

國立臺灣師範大學運動與休閒學院體育學系

碩士論文

Department of Physical Education

College of Sports and Recreation

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

不同器材誘發活化後增能作用對跳躍能力的影響

Effect of postactivation potentiation induced by different
devices on jump ability

李宥達

Lee, Yu-Ta

指導教授：張家豪 博士.

中華民國 109 年 9 月

September 2020

謝誌

依稀記得三年前肩上掛著背包提著手提袋隻身前往臺師大攻讀研究所，在臺體大學弟又德的引薦下尋求家豪老師指點迷津，謝謝在茫茫的學術路上老師給予無限的包容和不厭其煩的指導，讓宥達學習到了更高的思考層次，並瞭解更多做人處事道理。

不停的和自我對話、抓緊空檔時間反覆思考已成為這三年的習慣。還記得朋友圈時常開玩笑提到讀研究所就像失蹤人口，社群媒體鮮少更新及失聯。我想，人生就是不停的抉擇，每當深夜時總會思考我將歲月拿來換了甚麼東西，但現在想起來一切都是值得的！起初生活重心不在臺北的我腦海地圖只有宿舍與實驗室，也多虧身旁的朋友每次熱情邀約，不管是吃飯、運動、出遊、逛街……等等，都能讓腦海地圖更新，也重拾活力面對新的挑戰。

謝謝不曾遺忘我的各位，謝謝在我低潮時期給我鼓勵的各位，更謝謝幫助我的各位。要感謝太多的人事物了，在論文將結束時腦海裡浮現了各種片段故事：謝謝梓林老師及景峰老師論文上的指導及建議，也謝謝景峰老師每週的運動邀約，謝謝錦璋老師教導邏輯推理以及時不時的關心，謝謝認真的智尚各種生活上支援及冷知識分享，謝謝柏穎和晉榮在學術上的傾囊相授，謝謝重霖、育晨還有英瑋在收取實驗數據人力短缺時拔刀相助，謝謝鉢登學長在投稿上的協助，謝謝宜廷在口試及論文衝刺階段的陪伴，還有協助我翻譯英文摘要的楊靖，該向你學習面對生活的態度，Life is too short.時間太短得趕緊做自己喜愛的事情要不然就稍縱即逝。

最後，要感謝的是不辭辛苦將我拉拔長大的母親，不管何時都笑口常開的給予兒子信心。也要謝謝最愛鬥嘴的怡禎，在研究所階段體貼、包容及信任我。當然還有很多想要致謝的朋友但因篇幅有限就不再列舉，宥達在這裡深深的感謝各位！

不同器材誘發活化後增能作用對跳躍能力的影響

2020 年 9 月

研 究 生：李宥達

指 導 教 授：張家豪

摘要

目的：本研究探討不同等長收縮型式的活化後增能作用，在不同恢復時間（4 分鐘、8 分鐘）對跳躍能力的影響。**方法：**12 名大專盃甲一級籃球員參與實驗，在拉力帶組及槓鈴組等長收縮型式活化後增能作用前、休息 4 分鐘後及休息 8 分鐘後，以測力板收集下蹲跳，並分析跳躍高度、最大力量峰值、發力率、最大功率等參數。以 Two-way ANOVA 檢定時間及組別的差異，顯著水準值為 $\alpha = .05$ 。**結果：**檢定後發現在休息 4 分鐘和休息 8 分鐘及不同組別在跳躍高度、最大力量峰值沒有顯著差異，但發力率在時間上達顯著差異 ($p < .05$)，經過事後比較 8 分鐘後測 $>$ 前測；最大功率在組別中達顯著差異 ($p < .05$)，經過事後比較控制組 $>$ 槓鈴組。**結論：**以拉力帶組及槓鈴組從事 3 組 3 秒最大自主等長收縮恢復時間 4 分鐘及 8 分鐘無法有效增進跳躍高度。

關鍵詞：地面反作用力、下蹲跳、拉力帶、等長收縮

Effect of postactivation potentiation induced by different devices on jump ability

September, 2020

Author: LEE, Yu-Ta
Advisor: CHANG, Jia-Hao

Abstract

Purpose: This study investigated the effects of the ability of countermovement jump after different isometric contraction postactivation potentiation by using lifting straps or barbell at different recovery times (4 minutes, 8 minutes). **Methods:** Twelve college basketball players were recruited. A force platform was used to evaluate the jumping performance and the BioWare was used to analyze the jump height, peak force, rate of force development, and peak power. Two-way ANOVA (Time X Group) was used for statistics and the significant level was set to $\alpha = .05$. **Result:** After the intervention, there was no significant difference resulting from different recovery times and groups in terms of jump height and peak force, but the rate of force development was significantly affected by different recovery times ($p < .05$), with the result produced after 8 minutes of rest better than that of the pre-test. The peak power of the groups also differed significantly ($p < .05$), with the control group exhibiting a better result than the barbell group. **Conclusion:** The intervention (3 sets of 3-second maximum isometric contraction and the recovery time of 4 minutes and 8 minutes) could not enhance jump height.

Keywords: ground reaction force, countermovement jump, lifting straps, isometrics

目次

謝誌.....	i
中文摘要.....	ii
英文摘要.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vii
圖次.....	viii
第壹章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 問題背景.....	2
第三節 研究目的.....	4
第四節 操作性名詞定義解釋.....	4
第五節 研究範圍與限制.....	5
第貳章 文獻探討.....	6
第一節 熱身活動與身體性能.....	6
第二節 爆發力與運動表現.....	7
第三節 活化後增能作用的介紹.....	8
第四節 活化後增能作用的操弄.....	8
第五節 文獻探討總結.....	11

第參章 研究方法	12
第一節 實驗參與者.....	12
第二節 實驗時間與地點.....	12
第三節 實驗器材.....	13
第四節 實驗方法.....	13
第五節 統計分析.....	17
第肆章 結果	18
第一節 執行活化後增能作用時地面反作用力.....	18
第二節 組別及時間差異.....	18
第伍章 討論	21
第一節 不同活化後增能作用的下蹲跳分析.....	21
第二節 下蹲跳的動力學分析.....	23
第三節 總結.....	24
第陸章 結論與建議	26
第一節 結論.....	26
第二節 建議.....	26
引用文獻	27
中文文獻.....	27

英文文獻.....	27
附錄.....	31
附錄一 受試者同意書.....	31
附錄二 健康情況與運動習慣調查表.....	33



表 次

表 4-1 PAP 持續負荷.....18



圖 次

圖 1-1	執行拉力帶組最大自主等長 PAP 示意圖.....	4
圖 1-2	執行槓鈴組最大自主等長 PAP 示意圖.....	5
圖 3-1	實驗設計圖.....	15
圖 4-1	不同組別前後測之跳躍高度.....	19
圖 4-2	不同組別前後測之最大力量峰值.....	19
圖 4-3	不同組別前後測之發力率.....	20
圖 4-4	不同組別前後測之最大功率.....	20



第壹章 緒論

第一節 前言

運動科學蓬勃發展，許多學者在研究運動科學的奧妙並且廣泛運用在生活週遭。在每次訓練、比賽和生活中都融入了許多科學化論點，為了就是讓運動員能在賽場上拿到勝利、奪得冠軍。在訓練和競賽中，良好的熱身安排是為了提高運動的品質和提升運動表現 (McCrary, Ackermann, Halaki, 2016)。

何寶成與蔡忠昌 (2007) 指出熱身運動後能使體溫升高、體內酸度上升、ATP 增加及誘發活化後增能作用 (postactivation potentiation, PAP)，熱身後生理機能改變會為運動表現帶來極大的影響。McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray (2015) 指出熱身會造成為溫度改變、代謝改變、神經機制的改變及心理改變。活化後增能作用是指在中高強度的熱身作用後配合適當的休息時間能達到增加運動表現的效果，活化後增能作用會增加肌肉的負荷能力和改善其速度，進而使速度力量曲線往右移。活化後增能作用增加中樞神經到運動神經元的活性、增加鈣離子敏感度及肌動蛋白和肌球蛋白的橫橋活性，以利於後續達到增進運動表現的效果。有效率的熱身課表能提升爆發力表現，擁有良好的爆發力很重要。在一般體適能或是競技體適能都將爆發力做為檢測項目，把爆發力的強弱視為一個重要指標。在競賽場上，不管是團體項目或是個人項目，爆發力的強弱是比賽勝負的重要因素 (Baker, 2001)。

爆發力表現的好壞，不管是在長期訓練後的全面性肌肉力量提升和爆發力表現增加，或是利用不同的暖身動作來增加隨後的運動表現都是影響比賽勝負的重要因子。相較於長期的訓練導致肌肉力量提升，在比賽場上能靠有效率的熱身動作增進立即運動表現是許多臨場體能訓練師和教練較為有興趣和好奇的。

