



## 案例研討

### 輔助高齡者如廁起身之動作實驗與成效評估

\*游章雄

國立台北教育大學 藝術與造形設計學系

#### 摘要

人口高齡化已成為現代化國家的重要問題，然而輔助高齡者衛浴產品之質與量明顯不足，且國內、大陸及全球市場需求龐大，極需建立優質與友善之相關輔具研究、設計及設施。本文即是以輔助高齡者如廁起身之動作實驗來分析身體受力情形，以評估如廁輔具的設計參數及實施成效，進而提高如廁時之安全性。本文經由實驗及評估結果得知，以扶手結合座墊角度 40 度的設計，能減少高齡者起身時之軀幹前傾角度、最大足壓及重心位移部份，具有顯著的改善成效；利用紅外線攝影及自動產生骨架方式，進行起身動作實驗（軀幹前傾角度）的記錄和分析，具有一定的效能；而用來進行起身動作實驗（足壓與重心位移）記錄和分析的測力板量測方式，亦有助於提高動作實驗之效能。

關鍵詞：高齡者、起身動作實驗、輔具設計

#### 1. 前言

我國於 2018 年 3 月之高齡人口（65 歲以上）為 331 萬餘人，高齡人口比例為 14.05%，正式進入高齡社會（內政部，2018）。政府近幾年相繼推動各項福利政策以照護高齡者，雖已有些成效，但在完善高齡者之健康與社會照顧體系、經濟安全保障與人力資源運用等方面仍有待提升。依據高齡人口比例推估，我國將於 2025 年達到 20%，即邁入超高齡社會，並於 2040 年達到 30%（內政部，2013）。面對我國高齡人口在數量和比例之持續增加趨勢，未來社會資源分配、家庭組成方式、子女與年老父母之居住安排和奉養關係等，勢將持續的變化。因此，如何使高齡者生活更有尊嚴與健康、營造活力環境、延緩失能發生時間、強化高齡經濟安全與照顧、促進其人力資源運用等，均是當前高齡社會所需面對之重要課題。

高齡者最常發生事故傷害的種類為跌倒、跌落和墜落，其最主要發生地點為廁所及浴室，而其發生時從事活動為如廁及沐浴（行政院衛生署，2005）。衛浴環境在使用時具隱密和私人空間，其有求救不易及監視困難之問題，對高齡者而言，尤其危險。特別是在如廁起身或坐下時，其腰部及膝部必須提供足夠力量以維持身體之重心平衡，而這對下盤力量不足的高齡者來說，相當吃力也增

加許多發生事故傷害的風險。人體動作係由神經下達指令，再經由肌肉收縮以帶動骨骼繞著關節旋轉，最後綜合各骨骼作動以達到人體欲完成之動作目的。因此，人體動作分析常以關節受力情形來加以評估，以瞭解人體動作過程中的功能表現(Kotzar et al., 1991)，但目前除了在人工關節上裝有侵入式量測裝置來測量關節受力的特殊情況外，仍然無法以現有非侵入式儀器設備直接測得人體之關節受力情形及肌肉收縮力量。

本文以紅外線攝影機及測力板方式，進行扶手、座墊角度、軀幹前傾角度、最大足壓和重心位移之實驗與關聯分析，來探討身體受力情形，加以評估如廁輔具的設計參數和實施成效，進而提高如廁時之安全性。

## 2. 相關文獻探討

如圖 1 所示，Millington 等人(1992)將起身過程分為三個階段，第一階段為位移期，主要是背棘肌做離心收縮，讓軀幹及骨盆前傾；第二階段為轉移期，主要是重心向前，同時向上，此時期需要好的背棘肌、股四頭肌、二頭肌及臀大肌共同作用；第三階段為抬升期，則需要軀幹及膝關節繼續保持直立姿勢，以維持穩定。起身與坐下之各階段的時間比例並不對稱，起身過程的各階段所需時間比例較為平均，而坐下過程的調整平衡所需時間比例則較多(Kralj et al., 1990)。



