

蹲距式膝關節本體感覺信度研究

國立台灣體育學院

高明峰、孫燕芬

摘要

緒論：本體感覺又稱軀體感覺系統，是指靜止和運動狀態下對肢體位置的感知。影響本體感覺的靈敏度有許多因素，其中受傷和老化都會影響到本體感受器的靈敏度而導致本體感覺的變化。目前許多不同測量本體感覺的儀器已被發展研發，視覺式蹲距下肢訓練系統（FSS）是模仿下肢於負重蹲距時肌肉之運動模式，藉著 FSS 的特性可以進行測試本體感覺測試(Proprioception test)。**目的：**本研究之研究目的將針對下肢膝關節進行 FSS 本體感覺測試之信度研究，以 26 名大學體育系學生（平均年齡 20.50 ± 0.46 歲）進行 25%、50%、75% 下肢全伸位置之本體感覺的重複測試。**方法：**信度相關統計部分運用級內相關係數（Intraclass Correlation Coefficient, ICC）測量標準誤（SEM）進行其檢驗，和配對 T 檢定進行有無指標之膝關節本體感覺差異。**結果：**顯示，於指標指示之 ICC 值介於 0.80 至 0.78 間的高信度值，同時 SEM 顯示小的誤差值；以無指標指示進行膝關節本體感覺測試，ICC 為 -0.01 至 0.43 間之低的再測信度。就有無指標進行差異性檢定發現雙腳於 25% 和 50% 位置達顯著差異，但於 75% 位置則無顯著差異。**結論：**其結論為視覺式蹲距下肢訓練系統於指標指示之膝關節本體感覺測試具有高的信度，但是於無指標指示時，其信度較低，若是經由練習或是訓練是可以提高其再測信度。

關鍵詞：本體感覺、蹲距下肢系統、膝關節、信度

The study of reliability in knee joint proprioception test at Functional squat system

Abstract

Background and purpose: Proprioception is a sense of position and movement of one's own limbs and body in the absence of vision, termed "limb-position sense" and "kinesthesia," respectively. Proprioception has been shown to diminish with injury, age, and so on. Position sensibility can be measure by many methods. Several different testing techniques have been developed to measure the conscious submodalities of proprioception. Functional squat system (FSS) that mimics the movement co-ordination pattern of squat jump, under the control of an external load. This device can be measure proprioception in actively closed kinetic chain. Compared to some open chain device, it shows more similar to daily activity. Therefore, some test need to investigate the reliability for FSS. **Method:** Twenty-six college students participated in this study (male=18, female=8; mean age 20.5 ± 3.46 years). Subject were used FSS in Proprioception test program to measured low extremity in 25, 50 and 75 three different knee joint position, there were repeat for two times in same programs. For intrasession reliability of the figure-of-two measurement, ICC (2, 1) and the SEM were used. The ICC (2,1) was based on a subjects \times 2-way analysis of variance (Shrout & Fleiss, 1979). **Result:** The ICC (2, 1) for repeat-measures knee proprioceptive test on 25%, 50% and 75% visible marker was 0.80 to 0.78. also shows a small SEM; in test for no visible marker repeat-measures knee proprioceptive test at 25%, 50% and 75% was -0.01 to 0.43. Compare to visible marker and no visible marker repeat-measures knee joint proprioceptive test, it shows statistics different on 25% and 50% but no different in 75%. In this study, results demonstrated good reliability and small measurement error for the VM repeat-measures knee joint proprioceptive test. The result shows that the FSS Proprioception test was reliable indirect method of measuring knee

Proprioception in individuals with this test.

Key words: proprioception, functional squat system, knee, reliability.

