

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

下肢肌力訓練與本體感覺訓練對改善下肢功能之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2218-E-002-033-

執行期間：91年08月01日至92年12月31日

執行單位：國立臺灣大學醫學院物理治療學系暨研究所

計畫主持人：詹美華

計畫參與人員：柴惠敏 劉華昌

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 12 日

摘要

研究背景：肌力訓練對 OA knee 患者的重要性已是不爭的事實。但近年來也極力強調誘發本體感覺對 OA knee 患者的重要性。肌力訓練與本體感覺誘發何者對 OA knee 患者在臨床上的角色較重要？

方法：受試者依參與實驗的先後次序分為二組：第一組：接受 open chain exercise 的肌力訓練，以 EN-TreeM 當訓練儀器，以受試者 1RM 的 60-80 % 當訓練阻力量，每週三次，每次四回，每回六下。

第二組：患者以坐姿用腳玩電視遊樂器，遊戲的操控鈕安裝在地面上以方便腳板控制，每週三次，每次 20 分鐘。所有受試者都接受下肢功能評估 評估項目包括：兩側膝伸肌與屈肌 60°/秒 120°/秒 180°/秒的等速肌力評；Bandi functional incapacity score 的功能障礙評估。直線路徑，8 字形路徑及海綿墊上的行走速度測試，上、下樓梯行走速度的評估；本體感覺膝關節角度配對誤差值評估；及受試者對訓練效果的主觀評估。

結果：經過八週的訓練除了第一組受試者角度配對誤差值、第二組受試者 180°/sec 的伸肌肌力沒有明顯改善外，其餘的評估項目包括(1)Cybex dynamometer 6000 等速肌力評估值，(2)Bandi functional incapacity score (3)直線，8 字形行走速度及海綿墊上的直線行走速度 (4)上、下樓梯行走速度的評估 (5)受試者的主觀評估，實驗後皆具顯著效果。至於二組間

效果的差異， open kinetic chain exercise 的治療效果比 closed kinetic chain exercise 在走直線路徑和海綿墊、8 字型路徑的速度進步較大 ($p < 0.025$) 外，其餘的各項評估進步值兩組間皆未具統計意義的差別 ($p > 0.05$)，唯一的差異只在 $60^\circ/\text{sec}$ 伸肌肌力增強值。 ($p < 0.05$)。 **結論：**以體重的 10-25% 當阻力量作 closed kinematic chain exercise 確實可以增加膝關節退化性患者的肌力，提高下肢活動性功能，但在各項功能評估上並未顯示比 open chain exercise 強。

關鍵詞：運動方式、退化性膝關節炎、開放鍊運動、閉鎖鍊運動

引言

台灣已是老人國之一，根據統計資料得知：台灣二千三百萬人口中至少有三百多萬人口具有退化性膝關節炎。在物理治療的領域中，對退化性膝關節炎患者雖常給予熱療，但相關的文獻都會報導：「運動治療對這些患者才是最重要的」，所以近年來退化性膝關節炎患者的治療項目也越來越重視運動治療⁽¹⁻³⁾。過去針對 OA knee 所訓練的運動不外乎肌力及活動度(ROM)的加強，但雖然肌力及 ROM 都恢復幾近正常了，患者仍常覺得走路很笨重、腿很重。近年來由於退化性膝關節炎患者的本體感覺(proprioception)已被證明比正常膝差很多⁽⁴⁻⁸⁾，因此，對退化性膝關節炎患者施行本體感覺訓練，已逐漸地被重視⁽⁹⁻¹³⁾。所以目前在臨床上，對退化性膝關節炎患者的運動治療，皆會多一項本體感覺的誘發。因此之故彷彿可同時誘發本體感覺與運動神經的 closed chain exercises 的價值就大大的提高。雖然理論是如此正面肯定，但臨床上在訓練退化性膝關節炎患者的方法極多⁽¹⁴⁻²³⁾，而回顧文獻至目前為止，亦仍未有人真正對退化性膝關節炎患者施行本體感覺運動訓練之效果做客觀的評估；本人過去雖然對 OA knee 患者曾執行本體感覺運動訓練⁽²⁴⁾，也許是評估項目不能凸顯本體感覺的靈敏度，其效果並未有很顯著差異。除此之

外,另有一學者 Taylor 的研究報告顯示 closed chain exercises 並不比 opened chain exercises 的效果好⁽²⁵⁾。更由於 closed chain exercises 讓膝關節在運動的時候一定會承受大小不等的體重,又根據臨床觀察:OA knee 患者有相當比例的並不適合做承載體重的運動⁽²⁶⁻²⁹⁾,所以支撐體重的 closed chain exercises 並非適合 OA knee 患者的運動訓練,所以作者想出以坐姿用腳玩電視遊樂器的方法,讓膝關節不受重量,純以激發膝關節不同方向動作的速度訓練受試者,是否才能達到理論中的優勢?因此提出本研究計畫。本計畫之目的有二:(一)觀察以坐姿玩跳舞機的方法誘發本體感覺,實驗後下肢的功能差異(二)比較誘發本體感覺與肌力訓練對 OA knee 患者的功能差異。

