

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

生活輔具助起架對老年人由坐到站之人因工程分析(II)

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 106-2221-E-040-009-
執行期間：106年08月01日至107年10月31日
執行單位：中山醫學大學職能治療學系

計畫主持人：羅世忠
共同主持人：游家源
計畫參與人員：大專生-兼任助理：莊博雅
大專生-兼任助理：李彤
大專生-兼任助理：吳念潔

報告附件：出席國際學術會議心得報告

中華民國 108 年 01 月 31 日

中文摘要：日常生活中的很多活動都是在椅子上進行的，所以一個人由坐到站的能力對他的日常生活有著極大的重要性，而老年人會因為生理機能的退化而較難執行站起或坐下的動作，學者們認為這將會限制年長者執行日常生活活動，降低生活品質。

為了解站起以及坐下時不同策略對於老年人站起與坐下時的肌肉骨骼影響，本研究以3種由坐到站的策略包括腳與地面垂直膝蓋成90度坐姿(正常組)，其次為正常坐姿但腳的位置往後10公分(腿向後組)，第三組為正常坐姿但是站立時手前伸身體前傾(手向前組)。椅子的高度根據受測者的從地面到膝關節的腿長進行調整，配合四種不同的椅座高度(115%、100%、80%、65%膝窩高)，利用三維動作分析系統搭配測力板進行人因工程分析，比較30名(男性15名與女性15名)65歲以上老年人在使用助起架時對坐下與站起的過程中，關節角度、關節力矩、完成時間以及地面反作用力等參數的差異，統計方法使用Two-way repeated measures ANOVA進行分析，統計結果將 α 訂為0.05。

結果：腿向後組由坐到站過程的總持續時間明顯的比正常組和手向前組小($p < 0.05$)。正常組組的最大總持續時間為2.86秒。髖關節和膝關節的最大運動範圍座椅越高角度明顯減少($p < 0.05$)。髖關節在由坐到站前傾階段結束時達到最大屈曲角度。髖關節的最大運動範圍在正常組有最大的角度變化範圍。髖關節和膝關節的最大屈曲力矩在伸展階段發生，並且隨者的椅座高度增加明顯的增加。腿向後組的髖關節最大屈曲力矩低於正常組和手向前組。最大膝關節力矩發生在腿向後組組。三組間的最大膝關節力矩明顯不同($p < 0.05$)。本研究的結果建議對於老年人或難以坐起來的人以較高座椅並且以手伸向前的方式由坐到站，可以減少膝蓋承受力量，但是花費時間會比較久。

中文關鍵詞：坐到站、人因工程分析、座椅高度

英文摘要：The ability to perform a sit-to-stand (STS) motion is important for elder to function independently and maintain daily activities cause there are many daily activities was carried out on chair. Older adults experience significant difficulties with STS and back-to-sit (BTS) during of physiological function degradation. As such difficulties influence the quality of daily life and ability to remain independent, research on the STS task is important. We investigated the mechanics of STS and BTS motion with lift chairs. This study was conducted with 30 healthy older adults above 65 years old (15 male and 15 female) performing three sitting conditions (a normal sit posture with 90 degree of knee joint (N), a normal sit with feet backward 10 cm from sitting with 90 degree of knee joint (FB) and an arm-distance guidance in front of subjects (AG)). The height of the chair was adjusted with their leg length from ground to knee joint.) combined with four seat height (115%, 100%, 80% and 65% subject' s knee height). Using 3D motion analysis system with force plates to obtain

the kinematics information. Two-way repeated measures ANOVA was used to investigate the effects of various sitting conditions and seat height on the joint angle, joint moments, finishing time and ground reaction force ($\alpha=0.05$).

The movement time and velocity, kinematics and kinetics of joint were then analyzed. The results were found the maximal range of motion of the hip and knee were significantly affected by chair raising strategies ($p<0.05$). FB groups had lower maximal flexion moments of the hip than N and AF groups. The maximal knee moment occurred in FB groups. The maximal knee moments among three groups are significantly different ($p<0.05$). The results of this research suggest that using higher chair height and AF strategy can reduce the knee joint loads for older people or people who are difficult to rise from sit.

英文關鍵詞： Sit-to-stand, ergonomic analysis, seat height

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

生活輔具助起架對老年人由坐到站 之人因工程分析(II)

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 106-2221-E-040 -009 -

執行期間：106 年 8 月 1 日至 107 年 10 月 31 日

執行機構及系所：中山醫學大學職能治療學系

計畫主持人：羅世忠

共同主持人：陳瓊玲、游家源

計畫參與人員：莊博雅、李彤、吳念潔

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，_____（請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送）

中 華 民 國 108 年 1 月 31 日

一、中文摘要

日常生活中的很多活動都是在椅子上進行的，所以一個人由坐到站的能力對他的日常生活有著極大的重要性，而老年人會因為生理機能的退化而較難執行站起或坐下的動作，學者們認為這將會限制年長者執行日常生活活動，降低生活品質。

為了解站起以及坐下時不同策略對於老年人站起與坐下時的肌肉骨骼影響，本研究以 3 種由坐到站的策略包括腳與地面垂直膝蓋成 90 度坐姿(正常組)，其次為正常坐姿但腳的位置往後 10 公分(腿向後組)，第三組為正常坐姿但是站立時手前伸身體前傾(手向前組)。椅子的高度根據受測者的從地面到膝關節的腿長進行調整，配合四種不同的椅座高度(115%、100%、80%、65%膝窩高)，利用三維動作分析系統搭配測力板進行人因工程分析，比較 30 名(男性 15 名與女性 15 名)65 歲以上老年人在使用助起架時對坐下與站起的過程中，關節角度、關節力矩、完成時間以及地面反作用力等參數的差異，統計方法使用 Two-way repeated measures ANOVA 進行分析，統計結果將 α 訂為 0.05。

結果：腿向後組由坐到站過程的的總持續時間明顯的比正常組和手向前組小 ($p < 0.05$)。正常組組的最大總持續時間為 2.86 秒。髖關節和膝關節的最大運動範圍座椅越高角度明顯減少 ($p < 0.05$)。髖關節在由坐到站前傾階段結束時達到最大屈曲角度。髖關節的最大運動範圍在正常組有最大的角度變化範圍。髖關節和膝關節的最大屈曲力矩在伸展階段發生，並且隨者的椅座高度增加明顯的增加。腿向後組的髖關節最大屈曲力矩低於正常組和手向前組。最大膝關節力矩發生在腿向後組組。三組間的最大膝關節力矩明顯不同 ($p < 0.05$)。本研究的結果建議對於老年人或難以坐起來的人以較高座椅並且以手伸向前的方式由坐到站，可以減少膝蓋承受力量，但是花費時間會比較久。

關鍵詞：坐到站、人因工程分析、座椅高度

The ability to perform a sit-to-stand (STS) motion is important for elder to function independently and maintain daily activities cause there are many daily activities was carried out on chair. Older adults experience significant difficulties with STS and back-to-sit (BTS) during of physiological function degradation. As such difficulties influence the quality of daily life and ability to remain independent, research on the STS task is important.

We investigated the mechanics of STS and BTS motion with lift chairs. This study was conducted with 30 healthy older adults above 65 years old (15 male and 15 female) performing three sitting conditions (a normal sit posture with 90 degree of knee joint (N), a normal sit with feet backward 10 cm from sitting with 90 degree of knee joint (FB) and an arm-distance guidance in front of subjects (AG)). The height of the chair was adjusted with their leg length from ground to knee joint.) combined with four seat height (115%, 100%, 80% and 65% subject's knee height). Using 3D motion analysis system with force plates to obtain the kinematics information. Two-way repeated measures ANOVA was used to investigate the effects of various sitting conditions and seat height on the joint angle, joint moments, finishing time and ground reaction force ($\alpha=0.05$).

The movement time and velocity, kinematics and kinetics of joint were then analyzed. The results were found the maximal range of motion of the hip and knee were significantly affected by chair raising strategies ($p<0.05$). FB groups had lower maximal flexion moments of the hip than N and AF groups. The maximal knee moment occurred in FB groups. The maximal knee moments among three groups are significantly different ($p<0.05$). The results of this research suggest that using higher chair height and AF strategy can reduce the knee joint loads for older people or people who are difficult to rise from sit.