壹、緒論

一、研究背景

本體感覺(Proprioception)又稱軀體感覺(limbs-position sense)是指靜止和運動(kinesthesia)狀態下對肢體位置的感知(Gardner, Martin & Jessell, 2000)。影響本體感覺的靈敏度有許多因素,受傷和老化的情形都會影響到本體感受器(proprioceptor)的靈敏度而導致本體感覺的變化。當韌帶受傷時,會造成關節的穩定度變差,同時會因為活動所造成的疼痛而減低活動量,使得肌肉的強度更加減退,並會造成位於韌帶或關節囊中的本體感覺受器之損傷。目前較常用的本體感覺的測試方法以被動關節感覺閾值測試(Threshold to detection of passive motion)與關節角度配對誤差測試(Reproduction of knee angles)兩種,而測試的模式可採用受試者主動動作或被動動作。於各種測驗本體感覺方式中以主動模式下的測試本體感覺功能較符合真實的生活情況(Skinner, Barrack & Cook, 1984)因此建議本體感覺的測試應於主動模式下做測試。同時測驗本體感覺的形式又可分為開放鏈(Open chain)和閉鎖鏈(Closed-chain)兩種。早期對於本體感覺的測試多是在開放鏈(Open chain)(無承重姿勢,如坐姿),但近年來有學者開始質疑在開放鏈下所測得之數據是否適用於日常生活中及運動時之閉鎖鏈(Closed-chain)型式的動作。相關的研究指出,於主動站立模式下測試會比被動坐姿模式更能顯示臨床相關性(Petrella, 1998),因此有少數的研究於使用膝關節角度復位的方法時,採閉鎖鏈(承重姿勢,如站姿)下測試。

相關的研究如 Trevor(1998)使用等速肌力測試儀(Kinem 500H, Dynamometer)給予15%體重的阻力,模擬閉鎖鏈模式之膝關節承重狀態,來進行開放鏈與閉鎖鏈兩模式之膝關節角度配對誤差測試,結果發現開放鏈模式下的角度配對誤差平均值較閉鎖鏈模式下為大;曾識喬、林千禾和詹美華(2002)以30名18-30歲之健康男女,以電子量角器紀錄膝關節於開放鏈與閉鎖鏈模式下主動與被動之關節角度配對誤差值;結果顯示於閉鎖鏈模式之慣用膝關節主動角度配對誤差值小。由以上的文獻發現閉鎖鏈測量本體感覺和日常生活較為接近,但因實際的測量相關的研究仍不多,探究其原因,其閉鎖鏈測量本體感覺之測量方法較開放鏈困難,模擬實際的生活情形之測量仍須較佳的儀器之設計

來達成。因此新的設計若可以針對以往器材的缺失（如不符合日常生活中及運動時之閉鎖鏈形式的開放鏈）來改進使其能更正確的測量出真實的情況。故本研究以較為接近日常生活之閉鎖式膝關節本體感覺測驗，其機械設計是採用膝關節下肢功能性蹲距式訓練系統 Functional squat system (FSS)進行其測驗（圖一）。FSS 為神經肌肉系統反應訓練及測試所設計之閉鎖鏈運動系統，以模擬身體於站蹲之實際活動之情形，可針對膝關節或髖關節提供不同阻力調整能力進行各式下肢之閉鎖性的測驗或是訓練以提供患者之全期復健療程，此一器材可以說是改良了許多以往測驗及訓練上的缺失，但是因為此一器材之上市時間尚短，相關的研究闕如，因此有必要針對此一器材之相關測量信、效度進行深入之研究。

評估信度高低的主要方法根據實際的測量需要和環境可以再測信度 (test-retest reliability)、折半信度(split-half reliability)與複本信度(alternate 本研究以蹲距式膝關節本體感覺測試，採重複測驗方法來進行，配合著 ICC(Intraclass Correlation Coefficient, ICC) 和測量標準誤 (Standard error of measurement, SEM) form reliability)等三種進行 (周文欽, 2004, 頁 305) 檢驗 FSS 儀器對於膝關節本體感覺測試的信度。

二、研究目的

基於以上研究背景，本研究的具體目的如下：

- (一) 不同時間測量之閉鎖性下肢膝關節活動本體感覺測試之信度。
- (二) 不同位置測量之閉鎖性下肢膝關節活動本體感覺測試之信度。
- (三) 有無指標指示之下肢本體感覺之差異。