第二節 問題背景

Silva, Neiva, Marques, Izquierdo, & Marinho (2018) 指出在熱身時的強度和動作還沒達到共識，沒有一套適合所有人的熱身方式。要適當設計結構化熱身課表，瞭解並指導正確熱身來增進運動表現（類型、強度、組數、休息時間），並在策略性熱身後的保持身體活躍狀態以利於之後的競技比賽。

Hodgson, Docherty, & Robbins (2005) 指出肌肉收縮會改變其神經電刺激、肌肉的張力以及帶來疲勞，過度疲勞可能導致肌肉無法產生預期的收縮表現。但當肌肉受到高強度刺激後，在疲勞消退但增強效應仍然存在時，會出現最佳的效能，此現象我們稱為活化後增能作用（postactivation potentiation, PAP）。活化後增能作用被證實為肌球蛋白輕鏈磷酸化，使得鈣離子更敏感。也歸因於 H-反射變化引起的 α -運動神經元興奮性增加。

活化後增能作用包含了增強式訓練（plyometric training）和阻力式訓練（resistance training）。在從事阻力式活化後增能作用時，又分為動態（dynamic）阻力式和靜態（isometrics）阻力式，阻力式以傳統槓鈴來誘發活化後增能作用較為常見，但在競賽現場使用傳統槓鈴來熱身較不方便。更有研究指出靜態阻力式活化後增能作用比起動態阻力式活化後增能作用更有效，所以在設計活化後增能作用暖身動作時，以最大自主等長收縮（maximal voluntary isometric contractions, MVICs）是較容易在比賽現場執行以及較有效的暖身動作（Rixon, Lamont, & Bembem, 2007; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005）。靜態阻力式活化後增能作用會要求選手以最快速及盡全力的方式去抵抗阻力，此阻力必須是超過選手最大肌力且在執行時不會改變其下肢關節角度，以達成靜態阻力式最大自主等長收縮活化後增能作用能增進運動表現的效果。

Lum & Barbosa (2019) 指出最大自主等長收縮和動態收縮相比之下，有疲勞度較低、較有效刺激神經、及強度較強等優點。在 Rixon, Lamont & Bembem (2007) 研究指出在動態活化後增能作用和靜態活化後增能作用實驗中，3 組 3 秒的靜態活化後增能作用和一組 3RM 的動態活化後增能作用比較中，後測時靜態活化後增能作用表現較前測

好。並指出靜態活化後增能作用效果比動態活化後增能作用還要有效增加運動表現。因此，本研究想探討在不同儀器的靜態活化後增能作用是否可以達到跳躍運動表現提升的效果，阻力式活化後增能作用普遍使用槓鈴儀器來作為器材，但因器材攜帶不易在熱身課表中安排阻力式活化後增能作用較少見及不方便，如果能使用方便攜帶的其他儀器執行靜態活化後增能作用就能將阻力式活化後增能作用安排在運動員的熱身課表中。牢固及不會被拉長的拉力帶會是一個好選擇，在菁英健力及舉重選手練習時會使用拉力帶來執行大重量訓練，拉力帶牢固的特性能使選手不因握力疲勞而無法進行大重量訓練，能讓幾百公斤的槓鈴牢牢固定在手上，拉力帶和槓鈴相比較方便攜帶，使阻力式活化後增能作用在運動場邊執行較方便容易。所以，研究者和布店購買和市售拉力帶相同布料，並將拉力帶長度調整為 5 公尺，利用拉力帶牢固的特性來執行下肢靜態阻力式最大自主等長收縮活化後增能作用。

Tsoukos, Bogdanis, Terzis, & Veligekas (2016) 在下肢關節角度 140° 從事 3 秒的最大自主等長收縮 (MVICs)，有效使下蹲跳增加 $3.8 \pm 1.2\%$ 的跳躍高度。

國外回顧性文獻指出在從事活化後增能作用時找尋的受試者條件為至少受過一年重量訓練的經驗，從事活化後增能作用在 $80\%1RM$ 以上強度，在執行活化後增能作用後休息 3 到 7 分鐘後對於增進運動表現是較可能有幫助的 (Dobbs, Toluoso, Fedewa, & Esco, 2018)。但在另一篇國內回顧性文獻中對於活化後增能作用後休息時間有不同的看法，曾昱軒、何仁育、鄭景峰 (2015) 綜合了相關文獻指出最大自主等長收縮以一組 7 秒或是 3 組 3 秒的安排，並且在 8-12 分鐘的休息時間，較能誘發活化後增能作用現象。兩篇回顧性文獻統整後對於休息時間有不同的看法，需進一步探討其原因。

近年來許多文獻研究各種熱身動作和策略能有效增加運動表現 (McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray, 2015)。就算擁有這些相關文獻和數據，在比賽前實際的熱身設計和安排還是取決於教練相關知識背景和個人經驗 (Fradkin, Zazryn, & Smoliga, 2010; Kilduff, Finn, C, Baker, Cook, & West, 2013; McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray, 2015)。所以在熱身時所需的儀器設備就更顯得重要，方便攜帶和容易操作會使教練更

願意安排在熱身課表中。

第三節 研究目的

本研究在探討傳統槓鈴與拉力帶等長收縮型式的活化後增能作用，在不同恢復時間（四分鐘、八分鐘）對跳躍能力的影響。

第四節 操作性名詞定義解釋

拉力帶組最大自主等長 PAP 動作介紹：熟悉期時先測量最接近下肢關節角度 140 度時的槓鈴平臺並記錄，於測驗當天個別化的將拉力帶綁牢固定在蹲舉架上，在受試者下肢關節角度 140 度時從事最大自主等長收縮活化後增能作用。

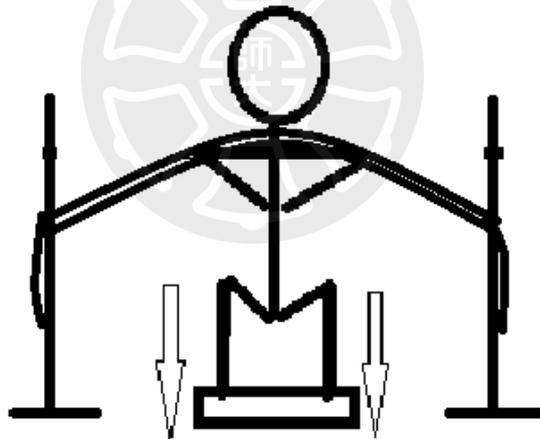


圖 1-1 執行拉力帶組最大自主等長 PAP 示意圖

槓鈴組活化後增能作用動作介紹：熟悉期時先測量最接近下肢關節角度 140 度時的槓鈴平臺並記錄，於測驗當天將槓鈴放置於個別化的槓鈴平臺，並將槓鈴加重置受試者不可能舉起的重量，在受試者下肢關節角度 140 度時從事最大自主等長收縮活化後增能作用。

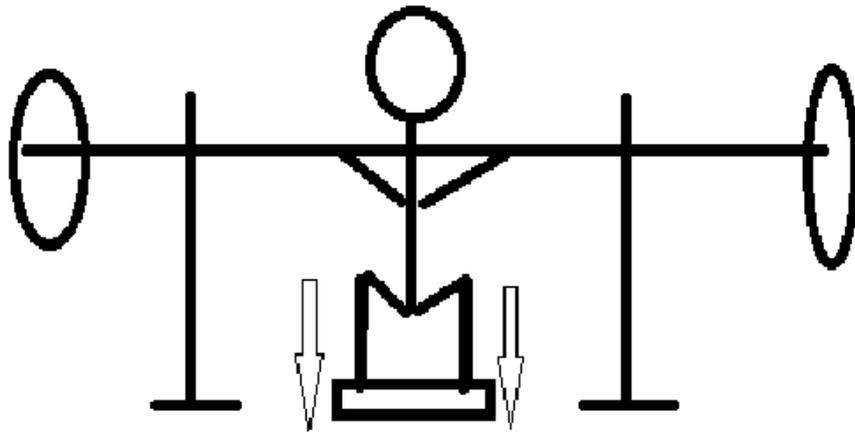


圖 1-2 執行槓鈴組最大自主等長 PAP 示意圖

第五節 研究範圍與限制

- 一、本研究以能完成 1.5 倍動態蹲舉及重訓經驗至少一年以上的甲一級籃球男性運動員為受試者，研究所得之結果，僅能推論到具有相同條件的受試者。
- 二、參與研究的受試者，除了本身的運動習慣之外，可能仍有其他不可控制之因素會影響實際參與狀況。
- 三、測驗前 2 小時規定受試者停止進食。
- 四、本研究的自製 5 公尺拉力帶並沒有做材料分析，不同布料及網綁方式可能會改變實驗結果。