Keywords: Sit-to-stand, ergonomic analysis, seat height

二、緣由與目的

(一) 研究動機與研究問題

日常生活中的很多活動都是在椅子上進行的，所以一個人由坐到站的能力對他的日常生活有著極大的重要性。在各項日常生活所做的功能性活動當中，由坐到站曾被評論為最首要的功能性動作。由坐到站的動作在日常生活當中頻繁的執行，每個人一天大約會站起與坐下約 60 次。而老年人會因為生理機能的退化，例如肌肉力量降低，或是因為關節退化、關節炎、中風等疾病，而造成平衡能力的下降，而較難執行站起或坐下的動作，學者們認為這將會限制年長者執行日常生活活動，降低生活品質[1-3]。因此復健醫師、物理治療師以及職能治療師常常會以由坐到站的動作評估老人或是病人的日常生活的獨立性、或是做為訓練下肢肌肉的運動，也用在評估老人或是病人的跌倒發生機率，因此由坐到站的動作不僅是日常生活所需，也對臨床復健是很有意義的訓練與評估動作。

根據 Rodosky 指出，由坐姿站立的過程(sit to stand, STS)可分為以下三個階段：前傾期(foward leaning phase)、舒展期(extension phase)與穩定期(stabilization phase)；影響由坐到站(Sit To Stand)的參數主要有下列四種：椅子高度、有無使用扶手[4, 5]、起立動作的快慢與下肢的起始位置。主要探討的族群為年輕人、老年人與患有膝關節問題者如膝關節炎患者，人工膝關節置換者[6, 7]等。文獻也指出老年人與患有膝關節問題者，在由坐到站的過程中，需要較長時間完成以及使用有較大的身體前傾角度來代償膝關節使用。

從椅子上站立所需的關節力矩比正常步行來得大，也就是說有些人能行走卻無法順利由坐到站，因此由坐姿到站立可說是一個人能獨立生活的基本要件。然而有些人因體弱、病痛或其它種種的原因，導致無法順利的由坐姿站立。學者研究指出接近 8%或約二百萬的美國人民，年齡達到 65 歲後對於由椅子或床墊站立起來感到困難[8]。並且這些老年人中約有 3%的人和 9%年紀超過 48 歲的老年人，需要靠輔助的器材才有辦法做這些動作。

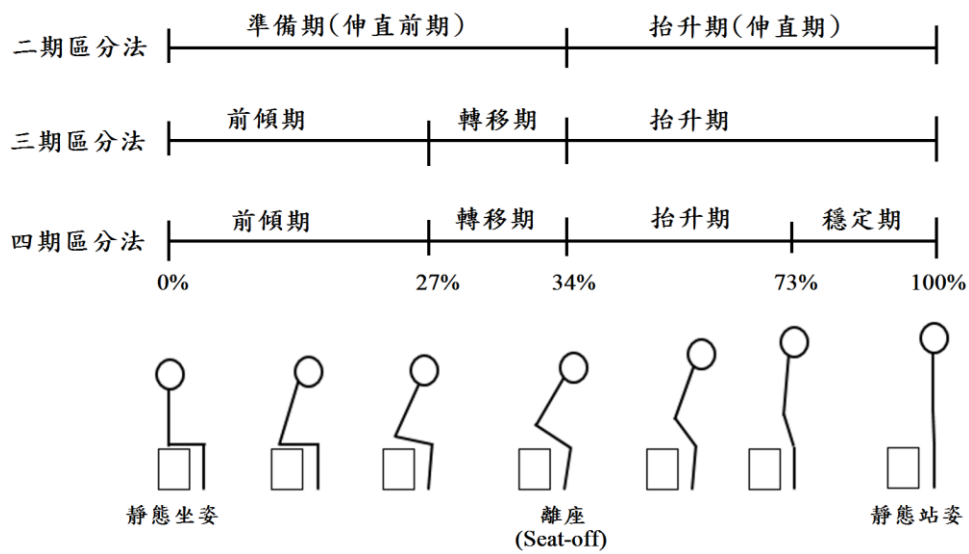
本研究的動機，主要是想要了解使用不同由坐到站的策略使用對下肢關節的影響，所以希望藉由此研究，提供職能治療師使用由坐但站訓練時的參考。

為了由坐到站時的下肢肌肉骨骼影響，本研究以 3 種由坐到站的策略包括腳與地面垂直膝蓋成 90 度坐姿(正常組)，其次為正常坐姿但腳的位置往後 10 公分，第三組為正常坐姿但是站立時手前伸身體前傾。椅子的高度根據受測者的從地面到膝關節的腿長進行調整，使用中山職能動作行為與姿勢控制研究室既有的動作分析實驗設備，計算關節角度、關節力矩、完成時間等參數，分析不同的策略使用對坐到站的影響，並期待從研究中找出最佳由坐到站使用之策略。

(二)文獻回顧與探討

動作階段表現

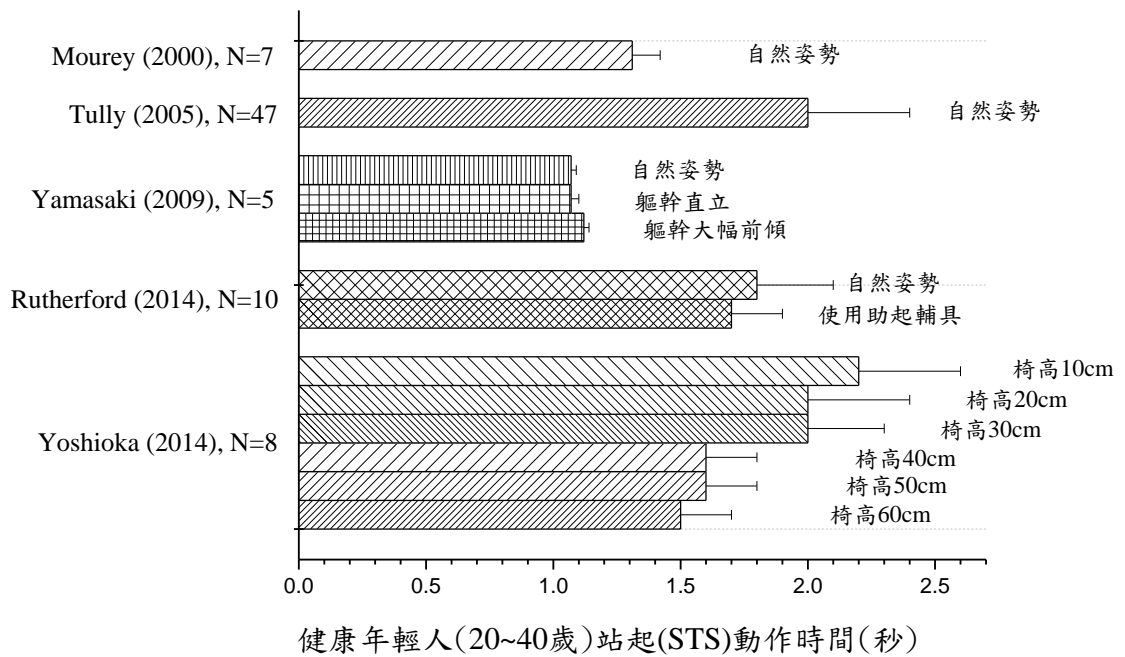
站起的過程當中，通常根據運動學的表现分為二至四期，但不論分期方式為何，都是以離座(seat-off)作為動作分期的關鍵點，由於離座的瞬間支持面積縮減，同時身體質心仍需抵抗重力向前上方移動，而需要雙側肌肉有足夠的力氣與協調才能夠完成，因此離座通常被認為是坐到站動作中的關鍵點[9]。以最詳細的四期區分法為例，第一期係指軀幹前傾、髖關節彎曲，身體重心向前下方移動的階段，第二期則是指離座前，膝蓋些微伸直，第三期則是離座之後，髖關節、膝關節與踝關節伸展的階段，而第四期為軀幹及下肢調整姿勢並且保持平衡的階段。Kralj, Jaeger, and Munih (1990)將年輕成人的動作表現依據時間百分比對各階段進行了較詳細的劃分[10]。而將四期區分法的第四期剔除，即是三期區分法，四期與三期區分法的動作示意圖(圖一)[9, 11, 12]。另外臨床上最為簡單的二期區分法，則是以離座作為區分點，離座前為「伸直前期」或「準備期」，離座後為「伸直期」或「抬升期」。伸直前期軀幹前傾使身體質量產生水平線性動量，並在伸直期時轉換為垂直動量，將身體推向站姿[13]。