貳、研究方法

一、受試者

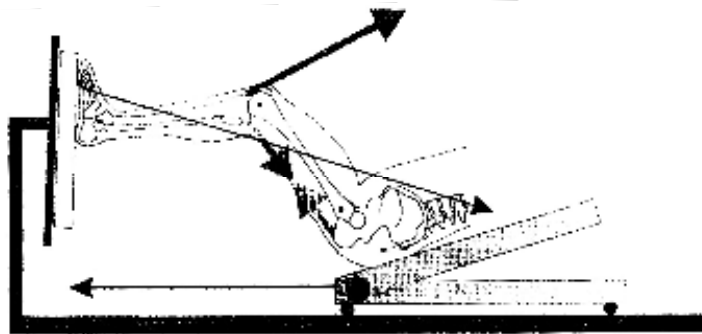
本研究以 26 位大學體育系同學為施測對象，13 名男性和 13 名女性，於受測前一年皆無膝關節及韌帶受傷之病史，受試者基本資料如表一所示。

表一：受試者基本資料表 (N=26)

	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)
平均數	20.50	174.32	67.21
標準差	3.46	3.05	8.33

二、實驗流程

本研究之實驗設計採實驗者同一天實施兩次 (間隔 30-60 分鐘) 和不同天 (間隔一星期) 之下肢本體感覺的再測信度 (test-retest reliability)。於實驗開始前請受試者進行熱身之動作以防受傷, 並進行慣用腳之測試以決定慣用腳。實驗開始請受試者躺於儀器上, 依序以右腳、左腳之順序進行膝關節本體感覺測試 (圖一), 共就三種不同之位置進行測試 (25%、50%、75% 的個人下肢蹲距至完全伸展的距離)。每一位置進行四次之膝關節本體感覺測試, 每一位置之前二次測試為依據螢幕之指標指示 (Visible marker, VM) 進行 (其目的為讓受試者熟悉記憶其位置), 後兩次為沒有指標指示 (No Visible marker, NVM) 的測驗 (其目的為瞭解測試者本體感覺之)。每次實施以起始位置 (starting position, 為預備和結束之位置, 受測腳的位置以膝蓋角度 90 度為起使位置) 和指定之位置 (target position) 之伸展 (停留 10 秒)。於間隔 30-60 分鐘後再進行一次同樣的測試流程以求得受試者之膝關節本體感覺再測信度。同一天測驗後再過一星期則重複其過程的兩次測驗。



圖一 蹲距式膝關節本體感覺測試之下肢關節活動圖

三、資料收集

為求其研究之正確性和其準確性，本研究之實驗前先行儀器之校正以求其正確資料，分別以座椅之移動位置校正其實際電腦上所顯示之資料是否相符合；資料收集是以視覺式蹲距下肢訓練系統(FSS)之資料進行收集分析，資料收集的頻率定於每秒 500HZ，分別以兩次於 VM 和兩次於 NVM 之下肢伸展動作時所停留之位置點之最多的時間點(眾數，mode) 為其伸展動作之位置以代表本體感覺。

四、資料分析與統計

本研究之所有資料以平均數和±標準差來表示，信度相關研究部分(以級內相關係數(Intraclass Correlation Coefficient, ICC)和測量標準誤(Standard error of measurement, SEM)進行檢驗 FSS 的膝關節本體感覺測試探討於個人指標指示之膝關節本體感覺的再測信度和無指標指示之膝關節本體感覺的再測信度;其 ICC 相關係數之解釋是根據 Fleiss 的建議(1986)ICC 相關係數介於 0 至 1.0 之間大於 0.75 為高信度(excellent), 0.40 到 0.75 為中度(fair)至高度(good)測試信度，低於 0.40 時則低度(poor)測試信度。另一個評定信度的指標為測量標準誤(SEM)其計算公式以公式 $SEM = s_x \sqrt{1 - r_{xx}}$ 。並以配對 T 檢定(paired-t test)來比較每位受試者於有無標示指示之膝關節本體感覺的差異情形。