第貳章 文獻探討

本研究在探討傳統槓鈴與拉力帶等長收縮型式的活化後增能作用，在不同恢復時間(4 分鐘、8 分鐘) 對跳躍能力的影響。第一節、熱身活動與身體性能；第二節、下蹲跳與運動表現；第三節、活化後增能作用的介紹；第四節、活化後增能作用的操弄；第五節、文獻探討總結。

第一節 熱身活動與身體性能

肌肉收縮模式分為等張收縮 (isotonic contraction)、等長收縮 (isometric contraction) 及等速收縮 (isokinetic contraction)。等張收縮又可分為向心收縮(concentric contraction) 及離心收縮(eccentric contraction)，向心收縮是在動作時該肌肉被縮短；離心收縮是在動作時該肌肉被拉長。等長收縮是動作時肌肉長度不變，等速收縮則是在動作時速度維持不變 (需要器材輔助進行)。

肌肉收縮的力量取決於肌肉橫斷面積及神經徵招能力，Jones & Rutherford (1987) 招募 12 名受試者 (11 名男性及 1 名女性) 隨機分配 6 人為等張收縮組，6 人為等長收縮組。實驗設計等張收縮組進行每週 3 次共計 12 週的訓練，將左右腳隨機分配成離心訓練和向心訓練；等長收縮組隨機分配單腳來當作訓練腳，為期 8 週的訓練，研究顯示等張收縮組在為期 12 週的訓練使肌肉的截面積增加，離心訓練和向心訓練都有效增進肌力表現。等長收縮組在為期 8 週的訓練裡發現有受等長收縮訓練的腳肌肉力量明顯高於未經訓練另一隻腳。並在等張收縮組發現了離心收縮的承載重量能力比向心收縮高 45%。

在肌肉收縮時會產生熱能，熱能使身體溫度提高，而溫度提高使肌肉黏滯性降低、肝醣分解速率增加、神經傳導速度變快、血管擴張、血液流速變快。導致心率及呼吸頻率也會隨著連續的肌肉收縮而變快，使得體內的代謝速率加快。因此，優秀的運動員都有自己習慣的熱身動作及模式，嚴謹又熟悉的熱身課表能使運動員對隨後的比賽有信心。

心、身體性能達到競賽狀態及降低運動傷害的發生機率。指導選手的體能訓練師也要安排合理的課表去幫助運動員快速達到競賽狀態。McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray (2015) 指出熱身最主要目的為心理準備、身體準備、預防傷害及性能提升。

Silva, Neiva, Marques, Izquierdo, & Marinho (2018) 指出在熱身時的強度和動作還沒達到共識，沒有一套適合所有人的熱身方式。所以要適當設計結構化熱身課表，瞭解並指導適當的熱身來增進運動表現 (類型、強度、組數、休息時間)，並在熱身後策略性的保持身體活躍狀態以利於之後的競技比賽。

第二節 爆發力與運動表現

在比賽場上隨處可見爆發力的展現，舉凡排球的殺球、籃球的搶籃板、田徑的起跑……等。在一般體適能或是競技體適能都將爆發力做為檢測項目，把爆發力的強弱視為一個重要指標。在競賽場上，不管是團體項目或是個人項目，爆發力的強弱是比賽勝負的重要因素 (Baker, 2001)。

爆發力的物理公式為力量乘以速度，速度的物理公式為距離除以時間。在運動科學領域中力量與時間參數是基本且重要的監控數值，從力量與時間的原始數據衍生出其他相關參數來解釋跳躍、衝刺及轉換方向能力 (Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride, 2007)。因此，下蹲跳 (Countermovement Jump, CMJ) 是運動表現常見的測驗動作，主要用於測量運動員的下肢爆發力。其測驗時間短且疲勞程度低，廣受教練與研究人員使用。下蹲跳動作有細分為擺臂下蹲跳與插腰下蹲跳兩種動作，擺臂下蹲跳存在許多因素影響跳躍能力，例如手臂擺盪的速度、幅度、協調性皆會影響跳躍運動表現，手臂的擺動會影響 10% 以上的跳躍高度 (Harman, Rosenstein, Frykman, & RosenStein, 1990)。

下蹲跳的性能與最大力量峰值 (N)、峰值功率 (W)、發力率 (N*S)、衝量 (N*S) 有關，也是運動表現常見的分析參數。因此，透過下蹲跳的檢測可以有效分析運動員的爆發力運動表現。下蹲跳與 0-30m 的衝刺、動態 1RM 下蹲及挺舉的表現有直接相關，下

蹲跳表現優秀的人也能在短跑和 1RM 表現中較突出，在不同性別和運動項目會有不同下蹲跳特性 (Laffaye, Wagner, & Tombleson, 2014)。因此，對於需要爆發力的運動員，例如足球、橄欖球、籃球、舉重項目，下蹲跳是一項方便分析及檢測的項目。

第三節 活化後增能作用的介紹

何寶成與蔡忠昌 (2007) 指出熱身運動後能使體溫升高、體內酸度上升、ATP 增加及誘發活化後增能作用 (postactivation potentiation, PAP)，活化後增能作用是在高強度的熱身後配合適當的休息時間能達到增進運動表現的效果 (Cochrane, Stannard, Sargeant, & Rittweger, 2008)。

故活化後增能作用會增加肌肉的負荷能力和改善其速度，進而使速度力量曲線往右移。而活化後增能作用也會增加中樞神經到運動神經元的活性、增加鈣離子敏感度及肌動蛋白和肌球蛋白的橫橋活性，以利於後續達到增進運動表現的效果 (Sale, 2002)。

可能導致 PAP 生理機制為下列兩項：肌凝蛋白輕鏈磷酸化 (phosphorylation of myosin regulatory light chains) 及運動單位招募的增加 (increased recruitment of higher order motor units) (Sale, 2002)。

第四節 活化後增能作用的操弄

在執行活化後增能作用時需要在誘發強度和休息時間找到平衡，可能因為強度不夠或是太過疲勞導致無法有效增進運動表現 (Wilson, Duncan, Marin, Brown, Loenneke, Wilson, ... & Ugrinowitsch, 2013; Sale, 2002)。Rixon, Lamont & Bembem (2007) 指出在執行活化後增能作用時會受到個別差異的影響，對於肌力水平較高、二型肌纖維較多、較長的訓練背景和較高的訓練水平運動員其效果會比較顯著。因此，在執行活化後增能作用在休息足夠時間後疲勞消退時能找到運動表現的增強，在執行活化後增能作用需要了

解其動作、課表及作用限制，才能有效的提升運動表現。

一、活化後增能作用的動作類型及角度

活化後增能作用的誘發方式及動作包含了增強式運動 (plyometric training) 和阻力式運動 (resistance training)，阻力式的活化後增能作用又可分為動態 (dynamic) 和靜態 (isometrics) (Ebben & Watts, 1998)。Rixon, Lamont & Bemben (2007) 招募共 30 位受試者 (15 名男生、15 名女生)，其中 20 位有舉重經歷，在使用史密斯蹲舉儀器做 3 組 3 秒的靜態組活化後增能作用和 1 組 3RM 的動態組活化後增能作用蹲舉動作中發現，執行靜態組活化後增能作用蹲舉的跳躍高度在後測和前測相比之下變化量比動態組活化後增能作用和控制組來得高。研究顯示靜態組活化後增能作用的效果比動態組活化後增能作用還來得顯著。因此，在競賽場邊執行靜態活化後增能作用來熱身是可以嘗試的。Tillin & Bishop (2009) 提出對於不同收縮方式活化後增能作用的建議：最大自主等長收縮活化後增能作用能有效率的招募到運動單位，在最大自主等長收縮所產生的力量是明顯高於動態活化後增能作用，但是和動態性活化後增能作用相比可能需要更在意是否因為疲勞導致效果不彰。人體在動作時，肌肉如果被快速伸展時，身體的本體感覺受器為了保護肌肉而引發的反射性收縮動作我們稱之為牽張反射 (stretch-shortening cycle, SSC)。儘管最大自主等長收縮活化後增能作用無法有效刺激牽張反射作用，但在 Bogdanis, Tsoukos, Veligekas, Tsolakis, & Terzis, (2014) 招募了 14 名國家對田徑選手，受試者半蹲都至少能舉起大於體重 2 倍的重量，並至少有 6 年的重量訓練經驗，要求受試者再重複量數隨機分配的情況下進行肌肉向心活化後增能作用組、肌肉離心活化後增能作用組及肌肉等長活化後增能作用組，肌肉向心活化後增能作用組及肌肉離心活化後增能作用組都是執行 3 下 3 組休息 3 分鐘的設計，肌肉等長活化後增能作用組則是執行動作時要求以最快速最大用力的方式執行 3 秒 3 組最大自主腿蹲舉動作。結果顯示在肌肉等長收縮刺激後能增加 $3.0 \pm 1.2\%$ 的下蹲跳 (CMJ) 跳躍高度。研究也指出，在熱身時執行 3 組 3 秒的最大自主等長收縮活化後增能作用和肌肉向心活化後增能作用及肌肉離心活化後增能作