圖一、站起動作分期示意圖

動作完成時間

過去有許多學者探討不同年齡或不同策略的情況下，坐下或站起所需要的時間，但是研究結果因為各研究設計不同有所差異，不過學者們在研究中觀察動作時間的趨勢，可得出的結論有三，1)年輕人站起與坐下的時間，都會比老年人所需的時間較短，2)站起的時間都會比坐下短，3)椅子高度越低，所需要的站起時間越長。但是如同前項所述，此規律僅適用於健康的受試者，因為阿茲海默傾向的年長者因為「跌入椅子」的表現使得坐下的時間甚至比年輕人要短[14-16]。圖二為健康年輕人站起的動作時間，由圖顯示可以發現，過去的研究大多著重於站起的動作分析，而坐下的動作表現則較少被提及。

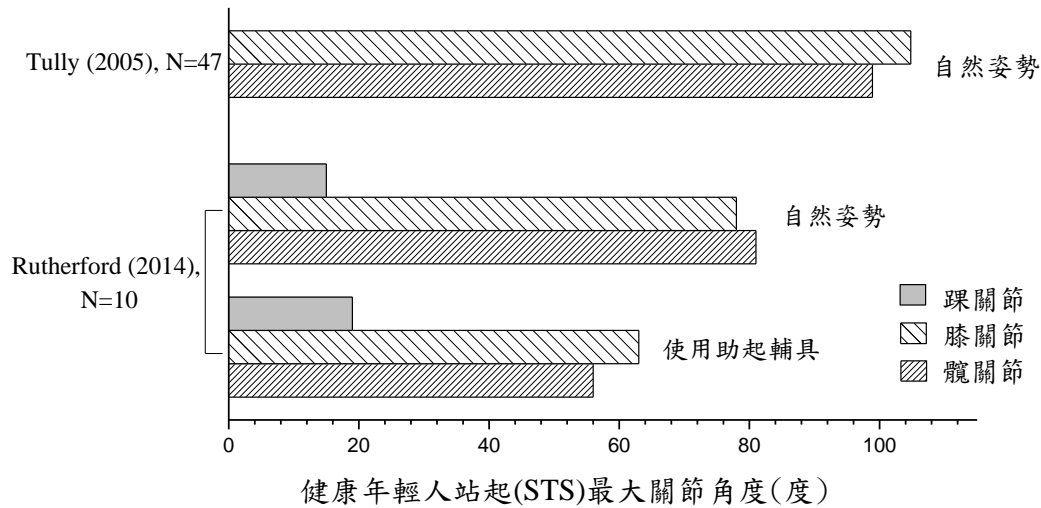


圖二、由坐到站起完成時間

關節角度

將過去文獻中站起動作過程的關節角度變化進行整理，並且根據學者們的觀察可以發現，膝關節角度的峰值大約與起始擺位的角度相同，而髖關節的最大角度則是出現在離開座椅的瞬間，關節角度的最大值比較整理如圖三，分別為健康年輕人與老年人的站起動作最大關節角度。

Rutherford [2]的研究中發現，年長者在站立的過程中，髖關節與膝關節的彎曲角度都顯著大於年輕成人。並且，若在站立過程中提供輔助站立輔具，則可以顯著降低髖關節與膝關節的最大彎曲角度(膝關節減少約 18%的角度變化)。



圖三、健康年輕人站起最大關節角度。

關節力矩與受力

起動作對於關節力矩與受力的表現，也是諸多學者們研究的重點，當椅子高度改變、或是提供輔具後，若是能讓關節力矩有所減少，則表示能夠減輕受試者下肢肌肉所需要使用的力量。

在 Yoshioka[3]的研究中指出，髖關節與膝關節的關節力矩最大值大約出現在站起動作的前期(位移期)；當座椅高度由 60cm 降低至 40cm 時，髖關節與膝關節的關節力矩總合會顯著增加；但是當椅子高度的變化介於 10cm 至 40cm 區間時，關節力矩卻沒有顯著變化。踝關節的力矩變化雖然也是在椅高 40cm 至 60cm 區間時變化最大，但是踝關節的最大力矩(0.13 Nm/kg)仍然比髖關節與膝關節的最大力矩(0.45 Nm/kg 與 0.54 Nm/kg)要小，並且力矩峰值出現在站起動作的最後階段，力矩的作用也與前後傾斜的動作相關、與垂直動作不相關，因此 Yoshioka [3]認為踝關節的作用在於穩定站立姿勢，而非協助站起，亦即椅子高度不會影響踝關節力矩表現。表一統整了過去學者們研究站起動作時的關節受力，單位為 Nm/Kg。

表一、各學者研究站起動作時的關節力矩比較。

研究對象	椅高	關節力矩(Nm/Kg)
------	----	-------------

		腕關節	膝關節	踝關節
Yoshioka et al. (2014)				
26±3 歲(8 人)	10cm	1.1±0.13	1.08±0.3	0.45±0.1
	20cm	1.1±0.2	1.11±0.3	0.48±0.2
	30cm	1.1±0.2	1.07±0.3	0.4±0.2
	40cm	1.15±0.4	0.86±0.4	0.44±0.15
	50cm	0.9±0.38	0.75±0.4	0.48±0.14
	60cm	0.7±0.37	0.15±0.33	0.48±0.15
Lamontagne et al. (2012)				
63.5±4.4 歲 (40 人)	100%膝窩高	0.67±0.18	0.49±0.15	—
Rutherford et al. (2014)				
25 歲(10 人)	100%膝窩高 無使用輔具	0.90±0.19	0.62±0.11	0.14±0.05
	100%膝窩高 使用輔具	0.58±0.20	0.64±0.12	0.02±0.06
69 歲(10 人)	100%膝窩高 無使用輔具	0.90±0.17	0.56±0.13	0.12±0.05
	100%膝窩高 使用輔具	0.60±0.14	0.58±0.14	0.02±0.06

影響站起與坐下生物力學表現的因素

影響站起與坐下動作的因素當中常見的有：座椅高度、手腳擺放的姿勢、以及受試者是否懷孕等。由於座椅高度也是本研究要探討的變數之一，因此此處不多做贅述，將於實驗結果一併討論。

雙腳擺位的影響，過去的研究指出，在站起動作前，將雙腳擺放至膝關節投射點後方 10 公分，或是踝關節背屈 75°，可以減少身體質心向前移動的距離，減少腕部與膝部肌肉需要使用的力量[9]。另外，雙腳不對稱的擺放也會影響下肢承重的方式，位在較後方的腳會成為主要的承重側，這樣的擺位方式已經被廣泛應用在中風病患的承重訓練上。而雙手的支持則是以是否使用扶手最為常見。曾經有學者質疑扶手的使用是否會成為年長者站起或坐下時的阻礙，但經過學者們針

對扶手的使用進行探討，得出的結果發現使用扶手的目的是在於增加老年人站立過程中的姿勢穩定度，尤其在站起過程中大腿離開椅面時最為明顯，因此扶手並不會妨礙站起的動作，反而能提供下肢較無力的老年人身體穩定的來源[17, 18]。Kinoshita, Kiyama, and Yoshimoto[19]也發現，在站立過程中使用扶手，可以使地面反作用力顯著下降，並且根據扶手擺放的位置與角度不同，可以誘發使用者軀幹前傾，達到站起的啟動姿勢，在站立過程中提供穩定度，或是用雙手代償減少髖關節負擔。但是扶手過度的使用也可能會造成使用者的依賴，選用適當的扶手才能讓使用者最大程度的獨立。

最後，懷孕會使婦女的體型、體重改變，同時改變婦女的身體質心，當懷孕後期的婦女在執行坐到站動作時，膝關節的最大衝量相較於懷孕前期的婦女明顯增加[20]。

總結上述文獻，週邊的輔助工具包括扶手，椅座高度的調整，會對由坐到站的下肢關節有明顯的影響，然而不同的姿勢調整是否會對由坐到站的過程一樣影響，並沒有文獻出討論，因此本研究主要是針對不同的姿勢策略對於由坐到站的影響。

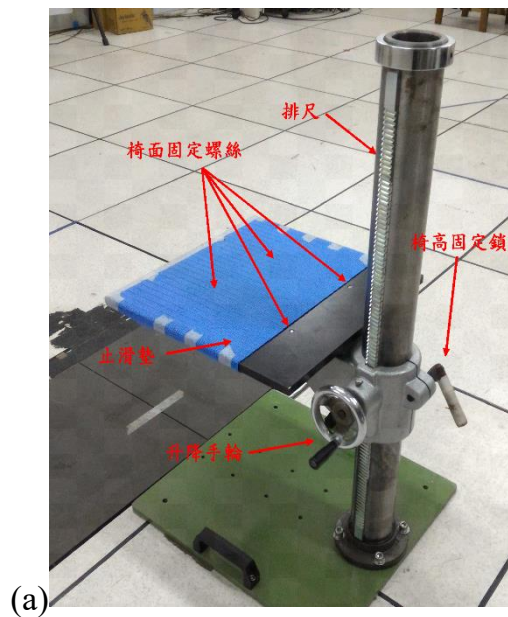
三、方法

I. 主要實驗設備包括：

硬體方面：

- 自製可調高度的升降椅。升降椅調整高度範圍為 200mm~600mm。外觀結構如圖一(a)。
- 三維動作分析系統主要以 Motion Analysis Corporation, Eagle Digital Realtime system, 6 部，搭配標記點反光球的黏貼，蒐集人體的運動路徑。擷取頻率 60Hz。
- 測力板使用兩塊 Bertec (型號 BP 4550-08, 45 cm *50 cm, USA)測量重量的