參、結果

本研究目的旨在針對閉鎖性下肢膝關節本體感覺測試之信度考驗，26 位一年內無下肢受傷之健康大學體育系同學為施測對象，實驗設計分別以兩種測試，一為採實驗者同一天實施兩次(間隔 30-60 分鐘)之下肢本體感覺的再測信度(test-retest reliability);另為不同位置知本體感覺測試。所得資料經統計分析後，將依測試儀器的再測信度和受試者本體感覺信度之相關資料依序從再測信度、不同位置的再測信度和不同性別的再測信度進行結果說明。

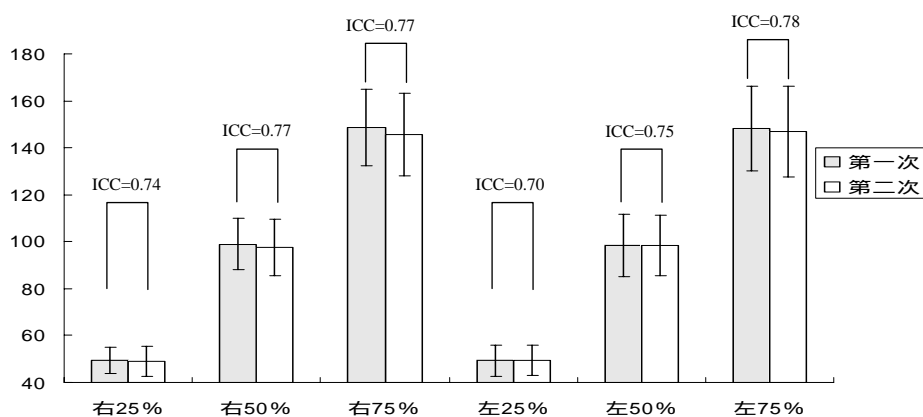
一、不同時間測試的再測信度

本研究之測試儀器再測信度是以受試者於左右腳之兩次不同時間 VM 之測試，藉著此一測驗以測試儀器之不同時間再測信度。其結果如表二所示，於兩腳的指標指示於各位置之測試值介於 0.70 至 0.78 間，SEM 之誤差值介於 3.03 至 8.73 公分間，隨著測量之距離的加大其 SEM 值亦變大，由此判斷其測試之距離應是影響測量之信度之因素。

表二：指標指示之下肢本體感覺測試表 (N=26)

	第一次	第二次	ICC	SEM
右腳全伸展的				
25% 位置	49.25±05.96	49.08±06.38	0.74	3.03 cm
50% 位置	98.34±11.44	97.71±12.06	0.77	5.48 cm
75% 位置	147.19±16.84	145.73±17.49	0.77	8.08 cm
左腳全伸展的				
25% 位置	49.29±06.46	49.35±06.40	0.70	3.54 cm
50% 位置	98.41±12.99	98.58±12.88	0.75	6.50 cm
75% 位置	147.67±18.61	146.92±19.50	0.78	8.73 cm

註：各變項代表下肢於不同位置之有指標指示本體感覺位置值，測量單位為 cm



圖二 FSS 指標指示之膝關節本體感覺位置長條圖 (N=26, 單位：公厘)