圖 1. 起身過程之三個階段(Millington et al., 1992)

人體動作分析的流程分為三個步驟，第一步驟是對人體動作的觀察、量測、描述及監測變化，以精準的量測設備來進行定量測量和數據記錄；第二步驟是針對測量後所記錄的數據加以分析，以數學運算將一組或各種不同來源的資料進行整合，再以動作分析者所需的數據形式呈現；第三步驟是對分析結果給予合理的解釋與診斷(Winter, 2009)。而較複雜的動作分析則以建立人體肢段模型並配合人體計測學、運動學、動力學等資料進行生物力學分析(劉祖華、邱文科, 2003; 王茂駿、吳文言, 2003)。因此，本文參考 Winter (2009)的動作分析流程作為對人體動作的觀察、量測、描述和監測變化，並對測量後所記錄之數據加以分析，最後再以分析結果給予合理的解釋與診斷。

馬桶座與座椅都是乘載人的裝置並以坐姿使用，其人因考量的設計原則是相通的，一般座椅包括椅面、椅背、椅腳及扶手，其設計尺寸包括座面高度、座面深度、座面寬度及扶手高度。其中，較高的馬桶座面高度具有較易坐下與起身的優點，但卻會使大腿底面承受過多壓力而使得血液難以流通。因此，座面高度以升降方式較為理想（梁成一等人，2008）；同時需考量高齡者在操作時的易識性、安全性和安全性（李傳房，2006），其座面深度必須能提供小腿足夠間隙及降低大腿底面所受之壓力。本文的馬桶座為模組化設計，安裝在通用型的馬桶本體（和成 HCG-CS140E）上，其通用的座面深度為 400mm。扶手設計於起身時可以減少高齡者膝部和腰部所需的施力，但過高的扶手會有提肩現象以及造成肩部疼痛的問題，過低的扶手則會有坐下時不易握持、難以穩定以及分擔下肢壓力的缺點（Woodson et al., 1992）。就此，本文依內政部營建署(2014)之無障礙廁所規定，以兩側扶手的外緣相距為 700mm，扶手上緣與馬桶座面距離為 270mm 的設計進行實驗探討。

### 3. 研究方法及步驟

本文旨在探討輔助高齡者如廁起身之動作實驗與成效評估，研究方法及步驟包括：軀幹前傾角度量測、身體受力量測、動作實驗平台建構、動作實驗設計以及成效評估等，如下所述：

- (1) 軀幹前傾角度量測：軀幹前傾角度定義為頸部關節至髖關節之直線與垂直線之夾角  $\theta$ ，如圖 2 所示。本文以 Kinect 紅外線攝影和自動產生骨架方式，來觀察和記錄動作之各期間影像，並將量取的影像載入 Measure 量測軟體，以精確量測軀幹前傾角度。而在 Khoshelham 和 Elberink (2012) 的研究結果中顯示，Kinect 紅外線攝影的量測誤差與物件距離呈現正相關，其結果為物件距離 1m 的量測誤差約為 0.5cm，物件距離 2m 的量測誤差約為 1.0cm，而到了物件距離 5m 的量測誤差則達到約為 7.0cm 以上。就此，本文之物件距離為 2m，其軀幹前傾角度之量測誤差應可控制於 1.0cm 內。

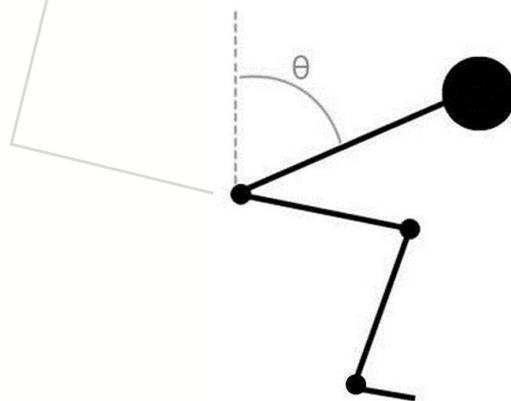


圖 2. 軀幹前傾角度之示意圖

- (2) 身體受力量測：本文以 Wii Balance Board 的測力板方式，透過藍芽連接筆記型電腦及 Force Plate Measurement 軟體，來進行最大足壓(Kg)與重心位移面積( $\text{cm}^2$ )的觀察、記錄與分析。

