

國立臺灣師範大學體育學系
碩士學位論文

籃球新制三分線跳投生物力學分析

研究生：劉子由
指導教授：蔡虔祿

中華民國 101 年 6 月
中華民國臺北市

籃球新制三分線跳投生物力學分析

2012 年 6 月

研究生：劉子由

指導教授：蔡虔祿

摘要

2010 年 10 月 1 日起適用新國際籃球規則，將三分線由原本 6.25 公尺增加到 6.75 公尺。據相關媒體報導，國內 SBL 籃球比賽適用新三分線後，發生三分球命中率降低、出手次數減少的現象。教練、球員也紛紛表示長距離投籃確實難度增加了，而造成跳投動作的改變。故本研究的目的欲瞭解新制三分線的投籃特徵，新、舊三分線和罰球線跳投動作的運動學、動力學差異，以提供長距離投籃有利的資訊。本研究是以 8 名國立臺灣師範大學籃球代表隊公開男一級選手為對象，進行新、舊制三分線和罰球線三種不同距離跳投，並以 10 台 Vicon 紅外線攝影機(250Hz)、1 台高速攝影機(125Hz)及 1 塊測力板(1000Hz)，同步收集籃球原地跳投準備動作到落地動作的運動學和動力學資料。統計方法為使用 SPSS 19.0 版本軟體進行統計分析，並以無母數弗里曼二因子等級變異數分析(Friedman two-way analysis of variance by ranks) 檢定相依相本不同距離跳投運動參數的差異顯著性($\alpha=.05$)和事後比較，再以皮爾遜積差相關(Pearson product-moment Correlation)計算新、舊制三分線運動參數的相關。結果：新、舊制三分線和罰球線跳投的運動參數比較，新、舊制三分線間沒有顯著差異存在，但新制三分線運動參數值有增加的傾向。新制三分線和罰球線運動參數比較則有達到顯著差異，其參數如下，出手球速，出手瞬間肩關節角速度，動作期肘、肩、腕關節最大角速度，起跳重心角度，出手重心速度，起跳瞬間水平速度，重心水平位移，最大地面反作用力。新制三分線跳投動作較為激烈，球員會增加出手球速，減少出手角度，減少起跳到出手的時間以迅速起跳，並加大上肢關節角速度及利用起跳重心速度來幫助投籃，故有減少出手高度和增加向前水平位移的現象。

關鍵詞：國際籃球規則、新制三分線、原地跳投

Biomechanics Analysis of Basketball Jump Shot In New Three-Point Line

June, 2012

Graduate student : Tzu –Yu Liu

Advisor : Chien-Lu Tsai

Abstract

It had been executed the new international basketball rules on October 1, 2010. The three-point line extended the distance from the original 6.25 meters to 6.75 meters. According to the press reported that the SBL basketball game adopted the new basketball rules and had caused reducing three-point shooting frequency in Taiwan. The coaches and the players had expressed that the long distance shooting is indeed more difficult and change jump-shot motion pattern. The purpose of this study is to know the kinematics and dynamics differences of the jump-shot motion in three-point line, old three-point line and free-throw line, which can provide the useful information. Methods: This study recruited eight Taiwan college basketball team players as the subjects to perform jump shot in three kinds of distance. We used ten Vicon infrared cameras (250Hz), one FASTEC high-speed camera (125Hz) and one Kistler force plate (1000Hz) to collect the basketball jump-shot movement from preparatory action to landing movement. By using SPSS 19.0 statistic software to calculate the Freeman two-way analysis of variance by ranks and Pearson product-moment correlation to compare the kinematics and kinetics variables among three jump shots. The significant level was at $\alpha = .05$. Results: The motion parameters of jump-shot in the new, old three-point line and free-throw line were no significant differences, but the new three-point line motion parameters have a tendency toward greater value. There were significant differences between the new three-point line and free-throw line in the movement variables. Conclusion: There was a trend that the basketball players should reduce jump height and increasing the forward horizontal displacement when they executed the new three-point jump shot movement. We recommend that if the play wants to perform the jump-shot in the New Three-point Line, the players must increase the release velocity, reducing release angle, reducing the time from crouch to release, increasing the upper-limb joint angular velocity and the speed of take-off center of gravity to help shooting. Therefore, it has occurrence of reducing jump height and increasing the forward horizontal displacement.