移動，並記錄重心移動的資訊。擷取頻率 1200Hz。



圖一(a)、自製可調高度的升降椅。

軟體方面

- EVaRT version 5.04，動作分析系統軟體，可以整合同步攝影機、測力板。
- Matlab R2008a 進行三維運動學、動力學的程序撰寫與分析。
- IBM SPSS Statistics v.22 進行統計學分析。

II 本研究計畫之研究方法:

本研究計畫之研究方法包括，牛頓力學之逆向動力學計算、肌電訊號資料處理、質量中心計算等，茲分別敘述如下。

牛頓力學之逆向動力學計算

本研究採用牛頓逆向動力學計算。利用動作分析擷取系統，所用的定理主要為牛頓運動學及尤拉角方程式(Euler angles)以計算各肢段座標系間的夾角(Haug, [21]; Winter[22]; 蘇芳慶[23])，再求得其各關節角速度角加速度與肢段質心。

實驗流程

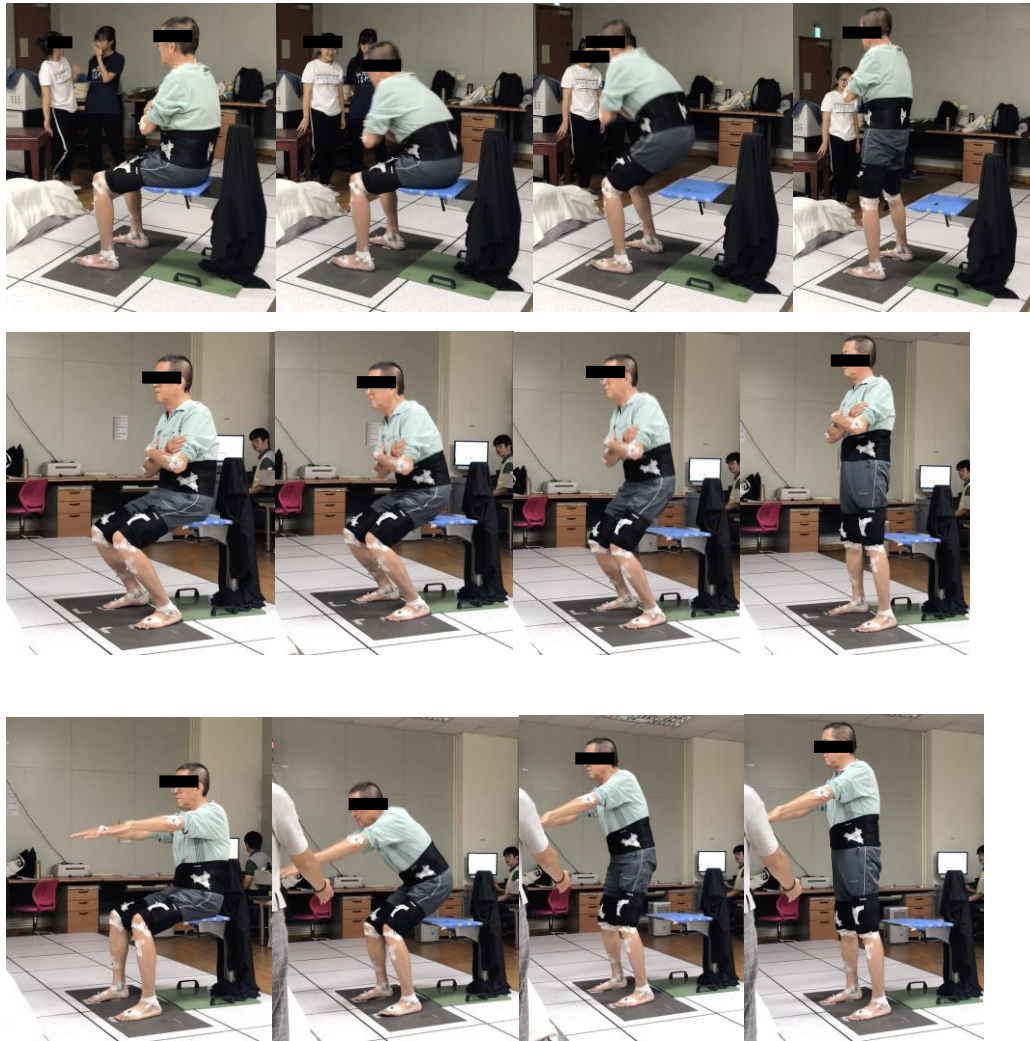
受試者選擇健康老年人，篩選條件為 1)65 歲以上，2)可在少量支持或無支持

的情況下自行站起或坐下,3)無認知障礙,4)無肌肉骨骼或動作平衡相關之病史,如中風、髖關節置換、類風濕性關節炎等。實驗前徵求個案同意並簽署實驗同意書。若受試者在實驗進行中出現漸進性心絞痛(Progressive angina)、收縮壓明顯降低的反應、頭暈、意識模糊、蒼白、發紺、噁心或周邊循環不足、血壓過度升高與受試者希望停止時則終止測試。

實驗地點為中山醫學大學動作分析實驗室,受試者參與動作分析測驗前,先量測受試者的人體計測資料(如身高、體重、膝窩高度等資訊),並調整座椅高度,讓受者熟悉助起架的使用方式。接著進行生物力學的動作資料蒐集,其中包括本研究以 3 種由坐到站的策略包括腳與地面垂直膝蓋成 90 度坐姿(正常組),其次為正常坐姿但腳的位置往後 10 公分(腿向後組),第三組為正常坐姿但是站立時手前伸身體前傾(手向前組)。椅子的高度根據受測者的從地面到膝關節的腿長進行調整,在三種情境下,隨機提供四種不同高度的椅子(65%、80%、100%、115%膝窩高),共蒐集十二種動作數據。

資料收集

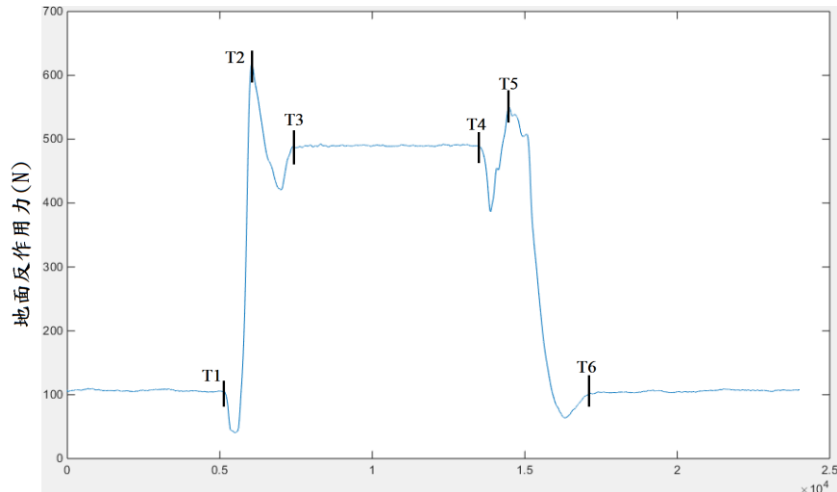
測試時受試者雙腳各踩在一塊測力板上,座椅放置於測力板外、中央對齊兩塊測力板中線。受試者根據研究人員指令執行站起或坐下的動作,動作過程中為避免擺位姿勢不同造成動作表現差異,以及防止遮蔽反光球影響數據蒐集,因此動作過程中均要求受試者雙手抱胸,背部離開椅背,且以脛骨垂直於地面作為起始動作。測試均以靜態坐姿為起始動作,開始記錄數據後維持坐姿約 3~5 秒,研究人員會說「請站起來」使受試者完成站起動作,並於靜態站姿維持約 3~5 秒,研究人員再提供指令「請坐下」使受試者完成坐下動作,最後維持靜態坐姿約 3~5 秒後完成一次紀錄。實驗實況為圖三。



