

膝關節開放鏈與閉鎖鏈模式之本體感覺功能的比較

前言

本體感覺在人類的日常生活中扮演極重要的角色，它使我們能感受到肢體的空間位置或移動速度、動作方向、使用力量的大小與維持固定施力的能力。雪靈頓(Sherrington)於 1906 年首先定義本體感覺是吾人憶知肢體在空間中位置與動作的能力，而克拉克(Clark)於 1975 年更進一步解釋本體感覺是感知肢體於空間中姿勢與位移情形的能力，它係由存在於肌肉、韌帶、與關節囊內的感受器，經由神經傳導路徑將訊息向上傳遞，是一種高度特化的功能。而本體感覺的測試方式亦有多種，較常見的為被動關節感覺閾值測試與關節角度配對誤差測試兩種，測試的模式可以採用受試者主動動作或被動動作。史基勒(Skinner)於 1984 年指出，在主動模式下測試本體感覺功能較符合真實的生活情況，他建議本體感覺的測試應於主動模式下作測試。而早期的本體感覺測試多是在開放鏈的模式下作測試，派翠拉(Petrella)於 1997 年提出膝關節之本體感覺在主動站立姿勢下測試會比被動坐姿模式更能顯示與臨床相關的特性。由上述文獻回顧吾人可以歸納，近年來對於本體感覺的測試方式由早期的被動模式趨向於主動模式，也由開放鏈模式的測試轉向閉鎖鏈模式的測量，而且傾向肯定閉鎖鏈式測量較優質且切近於吾人日常生活動作的本質。根據學者的報告，在開放鏈與閉鎖鏈的模式下，其感覺的輸入、肌肉收縮模式、關節內受壓情況、關節囊與韌帶受牽扯力量都有所不同；於閉鎖鏈下，其皮膚感覺輸入、關節受壓情況、肌肉協同性收縮都較大。在吾人的日常生活中，下肢的膝關節多屬於閉鎖鏈式的動作，因此對於下肢的膝關節本體感覺功能評估是否應採閉鎖鏈模式下作測試，方可代表其真正的本體感覺？目前相關的研究並不多見；而亦有參考文獻指出，在開放鏈與閉鎖鏈模式下所測得的膝關節本體感覺功能並無差異，故本研究的目的即在針對膝關節於開放鏈主動模式、開放鏈被動模式與閉鎖鏈主動模式，進行關節角度配對誤差測試，以期了解在不同測試模式與性別兩因素下，所測得之本體感覺功能有何差異，並進一步評估何種模式的測試較適於做為臨床評估本體感覺功能的指

標。

方法

受試者

選取某大學醫學院 50 名年齡在 18 至 30 歲之間的年輕男、女學生為受試者，受試者選取標準為下肢無肌肉骨骼神經系統方面的疾病，且近三個月內下肢無受傷病史。測試前受試者均填寫基本資料，包括年齡、姓名、身高、體重等以作為日後資料分析與建檔的依據。

實驗步驟

將電子量角器 (Norotrack 360; Normed Incorporated, Seattle, USA) 擺放在大腿外側中線遠端三分之一處與小腿外側中線近端三分之一處，兩個電子量角器軸心線所形成的夾角為膝關節角度。電子量角器於測試過程中，可完整記錄膝關節於動作過程中每一瞬間的角度變化。在測試前向受試者充分說明測試的流程，使其了解所有的實驗流程與指令。受試者於量測時需帶上眼罩，以阻斷視覺回饋。慣用腳之定義為站立時，於受試者前方放置一球，要求受試者於站立姿勢下踢動此球，以踢球的腳當作慣用腳。

三種模式的測試過程如下：

1. 開放鏈模式的主動膝關節角度配對誤差測試：

受試者坐於有靠背之座椅上，使上半身可放鬆且給予充分支撐。於此坐姿下身軀與水平面呈 85° 夾角，大腿下方置放橡膠軟墊 (air pad)，使大腿與水平面平行並降低大腿皮膚表面之壓力感覺輸入，膝窩窩 (popliteal fossa) 離床緣 2-3 英吋，使小腿自然下垂，此時膝關節起始位置 (starting position) 為膝屈曲 90° 。受試者由起始位置做單側膝關節伸直動作，至其自由選定的目標角度，此目標角度介於膝關節屈曲 0° - 90° 間，之後將膝關節維持目標角度五秒鐘，提醒受試者感覺並記住此時膝關節之角度。五秒鐘後重回起始時的姿勢，亦於此姿勢下維持 10 秒鐘，之後受試者再重覆做膝關節伸直動作，直至先前的目標角度，稱此角度為複製角度，在複製角度下維持五秒鐘後，回到起