實驗方法

受試者

受試者由台大醫院骨科與復健科轉介而來，只單純的具有以 Kellgren Lawrence³⁰ 所訂定之 X-光影像學檢查退化性關節炎等級第一，第二級或第三級的退化性膝關節炎的患者，患者目前未服用任何的藥物也未接受任何治療，包括物理治療或民族療法及近兩個月未曾局部注射。除退化性膝關節炎的症狀外，兩下肢不曾有過骨折、人工關節置換或接受任何的手術治療患者有能力獨立自由自在行走不需拿拐杖或助行器，且有意願接受連續 8 週不得間斷的運動訓練。但需排除：(1) 正處於急性發炎期 (2) 發炎性關節炎如風濕性關節炎 (3) 有內科疾病基於安全上之考量不適於運動者。自 92 年 1 月至 92 年 12 月間曾接受本實驗的初步評估並進行運動訓練者共 142 例，其中因為 SARS 之故而停止訓練的有 35 位，SARS 肆虐過後受 SARS 新聞影響，不願意到醫院來完成兩個月訓練的有 16 例，因臨時事故不克繼續訓練接受訓練者 14 位，故最後完成運動訓練及評估具有完整資料者位。其中接受誘發本體感覺訓練的有 43 例，開放鏈肌力訓練的有 34 例。其性別及平均年齡、身高、體重，列於表 1。

評估方法

所有受試者皆接受下列五項的功能評估：(1) 膝關節功能評估(2) 閉鎖鏈模式的主動 - 主動膝關節角度配對誤差測試(3) 行走速度測試，包括直線路徑、8 字形行走速度及海綿墊上的直線行走速度，上、下樓梯行走速度的評估 (4) Cybex dynamometer 6000 等速肌力評估 (5) 本體感覺膝關節角度配對誤差值； (6) 受試者對運動訓練效果的主觀評估。所有受試者在實驗前與實驗後皆接受功能評估並且簽下願意參與實驗的同意書。

膝關節功能評估

以修飾過的班第 (Bandi) 膝功能障礙指數評估表^{31,32}，評估膝功能障礙程度，內容共 10 項包括休息、走路、上下樓梯、蹲下、由蹲到站之疼痛程度，膝關節有無腫脹、不穩定或影響工作等情況，0 分表示沒有疼痛、關節腫脹、不穩定或不會影響工作，1 分代表有輕度疼痛、關節腫脹、不穩或稍微影響工作，2 分顯示嚴重疼痛、關節腫脹、不穩及完全無法工作；分數越高表示患者膝關節情況越差，0 分表示膝功能正常，20 分代表膝部已完全無功能。評估時由測試者用口語問，受試者回答後測試者再記錄在評估表上。

閉鎖鏈模式的主動 - 主動膝關節角度配對誤差測試

受試者仰躺臉朝上，上半身以固定帶固定兩側髂骨前上脊，踝關節以空氣副木（air splint）隔絕減少足底觸覺刺激，使用阻力儀（Shuttle Mini Clinic；Contemporary Design Co., WA, USA）測試角度配對誤差，設定以體重 15 % 的重量為下肢測試本體感覺的阻力，受試者的腳踩在阻力儀的足板中心點上，使下肢形成閉鎖鏈運動模式，測試之起始角度是膝關節屈曲 90° ，測試角度以單軸電子量角器（Electrogoniometer, ADU301, Biometrics Ltd., UK）監測，受試者閉眼由起始角度做單側膝關節伸直動作，約至 15° ， 45° ， 75° 左右等三個目標角度，之後將膝關節維持在目標角度 5 秒鐘，讓受試者感覺並記住膝關節的目標角度再回到起始角度，在此角度下維持 30 秒，再做膝關節伸直動作複製原來的三個目標角度。若是單側退化性膝關節炎患者則健側先行測試，雙側退化性膝關節炎患者之測試順序採隨機方式。膝關節角度配對誤差值為複製角度減去目標角度，取絕對值平均後即為本研究所指的膝關節角度配對之絕對誤差值（absolute angle error；AAE）；膝關節角度配對絕對誤差值越小表示本體感覺越好，計算公式如下。

$$AAE = \frac{\sum_{i=1}^3 |X_i - T_i|}{3} \quad X_i : \text{複製角度} ; T_i : \text{目標角度}$$

行走速度測試

行走速度測試是受試者以最快的走路速度完成受測項目，並計算完成每項測試的時間。測試項目包括(1)直線行走 80 公尺的時間(2) 8 字型路徑行走時間，8 字型路徑由兩個半徑 50 公分的圓形組成(3) 折返一次上下樓梯的時間，每一階梯長約 150 公分，寬度 30 公分，高度為 16 公分，共計有十三階樓梯(4) 海綿墊上行走時間，以長 12 公尺、寬 50 公分、高 10 公分，Shore 000 21°之海綿墊直線走道進行測試。所記錄到之時間越短表示行走速度越快。

(1) 直線行走 60 公尺

受試者站在長度 80 公尺的走廊上，由一端的起始線以最快的步行速度沿直線路徑前進，到另一端的停止線為止，以碼錶記錄受試者行走時間。

(2) 8 字型行走時間測試

受試者站在 8 字型路徑的起始端，以最快速度行走於由兩個半徑 50 公分的圓形所組成的 8 字型路徑。路徑以寬 10 公分的鮮黃色膠帶標示於地面上，令受試者的每一步均需踏在路徑上，以碼錶計算完成 8 字型路徑的時間。

(3) 上下樓梯的時間測試

受試者站在起點處以最快速度步行上樓梯，樓梯共有十三階，每一階長 150 公分、寬 30 公分、高 16 公分。令受試者兩腳站上最高階之後馬上轉身下樓，回到起始點。以碼錶計算一次上下樓梯所需時間，測試時不可使用扶手協助，也不限制受試者上下樓所使用之步態。