一、測試者不同位置之本體感覺的再測信度

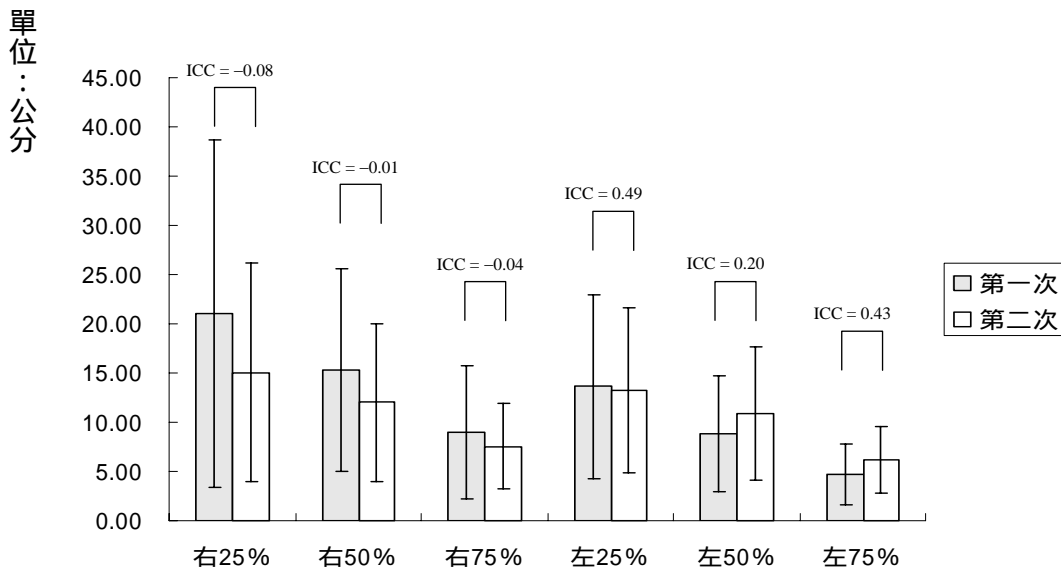
在受試者不同位置之本體感覺的再測信度中，本實驗將就膝關節本體感覺之雙腳三種不同位置進行（25%、50%、75%的個人下肢蹲距至完全伸展的距離）信度之考驗，於左右腳之兩次 NVM 的下肢本體感覺測試，藉著此一測驗以瞭解受試者在不同位置之本體感覺再測信度，其結果如表三所示。

從表三可以看出於無標指示時（NVM）三個不同位置之本體感覺再測信度值介於 -0.08 至 0.49 間，此一結果參照 Fleiss 的建議(1986)其測試值位於低度(poor)測試信度。顯示其測驗值之再測信度為低的信賴區間，測量結果於無指標測試時受試者之下肢本體感覺再測信度不佳；由本研究結果看來，單就測驗的結果解釋膝關節本體感覺，應為測驗分數之可信賴的(score are reliable)，但並不能指下肢蹲距式膝關節本體感覺是可信賴的(test reliable)，故反推可證其於 NVM 之下肢本體感覺測試再測信度之結果應是測驗分數之低可信賴的，其測驗機械本身仍是需依據 VM 的測驗結果來解釋。此一結果，探究其原因可能是於測驗中受試者之熟練度、和受試者本身之本體感覺差異導致。因此一儀器是新開發的測量儀器，目前國內相似的儀器不多，受試者於從未接受類似的動作訓練便進行測驗，其測驗之結果或許會受影響。若參照實驗的流程發現，愈在後面測試的項目如左腳 75% 位置其信度相關的 ICC 值從 25% 位置的低度測量信度達至中度(fair)的測量信度；且比較雙腳的測驗發現左腳（後測腳）的 ICC 值較右腳（慣用腳，前測腳）為佳，這點配合實驗的流程可以發現的是於無指標指示的膝關節本感覺測試中愈於後測的測驗其再測信度愈佳，且愈接近雙腳全伸直之位置時受試者之本體感覺測量愈接近。由這點或許可以解釋受試者在經由測試的過程的學習可以增進本身本體感覺，同時在位置的選擇上不同位置之測量也是造成測量準確性的影響因素之一。

表三：無指標指示之下肢本體感覺之絕對誤差值測試表 (N=26, 單位：公分)

	第一次	第二次	ICC	SEM
右腳全伸展				
25% 位置	21.08±17.67	15.04±11.12	-0.08	3.00 cm
50% 位置	15.29±10.34	12.00± 7.96	-0.01	5.43 cm
75% 位置	9.00± 6.37	7.54± 4.35	-0.04	7.86 cm
左腳全伸展				
25% 位置	13.62± 9.38	13.27± 8.42	0.49	4.89 cm
50% 位置	8.87± 5.86	10.88± 6.80	0.20	6.38 cm
75% 位置	4.73± 3.09	6.15± 3.40	0.43	8.61 cm