始位置，即為一次完整的量測過程。

2. 開放鏈模式的被動膝關節角度配對誤差測試：

受試者採俯臥、眼睛閉上，膝關節伸直且足部垂出床緣，身體完全放鬆，將橡膠軟墊置於大腿下方，使大腿與水平面平行同時降低大腿皮膚表面之壓力感覺輸入，受試者的踝關節處套上空氣護木（air splint）以固定並降低踝關節處的皮膚壓力與觸覺感覺輸入。測試時，測試者手輕輕抓於空氣護木，以每秒 30 度之角速度，被動地屈曲膝關節，將受試者的膝關節移至測試者隨意決定的屈曲目標角度，此目標角度介於膝關節 0°-90° 間，於此目標角度停留五秒後，再將受試者的小腿移回起始位置，停留 10 秒鐘後，以相同的角速度，被動移動受試者的小腿，要求受試者當他感覺到肢體被移動至目標角度時，即馬上喊停，測試者要立即停止肢體的移動，亦於此角度停留五秒鐘，使電子量角器記錄此角度，而後再回到起始位置，即完成一次的量測。在上述測試過程中，受試者要完全放鬆，下肢完全不能用力。

3. 閉鎖鏈模式的主動膝關節角度配對誤差測試：

受試者採平躺面部朝上，使用固定帶固定於骨盆之兩側前上髂脊（anterior superior iliac spine），使上半身有良好的固定，踝關節以空氣護木固定腳踝以降低足底觸覺所引起的誤差，使用阻力儀（Shuttle Mini Clinic；Contemporary Design Co., P.O. BOX 5089 10005 Mt. Baker Hwy. Glacier, WA 98244, USA），並設定以體重 15% 的重量為下肢測試本體感覺的阻力，此時受試者的腳踩於阻力儀之足板中心點上，使下肢形成閉鎖鏈動作。此姿勢下的起始角度為膝關節屈曲 90°，受試者戴上眼罩，由起始位置做單側膝關節伸直動作，至自己隨意選定的目標角度，此目標角度介於膝關節屈曲 0°-90° 間，之後將膝關節維持目標角度 5 秒鐘，受試者感覺並記住膝關節的目標角度，後，重回起始角度的姿勢，亦於此姿勢下維持 10 秒鐘，而後再做膝關節伸直動作，複製出先前所決定的目標角度，稱此角度為複製角度（reproduced angle），亦於此姿勢下維持五秒鐘，而後回到起始位置，即完成一次的量測。

其中，膝關節角度配對誤差值為複製角度減去目標角度，所得的誤差直取絕對值即為本研究所指之膝關節角度配對絕對誤差值。受試者的雙腳在每種測試模式下均做三次

的測量，並記錄其誤差值，每位受試者均完成十八次的測試。將單側的三次量測所得的膝關節角度配對絕對誤差值取平均，可得膝關節角度配對絕對誤差值 (absolute error, AE)。收集受試者的慣用腳與非慣用腳在兩不同模式下的角度誤差值，進一步分析與探討於不同模式的測試下之 AE 值。

資料分析

本研究採用 SPSS 視窗第 10 版 (SPSS Inc, Chicago) 做為統計分析軟體。以 Two-Way Repeated-Measures ANOVA 分析性別及三種不同測試模式兩因子，對膝關節角度配對絕對誤差值的差異。以 p 值小於 0.05，表示有統計意義。

結果

50 位年輕男性與女性受試者的基本資料如表 1. 所示。實驗前兩組基本資料均無統計意義之差異。

如表 2. 所示，使用 Two-way repeated measures ANOVA 分析性別與三種模式膝關節角度配對絕對誤差值。性別因子無統計上的差異 ($p > 0.05$)。於慣用腳與非慣用腳的膝關節於三種測試模式間角度配對絕對誤差值 (AE)：閉鎖鏈模式膝關節主動角度配對絕對誤差值最小；開放鏈主動模式次之；開放鏈被動模式最大。開放鏈被動模式之絕對誤差值對開放鏈主動或閉鎖鏈主動模式之絕對誤差值，都具統計意義的差異 ($p < 0.05$)。至於開放鏈主動模式之絕對誤差值與閉鎖鏈主動模式之絕對誤差值，則不具統計意義的差異。