圖三、實驗情況。正常由坐到站（正常組，上圖），腳往後 10 公分（腿向後組，中圖），手往前伸姿勢由坐到站（手向前組，下圖）

資料處理

本研究動作表現主要利用地面反作用力(Ground reaction force, GRF)進行關鍵點的判斷，參考 Zijlstra, Mancini, Lindemann, Chiari, and Zijlstra[24]將動作過程中的關鍵點依照本研究設計修改後定義如下，示意圖如圖四。



圖四、站起與坐下過程中的動作關鍵點。

- 站起的開始點(T1)：地面反作用力減少超過初始靜態坐姿時的 10%。
- 離座(Seat-off)(T2)：站起動作開始後的最大地面反作用力。
- 站起的結束點(T3)：站起動作過程中最大地面反作用力回升後，等同於受試者體重的時間點。
- 坐下的開始點(T4)：地面反作用力減少超過 1.5% 體重。
- 接觸座位(Seat-on)(T5)：坐下動作開始後的最大地面反作用力。
- 坐下的結束點(T6)：坐下動作過程中最大地面反作用力回升後，等同於受試者靜態坐姿雙腳重量的時間點。

資料統計

統計方法使用二因子重複量測變異數分析(Two-way repeated measures ANOVA)進行分析，比較三種坐到站策略搭配四種椅高時的顯著效應時、不同椅高對完成時間、關節角度、關節力矩、地面反作用力的影響，統計結果將 α 訂為 0.05。

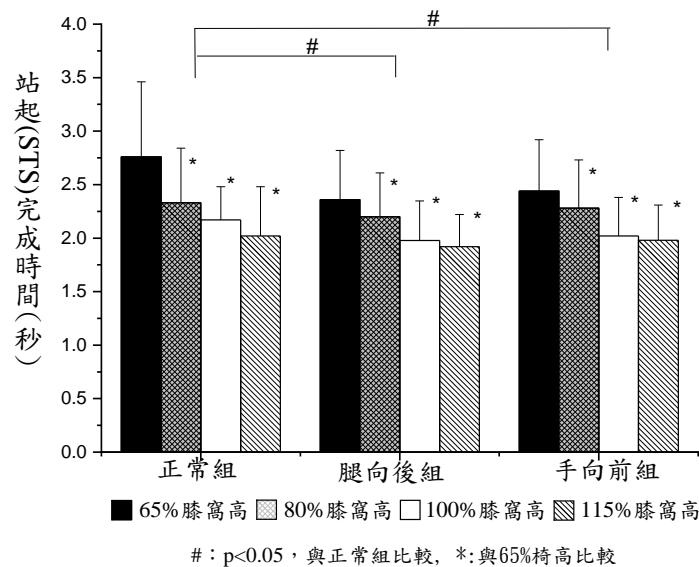
四、結果

本研究共納入 30 名受試者，包含男性 15 名及女性 15 名，平均年齡受試者 68.5 ± 3.49 歲，身高 160.05 ± 8.42 公分，體重 63.24 ± 10 公斤，膝窩高度 39 ± 2.4 公

分。

4.1 由坐到站過程的總持續時間

腿向後組和手向前組由坐到站過程的總持續時間明顯的比正常組小 ($p < 0.05$, 圖五)。最大總持續時間發生在正常組 65%膝窩高的椅座高度為 2.86 秒, 最短總持續時間發生在腿向後組 115%膝窩高的椅座高度為 1.92 秒。

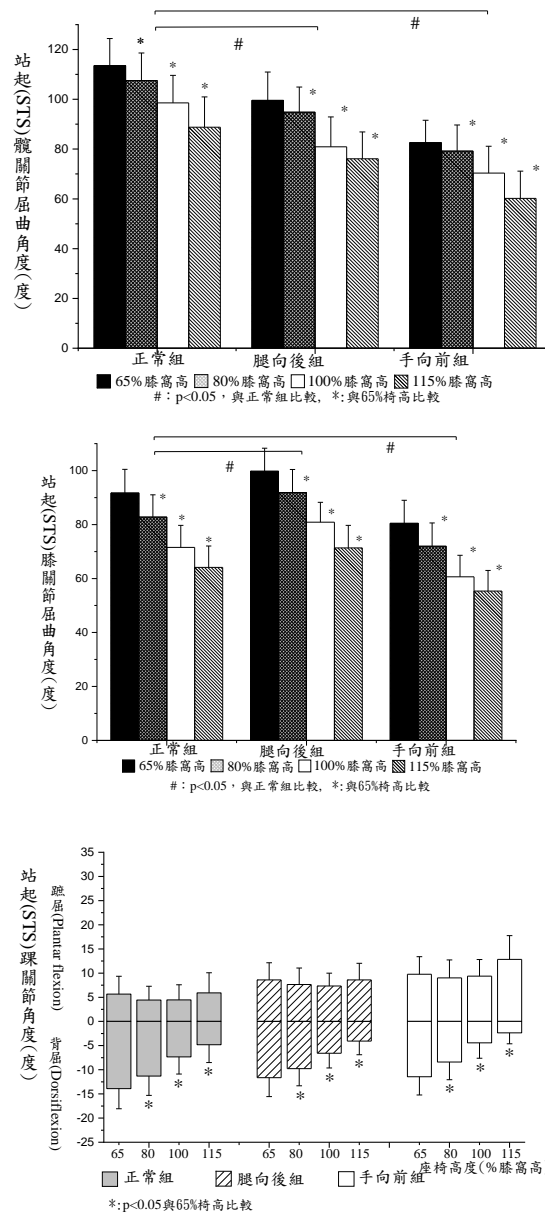


圖五：在不使用扶手的情況下，在自然速度下三種不同策略以及四種椅座高度下，由坐到站的過程中總持續時間的平均值和標準差。

4.2 運動範圍

髖關節、膝關節和踝關節的最大運動範圍隨著座椅越高角度明顯減少 ($p < 0.05$) (圖六)。髖關節在由坐到站前傾階段結束時達到最大屈曲角度, 平均最大角度為發生在 65%膝窩高的椅座高度。髖關節的最大運動範圍在正常組有最大的角度變化範圍 (圖六), 角度為 112 度, 三組有明顯的差異 ($P < 0.05$)。膝關節的最大屈曲角度也發生在向前傾斜階段的末期, 平均最大角度為發生在 65%膝窩高的椅座高度。角度為 108 度, 膝關節的最大運動範圍在腿向後組有最大的角度變化範圍 (圖六), 角度為 98 度, 三組有明顯的差異 ($P < 0.05$)。踝關節角

度在三組並沒有明顯變差異。

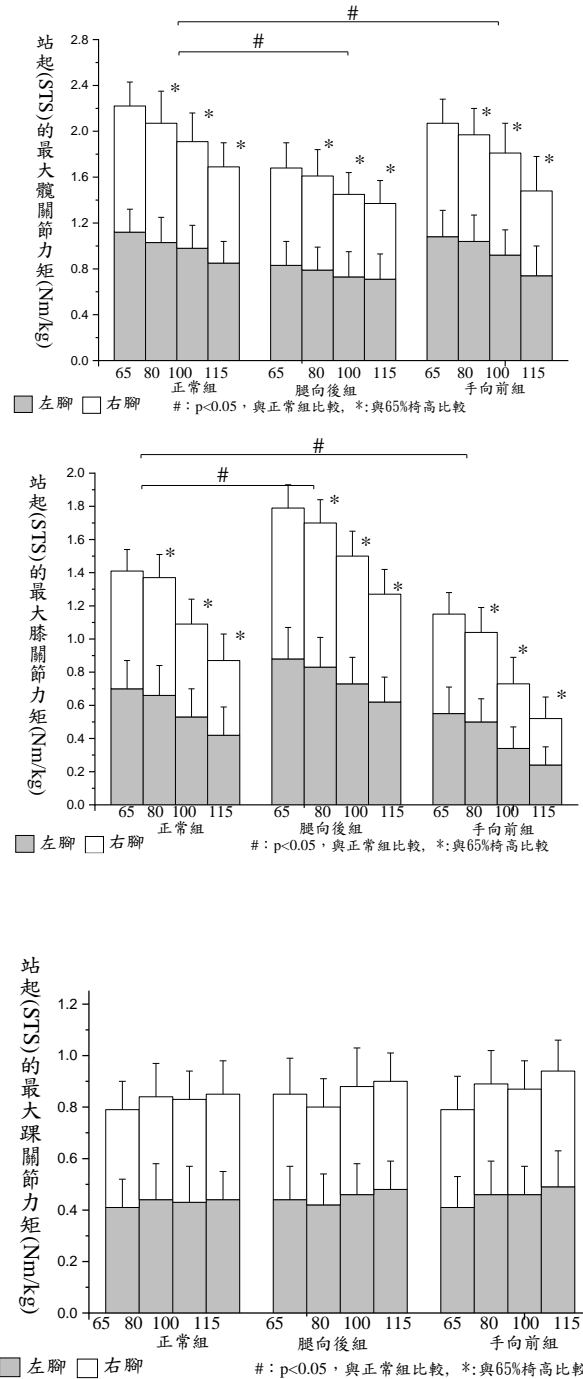


圖六：在不使用扶手的情況下，在自然速度下三種不同策略以及四種椅座高度下，由坐到站的過程中下肢運動範圍的平均值和標準差。

4.3 關節屈曲力矩

髖關節和膝關節的最大屈曲力矩在伸展階段發生，並且隨者的椅座高度增加明顯的減少 ($p < 0.05$)。腿向後組的髖關節最大屈曲力矩低於正常組和手向前組 (圖七)。最大的髖關節屈曲力矩發生在正常組