用相較之下是較妥當的。在從事阻力式 PAP 時，又分為動態 (dynamic) 阻力式和靜態 (isometrics) 阻力式，以往動態及靜態阻力式使用傳統槓鈴來誘發 PAP 較為常見，但在競技運動場邊使用槓鈴熱身是極為少見，和槓鈴儀器比較下，拉力帶是較方便攜帶的儀器，拉力帶常見在舉重訓練或是健力選手的下肢訓練中，其牢固不易變形的特性是為了讓選手在握力不足的狀況下依然能將槓鈴固定在手掌心，讓下肢的訓練不會因為上肢握力不足而無法進行。以拉力帶執行靜態 PAP 是可嘗試的。

對於最大自主等長收縮形式活化後增能作用的下肢關節角度就很重要。在最大力量峰值的相關研究中，最大自主等長收縮動作在大腿與小腿夾角在 127 度~145 度能產生最大力量峰值 (Haff, Carlock, Hartman, & Kilgore, 2005; Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride, 2007)。下肢在此範圍角度來從事最大自主等長收縮活化後增能反應可能是較有效率的。因此，靜態式活化後增能作用能增加跳躍能力兩項原因：(一) 最大自主等長收縮動作時被要求要快速且大力的執行，可能有效增加爆發力量 (explosive strength) 和發力率 (Rate of Force Development, RFD)。(二) 適當的關節角度能有效率的提升動態運動表現。

二、最大自主等長收縮秒數及組數

French, Kraemer & Cooke (2003) 招募了 14 名田徑運動員，實驗設計 3 組 3 秒和 3 組 5 秒的最大自主等長收縮活化後增能作用，結果指出在 3 秒 3 組的最大自主等長收縮活化後增能作用對膝關節力矩表現有明顯提升。可能和活化後增能作用疲勞程度或休息時間有關。因此，誘發活化後增能作用的強度和休息時間很重要，拿捏得宜才可能有效的增進運動表現。

Tsoukos, Bogdanis, Terzis, & Veligekas (2016) 要求受試者使用下肢關節角度 90°及 140°的執行最大自主等長收縮腿推舉 (leg press)，執行動作時要求以最快速最大用力的方式執行 3 組 3 秒最大自主腿推舉動作。結果顯示在下肢關節角度 140 度最大自主等長收縮刺激後能增加 $3.8 \pm 1.2\%$ 的下蹲跳 (CMJ) 跳躍高度，並在另外分析跳躍高度增強

幅度大的受試者，和前測相比下肢關節角度 90°跳躍高度增加了 $5.4 \pm 1.4\%$ ；和前測相比下肢關節角度 140°增加了 $7.4 \pm 1.2\%$ ，下肢關節角度 140°進步幅度較大。因此，推論下肢關節角度 140°執行 3 秒 3 組的最大自主等長收縮對於誘發活化後增能作用是有效的。

三、高強度熱身後休息時間

對於活化後增能作用後的休息時間有許多不同意見。國外回顧性文獻指出至少受過一年重量訓練的受試者在 80 % 1RM 以上強度，在動態活化後增能作用後休息 3 到 7 分鐘對於增進運動表現是較可能有幫助的 (Dobbs, Toluoso, Fedewa, & Esco, 2018)。在國內回顧性文獻則有不同的看法，曾昱軒、何仁育、鄭景峰 (2015) 綜合了文獻指出最大自主等長收縮以一組七秒或是三組三秒的安排，在 8-12 分鐘的休息時間，較能誘發活化後增能作用的效應。故對於休息時間需要進一步探討研究。

第五節 文獻探討總結

統整上述文獻探討，做出以下總結：

- 一、最大自主等長收縮方式執行 PAP 能有效增進運動表現。
- 二、以不同儀器取代槓鈴執行最大自主等長收縮 PAP 能使阻力式 PAP 熱身方便執行。
- 三、受試者以最快速並盡力的方式執行 3 秒 3 組最大自主等長 PAP 能增進跳躍表現。
- 四、下肢關節角度在 140 度能產生最大力量峰值並增進跳躍能力，以此角度執行最大自主等長收縮活化後增能作用是較有效率的。
- 五、國內外文獻回顧對於休息時間有不同看法，分別指出在 PAP 後休息 3 到 7 分鐘或是 8 到 12 分鐘能增進運動表現，需再進一步探討。

第參章 研究方法

本研究採用重複量數 (repeated measures) 且隨機次序 (random order) 的實驗設計，探討傳統槓鈴與拉力帶等長收縮型式的活化後增能作用，在不同恢復時間 (4 分鐘、8 分鐘) 對跳躍能力的影響。本章研究方法將分成以下五節來描述：第一節、實驗參與者；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗器材；第四節、實驗方法；第五節、統計分析。

第一節 實驗參與者

實驗參與者為 12 名大專盃甲一級籃球員 (年齡 19.9 ± 1.8 歲；身高 178.4 ± 5.3 公分；體重 77.9 ± 9.2 公斤)，受試者皆能在背蹲舉 (back squat) 完成自身體重 1.5 倍以上之重量，並在熟悉期學會槓鈴最大自主等長收縮蹲舉動作和拉力帶最大自主等長收縮蹲舉動作，受試者無心血管疾病、氣喘、糖尿病、上下肢功能損傷或其他重大疾病病史。在參與實驗前，須先詳閱『受試者同意書』，同意後簽名並填寫『健康情況與運動調查表』，並由研究者闡述本研究實驗流程及可能產生的風險。

第二節 實驗時間與地點

一、預備實驗時間：民國 108 年 09 月 25 日。

正式實驗時間：民國 108 年 10 月 02 日 ~ 108 年 10 月 30 日。

二、實驗地點：宏國德霖科技大學重訓室。

第三節 實驗器材

- 一、蹲舉架：執行下肢蹲舉等長活化後增能作用運動，以及拉力帶組活化後增能作用時可固定住拉力帶的蹲舉架。
- 二、Kistler 測力板 (Kistler Inc.)：收集下蹲跳相關數據及不同最大自主等長活化後增能作用的負荷數據。本研究採用 Kistler 可攜帶式測力板，資料擷取頻率設為 1000 Hz，擷取地面反作用力相關參數。
- 三、關節量角器：使用關節量角器測量最大自主等長收縮活化後增能作用時的下肢關節角度，確認執行最大自主等長收縮活化後增能作用運動時，受試者之下肢關節角度。
- 四、5 公尺拉力帶：用於拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用使用，使用前將拉力帶牢牢綁在蹲舉架兩端，並要求受試者雙腳踩在在測力板上收集相關實驗數據。
- 五、奧林匹亞槓鈴：用於槓鈴組執行最大自主等長收縮活化後增能作用使用，將兩測放滿受試者無法舉起的槓片數，使受試者再做最大自主等長收縮時槓鈴不會被舉起，並要求受試者雙腳踩在在測力板上收集相關實驗數據。

第四節 實驗方法

正式研究前，受試者要先經歷熟悉期並了解 3 項不同實驗處理，每種實驗處理間相隔 24 小時。本研究步驟包括：一、實驗前準備階段；二、熟悉期階段；三、實驗處理階段。

一、實驗前準備階段

(一)儀器準備與校正

1. 蹲舉架：執行槓鈴組最大自主等長活化後增能作用運動，拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用也需將拉力帶固定於蹲舉架。

2. Kistler 可攜式測力板 (Kistler Inc.): 資料擷取頻率為 1000 Hz, 收集地面反作用力相關參數。收集下蹲跳數據、槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用負荷量及拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用負荷量。
3. 關節量角器: 因蹲舉架的槓鈴平台無法個別化高度, 先標準化槓鈴組下肢關節角度再確認拉力帶組下肢關節角度。使在最大自主等長活化後增能作用時受試者下肢關節角度盡可能相同。
4. 奧林匹亞槓鈴: 用於槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用時使用。
5. 拉力帶: 五公尺拉力帶, 實驗前確認每位受試者下肢關節角度需和槓鈴組相同並在拉力帶上做記號。在執行拉力帶組活化後增能作用運動時不會因為受試者發力而使拉力帶鬆脫, 為了使受試者能以最快最用力的方式完成 3 組 3 秒最大自主等長收縮並誘發活化後增能作用。