註：各變項代表下肢於不同位置之無指標指示本體感覺位置值，其平均數(M)為與有指標指示之絕對誤差值，測量單位為 cm



圖三 FSS 無指標指示之膝關節本體感覺之絕對誤差值位置長條圖 (N=26)

一、有無指標指示之下肢本體感覺差異比較表

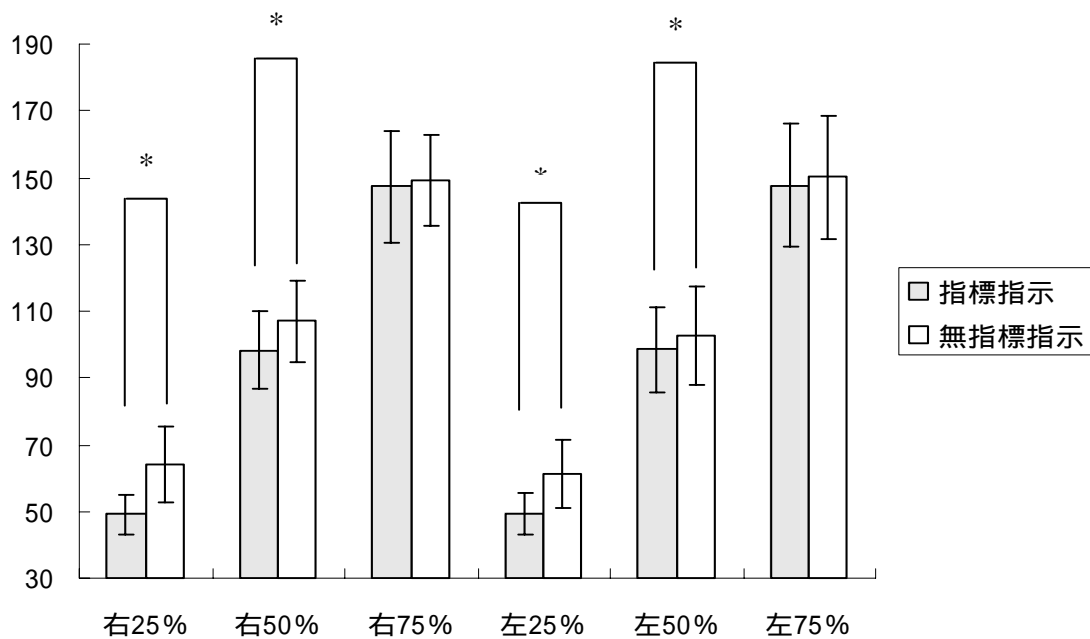
於受試者之下肢本體感覺的再測試驗中以有指(VM)和無指標(NVM)進行配對 T 檢定(paired-t test)，發現於 VM 和 NVM 在同一受者之測驗結果有顯著的差異 (表四、圖四

所示), 分別於右、左腳全伸展的 25% 和 50% 的位置(右腳 25% : 指標指示 49.25±5.96 公分, 無指標指示 64.12±11.47 公分, $t=5.90, p<.05$ 、左腳 25% : 指標指示 49.29±6.46 公分, 無指標指示 61.10±10.18 公分, $t=6.61, p<.05$), 但於雙腳全伸展之 75% 位置有無指標之位置則無顯著差異(右腳 $t=1.17, p=.25 >.05$; 左腳 $t=1.99, p=.06 >.05$)。這結果可能和受試者本身之兩個因素有關: 一為受試者熟練度的關係, 因其測試的過程中受試者對於測驗的項目經由兩次位置 25% 和 50% 之測驗漸漸的可以體會出正確的位置, 故所表現出來在的指標和無指標的差距漸趨一致; 另一個影響因素可能是測驗位置的關係, 因為雙腳之全伸 75% 之位置距全伸之位置較近之故, 導致受試者較易記憶其位置, 由以上兩個因素所致導致雙腳於指標和無指標指示之測驗趨於一致(沒有顯著差異)的結果產生。因此由此一研究結果證明其受試者之學習效應是存在著此一測驗的, 同時於測量位置之選擇應注意其受試者對動作的實施過程的其他因素干擾。