65%膝窩高的椅座高度，最大值為 1.12(Nm/Kg)，最小的髌關節屈曲力矩腿向後組 115%膝窩高的椅座高度，最大值為 0.71(Nm/Kg)。最大膝關節力矩發生在腿向後組，65%膝窩高的椅座高度，最大值為 0.91(Nm/Kg)(圖七)。三組間的最大膝關節力矩明顯不同 ($p < 0.05$)。



圖七：在不使用扶手的情況下，在自然速度下三種不同策略以及四種椅座高度下，由坐到站的過程中最大關節力矩的平均值和標準差

五、討論與結論

在本研究中，假設 STS 的動作策略以及使用不同椅子高度策略中的運動學和動力學數據存在差異。在 Pai 的研究[25]中，增加 STS 的移動速度，會增加髖關節屈肌，膝伸肌和踝背屈肌的力矩。在 Lou 的研究中[20]，不同孕期的孕婦，由於腹部增大，會影響髖關節的使用，也因此改變 STS 的策略使用。在本研究中，為了詳細研究 STS 的時間，運動範圍和下肢峰值力矩，以自然的速度進行，不使用扶手。

座椅高度對由坐到站時間的影響方面，由坐到站的時間會隨椅高增加而顯著下降，如 Kuo[26]的研究中 80%膝窩高度的坐椅站起時間為 2.2 ± 0.4 秒，與本研究相類似，對照本研究正常組 80%膝窩高為 2.33 ± 0.51 秒，而當座椅高度下降至 65%膝窩高度時，正常組 65%膝窩高時間大幅增加至 2.86 ± 1.27 秒。

髖關節最大角度的出現時間接近離座(Seat-off)，膝關節最大角度則接近於動作起始點。比較本研究與過去以健康年長者為受試者的文獻中，站起動作的膝關節與髖關節角度。各個學者的研究中，雖然動作起始姿勢的定義基本相同，但在實驗操作上可能並未精確的每次都量測調整，例如 Kuo[26]的研究中雖然提供受試者 100%膝窩高的座椅，但在文獻中並沒有明確指出要求受試者在起始動作將膝關節調整至 90 度，因此學者們在關節角度的表現並不一致，關節之間會依據擺位不同而角度有所增減。

Cann and Shepherd[27]指出，當年輕的受試者自由站起時，下肢的最大力矩總和(髖、膝、踝關節的力矩總和)平均約為 4~5Nm/kg，表示站起時，在離座瞬間會產生大約四至五倍的身體重量。Yoshioka[3]的研究中也顯示年輕受試者在 40 公分椅高(約 100%膝窩高)站起時下肢的最大力矩總和約為 4.8 Nm/kg，Rutherford[2]則指出年輕受試者與年長者的下肢最大力矩總和分別為 3.32 Nm/kg 及 3.16 Nm/kg。而本次研究結果則顯示年長者在正常組 100%膝窩高的情境中下

肢的最大力矩總和約為 3.67 Nm/kg，與過去的研究結果接近。

在 STS 期間，使用相同的方法研究不同年齡和群體，Alexander 發現老年受試者從椅子的所有高度上由坐到站的發費時間比年輕受試者長[17]。在 Lou 的研究中，TP 妊娠受試者的時間間隔長於 SP 和 FP 妊娠受試者[20]。這個時間的增加對於較短的椅子高度變得更加重要，可能意味著 TP 孕婦從較低的椅子上上升起來會有更大的困難。在這項研究中，腿向後組的總持續時間少於正常組和手向前組。

比較 STS 期間不同的正常組，Rodosky[28]和 Su[6]發現隨著椅子高度的減少，髖關節和膝關節力矩增加，挑戰增加。在本研究中，與正常組相比，腿向後組的膝關節力矩也有類似的趨勢。

雖然收案對象為健康年長者，但是坐下與站起動作與受試者的下肢肌力息息相關，本研究在收案時僅依據生理學病史與認知功能進行篩選，並沒有針對平衡能力與肌肉力量進行評估，也沒有記錄受試者的運動習慣，當有運動習慣、或是下肢肌肉力量較大的受試者，與沒有運動習慣但無生理病史的受試者相比，可能會在座椅高度低、或是沒有使用輔具等挑戰性較高的情境中，影響關節力矩或動作時間的表現。未來相關研究的進行或許不僅可以依照座椅高度進行動作表現的比較，而是根據受試者肌肉力量來將適用的座椅數值量化。

透過實驗證實，椅子高度策略可能會影響 STS 期間的關節負荷，椅子越高，時間以及關節負荷會減少，不同的由坐到站的動作策略也會影響由坐到站的時間以及負荷，腿向後組會減少由坐到站的時間但是會增間膝關節負荷。患有膝關節炎或疾病的人應採取增加椅座高度手向前策略，來減少膝關節力矩。進一步建議他們使用扶手來減少關節力和力矩，避免或減少對關節的損傷。

六、參考文獻

1. Cheng, Y.Y., et al., *Can sit-to-stand lower limb muscle power predict fall status?*

- Gait Posture, 2014. 40(3): p. 403-7.
2. Rutherford, D.J., S.T. Hurley, and C. Hubley-Kozey, *Sit-to-stand transfer mechanics in healthy older adults: a comprehensive investigation of a portable lifting-seat device*. Disabil Rehabil Assist Technol, 2014: p. 1-8.
 3. Yoshioka, S., et al., *Peak hip and knee joint moments during a sit-to-stand movement are invariant to the change of seat height within the range of low to normal seat height*. Biomed Eng Online, 2014. 13(1): p. 27.
 4. Nikfekar, E., et al., *Trunk movement in Parkinson's disease during rising from seated position*. Mov Disord, 2002. 17(2): p. 274-82.
 5. Ellis, M.I., B.B. Seedhom, and V. Wright, *Forces in the knee joint whilst rising from a seated position*. J Biomed Eng, 1984. 6(2): p. 113-20.
 6. Su, F.C., K.A. Lai, and W.H. Hong, *Rising from chair after total knee arthroplasty*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1998. 13(3): p. 176-181.
 7. Pollo, F.E., et al., *Walking, chair rising, and stair climbing after total knee arthroplasty: patellar resurfacing versus nonresurfacing*. Am J Knee Surg, 2000. 13(2): p. 103-8; discussion 108-9.
 8. 內政部, *老人生活狀況調查報告*. 內政部統計處.
 9. Sato, S., et al., *Evaluation of sit-to-stand motion using a pressure distribution measurement system--effect of differences in seat hardness on sit-to-stand motion*. Disabil Rehabil Assist Technol, 2011. 6(4): p. 290-8.
 10. Kralj, A., R.J. Jaeger, and M. Munih, *Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation*. J Biomech, 1990. 23(11): p. 1123-38.
 11. Hirschfeld, H., M. Thorsteinsdottir, and E. Olsson, *Coordinated ground forces exerted by buttocks and feet are adequately programmed for weight transfer during sit-to-stand*. J Neurophysiol, 1999. 82(6): p. 3021-9.