討論

由本研究結果可得知，對於國內正常年輕人之膝關節本體感覺，於慣用腳與非慣用腳的膝關節於三種測試模式間角度配對絕對誤差值 (AE)：閉鎖鏈模式膝關節主動角度配對絕對誤差值最小；開放鏈主動模式次之；開放鏈被動模式最大。但只有開放鏈被動

模式各與閉鎖鏈主動模式、開放鏈主動模式之絕對誤差值有統計意義之差異。閉鎖鏈主動模式與開放鏈主動模式之絕對誤差值則無統計意義之差異。造成此結果原因，可能為本研究之受試者均為正常年輕人，其膝關節本體感覺功能正常、絕對誤差值小，所以使用閉鎖鏈主動模式測試相較於開放鏈主動模式測試，其絕對誤差雖較小，但無法顯示其差異。但由圖一可知，慣用腳之閉鎖鏈模式膝關節主動角度配對絕對誤差值相較於開放鏈主動模式與開放鏈被動模式，其誤差分布範圍較小，變異數 (variance) 較小 (3.6° ; 5.1° ; 9.8°)，具較高的準確度。至於絕對誤差值於三種模式下測量，均不受性別因子的影響。

表 1 受試者之基本資料 (平均值 ± 標準差)

	男性	女性	全部
人數	25	25	50
年齡 (歲)	21.7±3.1	23.7±3.3	22.7±3.4
體重 (公斤)	65.6±7.8	52.7±5.0	59.2±9.2
身高 (公分)	170.8±6.7	161.5±5.0	166.1±7.6

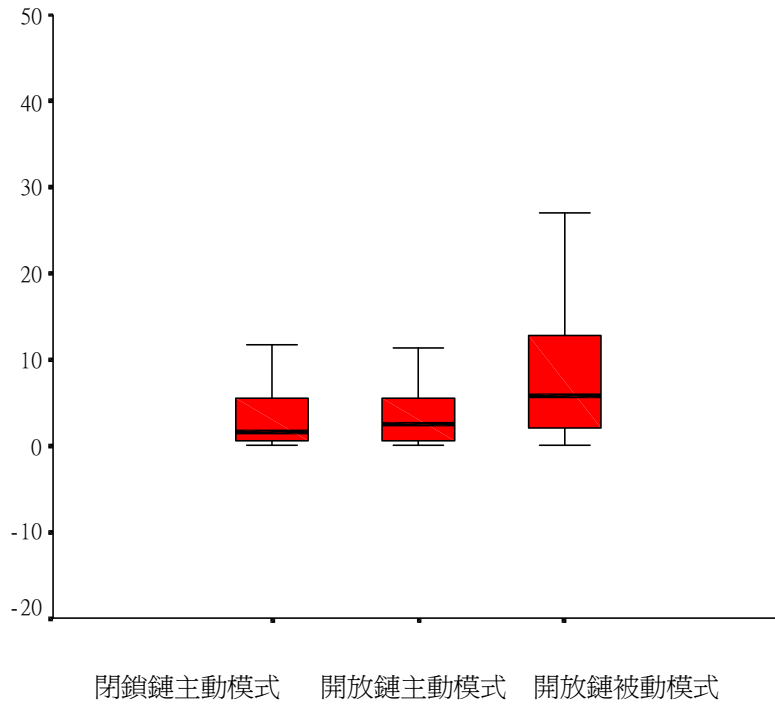
表 2 三種不同模式的男性與女性組內膝關節角度配對絕對誤差

		開放鏈被動模式	開放鏈主動模式	閉鎖鏈主動模式	P 值
男性	慣用腳	3.80±1.68	2.72±1.42	2.29±1.22	a,b
	非慣用腳	4.34±1.73	2.90±1.63	2.77±1.59	a,b
女性	慣用腳	3.81±1.41	2.76±1.70	1.95±0.94	a,b
	非慣用腳	4.38±2.00	2.73±1.28	2.79±1.36	a,b

註：所列數字為：平均值 ± 標準差

a:開放鏈被動模式與開放鏈主動模式有統計上有意義差異 (p<0.05)

b:開放鏈被動模式與閉鎖鏈主動模式有統計上有意義差異 (p<0.05)



圖一 三種模式之絕對誤差值的變異數分布範圍