(4) 海綿墊上行走時間

受試者站在起點處以最快速度走完 12 公尺長、50 公分寬的海綿墊走道，以碼錶計算走完全程所需時間，受測前會提醒受試者注意行走安全，施測者在旁目視受試者以防止其跌倒。

等速肌力測試

以等速肌力測試儀 (Cybex 6000, Cybex International Inc., 10 Trotter Dr, Medway, MA 02053) 檢測雙側下肢膝伸肌與膝屈肌之最大力矩值，受試者採坐姿，受試者髖關節維持在彎曲 90° ，兩腳膝關節以下自然垂下，測試腳之膝關節約彎曲 90° ，非測試腳腳踝上方頂住支撐桿。動作旋轉軸心對齊受測腳之膝關節軸心；上半身、骨盤 (pelvis) 與大腿遠端以固定帶固定在坐椅上，雙手握住兩邊握把，腳踝固定墊下緣落在踝關節外踝上方兩吋處，設定膝關節之活動範圍在彎曲 90° 至 0° 。

測試前先設定膝關節之解剖位置為 0° ，並依肢體重量作重力校正，測試之角速度設定於 $60^{\circ}/\text{秒}$ 、 $120^{\circ}/\text{秒}$ 、 $180^{\circ}/\text{秒}$ 。在測試每一肌肉群前，受試者在每一個角速度下預先練習三次最大之肌肉收縮，以熟悉測試標準再進行正式測試及紀錄。正式測試過程中，要求受試者以最大力量及最快速度完成每一次測試，施測者在旁邊用口令（用力！用力！用力！）給予受試者口頭鼓勵。資料收集採用最大一次之力矩值，三個測試角速度先後依序是 $60^{\circ}/\text{秒}$ 、 $120^{\circ}/\text{秒}$ 、 $180^{\circ}/\text{秒}$ ，不同之測試速度間休息 1 分鐘。測試過程中若受試者感到任何不適無法進行測試則隨時停止測試。

運動訓練效果滿意度的自我評估

8 週之運動訓練完成後讓受試者自己主觀評估運動治療效果的滿意程度，感覺效果極佳非常滿意者給 4 分，滿意治療效果認為結果尚佳者評估為 3 分，效果只有普通者評為 2 分，認為沒有效果者評 1 分；變差者給予 0 分。

執行測試者

所有測試皆由一位有四年臨床經歷之物理治療師執行，此治療師完全不知受試者之背景資料，且未負責受試者之運動訓練。所以測試

者無法得知受試者是接受高阻力或是低阻力的肌力訓練而存有預估的心態。完成所有評估項目約需一小時。

運動訓練方法

開放鍊運動 (open kinetic chain exercise)

以 EN-TreeM (Enraf-Nonius B.V., Hoiland) 當阻力訓練儀。訓練之前在不痛的原則下先連續踢一分鐘，得到受試者本週的 1 RM，第一週以 1 RM 的 60 % 當阻力訓練量，而第二週以 1 RM 的 65 %，第三週以 1 RM 70 %，第四週 75 %，第五-八週以 1 RM 的 80 % 當阻力訓練劑量訓練受試者。每週皆需重新測試新的 1 RM。每週訓練 3 次，每次訓練 4 回合，每回合訓練 6 下，每回合之間休息 20 秒。每次完成運動訓練所需的時間約半小時，兩種訓練方法差不多。

誘發本體感覺訓練

受試者坐於有靠背之座椅使上半身可舒適的靠於椅背上。此時小腿自然下垂，使膝關節成九十度屈曲角度，足底板至於控制板之中央，於訓練過程可做前後左右四方向的快速位移。螢幕與雙眼距離約正前方 30-50 公分，使受試者可清楚看到螢幕內容。受試

者於安靜的環境下做訓練，訓練時以隨機方式決定先訓練左下肢或右下肢，每側訓練時間各為 20 分鐘，中間休息 10 分鐘，所以完成一次訓練約需 50-60 分鐘。訓練時腳在控制板之移動方向取決於螢幕上的蛇要跑去吃蛋的方向，遊戲的速度分有九個等級第一級速度最慢，第九級的速度最快，若能一口氣連續吃到 30 個蛋不會失誤，就能晉級到下一級。

實驗步驟

參與實驗的受試者依參與實驗的時間次序分為二組，第一組：接受 open chain exercise 肌力訓練，第二組：接受本體感覺誘發運動。

所有受試者開始運動訓練之前先接受前述的六項評估，依測試的時間順序為：(1) 膝關節功能評估(2) 閉鎖鏈模式的主動 - 主動膝關節角度配對誤差測試(3) 行走速度測試，包括直線路徑、8 字形行走速度及海綿墊上的直線行走速度，上、下樓梯行走速度的評估 (4) Cybex dynamometer 6000 等速肌力評估(5) 本體感覺膝關節角度配對誤差值。訓練完後再多加一項受試者對運動訓練效果的主觀評估。