12. Millington, P.J., B.M. Myklebust, and G.M. Shambes, *Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons*. Arch Phys Med Rehabil, 1992. 73(7): p. 609-17.
13. Tia, B., et al., *Improvement of motor performance by observational training in elderly people*. Neurosci Lett, 2010. 480(2): p. 138-42.
14. Hassani, A., et al., *Kinematic analysis of motor strategies in frail aged adults during the Timed Up and Go: how to spot the motor frailty?* Clin Interv Aging, 2015. 10: p. 505-13.
15. Mourey, F., et al., *Standing up from a chair as a dynamic equilibrium task: a comparison between young and elderly subjects*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2000. 55(9): p. B425-31.
16. Yoshioka, S., et al., *Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint moment development during a sit-to-stand task*. Biomed Eng Online, 2009. 8: p. 27.
17. Alexander, N.B., et al., *Muscle strength and rising from a chair in older adults*. Muscle Nerve Suppl, 1997. 5: p. S56-9.
18. Schultz, A.B., N.B. Alexander, and J.A. Ashton-Miller, *Biomechanical analyses of rising from a chair*. J Biomech, 1992. 25(12): p. 1383-91.
19. Kinoshita, S., R. Kiyama, and Y. Yoshimoto, *Effect of Handrail Height on Sit-To-Stand Movement*. PLoS One, 2015. 10(7): p. e0133747.
20. Lou, S.Z., et al., *Sit-to-stand at different periods of pregnancy*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2001. 16(3): p. 194-8.
21. Haug, E.J., *Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems Volume I: Basic Methods*. 1989, Massachusetts: Allyn and Bacon.
22. Winter, D.A., *Biomechanics and motor control of human movement*. 1990, New York: John Wiley and Sons.

23. 蘇芳慶, 人體運動生物力學. 機械工程, 1991. 180: p. 19-24.
24. Zijlstra, A., et al., *Sit-stand and stand-sit transitions in older adults and patients with Parkinson's disease: event detection based on motion sensors versus force plates*. J Neuroeng Rehabil, 2012. 9: p. 75.
25. Pai, Y.C., et al., *Role of feedforward control of movement stability in reducing slip-related balance loss and falls among older adults*. J Neurophysiol, 2003. 90(2): p. 755-62.
26. Kuo, Y.L., E.A. Tully, and M.P. Galea, *Kinematics of sagittal spine and lower limb movement in healthy older adults during sit-to-stand from two seat heights*. Spine (Phila Pa 1976), 2010. 35(1): p. E1-7.
27. Canning, C.G., et al., *A randomized controlled trial of the effects of intensive sit-to-stand training after recent traumatic brain injury on sit-to-stand performance*. Clin Rehabil, 2003. 17(4): p. 355-62.
28. Rodosky, M.W., T.P. Andriacchi, and G.B. Andersson, *The influence of chair height on lower limb mechanics during rising*. J Orthop Res, 1989. 7(2): p. 266-71.

科技部補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期：108年1月31日

計畫編號	MOST 106-2221-E-040-009		
計畫名稱	生活輔具助起架對老年人由坐到站之人因工程分析(II)		
出國人員姓名	羅世忠	服務機構及職稱	中山醫學大學職能治療學系
會議時間	107年8月26日至 107年8月30日	會議地點	Florence, Italy
會議名稱	(中文)第20屆國際人因工程研討會 (英文)20 th Congress International Ergonomics Association		
發表題目	(中文)助起架對老人的坐到站以及站到坐的人因工程分析 (英文) The ergonomic analysis of sit-to-stand and stand-to-sit with lifting-seat devices in older subjects		

一、參加會議經過

台灣時間8月24日晚上11:50由桃園國際機場飛往義大利佛羅倫斯，途經荷蘭，接近中午到達義大利佛羅倫斯佩雷托場拉機場。8/26日是歡迎會員聚餐，8/27日會議正式開始，一早就步行到 Auditorium of Palazzo dei Congressi 會場報到，領取相關資料，會場中遇到陳協慶教授、王明陽教授以及石裕川教授等國內人因工程教授，9:00就有專題演講，其他時間則為分組的研討會議，以及海報報告，幾乎每天都有專題演講，中午有海報展演，會場也有廠商展示最新的人因工程相關研究實驗儀器。羅技公司展示最新的人因滑鼠，只要試玩以及填寫問卷，就可以獲得一個最新滑鼠，不過排隊人潮許多，廠商中有許多人體動作擷取系統廠商，展現各式各樣的感測儀器，相信未來人體行為的預測應該會發展得愈來愈快。中午午餐地點在主要會場

Palazzo Congressi 中間，也是儀器廠商展示相關人因工程研究儀器的位置，在這裡也遇到許多台灣的人因學者，有林彥輝教授、盧士一教授、吳欣潔教授等，相互交流研討會內容，陳述心得感想，整個會議過程相當充實，不僅僅是學術研究而且有許多歷史文化的體驗。

二、 與會心得

本次第 20 屆國際人因工程研討會在佛羅倫斯舉辦，主要認為佛羅倫斯是中古世紀文藝復興的搖籃，應該是舉辦和歡迎科學專家的最佳場所，本次研討會的目的在設計和創造一個以人為中心的美好世界，並且自己建立自己的未來，改善所有人的生活品質。今年主題包括「永續發展與人因工程」、「建築施工」、「製造業」、「農業」、「醫療保健」、「老齡化」、「安全與健康」、「性別」、「未來世界的人體工程學」等相關議題，專題演講包括「以肌肉骨骼疾病作為的疲勞過程：一種新的風險評估的基礎」、「用於部分和高度自動化車輛的原型設計 HMI: 以平衡式的人體系統整合方法」等各式新的人因工程相關的專題研討會議都一一呈現在這次的研討會的議程中。而印象較為深刻專題演講的是人因工程的介入、分析與研究的歷史過程(Chronicle Workshop in Intervention and Evaluation Research and Practice)，在這個演講說明人因工程在各的領域的介入、效益與成果，包括農業、工業、教育等等，由專家中歷史軌跡娓娓道來，仿佛進入時光隧道，跟著專家進行一次人因工程發展的歷史循跡。我呈現的海報題目是 The ergonomic analysis of sit-to-stand and stand-to-sit with lifting-seat devices in older subjects (助起架對老人的坐到站以及站到坐的人因工程分析(如附錄))，會場中有學者提問這個自製的助起架為何會有效？我的解釋是因為藉由彈簧吸收坐下時的衝擊力，並且將彈簧能量儲存，一但身體前傾站起時，就可以像鞋子的作用一樣

可以幫助行走而坐起，進一步探討，只要設計的彈簧與人體的重量搭配得宜，可以達到既舒適又省力，當然這要再進一步研究。另外今年的研討會中也探討醫療上的人因，這也包括國內正在推行的長照 2.0 的照服員，使用各種人因改善的輔助設備，協助照服人員的風險危害值得學習以及參考。另外在會場中也見識到其他各式各樣的海報展示以及影片展示，見識到許多先進熱烈參與國際學術交流，讓後學有所學習與傳承，這些傳承也將為往後新進學者帶來國際交流與學習的模式，而國際化也是每個研究人員必走的方向。

三、發表論文全文或摘要

詳見附錄。

四、建議

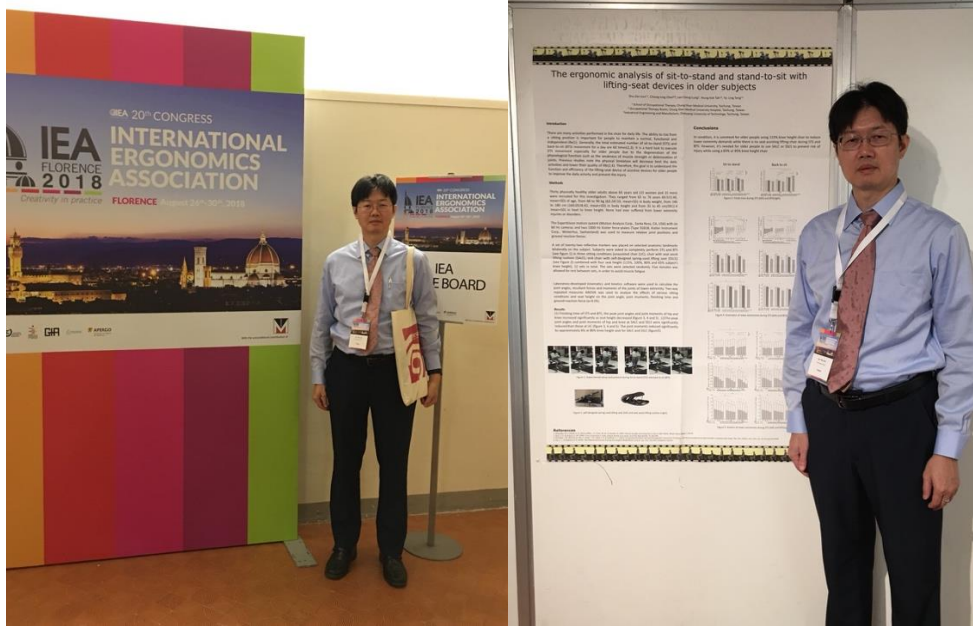
1. 多鼓勵參與國際學術交流，增進研究視野以及刺激研究想法，提升國內人因研究與應用。
2. 提供國際學術交流機會，使國內參與人因工程研究的學者們有機會參與國際，學習以及請教國際專家學者。
3. 提供國內專家舉辦國際學術研討會的觀摩學習機會，使國內學者有參與學術交流事務。