表四：有無指標指示之膝關節本體感覺差異比較表(單位：公分)

	指標指示		無指標指示		t	p
	M	SD	M	SD		
右腳全伸展的						
25% 位置	49.25	5.96	64.12	11.47	5.90*	.01
50% 位置	98.34	11.43	106.99	12.33	3.96*	.01
75% 位置	147.19	16.84	148.93	13.68	1.17	.25
左腳全伸展的						
25% 位置	49.29	6.46	61.10	10.18	6.61*	.01
50% 位置	98.41	12.99	102.60	14.94	2.32*	.03
75% 位置	147.67	18.61	150.04	18.50	1.99	.06

* $p < .05$.



圖四：有無指標指示之膝關節本體感覺之差異比較長條圖 (N=26)

肆、討論

一、不同時間測試的再測信度

根據 Fleiss(1986)指出於一般研究儀器其測驗之 ICC 值達到 0.70 相關係數顯示其值為高信度(excellent)至高度(good)測試信度。由本研究中之受試者之表現成績顯示於有指標之下肢本體感覺測試顯示其良好的信度。於測量標準誤 (SEM) 進行本研究之測量結果可以看出指標指示下肢本體感覺測驗值介於 ± 3.03 至 ± 8.73 公分間(表二), 且範圍隨著伸展的距離加大而變大。由研究結果中可以看出於指標指示之蹲距式膝關節本體感覺測試是達到高度的信度, 但此一測試結果為受試者在依據著電腦螢幕上的游標指示下所進行的練習測試, 其目的在使受試者熟悉其各目標位置的練習, 從此一測驗結果可得知測量儀器的再測信度即測量儀器之信度為良好的。但若針對受試者之本身的膝關節本體感

覺仍需參照 NVM 的測試結果來進行評定其信度。

伍、結論與建議

本研究目的旨在針對閉鎖性下肢膝關節本體感覺測試之信度考驗，26 位一年內無下肢受傷之健康大學體育系同學為施測對象，實驗設計採實驗者同一天實施兩次（間隔 30-60 分鐘）之下肢本體感覺的再測信度(test-retest reliability)，所得資料經統計分析後，將依測試儀器的再測信度和受試者本體感覺信度之相關資料，於指標指示之蹲距式膝關節本體感覺測試結果顯示本測驗儀器具有高的信度；但相對於無指標指示之蹲距式膝關節本體感覺測試結果顯示其測量信度明顯降低，於不同位置之再測信度發現（75%）發現具有較好的信度。同時比較於指標和無指標指示之兩次的各位置的差異比較，發現於左右腳的測驗中愈後面測驗其兩者的差異愈小，顯示其受試者可經由測驗的過程中和學習來增強其膝關節本體感覺。建議於後續之研究需考慮其受試者本身之學習效應和測量之位置以便求得更正確之資料。