統計分析方法

本研究採用 SPSS 視窗第 11 版 (SPSS Inc, Chicago) 做為統計

分析軟體。描述性分析受試者年齡、身高、體重、病史之長度。以 Wilcoxon ' s signed rank tests 分別比較兩組受試者運動訓練前與訓練後之修飾過的班弟膝功能障礙指數；以 Mann-Whitney U test 比較組間之修飾過的班弟膝功能障礙指數差異。以 paired - t test 比較訓練前與訓練後之等速肌力、直線行走速度、8 字形路徑行走速度、海綿墊上行走速度、上下樓梯速度與主動 - 主動膝關節角度配對誤差等依變項之差異；兩組間以 two-way ANOVA 比較組間進步之差異，組間若有統計差異，再以 Bonferroni 修訂統計值 ($p < 0.025$)，找出組間具統計差異的組別。以複線性回歸 multiple linear regression 分析年齡、性別、身高、體重、原始膝功能障礙指數與運動訓練方法，何者對改善膝功能效果較大。另以 pearson correlation coefficient 分析主觀之滿意度與客觀評估的參數之間的相關性；統計之顯著值定為 .05。

結果

最後完成兩個月運動訓練及評估具有完整資料者 77 位。其中接受本體感覺誘發訓練的有 43 例，開放鏈肌力訓練的有 34 例。其性別及平均年齡、身高、體重，列於表 1。接受運動訓練的二組受試者完成整個訓練的成功執行率 (compliance) 各有不同，本體感覺誘發訓練組 48 位受試者完成 43 位，是 89.6% 的執行率，而開放鏈肌力訓練組較差，完成整個訓練過程的 42 位是由原來的 61 位受試者所完成，執行率只有 68.9 %。兩組之間執行率的差別是具有統計意義 ($p < 0.05$)。

第一組受試者八週的運動訓練後，除了角度配對誤差值 (absolute reposition error) 沒有改善外，所有評估項目包括 (1)Cybex dynamometer 6000 等速肌力評估值，(2)Bardi functional incapacity score (3)直線，8 字形行走速度及海綿墊上的直線行走速度 (4)上、下樓梯行走速度的評估 (5)受試者的主觀評估，訓練後皆具顯著改善，每項評估實驗前後相比皆具統計意義差別 ($p < 0.05$ ，表 2)。第二組受試者與第一組有所不同，八週的運動訓練後，除了膝伸肌在 $180^\circ/\text{sec}$ 的肌力值沒有改善外，其餘的各項評估值實驗前後相比皆具統計意義差別 ($p < 0.05$ ，表 2)。至於兩組間效果的差異，經 two-way ANOVA 分析結果：第一組受試者在快速直線路徑的行

走速度、上下樓梯及膝伸肌在 $60^\circ/\text{sec}$, $120^\circ/\text{sec}$, $180^\circ/\text{sec}$ 的肌力進步值較第二組大 ($p < 0.025$, 表 3); 而第二組受試者在海綿墊上及 8 字型的行走速度進步值較第一組大 ($p < 0.025$, 表 3)。其餘的各項評估進步值兩組間皆未具統計意義的差別 ($p > 0.05$)。訓練後受試者對訓練效果的主觀滿意度, 兩組彼此間的差異具統計意義 ($p > 0.05$, 表 3)。第一組有 92% 的受試者對訓練效果感到非常滿意或滿意; 第二組只有 78% 的受試者對訓練效果感到非常滿意或滿意。

經過 stepwise linear regression 之分析, 受試者下肢功能之改善與下列因子有關: 實驗前之功能障礙指數, 直線行走速度, X-ray 等級, 上下樓梯之速度, 受試者之體重及 $180^\circ/\text{sec}$ 伸肌之肌力; 與下列因子無關: 受試者之性別、年齡、身高、實驗前之走海綿墊之速度及角度配對誤差值。下肢功能指數改善值 = $0.582 \times$ 實驗前之功能障礙指數 + $0.226 \times$ 直線行走速度 - $0.375 \times$ X-ray 等級 - $0.317 \times$ 上下樓梯之速度 - $0.152 \times$ 受試者之體重 + $0.241 \times$ $180^\circ/\text{sec}$ 伸肌之肌力 ($R=0.731$, $R^2=0.534$)。

受試者對訓練效果主觀的評估與受試者下肢功能改善, 直線行走速度、海綿墊上行走速度之改善有統計上的相關性 ($r = 0.23-0.314$), 與其餘的評估項目, 例如: 各種速度之肌力值, 角度

配對誤差值無直接相關性。

討論

本實驗深受 SARS 影響，曾接受訓練實驗的 142 位受試者，最後真正完成連續 8 週運動實驗的僅 77 例受試者，尚未達到預期的目標，但還差強人意，此計畫已近尾聲，正趕工進行完成中。目前的資料統計分析的結果已有明顯的趨勢出現：open kinetic chain exercise 的肌力訓練治療效果，無論是在(1)Cybex dynamometer 6000 的伸肌等速肌力評估 (2) Bandi functional incapacity score (3)直線及上、下樓梯行走速度的評估；或(6)受試者的主觀評估，都比本體感覺誘發運動好很多，除功能障礙評估外，其餘的每一項皆達統計意義的差別 ($p < 0.025$)。本體感覺誘發運動確實可以增加膝關節退化性患者膝屈肌的肌力，誘發他們下肢的本體感覺（角度配對誤差值進步比較多），提高下肢活動性功能，此結果與前人之文獻報告相同。但本實驗推翻原來的假說，無法證明本體感覺誘發運動比 open kinetic chain exercise 肌力訓練對 OA knee 患者膝功能效果好，只有在海綿墊上及 8 字型路徑的行走速度（較需要平衡感）進步較多，此外就是膝屈肌的肌力也進步較多且達統計意義差別 ($p < 0.025$)。