(二) 相關表格準備

『受試者同意書』、『健康情況與運動習慣調查表』給予受試者填寫。

二、熟悉期階段

受試者在進行正式實驗之前, 需先進行熟悉期階段。為了使受試者事先了解動作及程序, 以利於順利完成正式實驗及流程。

- (一) 熟悉標準化熱身活動: 內容為長達 5 分鐘的動態伸展。動態伸展活動著重於進行蹲舉時會使用到之主要肌群的伸展, 包括腿部擺動 (leg swings)、提膝上拉 (high knee pull)、前弓箭步 (forward lunge) 和深蹲 (squat)。
- (二) 熟悉下蹲跳測驗: 由研究者告知下蹲跳測驗應注意事項, 必要時給予示範。在下蹲跳測驗時受試者全程將手插腰避免上半身干擾數據, 在聽聞“開始”口令後下蹲至適當高度後立即盡全力向上跳躍, 起跳和落地都要在測力板上進行, 聽聞“結束”口令才能離開測力板。
- (三) 熟悉槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用: 受試者使用槓鈴儀器進行靜態蹲舉練習, 並標準化下肢關節的角度。因為受試者身高不同, 在從事槓鈴組最

大自主等長收縮活化後增能作用時，蹲舉架上的槓鈴平台高度無法個人化，對於先前訂定的下肢關節角度會有些許差別，但在從事本實驗時盡量使槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用和拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用兩組下肢關節角度一致。並且口頭叮嚀受試者在槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用和拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用兩組都要以最快速最大力的方式完成實驗處理。

(四)熟悉拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用：熟悉期的最後是拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用運動之練習，讓受試者使用網綁在蹲舉架的拉力帶上進行蹲舉最大自主等長收縮。受試者進行 3 秒 3 組最大自主等長收縮，以量角器確認下肢關節角度必須和槓鈴組最大自主等長收縮動作相同。

三、實驗處理階段

在實驗處理前會先做一套標準化熱身，並於五分鐘休息時間時靜坐在椅子上等候，緊接著受試者進行下蹲跳前測，再休息五分鐘，隨機分配 3 種不同實驗設計（槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用、拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用、控制組），3 秒 3 組最大自主等長收縮活化後增能作用，組與組之間休息 3 分鐘。並於實驗設計後的 4 分鐘和 8 分鐘進行下蹲跳的後測。

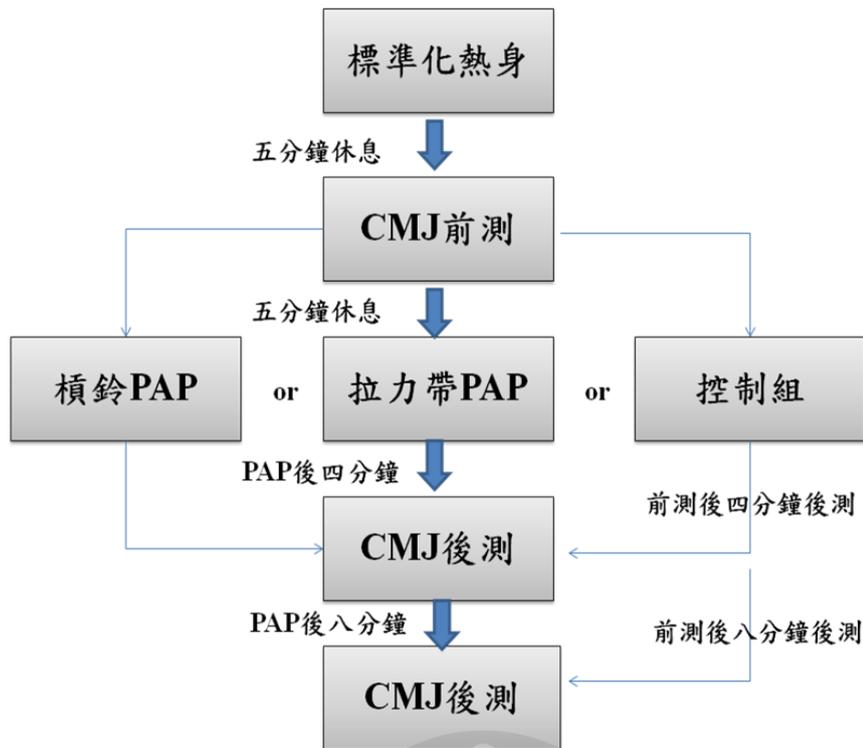


圖3-1 實驗設計圖

(一)資料收集：以 Kistler 可攜式測力板收取地面反作用力，採樣頻率為 1000 Hz。

將測力板放置於蹲舉架下方。收集的資料如下：槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用負荷、拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用負荷。並收取下蹲跳地面反作用力，並將收集後資料做處理。

(二)資料處理：

- 1.跳躍高度 (jump height)：以 BioWare 軟體濾波後輸出 txt 檔，計算跳躍空中時間。公式= $(\text{空中時間}/2)^2 * 1/2 * 9.81$ 。(Peng, Song, Chen, Wang, Gu, & Wang, 2019)
- 2.發力率 (rate of force development, RFD)：濾波後將數據匯入 Excel 計算起跳前最大力量峰值減去最小力量峰值除以時間，並以體重標準化方式呈現。
- 3.最大力量峰值 (maximum force peak)：濾波後將數據匯入 Excel 找出起跳前最大力量峰值，並以體重標準化方式呈現。

- 4.最大功率 (peak power)：濾波後將數據匯入 Excel 算出加速度、速度和力量相乘計算出功率，並找出離地前最大功率，並以體重標準化方式呈現 (Laffaye, Wagner, & Tomblason, 2014)。
- 5.PAP 時的負荷：在受試者從事 3 組 3 秒槓鈴組活化後增能作用及拉力帶組活化後增能作用時收取地面反作用力，將蒐集到的資料匯出至 Matlab 來計算，統計在執行 3 秒最大自主等長收縮活化後增能作用時最大力量峰值的前後 0.5 秒。

第五節 統計分析

本研究所得之各項資料，以 SPSS (Statistical Package for Social Science) for Windows 23.0 版統計套裝軟體處理，顯著差異的接受水準設定為 $\alpha \leq .05$ 。主要的統計分析方法如下：

- 一、所有測量之數據皆以平均數 \pm 標準差呈現收集到的數據。
- 二、以重複量數變異數分析 (repeat measured two-way ANOVA) 考驗 3 種 PAP 介入方式 (槓鈴組最大自主等長收縮活化後增能作用、拉力帶組最大自主等長收縮活化後增能作用及控制組) 並於後兩種恢復時間 (4 分鐘、8 分鐘) 之下蹲跳爆發力表現的差異。若達顯著，則進行單純主要效果考驗，無交互作用時則使用 LSD 法進行主要效果事後比較。

第肆章 結果

本研究結果經過蒐集資料、分析及統計處理，分為下列兩節：第一節、執行活化後增能作用時地面反作用力；第二節、組別及時間差異。

第一節 執行活化後增能作用時地面反作用力

執行活化後增能作用時地面反作用力數值槓鈴組平均地面反作用力為 4.14 ± 0.67 倍體重；拉力帶組 PAP 平均地面反作用力 3.92 ± 0.7 倍體重。

表 4-1

PAP 持續負荷

(倍體重)	槓鈴負荷	拉力帶組負荷
第一組	4.14 ± 0.67	3.92 ± 0.73
第二組	4.44 ± 0.69	4.08 ± 0.77
第三組	4.57 ± 0.77	4.15 ± 0.63

第二節 組別及時間差異

如圖 4-1 所示，跳躍高度拉力帶組前測 37.8 ± 5.8 公分；四分鐘後測 38.6 ± 5.4 公分；八分鐘後測 38.2 ± 5.5 公分。控制組前測 39.6 ± 4.4 公分；四分鐘後測 39.1 ± 5.3 公分；八分鐘後測 39.3 ± 5.0 公分，槓鈴組前測 38.1 ± 5.7 公分；四分鐘後測 40.0 ± 6.7 公分；八分鐘後測 39.3 ± 5.9 公分。統計上組別和時間並無顯著差異。

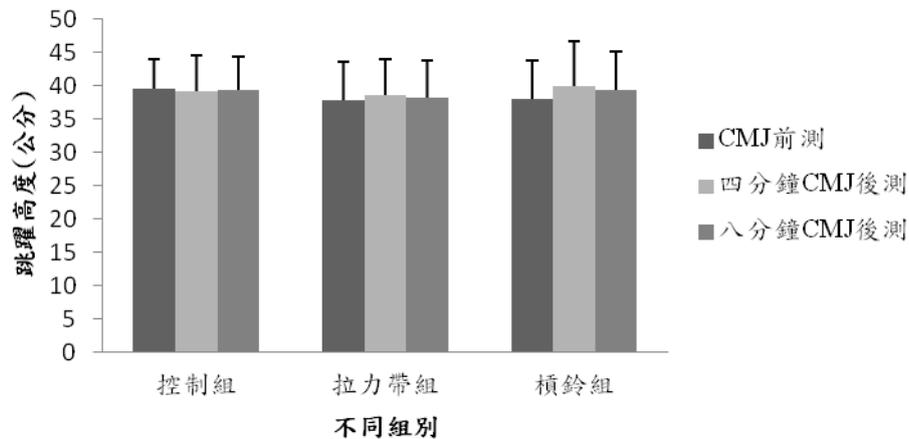


圖4-1 不同組別前後測之跳躍高度

如圖 4-2 所示，最大力量峰值拉力帶組前測 2.4 ± 0.1 倍體重；四分鐘後測 2.5 ± 0.2 倍體重；八分鐘後測 2.5 ± 0.2 倍體重。控制組前測 2.4 ± 0.2 倍體重；四分鐘後測 2.4 ± 0.2 倍體重；八分鐘後測 2.5 ± 0.3 倍體重，槓鈴組前測 2.5 ± 0.3 倍體重；四分鐘後測 2.5 ± 0.3 倍體重；八分鐘後測 2.4 ± 0.2 倍體重，統計上組別和時間無顯著差異。