五、攜回資料名稱及內容

1. 大會議程及各類宣傳手冊
2. 研討會論文光碟
3. 參展廠商資料

六、其他

無其他補充。



圖、參與研討會並與發表海報合照



The ergonomic analysis of sit-to-stand and stand-to-sit with lifting-seat devices in older subjects

Shu-Zon Lou^{1,2}, Chiung-Ling Chen^{1,2}, Lee Cheng-Lung¹, Yeung Kok-Tak^{1,2}, Ya-Ling Teng^{1,2}

¹ School of Occupational Therapy, Chung-Shan Medical University, Taichung, Taiwan
² Occupational Therapy Room, Chung Shan Medical University Hospital, Taichung, Taiwan
³ Industrial Engineering and Manufacture, Chaoyang University of Technology, Taichung, Taiwan

Introduction

There are many activities performed in the chair for daily life. The ability to rise from a sitting position is important for people to maintain a normal, functional and independent life(1). Generally, the total estimated number of sit-to-stand (STS) and back-to-sit (BTS) movement for a day are 60 times(2,3). It is a hard task to execute STS movement especially for older people due to the degeneration of the physiological function such as the weakness of muscle strength or deterioration of joints. Previous studies note the physical limitation will decrease limit the daily activities and lower their quality of life(2,4). Therefore, the goal is to understand the function and efficiency of the lifting-seat device of assistive devices for older people to improve the daily activity and prevent the injury.

Methods

Thirty physically healthy older adults above 65 years old (15 women and 15 men) were recruited for this investigation. They ranged from 65 to 76 years 69.5±3.49, mean±SD) of age, from 48 to 90 kg (63.24±10, mean±SD) in body weight, from 146 to 180 cm (160.05±8.42, mean±SD) in body height and from 35 to 45 cm(39±2.4 mean±SD) in heel to knee height. None had ever suffered from upper extremity injuries or disorders.

The ExpertVison motion system (Motion Analysis Corp., Santa Rosa, CA, USA) with six 60 Hz cameras and two 1000 Hz Kistler force-plates (Type 9281B, Kistler Instrument Corp., Winterhur, Switzerland) was used to measure relative joint positions and ground reaction forces.

A set of twenty-two reflective markers was placed on selected anatomic landmarks bilaterally on the subject. Subjects were asked to completely perform STS and BTS (see figure 1) in three sitting conditions (unassisted chair (UC), chair with seat assist lifting cushion (SALC), and chair with self-designed spring-used lifting seat (SSLS)) (see Figure 2) combined with four seat height (115%, 100%, 80% and 65% subject's knee height), 12 sets in total. The sets were selected randomly. Five minutes was allowed for rest between sets, in order to avoid muscle fatigue.

Laboratory-developed kinematics and kinetics software were used to calculate the joint angles, resultant forces and moments of the joints of lower extremity. Two-way repeated measures ANOVA was used to analyze the effects of various sitting conditions and seat height on the joint angle, joint moments, finishing time and ground reaction force ($\alpha=0.05$).

Results

(1) Finishing time of STS and BTS, the peak joint angles and joint moments of hip and knee increased significantly as seat height decreased. (2)The peak joint angles and joint moments of hip and knee at SALC and SSLS were significantly reduced than those at UC. The joint moments reduced significantly by approximately 8% at 80% knee height seat for SALC and SSLS.



Figure 1. Experimental setup and protocol during Sit to stand (STS) and back to sit (BTS)



Figure 2. self-designed spring-used lifting seat (left) and seat assist lifting cushion (right)

Reference

1. Housheer, N. R., Schultz, A. B., Ashton-Miller, J. A., Gross, M. M., & Giordano, B. (1997). Muscle strength and rising from a chair in older adults. *Muscle Nerve Suppl.*, 5, 556-59.
2. Baur, G. D., & Ashburn, A. M. (1995). Trunk movements in older subjects during sit-to-stand. *Arch Phys Med Rehabil*, 76, 844-849.
3. Bamfield, J. M., McCross, B., Shu, Y., Bunt, T. W., Taylor, A. P., & Goldstein, A. J. (2013). Comparative kinematic and electromyographic assessment of clinician- and device-assisted sit-to-stand transfers in patients with stroke. *Phys Ther*, 93(10), 1331-1341. doi: 10.2522/ptj.20120500
4. Carr, L. J., & Shepherd, R. B. (2010). *Task-Related Exercise and Training Neurological Rehabilitation* (2nd ed., pp. 376). Churchill Livingstone: Elsevier.

Conclusions

In condition, it is comment for older people using 115% knee height chair to reduce lower extremity demands while there is no seat assisting lifting chair during STS and BTS. However, it's needed for older people to use SALC or SSLS to prevent risk of injury while using a 65% or 85% knee height chair.

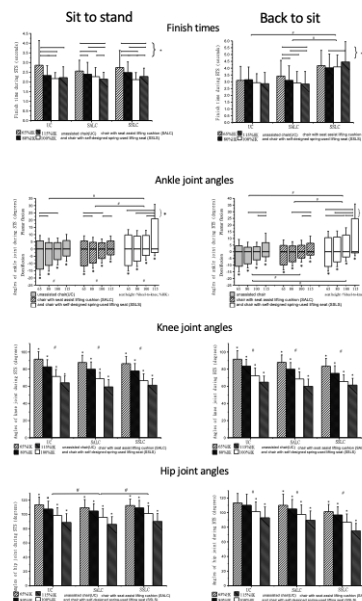


Figure 4. kinematics of lower extremities during STS (left) and BTS (left)

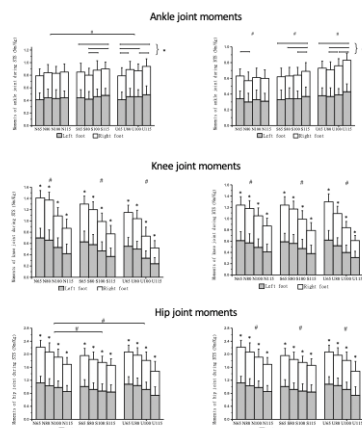


Figure 5. kinetics of lower extremities during STS (left) and BTS (left)



106年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：羅世忠			計畫編號：106-2221-E-040-009-				
計畫名稱：生活輔具助起架對老年人由坐到站之人因工程分析(II)							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	1. 不同動作策略對銀髮族坐到站的人因工程分析, 人因工程研討會, 2019	
		研討會論文		1			
		專書		0			本
		專書論文		0			章
		技術報告		0			篇
		其他		0			篇
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			
		積體電路電路布局權		0			
		著作權		0			
		品種權		0			
		其他		0			
	技術移轉	件數		0	件		
		收入		0	千元		
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇	1. The ergonomic analysis of sit-to-stand and stand-to-sit with lifting-seat devices in older subjects, 20th Congress International Ergonomics Association, 26-30, Aug 2018 Florence, Italy
			研討會論文		1		
專書			0	本			
專書論文			0	章			
技術報告			0	篇			
其他			0	篇			
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			

		營業秘密	0		
		積體電路電路布局權	0		
		著作權	0		
		品種權	0		
		其他	0		
	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	3	人次	莊博雅、李彤、吳念潔
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

研討會論文

The ergonomic analysis of sit-to-stand and stand-to-sit with lifting-seat devices in older subjects, 20th Congress International Ergonomics Association, 26-30, Aug 2018 Florence, Italy

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

本研究計畫藉由研究了解環境因素以及動作策略對於老年人的日常活動由坐到站的影響，對於長照十年2.0照服員在照顧不便的老人有重要的參考，對於患有膝關節炎或不良於行老年人有有莫大的參考資訊，這些策略包括增加椅座高度手向前策略，來減少膝關節力矩，減少對關節的損傷。對於未來老人住宅的設計、無障礙空間的改良以及研發都有重腰的參考作用，另外對於提供老人日常活動的輔具設計也提供基礎研究資訊。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關內政部, 文化部, (勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）