本實驗的本體感覺誘發運動之特色

本實驗的本體感覺誘發運動是結合開放鍊與閉鎖鍊兩種模式的

運動，根據理論應具有增進肌力與激發本體感覺的效用。再加上此運動是採坐姿，當腳在控制踏板的時候膝關節是部分承重，不會引起膝關節的疼痛症狀。訓練的時候腳要前後左右控制踏板，所以膝關節會受到多方向的刺激訓練。本實驗本體感覺訓練速度分為九級，可根據受試者的能力調整訓練速度，所以頗具挑戰性與娛樂性。由於遊戲時，蛇要吃蛋，是有意向性的要達到目標之運動。

本體感覺誘發運動改善退化性膝關節炎功能障礙之機制

本研究結果顯示：經 8 週的下肢本體感覺誘發運動訓練後，主動角度配對絕對誤差值達統計意義之減小，顯示本研究所設計的下肢本體感覺誘發運動訓練有助於退化性膝關節炎膝關節本體感覺功能的促進。此結果與 Hurley³³ 的研究相同，其針對 111 位退化性膝關節患者進行每週兩次、每次 30 分鐘、共持續 5 週的訓練，訓練內容包括股四頭肌最大等長收縮、等張離心與向心收縮訓練、及功能性活動訓練（偏向本體感覺訓練）。病患經 5 週訓練後，主動關節角度配對絕對誤差測試達統計意義之差異。退化性膝關節炎患者訓練後，膝關節本體感覺功能會進步原因，可能是激發了多重本體感受器的刺激，誘發肌梭感受器（receptor of the muscle spindle）、肌腱感受器（receptor of the gogi tendon organ），與關節感受器（joint

receptors) 的興奮。快速且有意向性、多方向變化之運動訓練，會造成肌肉收縮、肌肉受器大量受刺激，進而使肌肉神經控制能力提升，膝關節本體感覺敏銳度的提高。³³⁻³⁷ 故 1998 年 Stillman³⁸、2000 年 Bouet³⁹ 分別對運動員與正常年輕人，比較肌力訓練前後，膝關節本體感覺的差異，顯示運動訓練後，膝關節本體感覺之絕對誤差值下降。而本研究結果亦與前述兩學者相似，針對兩側下肢做連續 20 分鐘的運動訓練，可能有助於肌肉力量與肌肉耐力的增加，所以經 8 週訓練後，患者的膝關節本體感覺功能變好。故肌梭感受器與肌腱感受器對於膝關節本體感覺功能的表現，扮演極重要的角色。^{40, 41-43}

本研究結果顯示，受試者經 8 週訓練後，以最快速度測試 8 字型行走及海綿墊上行走之所耗費時間均縮短，且達統計意義之差異。顯示本研究對於退化性膝關節炎患者施與本體感覺誘發運動訓練，有助於行走功能的表現，尤其是與本體感覺有直接關係的不平路面，彎曲的路徑的行走速度更能顯出此運動的特點。Hurley³³ 針對退化性膝關節炎患者，進行股四頭肌最大等長收縮、等張離心與向心收縮訓練、協同性動作及功能性活動訓練。病患經五週訓練後，於主動關節角度配對絕對誤差值變小、股四頭肌最大等長收縮肌力變大、快速直線行走 50 英尺、上下樓梯之耗費時間均縮短。Hurley 的訓練計劃多重於膝關節肌力、協同性動作與功能性活動的訓練，而本研究之訓練

則著重於快速、多方向移動訓練，但其實驗結果與本實驗之結果相似，顯示下肢運動訓練有助於肌肉神經控制能力的誘發，對退化性膝關節患者而言，是最基本的需要。本研究退化性膝關節炎患者之膝關節本體感覺功能、各項功能性活動測試之表現均有所進步，顯示本體感覺功能與股四頭肌之肌肉力量，為影響功能性活動表現的重要因子。由本研究資料可更進一步指出：儘管退化性膝關節炎病患之本體感覺相較於同年齡健康人之絕對誤差值，只相差 $0-1.5^\circ$ ，³³ 然而於步態週期中，會因膝關節之關節位置感覺不良，而影響到足部於落地期的擺位，使足跟著地(heel strike)時，瞬間衝量(transient impact force)變大。所以受試者訓練後，其膝關節之本體感覺誤差值的精確度雖只有微小的進步(只進步 1.1 ± 0.4)，但卻顯著影響膝關節的神經肌肉控制能力、足底的正確位置擺位，有助於下降瞬間衝量，促進功能性活動的表現。⁴⁴⁻⁴⁷ 此推論可於本研究中證明，本研究之退化性膝關節患者經訓練後，膝關節之覺對誤差值雖然只有 1.1° 的進步，但患者於動態平衡、行走功能卻有顯著的進步。Rogind⁴⁷ 則針對退化性膝關節炎患者做每週兩次、持續三個月的股四頭肌肌力訓練與平衡訓練，其結果亦顯示，病患經訓練後股四頭肌肌力增加、直線行走速度變快，兩者具高度相關。⁴⁷⁻⁴⁸ 因為步行速度加快時，關節穩定度、股四頭肌之肌肉神經控制能力須相對增加。⁴⁸ 此論點亦支持本研究之