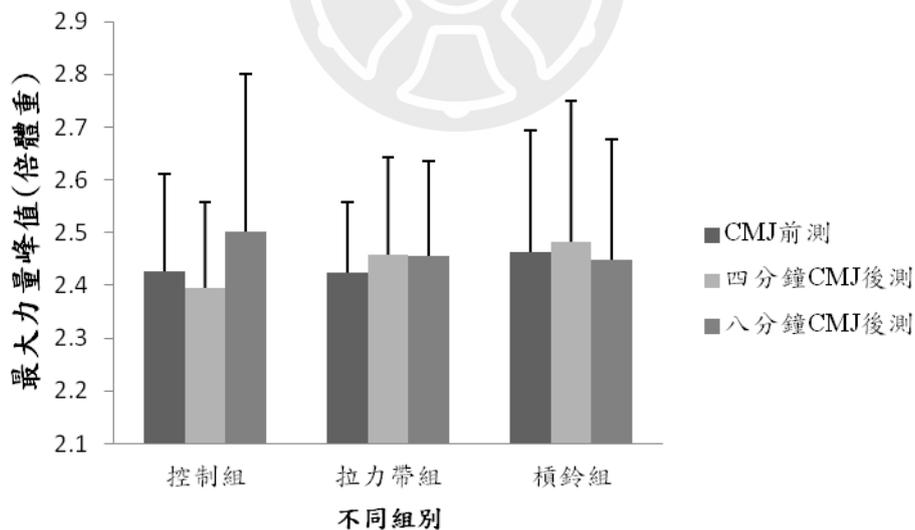


圖4-2 不同組別前後測之最大力量峰值

如圖 4-3 所示，發力率拉力帶組前測 4.8 ± 2.0 倍體重/秒；四分鐘後測 5.3 ± 2.1 倍體重/秒；八分鐘後測 5.3 ± 2.3 倍體重/秒。控制組前測 5.2 ± 2.2 倍體重/秒；四分鐘後測 5.6 ± 2.1 倍體重/秒；八分鐘後測 6.5 ± 3.0 倍體重/秒，槓鈴組前測 4.9 ± 2.2 倍體重/秒。

重/秒；四分鐘後測 5.4 ± 2.8 倍體重/秒；八分鐘後測 5.1 ± 2.5 倍體重/秒，發力率在統計分析後 F 值 94.053 達顯著水準 ($p < .05$)，經過事後比較休息後 8 分鐘 > 前測。

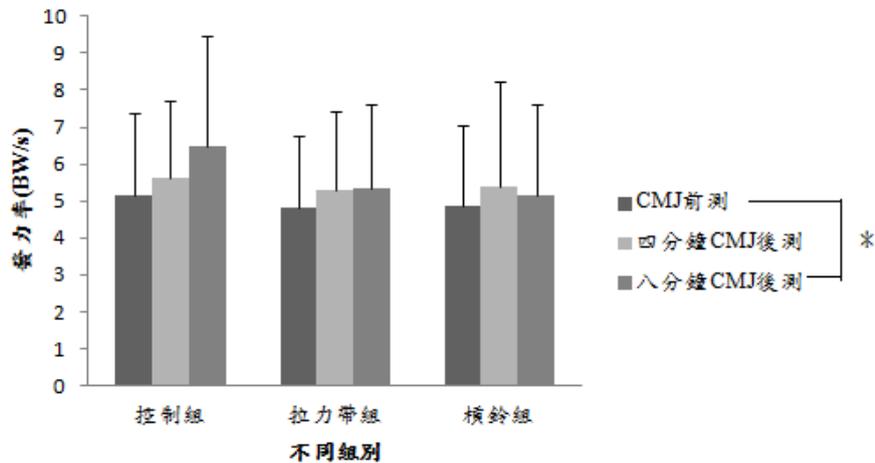


圖4-3 不同組別前後測之發力率

如圖 4-4 所示，最大功率拉力帶組前測 5.7 ± 0.5 倍體重；四分鐘後測 5.6 ± 0.4 倍體重；八分鐘後測 5.6 ± 0.5 倍體重。控制組前測 5.8 ± 0.5 倍體重；四分鐘後測 5.8 ± 0.5 倍體重；八分鐘後測 5.8 ± 0.6 倍體重，槓鈴組前測 5.7 ± 0.7 倍體重；四分鐘後測 5.6 ± 0.6 倍體重；八分鐘後測 5.6 ± 0.6 倍體重。最大功率在統計分析後 F 值 704.634 達顯著水準 ($p < .05$)，經過事後比較控制組 > 槓鈴組。

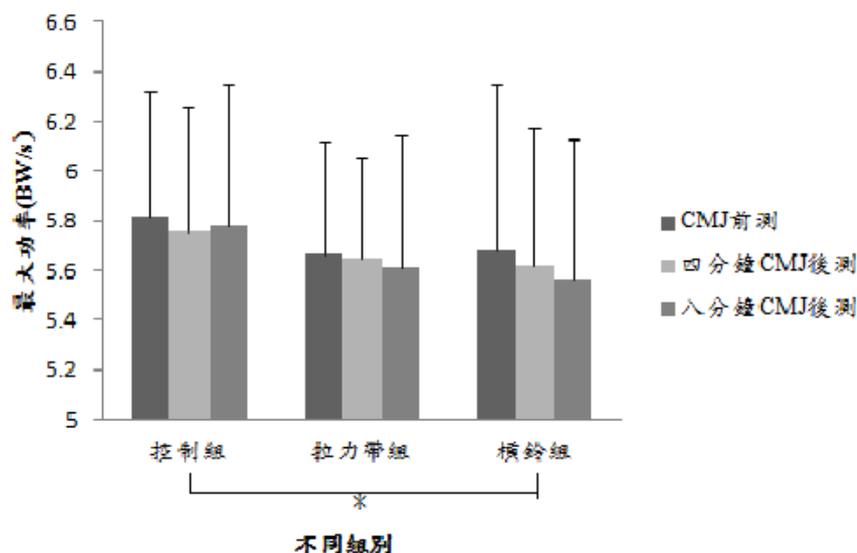


圖4-4 不同組別前後測之最大功率

第五章 討論

本研究發現等長活化後增能作用在休息 4 分鐘和 8 分鐘後無法有效提升跳躍高度及最大力量峰值，但發力率在時間上發現顯著差異 ($p < .05$)、最大功率在組別中發現顯著差異 ($p < .05$)；發力率經過事後比較發現休息後 8 分鐘 > 前測、最大功率在事後比較發現控制組 > 槓鈴組。以下分為三節來進行討論：第一節、不同活化後增能作用的下蹲跳分析；第二節、下蹲跳的動力學分析；第三節、總結。

第一節 不同活化後增能作用的下蹲跳分析

在本研究中在不同組別及時間下蹲跳高度並沒有顯著差異，和以往研究有差異。Hirayama (2014) 指出在強度遞增式的活化後增能作用對於跳躍能力有幫助，實驗招募優秀舉重運動員並將實驗分成強度遞增式活化後增能作用組及控制組，每組執行完活化後增能作用後立即收取下蹲跳數值，強度遞增式執行順序為 20% 1RM、40% 1RM、60% 1RM、80% 1RM 及 6 秒最大自主等長收縮蹲舉。每組別和前測數據相比，發現在 60% 1RM (平均增加 2.6 ± 2.8 cm)、80% 1RM (平均增加 4.0 ± 3.1 cm)、6 秒最大自主等長收縮蹲舉 (平均增加 6.0 ± 3.4 cm) 的跳躍高度明顯高於前測，在強度遞增式的活化後增能作用中發現了跳躍運動表現增強的效果，最終甚至增強了 10% 左右的跳躍高度，文章中列舉了以下四點原因：一、在操弄組別之間有足夠的休息時間；二、與其他受試者相比，舉重運動員力量較大；三、在實驗流程的最後一組為最大自主等長收縮蹲舉組強度較高；四、實驗中依序組別有疊加的效果都可能是活化後增能作用增進跳躍表現的原因。相比之下，本研究誘發活化後增能作用的實驗設計為 3 組 3 秒拉力帶組或槓鈴組最大自主等長收縮背蹲舉動作，在槓鈴組 PAP 平均地面反作用力為 4.14 ± 0.67 倍體重；拉力帶組 PAP 平均地面反作用力 3.92 ± 0.7 倍體重，在休息 4 分鐘及 8 分鐘的休息時間後並沒有發現有增進跳躍高度的狀況；本研究在 PAP 的實驗操弄中沒有強度依序疊加的實驗設計；且本研究為靜態阻力式的活化後增能作用，靜態活化後增能作用對牽張反射