(3) 動作實驗平台建構：如圖 3 所示為本文初測實驗所進行座墊角度對軀幹前傾角度的影響分析，當座墊角度愈大，則受測者起身所需的軀幹前傾角度愈小，亦即所需能量愈小，且其觀察結果為大於 40 度時身體會略有滑動現象，座墊角度應採 40 度的設計為佳（丁家威、游章雄，2013）。為此，本實驗即建構具有紅外線攝影機（軀幹前傾角度量測）、測力板（最大足壓及重心位移量測）以及如廁輔具（具座墊角度 40 度及扶手功能）的動作實驗平台，以利後續的實驗設計與成效評估，如圖 4 所示。

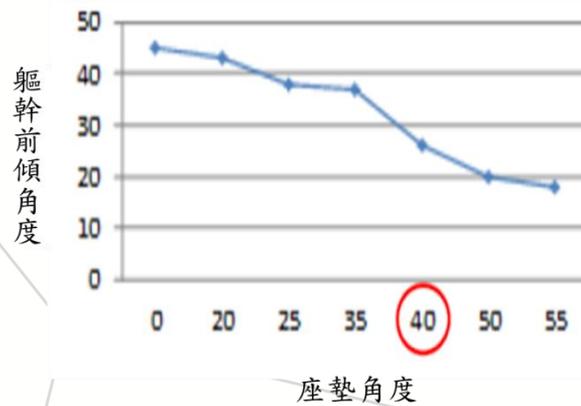


圖 3. 座墊角度對軀幹前傾角度之影響分析

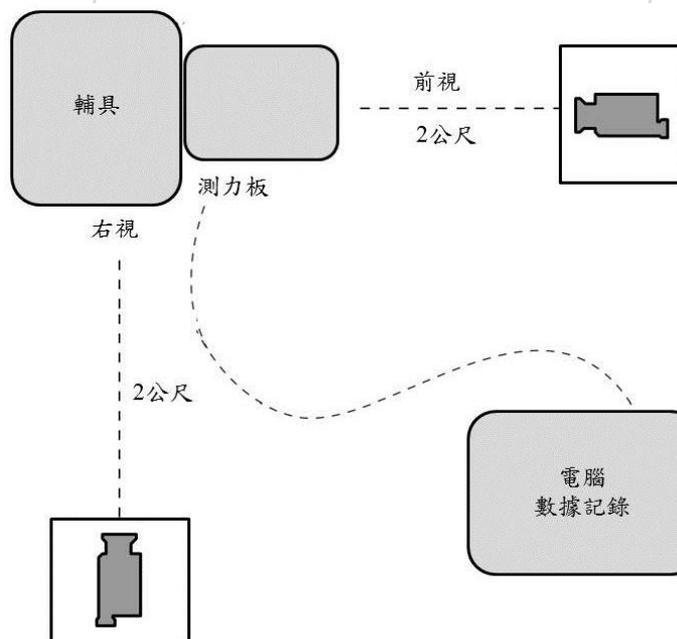


圖 4. 動作實驗平台

- (4) 動作實驗設計：實驗的自變項為座墊角度(0<sup>0</sup>、40<sup>0</sup>)以及扶手（無、有），依變項為起身動作之軀幹前傾角度、最大足壓與重心位移，進行 2x2 的全因子實驗。
- (5) 成效評估：將實驗資料以定量測量和數據記錄、數據分析、合理的解釋與診斷等三個步驟，以評估座墊角度和扶手的實施成效。

## 4. 實驗結果與討論

受測者經過座墊角度( $0^\circ$ 、 $40^\circ$ )以及扶手(無、有)的實驗後,其起身動作之軀幹前傾角度、最大足壓與重心位移的評估結果,分別說明如下:

### 軀幹前傾角度之評估結果

(1) 定量測量與數據記錄:如圖 5 (a)~(d)所示為軀幹前傾角度之測量及記錄情形。

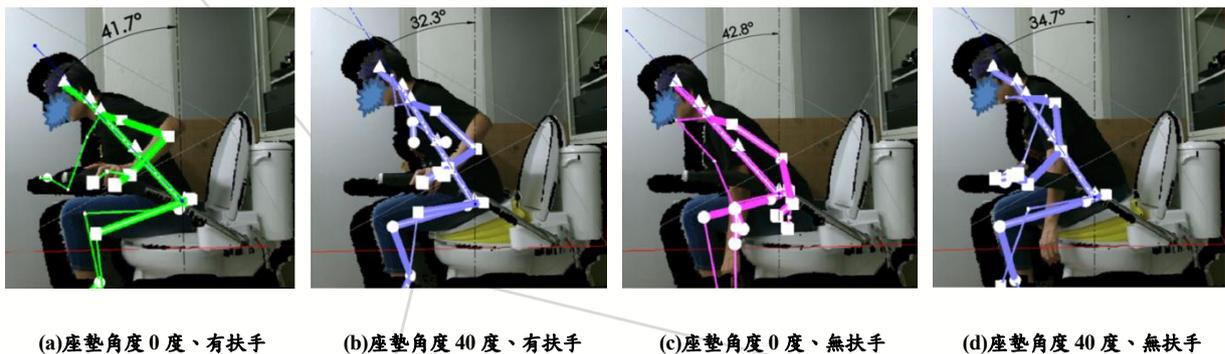


圖 5. 軀幹前傾角度之測量與數據記錄

- (2) 數據分析:在圖 5 的數據中可以看出,在有扶手情形下,受測者之軀幹前傾角度分別為  $41.7^\circ$  (座墊角度  $0^\circ$ ) 以及  $32.3^\circ$  (座墊角度  $40^\circ$ );在有座墊角度  $40^\circ$  的情形下,受測者之軀幹前傾角度分別為  $34.7^\circ$  (沒扶手) 以及  $32.3^\circ$  (有扶手)。從數據分析可以得知,座墊角度  $40^\circ$  相較座墊角度  $0^\circ$  具有減少受測者起身所需軀幹前傾角度的成效(在有扶手情形下為減少  $9.4^\circ$ ;在沒有扶手情形下為減少  $8.1^\circ$ )。在有扶手相較於無扶手的情形下,具有減少受測者起身所需軀幹前傾角度的成效(在座墊角度  $0^\circ$  時減少了  $1.1^\circ$ ;在座墊角度  $40^\circ$  時則減少了  $2.4^\circ$ )。
- (3) 合理的解釋與診斷:從上述分析可得知,在有扶手以及座墊角度  $40^\circ$  的設計均分別具有減少起身所需軀幹前傾角度的成效。其中以座墊角度  $40^\circ$  的助益成效較大,並且以兩者合併實施後對高齡者起身的助益成效為最大(可減少起身所需軀幹前傾角度從  $42.8^\circ$  降低至  $32.3^\circ$ ,減少  $10.5^\circ$ )。

### 最大足壓及重心位移之評估結果

- (1) 定量測量與數據記錄:如圖 6 (a)~(d)所示為最大足壓(正規化轉換為與體重相差之足壓增加百分比)以及重心位移面積( $\text{cm}^2$ )的測量與記錄情形。

