. (1999). ISO 13407, Human-Centred Design Processes for Interactive Systems.
9. Ma, M. Y., Wu, F. G., & Chang, R. H. (2007). A new design approach of user-centered design on a personal assistive bathing device for hemiplegia. *Disability & Rehabilitation*, 29(14), 1077-1089.
10. Memarzadeh, F., & Jiang, J. (2000). Methodology for minimizing risk from airborne organisms in hospital isolation rooms. *ASHRAE Transactions*, 106(2). MN-00-11-2.
11. Montignies, F., Nosulenko, V., & Parizet, E. (2010). Empirical identification of perceptual criteria for customer-centred design. Focus on the sound of tapping on the dashboard when exploring a car. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(5), 592-603.
12. Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
13. Park, J. (2011). Developing a knowledge management system for storing and using the design knowledge acquired in the process of a user-centered design of the next generation information appliances. *Design Studies*, 32(5), 482-513.
14. Siricharoen, W. V. (2011). Exploiting user centered design approach and interactivity in web based software developing. *Journal of Software Engineering and Applications*, 4(8), 465-475.
15. Wong, M. L., Khong, C. W., & Thwaites, H. (2012). Applied UX and UCD design process in interface design. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 51, 703-708.
16. Wu, F. G., Chang, E., Chen, R., & Chen, C. H. (2003). Assistive drawing device design for cerebral palsy children. *Technology Disability*, 15, 239-246.
17. Wu, F. G., Ma, M. Y., & Chang, R. H. (2009). A new user-centered design approach: a hair washing assistive device design for users with shoulder mobility restriction. *Applied Ergonomics*, 40(5), 878-886.
18. Ying, Z. (2010, October). Product Design for Low-Income Group Base on User-Centered Design. In 2010 *International Symposium on Computational Intelligence and Design* (Vol. 2, pp. 6-9). IEEE.
19. Zhao, Y. (2010). Product Design for Low-Income Group Base on User-Centered Design. In 2010 *International Symposium on Computational Intelligence and Design* (Vol. 2, pp. 6-9). IEEE.
20. 王婷儀(2013)。產品動態使用需求分析與設計方法-以兒童座椅設計為例(未出版之碩士論文)。國立臺北科技大學創新設計所碩士論文，台北市。
21. 王順志(2010)。負壓隔離病房總體設計與洩漏率研究。台北市：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。
22. 行政院衛生署疾病管制局、勞工委員會勞工安全衛生研究所(2008)。負壓隔離病房標準作業手冊。台北市：行政院衛生署疾病管制局。
23. 行政院衛生福利部疾病管制署(2013)。SARS 10 年：生聚與教訓。台北市：行政院衛生署疾病管制局。
24. 行政院衛生福利部疾病管制署(2015a)。標準防護措施。2020 年 9 月 21 日取自 https://www.cdc.gov.tw/Category/ListContent/NO6oWHDwvVfwb2sbWzvHWQ?uaid=5LnnkyteBz yjkNhxRQ6_Pw
25. 行政院衛生福利部疾病管制署(2015b)。調查近 5 年來台灣地區結核病患確診人數。2020 年 9 月 21 日取自 <http://nidss.cdc.gov.tw/ch/SingleDisease.aspx?dc=1&dt=3&disease=010>
26. 呂民璿、左祖順、周玲玲(2003)。醫務社會工作者面對 SARS 壓力因應之初探——以北部某醫

- 學中心為例。社區發展季刊，104，150-163。
27. 周芮仔、簡宛亭、林軒儀、張乃樺、蔡碧藍(2017)。靜脈輸液監測設計構想：愛心小眼睛。福祉科技與服務管理學刊，5(4)，353-362。
 28. 林依靜、郭育良、駱麗華、謝宗勳、郭耀昌、侯瑞葉、蕭淑銖(2006)。“嚴重急性呼吸道症候群”風暴後台灣醫療人員對感染的風險認知及預防措施探討。中華職業醫學雜誌，13(1)，39-46。
 29. 林淑慧(2012)。肺結核病患住院隔離期間壓力感受與情緒困擾之相關因素探討(未出版)。國立臺北護理健康大學護理研究所碩士論文，台北市。
 30. 胡祖武、熊哈拿(2012)。應用使用性評價任務分析產品開發之研究—以簡報器為例。工業設計，126，81-85。
 31. 曹達和、張振平、莊啓佑、莊侑哲、林升傑、戴聿彤(2010)。病房門縫大小對負壓隔離病房負壓值之影響探討。勞工安全衛生研究季刊，18(3)，297-306。
 32. 梁又文、梁桂嘉(2009)。友善女性之大眾運輸場域移動輔助系統探究。設計研究學報，3，71-87。
 33. 許勝雄、彭游、吳水丕(2017)。人因工程：人機境介面工適學設計(第六版)。台中市：滄海。
 34. 郭錦暖、李碧娥、李秀現(2005)。急診護理人員於 SARS 期間的工作壓力與因應行為。長庚護理，16(2)，139-151。
 35. 陳亮恭、黃信彰(2003)。基層醫學院所對 SARS 應有的認識與防護。臨床醫學，51(6)，411-417。
 36. 游文甄、李淑杏、袁素娟、尹裕君(2007)。急診室護理人員於嚴重急性呼吸道症候群流行期間面臨的工作壓力與調適方式之探討。中山醫學雜誌，18(1)，25-41。
 37. 黃馨儀、陳建雄(2012)。社群網站之智慧型行動裝置使用者介面研究。工業設計，127，138-143。
 38. 感染控制雜誌編輯部(2007)。醫護人員是醫療過程及院內感染管制系統的核心。感控雜誌，17(1)，4-58。
 39. 董貞吟、張德明、陳正誠、李佶明、李嘉容、揚佳璇(2005)。護理人員對職業危害的認知及現況探討。中華職業醫學雜誌，12(4)，241-254。
 40. 董雲春、胡石政(2011)。壓差與換氣次數對負壓隔離病房之通風效率影響。中興工程，111，71-78。
 41. 趙育玲、李亭亭(2015)。加護病房護理人員使用臨床資訊系統之滿意度研究。護理暨健康照護研究，11(2)，109-118。
 42. 蔡梅蘭、林雅蘋(2010)。照護一位初次診斷肺結核病患之護理經驗。領導護理，11(1)，101-115。
 43. 謝佑珊、廖淑貞、黃令宜、鐘淑媛、雍海鵬(2003)。一位感染嚴重急性呼吸道症候群之護理人員的內心感受。榮總護理，20(4)，366-377。

User-centered Design for Air Conditioning Interface of Negative Pressure

Isolation Ward

*Lo, H.-C.¹, Juan, P.-C²

¹ Department of Product Design, Ming Chuan University

² Engineering Affairs Office, National Taiwan University Hospital

Abstract

Negative pressure isolation wards of domestic medical institutions were mostly established during the severe acute respiratory syndrome (SARS) outbreak in 2003. The suddenness of the outbreak gave little time to plan and the design process often did not consider the needs of clinical staff, resulting in poor designing of most of the ward hardware systems. The operation process and interface design lacked overall design conceptualization, increasing the risk of nosocomial infections among nursing staff assisting in medical operations in the ward. Therefore, this study followed user-centered design steps with a medical center in north Taiwan as a case. It involved a total of 36 clinical staff. We identified the air conditioning system in the negative pressure isolation ward as the cause. In consultation with clinical staff we proposed a new interface design based on low-brightness with light background. Usability evaluation showed that the new interface has lower mental load and higher user satisfaction than the existing interface, and is more in line with their needs.

Keywords: negative pressure isolation ward, user-centered design, interface design