(stretch-shortening cycle, SSC) 的刺激可能是較無效的。綜合上述，在 PAP 強度、執行 PAP 後的總疊加效果或等長 PAP 都可能導致跳躍運動表現前後無顯著差異。

本研究以大專盃甲一級籃球員為受試者，本想透過訓練有素的運動員來證實方便攜帶的拉力帶最大自主等長 PAP 也能加入熱身課表並幫助增進跳躍能力，但結果不如預期。在先前研究則指出活化後增能作用和運動族群的關聯性不大，和自身身體條件較相關。Batista, Roschel, Barroso, Ugrinowitsch, & Tricoli (2011) 總共招募 23 名受試者 (8 名田徑運動員、7 名健美運動員、8 名休閒或動愛好者) 並執行 1 秒最大自主等長活化後增能作用、3 秒最大自主等長活化後增能作用及控制組，並測驗其下蹲跳能力，發現以運動習慣來分組並無顯著差異，在研究顯示活化後增能作用和個體較有關聯，雖然研究中並無使用肌電設備去觀察肌肉活化狀況，但實驗中某些受試者主觀認為活化後增能作用的介入使自身跳躍表現更佳或是產生更多力量。因此，本研究雖然受試者招募甲一級籃球運動員為主，但無法瞭解其個人狀態，球員在球場上分類的位置也可能表現出不同的運動表現及型態，可能因為個別差異導致 PAP 能增進跳躍高度的效應無法顯現。

然而，另篇研究進一步指出個體肌肉纖維差異是關鍵。Hamada, Sale, MacDougall, & Tarnopolsky (2000) 要求 20 名男性受試者以膝伸肌 10 秒的最大自主等長收縮活化後增能作用，並將受試者分為高活化後增能作用組 (HPAP) 及低活化後增能作用組 (LPAP)，之後對各組別受試者進行股外側肌肌肉穿刺檢驗，與 LPAP 相比，發現在 HPAP 組別中 II 型肌肉纖維百分比較高、達最大扭矩峰值短，實驗結果與小型哺乳類動物相似，活化後增能作用對於 II 型快縮肌纖維百分比較高的個體較有效。II 型快縮肌纖維具有無氧醣酵解能力高、ATP/CP 儲存多、神經傳導速度快的優點，但是有氧代謝能力與抵禦疲勞能力較差。然而，本研究並無在實驗前調查及分析甲一級籃球運動員的個別肌肉組成比例，肌肉組成比例可能影響最後活化後增能作用活化的程度及效應，影響最終無法有效增進跳躍高度的狀況。

第二節 下蹲跳的動力學分析

一、最大力量峰值

最大力量峰值表示了運動員能在動作中產生的最大力量，運動員能產生越大的力量代表身體越強壯，也可以比較熱身前測及後測來解釋運動員肌肉是否有效增進效能以利於之後的競賽。但是，本研究在後測時最大力量峰值並沒有出現預期的結果，先前文獻有提到在最大自主等長收縮活化後增能作用能提升最大力量峰值，但在本研究卻沒有看到此現象，PAP 的強度是關鍵，Nuzzo, McBride, & McCaulley (2008) 招募 NCAA 一級美式足球員和田徑選手共 12 名，蒐集蹲舉 1RM、挺舉 1RM、下蹲跳、最大自主等長收縮蹲舉、最大自主等長收縮大腿中段拉進行評估，並分析了下蹲跳跳躍高度、最大力量、相對最大力量、最大功率、最大速度、和發力率，該實驗指出最大自主等長收縮蹲舉的最大力量和下蹲跳的最大力量和最大功率有相關。在本次研究在 3 組 3 秒槓鈴組 PAP 平均地面反作用力為 4.14 ± 0.67 倍體重；3 組 3 秒拉力帶組 PAP 平均地面反作用力 3.92 ± 0.7 倍體重，但在下蹲跳的最大力量數值中統計上沒有顯著差異，強度不夠或是過於疲勞都會影響 PAP 的成效，在執行最大自主等長收縮活化後增能作用時強度掌控不妥當或休息時間不恰當都可能使最大力量峰值無統計上的顯著。

二、發力率

統計上發力率在時間上達顯著 ($p < .05$)，事後比較發現發力率在 8 分鐘後測優於前測。發力率為力量時間曲線的變化率，是短時間肌肉收縮能產生的力量 (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002)。本研究計算發力率公式如下：起跳前最大力量峰值減去起跳前最小力量峰值除以經過時間，並以體重標準化呈現。本研究再發力率經過事後比較休息後 8 分鐘優於前測，雖然沒有機電儀器去證實，但合理推斷肌肉神經徵召能力在最大自主等長收縮後有改善，雖然最大力量峰值並沒有統計上顯著差異，但達到最大力量峰值的時間變短，導致 RFD 有變化。和先前文獻指出最大

自主等長收縮能增進 RFD 相同 (Haff, Carlock, Hartman, & Kilgore, 2005; Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride, 2007)。在最大力量峰值統計上並沒有顯著差異可能是跳躍高度沒有上升的原因，跳躍高度前後測沒差異也可能與身體的協調性和起跳技術有關聯。

三、最大功率

統計上最大功率在組別上達顯著 ($p < .05$)，事後比較發現控制組優於槓鈴組。本次研究計算功率方式為力量乘以速度，疲勞度太高可能導致 PAP 成效不彰。Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou, & Zacharogiannis (2011)指出 3 組 3 秒等長收縮型式的 PAP 在休息 8 分鐘和 12 分鐘後對於優秀擊劍運動員下肢最大功率有負面的影響，並指出在優秀擊劍運動員中並不適合等長收縮型式活化後增能作用的熱身，最大功率在執行 3 組 3 秒最大自主等長收縮活化後增能作用在休息 8 分鐘下降 7.5%，在休息 12 分鐘下降 8.7%，在實驗中肌力水平較佳的受試者卻產生最大功率下降的問題，文章提出最大自主等長收縮型式活化後增能作用可能不適合提供優秀擊劍運動員當做熱身，可能是和神經肌肉疲勞有關。本研究發現執行最大自主等長 PAP 時，槓鈴組 PAP 平均地面反作用力為 4.14 ± 0.67 倍體重；拉力帶組 PAP 平均地面反作用力 3.92 ± 0.7 倍體重，槓鈴組執行 PAP 的負荷較高，槓鈴組較高的強度及休息時間的長短可能導致疲勞而影響了最大功率數值，因此，疲勞程度的掌控很重要，本研究在收取數據前雖有口頭提醒當天實驗前禁止訓練，但並不知道實驗前選手的疲勞程度，應充分掌控選手疲勞程度再收取實驗。

第三節 總結

槓鈴組最大自主等長 PAP 及拉力帶組最大自主等長 PAP 及控制組在休息 4 分鐘和 8 分鐘對跳躍高度的改變無顯著差異。但在動力學方面，發力率在時間上達顯著 ($p < .05$)，事後比較發現時間 8 分鐘後測優於前測，合理推斷肌肉神經徵招能力受到改變，但最大力量峰值沒顯著改善導致跳躍高度無顯著增加；最大功率在組別上達顯著 (p

$< .05$)，事後比較發現控制組優於槓鈴組的狀況可能和疲勞的掌程度有關，槓鈴組執行 PAP 的負荷較高，槓鈴組較高的強度及休息時間的長短可能導致疲勞而影響了最大功率。本次研究實驗設計並沒有 PAP 強度疊加效果及等長 PAP 的動作模式都可能是跳躍高度無顯著增進的原因，對於實驗受試者無法瞭解其個人肌肉組成比例及當下狀態，可能因為個別差異導致 PAP 促進跳躍表現的效應被低估。受試者疲勞程度的掌控很重要，本研究在收取數據前雖有口頭提醒當天實驗前禁止訓練，但並不知道實驗前選手的疲勞程度，應充分掌控選手疲勞程度再收取實驗。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