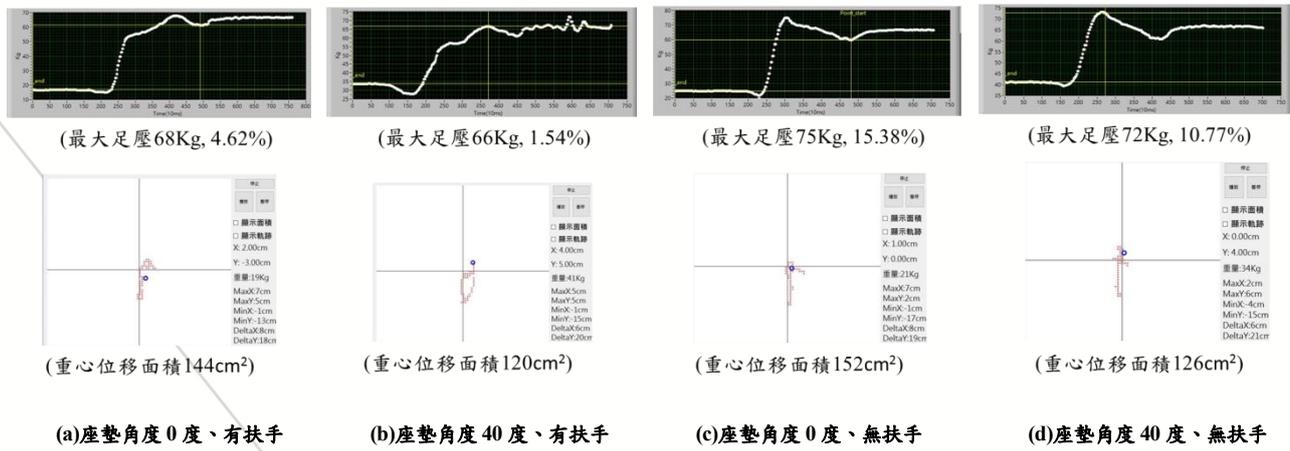


圖 6. 最大足壓及重心位移之測量與數據記錄

(2) 合理的解釋與診斷：從上述分析可以得知，在有扶手及座墊角度 40° 的設計均分別具有降低起身所需足壓及重心位移的成效。其中以有扶手的助益成效較大，並且以兩者合併實施後對高齡者起身的助益成效為最大(可將起身時所產生之最大足壓增加百分比從 15.38% 降低至 1.54%；重心位移面積從 152cm<sup>2</sup> 降至 120cm<sup>2</sup>)。

## 5. 結論

綜上所述，本文以扶手結合座墊角度 40 度與無扶手座墊角度 0 度進行相較，得出結果為前者對於減少高齡者起身時所需之軀幹前傾角度(從 42.8° 降低至 32.3°，減少為 10.5°)，以及降低起身時所產生之最大足壓(增加百分比從 15.38% 降低至 1.54%)與減少重心位移(從 152cm<sup>2</sup> 降至 120cm<sup>2</sup>)，均具有相當顯著性的改善成效；並且在利用紅外線攝影以及自動產生骨架方式，進行起身動作(軀幹前傾角度)各期間的觀察、記錄與分析，發現其對於動作實驗的效能提升方面具有不錯的效果；然而所建構用來進行起身動作(足壓及重心位移)各期間的觀察、記錄及分析的測力板量測方式，亦有助於提高動作實驗之效能。

## 誌謝

感謝科技部提供經費協助使本研究得以順利進行，計畫編號：MOST 105-2410-H-152-008。

## 參考文獻

1. Khoshelham, K., & Elberink, S. O. (2012). Accuracy and resolution of kinect depth data for indoor mapping applications. *Sensors*, 12(2), 1437-1454.
2. Kotzar, G. M., Davy, D. T., Goldberg, V. M., Heiple, K. G., Berilla, J., Heiple Jr, K. G., ... & Burstein, A. H. (1991). Telemeterized in vivo hip joint force data: a report on two patients after total hip surgery. *Journal of Orthopaedic Research*, 9(5), 621-633.