訓練結果：本研究之下肢運動訓練亦含少部分的肌耐力訓練且有助於膝關節本體感覺功能的增進，而感覺訊息之回饋與前饋作用的增進，有助於膝關節神經肌肉的動態控制能力，故於較高難度、高技巧性的行走功能測試如 8 字型、c 海綿墊上快速行走測試，經訓練後功能表現顯著增加。本研究室過去曾以「舒適的步行速度」作為評估行走功能測試的項目，發現其困難度及技巧性需求量太小，不易顯示訓練效應。⁴⁹

本研究所設計的運動訓練方法，於 8 週訓練過程中，病患沒有人於運動過程中產生疼痛，參與實驗者沒人因對本誘發運動的反映不佳而離隊。於訓練後病患之主觀感覺均為膝關節於日常活動中可較“靈敏”、“輕巧”的做動作，所以本研究肢運動訓練方式可廣泛的用於臨床上退化性膝關節炎病患的運動訓練。

本體感覺誘發運動的臨床特殊意義

本實驗的本體感覺誘發運動在肌力改善量上皆比開放鍊肌力訓練運動差，尤其是膝伸肌在各種角速度下之改善量遠比開放鍊肌力訓練差。但本體感覺誘發運動在 8 字型及海綿墊上的行走速度改善量上比開放鍊肌力訓練運動在統計上呈現有意義的好，表示 8 字型及海綿墊上的行走速度對肌力的要求反而不及本體感覺重要。本體感覺誘發

運動在角度配對誤差值(本體感覺)的改善量上只比開放鍊肌力訓練運動好一點點(尚未達統計意義)就可以在特別需要本體感覺的行走速度,例如8字型及海綿墊上的行走表現出明顯的差異。

本實驗的本體感覺誘發運動在很多的評估項目皆居下風,但特別需要本體感覺的功能性活動,以坐姿訓練本體感覺誘發的運動仍有其重要性,此重要性不是一般的開放鍊肌力訓練運動可取代的。

開放鍊肌力訓練運動的臨床特殊意義

本實驗接受開放鍊肌力訓練運動受試者,在直線路徑,上下樓梯的走路速度上都比本體感覺誘發運動進步多。作者推論:這可能與伸肌肌力增加量有關,與本體感覺的改善較無關。因為本實驗資料顯示:就角度配對誤差值而言,兩組受試者訓練後誤差值的改善量並沒有差別,而就伸肌肌力增加量而言,開放鍊運動受試者都比本體感覺誘發運動者明顯的較進步,這極可能就是造成直線路徑,上下樓梯的走路速度會進步較多的原因之一。退化性膝關節炎患者常見有肌力降低問題,而這又是疼痛與功能障礙的影響因子,肌力越弱功能障礙越明顯,⁵⁹⁻⁶¹根據McAlindon等學者的研究,股四頭肌無力是限制下肢功能的最大單一因子,其重要程度超越膝關節疼痛,⁵⁹輕度及中度退化性膝關節炎經規律之肌力訓練能夠改善其肌力、肌耐力及行走速

度。^{53,62-64} 此結果與本實驗資料所顯示的幾乎相同。

結論與建議

本體感覺誘發運動與開放鍊肌力訓練運動在臨床上各有不同的
重要性。對於需要技巧性的步態改善，例如 8 字型及海綿墊上的行
走，或身體平衡較差，步態較不穩定者，可能施於本體感覺誘發運
動較適合。肌力較差，上下樓梯有困難者，開放鍊肌力訓練運動較
適合。當然對退化性膝關節炎患者而言，本體感覺誘發運動與開放
鍊肌力訓練運動在臨床上各其重要性，所以兩種運動都要訓練。本
研究推翻原來之假說，未證實本體感覺誘發運動如文獻上所報告的
優勢，但臨床上確實也有它的重要性，此結果可以提供物理治療，
復健學界未來在臨床治療病人的參考，作者亦已為文準備投稿
Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation。

參考文獻

1. Hochberg MC, Kasper J, Williamson J, Skinner A, Fried LP. The contributin of osteoarthritis to disability: preliminary data from the women's health and aging study. *J Rheum* 1995;22:16-8.
2. Walsh M, Woodhouse LJ, Thomas SG, Finch E. Physical impairments and functional limitations: a comparison of individuals 1 year after total knee arthroplasty with control subjects. *Phys Ther* 1998;78:248-58.
3. Salem GJ, Wang M-Y, Young JT. Knee strength and lower and higher intensity functional performance in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1679-84.
4. Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, Calkins E. Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72:367-74.
5. Fisher NM, White SC, Yack HJ, Smolinski RJ, Pendergast DR. Muscle function and gait in patients with knee osteoarthritis before and after muscle rehabilitation. *Dis Rehabil* 1997;19:47-55.
6. O'Reilly SC, Jones A, Muir KR, Doherty M. Quadriceps

- weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis* 1998;57:588-94.
7. Topp R, Woolley S, Hornyak J, Khuder S, Kahaleh B. The effect of dynamic versus isometric resistance training on pain and functioning among adults with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1187-95.
 8. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR. Guidelines for the medical management of osteoarthritis. Part II osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheumatol* 1995;38:1541-46.
 9. Van Baar ME, Assendelft WJJ, Dekker J, Oostendorp RAB, Bijlsma JWJ. *Arthritis Rheumatol* 1999;42:1361-9.
 10. Petrella RJ. Is exercise effective treatment for osteoarthritis of the knee? *Br J Sports Med* 2000;34:326-31.
 11. Fransen M, Crosbie J, Edmonds J. Physical therapy is effective for patients with osteoarthritis of the knee: a randomized controlled clinical trial. *J Rheumatol* 2001;28:156-64.
 12. Fransen M, McCommell S, Bell M. Therapeutic exercise for people with osteoarthritis of the hip or knee. A systematic review. *J Rheumatol* 2002 ; 28 : 1737-45.
 13. Felson DT, Zhang Y, Hannan MT. Risk factors for incident radiographic knee osteoarthritis in the elderly. *Arthritis Rheum* 1997;40:728-33.
 14. Ettinger WH, Burns R, Messier SP, Applegate W, Rejeski WJ, Morgan T. A randomized trial comparing aerobic exercise and

- resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. *JAMA* 1997;277:25-31.
15. Petrella RJ, Bartha C. Home based exercise therapy for older patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *J Rheum* 2000;27:2215-21.
 16. Van Bar ME, Dekker J, Oostendorp RAB, Bijl D, Voorn TB, Lemmens JM. The effectiveness of exercise therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee: a randomized clinical trial. *J Rheumatol* 1998;25:2432-9.
 17. Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:38-45.
 18. Armstrong SJ, Read RA, Ghosh P, Wilson DM. Moderate exercise exacerbates the osteoarthritic lesions produced in cartilage by meniscectomy: a morphological study. *Osteoarthritis cartilage* 1993;1:89-96.
 19. Minor MA, Hewett JE, Webel RR. Exercise tolerance and disease-related measures in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *J Rheumatol* 1988;15:905-11.
 20. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 2002;88:50-60.
 21. Palmitier RA, Kai-Nan A, Scott SG, Chao EYS. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med* 1991;11:402-13.
 22. Badley EM. The effect of osteoarthritis on disability and health care use in

- Canada. *J Rheumatol* 1995;22:19-22.
23. Gabriel SE, Crowson CS, O'Fallon WM. Costs of osteoarthritis: estimates from a geographically defined population. *J Rheumatol* 1995;22:23-5.
24. Beal CA, Lampman RM, Banwell BF, Braunstein EM, Albers JW, Castor CW. Measurement of exercise tolerance in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *J Rheumatol* 1985;12:458-61.
25. Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1997;56:641-8.
26. Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann Rheum Dis* 2001;60:612-8.
27. Hurley MV, Newham DJ. The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early, unilateral osteoarthritic knees. *Br J Rheum* 1993;32:127-131.
28. Slemenda C, Heilman D, Brandt K. Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum* 1998; 41:1951-9.
29. Messier SP, Loewer RF, Hoover JL, Semble EL. Osteoarthritis of the knee: effects on gait, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73:29-36.
30. Minor MA. Exercise in the treatment of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 1999;25:397-415.

31. Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, Mazucca S, Braunstein EM, Katz BP. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Int Med* 1997;127:97-104.
32. Wessel J. Isometric strength measurements of knee extensors in women with osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 1996;23:328-31.
33. Hurley MV, Scott DL. Improvement in quadriceps sensorimotor function and disability of patients with knee osteoarthritis following a clinically practicable exercise regime. *British Journal of Rheumatology* 1998; 37: 1181-7.
34. Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, Fry-Welch D. Can proprioception really be improved by exercise? *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc* 2001;9:128-36.
35. Bunton EE, Pitney WA, Kane AW, Cappaert TA. The role of limb torque muscle action and proprioception during closed kinetic chain rehabilitation of the lower extremity. *Journal of Athletic Training* 1993;28:10-20.
36. Connelly DM, Carnahan H, Vandervoort AA. Motor skill learning of concentric and eccentric isokinetic movements in older adults. *Experimental Aging Research* 2000; 26: 209-28.
37. Friden T, Roberts D, Ageberg E, Walden M, Zatterstrom R. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *J Orthop*

Sports Phys Ther 2001; 31:567-76.

38. Stillman BC, McMeeken JM, Macdonell RAL. Affereffects of resisted muscle contractions on the accuracy of joint position sense in elite male athletes. Arch Phys Med Rehabil 1998;79:1250-4.
39. Bouet V, Gahery Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. Neuroscience Letters 2000;289:143-6.
40. Hiemstra LA, Lo IKY, Fowler PJ. Effect of fatigue on knee proprioception: Implications for dynamic stabilization. J Orthop Sports Phys Ther 2001;31: 598-605.
41. Laskowski ER, Newcomer-Aney K, Smith J. Proprioception. Phys Med Rehabil Clin North Am 2000;11:323-40.
42. Lattanzio P-J, Petrella RJ, Sproule JR, Fowler PJ. Effects of fatigue on knee proprioception. Clin J Sport Med 1997;7:22-7.
43. Sharma L. Proprioception impairment in knee osteoarthritis. Rheum Dis Clin North Am 1999;25:299-314.
44. Fisher NM, Gresham GE, Abrams M, Hicks J, Horrigan D, Pendergast DR. Quantitative effects of physical therapy on muscular and functional performance in subjects with osteoarthritis of the knees. Arch Phys Med Rehabil 1993;22:11-5.

45. Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, Calkins E. Muscle rehabilitation: Its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72:367-74.
46. Fransen M, Crosbie J, Edmonds J. Physical therapy is effective for patients with osteoarthritis of the knee: A randomized controlled clinical trial. *J Rheumatol* 2001;28:156-64.
47. Rogind H, Bibow-Nielsen B, Moller HC, Frimodt-Moller H, Bliddal H. The effects of physical training program on patients with osteoarthritis of the knees. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1421-7.
48. Friden T, Roberts D, Ageberg E, Walden M, Zatterstrom R. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31:567-76.
49. Jan MH, Hung JY, Lin J CH, Wang SF, Liu TK, Tang PF. Effects of a home program on strength, walking speed, and function in patients with total hip replacement. *Arch Phys Med Rehabil* (2004, accepted).
50. Marks R, Quinney AH, Wessel J. Reliability and validity of the measurement of position sense in women with osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 1993; 20: 1919-24.

51. Marks R. An investigation of the influence of age, clinical status, pain and position sense on stair walking in women with osteoarthritis. *International Journal of Rehabilitation Research* 1994;17:151-8.
52. Marks R. Proprioceptive sensibility in women with normal and osteoarthritic knee joints. *Clinical Rheumatology* 1993; 12: 170-5.
53. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 1997;25:130-7.
54. Marks R. The Reliability of knee position sense measurements in healthy women. *Physiotherapy Canada* 1994; 46: 37-41.
55. McChesney JW, Woollacott MH. The effect of age-related declines in proprioception and total knee replacement on postural control. *Journal of Gerontology* 2000;55A:M658-66.
56. Meenan RF, Mason JH, Anderson JJ, Guccione AA, Kazis LE. AIMS2: The content and properties of a revised and expanded arthritis impact measurement scales health status questionnaire. *Arthritis and Rheumatism* 1992;35:1-10.

表 1. 全部受試者的基本資料

	開放鍊肌力訓練	本體感覺訓練
個案數	34	43
年齡	65.9±7.2	60.1± 7.3
性別 (女 : 男)	30:4	38:5
身高	156.9± 7.4	160.8± 6.9
體重	63.4± 10.3	62.8± 10.1
實驗前 FIS	7.4±3.0	5.8± 2.6

FIS: Functional incapacity score

表 2. 比較開放鏈肌力訓練與本體感覺誘發訓練對退化性膝關節炎患者下肢各項功能之效果

		開放鏈肌力訓練組 (34 位)			本體感覺誘發訓練組 (43 位)		
		訓練前	訓練後	<i>p</i>	訓練前	訓練後	<i>p</i>
功能障礙指數(FIS)		7.4±3.0	3.0±2.4	<i>P</i> <0.01	5.5±2.5	3.0±2.3	<i>P</i> <0.01
行走速度	直線	41.4±6.0	36.9±5.1	<i>P</i> <0.01	35.8±5.7	33.3±4.7	<i>P</i> <0.01
	海綿	10.9±2.9	9.0±3.5	<i>P</i> <0.05	10.6±3.6	6.8±1.4	<i>P</i> <0.01
	8 字型	9.3±1.5	7.7±1.3	<i>P</i> <0.01	9.2±2.5	6.4±1.3	<i>P</i> <0.01
	上下樓梯	15.1±3.9	12.3±2.3	<i>P</i> <0.01	12.5±3.7	11.0±2.0	<i>P</i> <0.01
角度配對誤差(A-A)		4.2±2.3	3.7±2.4	NS	4.7±2.4	3.6±2.3	<i>P</i> <0.05
肌力值	60°/sec 屈肌	30.3±11.1	38.6±13.5	<i>P</i> <0.01	36.8±11.0	45.7±15.0	<i>P</i> <0.01
		伸肌	52.4±19.5	61.8±20.6	<i>P</i> <0.01	64.7±20.4	71.5±19.9
	120°/sec 屈肌	25.8±11.2	31.8±13.4	<i>P</i> <0.01	30.3±8.2	35.0±11.9	<i>P</i> <0.01
		伸肌	39.7±15.1	46.4±16.7	<i>P</i> <0.01	52.6±14.5	56.5±17.7

	180°/sec 屈肌	22.1±10.2	26.0±12.6	<i>P</i> <0.01	25.5±7.3	28.3±9.8	<i>P</i> <0.01
	伸肌	32.0±15.6	36.6±16.3	<i>P</i> <0.01	42.6±11.5	44.8±14.3	NS
受試者主觀評價		92 % 滿意與極滿意			78 % 滿意與極滿意		

表 3. 開放鏈肌力訓練組與本體感覺誘發組間實驗前後下肢功能改善之比較

	開放鏈運動訓練組 (43 位)	本體感覺誘發組 (34 位)	<i>P</i>
功能障礙指數 (FIS)	4.4±0.5	2.5±0.2	NS
直線行走	4.5±0.6	2.5±0.4	< .05
海綿墊行走	1.9±0.3	3.8±0.4	< .05
8 字型行走	1.6±0.3	2.8±0.3	< .05
上下樓梯行走	2.8±0.5	1.5±0.4	< .05
角度配對誤差值 (A-A)	0.5±0.6	1.1±0.4	NS
60°/sec 屈肌	8.4±2.3	8.9±2.4	NS
60°/sec 伸肌	9.4±1.8	4.8±1.8	< .05
120°/sec 屈肌	6.0±1.6	4.7±1.6	NS
120°/sec 伸肌	6.7±0.9	3.8±1.3	< .05
180°/sec 屈肌	3.9±1.0	2.8±1.1	NS

180°/sec 伸肌	4.6±0.8	2.2±1.3	< .05
-------------	---------	---------	-------