在熱身運動時使用方便攜帶的拉力帶執行最大自主等長收縮 PAP 在休息 4 分鐘和 8 分鐘後跳躍高度並沒有顯著提升，PAP 強度和休息時間是關鍵。在槓鈴組 PAP 與拉力帶組 PAP 及控制組對跳躍高度的改變無顯著差異。但發力率數值中休息時間 8 分鐘優於前測，推測肌肉神經徵招能力受到改變，但因最大力量峰值沒顯著差異導跳躍高度無顯著增進。最大功率數值控制組優於槓鈴組的狀況推測為槓鈴組執行 PAP 的負荷較高，槓鈴組較高的強度可能導致疲勞而影響了最大功率。

第二節 建議

執行活化後增能作用時強度和休息時間影響了活化後增能用是否有效。未來研究建議在執行活化後增能作用使用 RPE 自覺努力量表了解選手疲勞情況，並使用肌電儀器去瞭解肌肉活化狀況。在爆發力測試中，較不會受到牽張反射 (SSC) 影響的測驗方式為蹲踞跳 (squat jump)，建議可在最大自主等長收縮形式活化後增能作用後加收蹲踞跳動作，蹲踞跳起始動作為蹲下最低點，聽聞口令後股四頭肌收縮向上躍起，落地後緩衝完成動作。與下蹲跳相比，蹲踞跳與最大自主等長收縮活化後增能作用動作型態較相似。最後，沒有一套適合所有人的熱身課表及方式，但可以藉由試誤學習嘗試找出個人最適合的熱身方式。

引用文獻

- 曾昱軒, 何仁育, & 鄭景峰 (2015)。活化後增能作用對提升爆發力表現之效果. *中華體育季刊*, 29(2), 111-118.
- 何寶成, & 蔡忠昌. (2007)。熱身運動對於運動表現的影響. *大專體育學刊*, 165-173.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Batista, M. A., Roschel, H., Barroso, R., Ugrinowitsch, C., & Tricoli, V. (2011). Influence of strength training background on postactivation potentiation response. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2496-2502.
- Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Veligekas, P., Tsolakis, C., & Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2521-2528.
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Methenitis, S. K., Selima, E., Veligekas, P., & Terzis, G. (2019). Effects of low volume isometric leg press complex training at two knee angles on force-angle relationship and rate of force development. *European journal of sport science*, 19(3), 345-353.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 340-349.
- Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Sargeant, A. J., & Rittweger, J. (2008). The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *European journal of applied physiology*, 103(4), 441-448.

- Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of postactivation potentiation on explosive vertical jump: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(7), 2009-2018.
- Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength & Conditioning Journal*, 20(5), 18-27.
- French, D. N., Kraemer, W. J., & Cooke, C. B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
- Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., & Kilgore, J. L. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 741-748.
- Hirayama, K. (2014). Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(5), 1284-1288.
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports medicine*, 35(7), 585-595.
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., & ROsenStein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 22(6), 825-833.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2131-2137.
- Jones, D. A., & Rutherford, O. M. (1987). Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *The Journal of physiology*, 391(1), 1-11.

- Kilduff, L. P., Finn, C. V., Baker, J. S., Cook, C. J., & West, D. J. (2013). Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *International journal of sports physiology and performance*, 8(6), 677-681.
- Laffaye, G., Wagner, P. P., & Tombleson, T. I. (2014). Countermovement jump height: Gender and sport-specific differences in the force-time variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 1096-1105.
- Lum, D., & Barbosa, T. M. (2019). Effects of strength training on Olympic time-based sport performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of sports physiology and performance*, 14(10), 1318-1330.
- McCrary, J. M., Ackermann, B. J., & Halaki, M. (2015). A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. *British journal of sports medicine*, 49(14), 935-942.
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports medicine*, 45(11), 1523-1546.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 699-707.
- Peng, H. T., Song, C. Y., Chen, Z. R., Wang, I. L., Gu, C. Y., & Wang, L. I. (2019). Differences Between Bimodal and Unimodal Force-time Curves During Countermovement Jump. *International journal of sports medicine*, 40(10), 663-669.
- Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500-505.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138-143.
- Silva, L. M., Neiva, H. P., Marques, M. C., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2018). Effects of warm-up, post-warm-up, and re-warm-up strategies on explosive efforts in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(10), 2285-2299.

- Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of sports science & medicine*, *10*(3), 577-583.
- Tsoukos, A., Bogdanis, G. C., Terzis, G., & Veligeas, P. (2016). Acute improvement of vertical jump performance after isometric squats depends on knee angle and vertical jumping ability. *Journal of strength and conditioning research*, *30*(8), 2250-2257.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, *39*(2), 147-166.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., ... & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(3), 854-859.



附錄一 受試者同意書

研究名稱：不同活化後增能作用對跳躍能力的影響

研究目的：本研究在探討傳統槓鈴與拉力帶等長收縮型式的活化後增能作用，在不同恢復時間(四分鐘、八分鐘)對跳躍能力的影響。

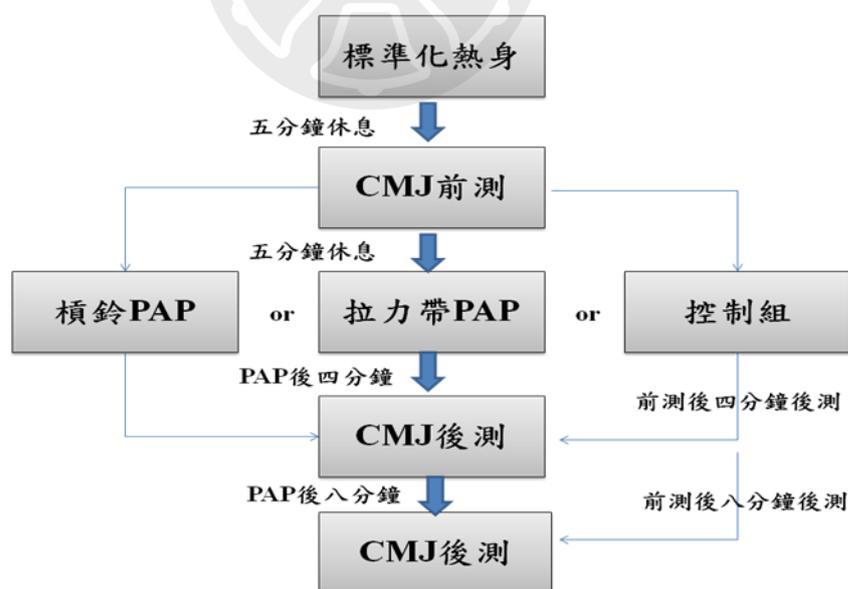
實驗流程與測驗內容：

(1)熟悉期

熟悉期學習標準化熱身、最大自主等長蹲舉 PAP、最大自主等長拉力帶 PAP 及下蹲跳 (CMJ) 動作。

(2)實驗處理

參與者將隨機分配 3 種不同實驗處理 (最大自主等長 PAP 拉力帶組、最大自主等長拉力帶 PAP 組、控制組)，每種實驗處理均間隔 48 小時，實驗設計流程 (如下圖)



➤可能產生的危險：

(1)不同實驗處理可能導致運動痠痛與拉傷之可能。

(2)藉由病史紀錄表先排除可能發生的危險，降低參與者受傷機率。

➤ **權利與義務：**

(1)參與者可拒絕參加實驗，但請提前告知研究負責人。

(2)參與者對於不懂的流程及問題可詢問。

(3)本實驗所獲得的資料數據僅供本研究使用。

➤ **敬請配合事項：**

(1)實驗期間維持生活正常作息。

(2)參與實驗期間不可飲酒、使用藥物。

(3)實驗期間請停止食用任何營養補充品。

(4)測驗日需在無任何肌肉疲勞狀況下進行各種測試。

➤ **研究者資訊及單位**

研究負責人：李宥達

聯絡電話：09**-***-***

指導教授：張家豪 博士

研究單位：國立臺灣師範大學體育學系碩士班

研究地點：宏國德霖科技大學重訓室

➤ **簽章**

我已熟知以上程序及規定，了解並同意參與此次實驗。

如有任何問題會與實驗負責人李宥達聯絡。

受試者 _____

日期 _____

附錄二 健康情況與運動調查表

本表是為了瞭解您的健康狀況，並協助研究者在進行實驗前確認是否需要更進一步的健康檢查，若您覺得問題牽扯個人隱私可以選擇不回答；但若您選擇不回答項目對本實驗非常重要，您將不能參與本次實驗。請就健康檢查報告中有被告知或疑似的下列情況照時填選：(請在有、無、不確定欄位中勾選)

	有	無	不確定
1. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 痛風	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 貧血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 心律不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 吸菸	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 酗酒	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 半年內下肢損傷	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 有無特殊疾病史	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

◇ 過去一年內是否從事規律運動？

是 否 一週運動幾次_____

◇ 請列出你常從事的身體活動或運動

姓 名 _____

填表日期 _____