3. Kralj, A., Jaeger, R. J., & Muni, M. (1990). Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *Journal of biomechanics*, 23(11), 1123-1138.
4. Millington, P. J., Myklebust, B. M., & Shambes, G. M. (1992). Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(7), 609-617.
5. Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons.
6. Woodson, W. E., Tillman, B., & Tillman, P. (1992). *Human factors design handbook: information and guidelines for the design of systems, facilities, equipment, and products for human use*.
7. 丁家威、游章雄(2013)。高齡者輔助起坐馬桶座之研究與設計。2013 明志科技大學技術與教學研討會論文集。
8. 內政部(2013)。人口政策白皮書：少子女化、高齡化及移民（核定本）。2017 年 3 月 16 日取自 <https://tnscg-agr.tainan.gov.tw/getfile.php?ms=ZmlsZT0yJmZkX0lEPTIxNg==>
9. 內政部(2018)。民國 107 年 3 月戶口統計資料分析。2018 年 4 月 9 日取自 [https://www.ris.gov.tw/latestmessage/-/asset\\_publisher/i42D/content/%E6%B0%91%E5%9C%8B107%E5%B9%B43%E6%9C%88%E6%88%B6%E5%8F%A3%E7%B5%B1%E8%A8%88%E8%B3%87%E6%96%99%E5%88%86%E6%9E%90?redirect=https%3A%2F%2Fwww.ris.gov.tw%2Flatestmessage%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_i42D%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_count%3D1](https://www.ris.gov.tw/latestmessage/-/asset_publisher/i42D/content/%E6%B0%91%E5%9C%8B107%E5%B9%B43%E6%9C%88%E6%88%B6%E5%8F%A3%E7%B5%B1%E8%A8%88%E8%B3%87%E6%96%99%E5%88%86%E6%9E%90?redirect=https%3A%2F%2Fwww.ris.gov.tw%2Flatestmessage%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_i42D%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D1)
10. 內政部營建署(2014)。建築物無障礙設施設計規範：第五章廁所盥洗室 505 馬桶及扶手。2018 年 8 月 22 日取自 <http://build.kcg.gov.tw/Asenv/Upload/201501071808030.pdf>
11. 王茂駿、吳文言(2003)。數位人體模型之系統發展與動態分析(2/3)。國科會專題研究計畫 NSC 91-2213-E-007-009。
12. 行政院衛生署(2005)。2005 年「國民健康訪問暨藥物濫用調查」結果報告 No.1 國民健康訪問調查。2017 年 5 月 10 日取自 [http://nhis.nhri.org.tw/files/2005NHIS\\_Final%20Report\\_1.pdf](http://nhis.nhri.org.tw/files/2005NHIS_Final%20Report_1.pdf)
13. 李傳房(2006)。高齡使用者產品設計之探討。設計學報, 11(3), 65-79。
14. 梁成一、陸聯婕、張志昇(2008)。高齡者起立坐下分析與可傾式座椅功能需求之研究 A Study on Sit-to-Stand and Stand-to-Sit for the Elders and the Function Requirements of Recliner。第十三屆中華民國設計學會設計學術研討會，長庚大學。
15. 劉祖華、邱文科(2003)。三度空間人體計測資料銀行暨資料庫管理系統之建構與應用。行政院國家科學委員會專題研究計畫報告。

# **Motion experiment and effect assessment for assisting elderly to stand up from toilet seat**

\*You, J.-S.

Arts and Design Department, National Taipei University of Education

## **Abstract**

Population aging is an important topic worldwide. However, the quality and quantity of adaptive bathroom equipment for older adults remain inadequate. Therefore, research and design of facilities associated with high-quality and age-friendly assistive devices are necessary to fulfill the demand for such devices in Taiwan, mainland China, and internationally. In this study, an experiment was conducted on assistive devices used to aid older adults in getting up from the toilet. Older adults' weight bearing condition was evaluated to design effective parameters and implement toilet aids in order to improve bathroom safety. The findings revealed that armrests combined with a seat cushion angle of 40° can successfully reduce older adults' trunk forward lean angle, maximum foot pressure, and center of gravity movement when getting up from the toilet, leading to marked improvement compared with not using an assistive device. The results were verified using a developed infrared photography method and skeletal modeling for tracking and analyzing trunk forward lean angle of participants alongside a developed force plate measure for tracking foot pressure and center of gravity movement. These methods had favorable results and enhanced the effectiveness of the motion experiments.

**Keywords:** elderly, motion experiment, assistive device design