陸、參考文獻

- 李一中 (2004)。測量工具的效度與信度。《台灣衛誌》，23 卷 4 期，272-281 頁。
- 邱皓政 (2000)。《量化研究與統計分析：SPSS 中文視窗版資料分析範例解析》。台北市：五南書局。
- 周文欽 (2004)。《研究方法實徵性研究取向》。台北市：心理出版社。
- 曾識喬、林千禾、詹美華 (2002)。膝關節本體感覺功能之比較。《物理治療》，27 卷 1 期，18-24 頁。
- 姚漢禱 (2002)。《體育測驗與評量》。台北市：師大書苑。
- Aycock, T. (1993, January). *It is incorrect to say "The test is reliable": A review of the literature and implication for research practice*. Paper presented at the annual meeting for the Southwest Education Research Association, Austin, TX (ERIC Document Reproduction Service No. ED 355275).
- Barrack, R. L., Skinner, H. B., Cook, S. D., & Haddad J. R. (1983). Effect of particular disease and total arthroplasty on knee joint position sense. *Journal of Neurophysiology*, 50, 684-687.
- Barrack, R. L., Skinner, H. B., & Brunet, M. E. (1984). Joint laxity in highly trained knee. *Journal Sports Medicine*, 24, 18-20.
- Barrack, R. L., Skinner, H. B., & Buckley, S. L. (1989). Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *The Physician and Sports medicine*, 11(6), 1-6.
- Barrrectt, D. S., Cobb, A. G., & Bentley, G. (1991). Joint Proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *Journal Bone Joint Surgery*, 73B, 53-56.
- Bernauer, E. M., Walby, W. F., Ertl, A. C., Dempster, P. T., Bond, M., & Greenleaf, J. E. (1994). Knee-joint proprioception during 30-day 6° head-down bed rest with isotonic and isokinetic exercise training. *Aviat Space Environ Medicine*, 65, 1110-1115.
- Borsa, P. A., Lephart, S. M., Kocher, M. S., & Lephart, S. P. (1994). Functional assessment and rehabilitation of shoulder proprioception for glenohumeral instability. *Journal of Sport*

- Rehabilitation*, 3, 84-104.
- Era, P., Lyyra, A. L., Viitasalo, J. T., & Heikkinen, E. (1992). Determinants of isometric muscle strength in men of different ages. *Europe Journal of apply physiology*, 64, 84-91.
- Fleiss, J. L. (1986). Significance tests have a role in epidemiologic research: reactions to A. M. Walker. (Different Views) *American Journal of Public Health* 76, 559-560.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2002). *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw-Hill Humanities.
- Gardner, E. R., Martin, J. H., & Jessell, M. T. (2000). The bodily senses. In *Principles of Neural Science*. E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T. M. Jessell (Eds.). New York: MaGraw-Hill, pp. 430-449.
- Grigg, P. (1994). Peripher al neural mechanisms in proprioception. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3, 2-17.
- Hatti, J. (1985). Methodology review: Assessing unidimensionality of test and items. *Applied Psychological Measurement*, 9(2), 139-164.
- Holmback, A. M., Porter, M. M., Downham, D., & Lexell, J. (1999). Reliability of isokinetic ankle dorsiflexor strength measurements inn healthy young men and women. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 31, 229-239.
- Hurley, B. F. (1995). Age, gender, and muscle strength. *Journal Gerontol*, 50A, 41-40.
- Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraldo, J. L., & Fu, F. H. (1997). The role of Proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(1), 130-137.
- MacDonald, R. P. (1999). *Test theory : A unified treatment*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mark, R., Wuinney, H. A., & Wessel, J. (1993). Proprioception sensitivity in women with normal and osteoarthritis knees joints. *Clinic Rheumatol*, 12, 170-175.
- Petrella, R. J. (1998). How effective is exercise training for the treatment of hypertension? *Clinical Journal Sports Medicine*. 8(3):224-31.
- Rowinski, M. J. (1997). Neurobiology for orthopedic and sports physical therapy. In T. R.

- Malone, T. G. McPoil, & A. J. Nitz, (3rd ed.), *Orthopedic and Sports Physical Therapy*. St. Louis: Mosby, Inc.
- Sax, G., Newton, J. W.(1997). *Principles of educational and psychological measurement* (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth.
- Skinner, H. B., Barrack, R. L., & Cook, S. D. (1984). Joint position sense in total knee arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Research*, 1, 276-283.
- Streiner, D. L., Norman, G. R. (1989). *Health Measurement Scales- A Practical Guide to their Development and Use*. New York: Oxford University Press.
- Sterner, R. T., Pincivero, D. M., & Lephart, S. M. (1998). The effect of muscular fatigue on shoulder proprioception. *Clinic Journal of Sports Medicines*, 8, 96-101.