Key words : International basketball rules, new three-point line, jump-shot

謝誌

自師大體育系畢業後，歷經教育實習、服兵役、進入高中任教，始終叮嚀著自己要重返師大校園再進修以充實自己。幸運的，能以一般生榜首身分考回母系碩士班運動科學組，展開充滿挑戰的研究生涯。二年中，常常半天在高中兼行政工作及教書，另一個半天在師大當學生，晚上則擔任父母親的好兒子，老婆的好老公，兩個兒子的好父親。角色變換早習以為常，日子過的緊湊而充實。

面對研究所的修課、課堂討論、上台報告、寫作業、閱讀國外文獻、學習實驗室器材軟硬體校正與操作、校內的學術發表、校外學術發表、國內學術期刊發表、提出研究計畫、進行力學實驗、最後完成論文。一切是關關難過，關關過，也因為經歷過這些挑戰，讓我更加成長，並且有深刻的認知，無論面對任何困難挑戰，一定有解決的方法，最重要的是自信和態度。

感謝在進行力學實驗時，情義相挺的同學們庭睿、同熙、奕伶、俊雄、偉成、俊毅、宥汝、宗樺、深坑國小宗憲老師，還有國立臺灣師範大學公開男一級籃球隊員羅家龍等學弟們，因為你們熱心參與，讓本研究能順利的完成。

感謝石碇高中柯武宏校長、李文昌主任、黃堅庭主任、吳自輝主任、周佳雯組長、林愷琦組長、陳家秀護理師及所有關心我的同事們，讓我深刻感受到同事間寒風送暖的溫情，謝謝。

感謝指導教授蔡虔祿博士，在我研究進修期間給予的指導、關心與鼓勵，讓我這個”在職”的一般生，能以兢兢業業的態度，順利披荊斬棘解決問題，在二年時間完成碩士學位這項不可能的任務。

最後感謝我的堅強後盾、最支持我的妻子婷宜，這段時間特別辛苦照顧、教育昕揚、昕曜二位兒子，讓我無後顧之憂的往前衝刺，這苦盡甘來的喜悅要與妳共享。

本論文獻給我最敬重的父親劉道倫先生和母親吳繡月女士，感謝你們的養育及栽培之恩，開創我積極、努力的人生。

目次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
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 研究問題.....	3
第四節 研究目的.....	3
第五節 研究假設.....	4
第六節 研究範圍與限制.....	4
第七節 名詞解釋與操作性定義.....	4
第貳章 文獻探討	6
第一節 籃球的拋體運動.....	6
第二節 跳投動作技術分析相關文獻.....	11
第三節 投籃距離與跳投運動學的相關研究.....	19
第四節 跳躍投籃動力學相關研究.....	30
第五節 文獻總結.....	33
第參章 研究方法與步驟	34
第一節 研究對象.....	34
第二節 實驗時間與地點.....	34
第三節 實驗儀器設備.....	35
第四節 實驗場地佈置.....	37
第五節 實驗方法與步驟.....	38
第六節 實驗資料處理與分析.....	40
第七節 統計方法.....	43
第肆章 研究結果	44
第一節 三種距離跳投的運動學結果.....	44
第二節 三種距離跳投運力學結果.....	60
第三節 新、舊制三分線跳投運動參數相關結果比較.....	64
第四節 本章小結.....	72
第伍章 討論	73
第一節 不同距離跳投動作的生物力學差異.....	73

第二節 新制三分線跳投的生物力學特徵.....	81
第三節 新、舊制三分線跳投動作比較及相關.....	85
第陸章 結果與建議.....	91
參考文獻.....	93
附錄.....	97
附錄一.....	97
附錄二.....	98

表次

表 2-1	入籃角度與偏差容許值的關係.....	9
表 2-2	男子在三種距離跳投出手球速、角度比較分析表.....	19
表 2-3	不同進攻位置球員在三種距離的出手球速、角度比較分析表.....	20
表 2-4	女子二種距離跳投的出手球速、角度比較分析表.....	21
表 2-5	男、女子三種距離跳投的出手球速、角度比較分析表.....	21
表 2-6	上肢關節線性速度.....	22
表 2-7	水平位移與出手高度百分比.....	24
表 2-8	距離與起跳的下肢關節角速度.....	25
表 2-9	距離與肩/腕軸角度.....	26
表 2-10	距離與跳躍高度.....	26
表 2-11	距離與出手的上肢關節角速度.....	27
表 2-12	距離與出手身體重心速度.....	28
表 2-13	距離與肩軸旋轉角度.....	28
表 2-14	不同距離動作期間身體垂直淨衝量及水平衝量.....	32
表 3-1	受試者基本資料.....	34
表 3-2	Plug-in-Gait 反光球黏貼位置.....	41
表 4-1	三種距離跳投籃球出手速度與角度摘要表.....	45
表 4-2	三種距離跳投下蹲期身體重心最低點身體各關節角度.....	46
表 4-3	三種距離跳投球出手瞬間身體上肢各關節角度.....	48
表 4-4	三種距離跳投推蹬-出手時期上肢關節角位移.....	49
表 4-5	三種距離跳投球出手瞬間上肢關節角速度.....	51
表 4-6	三種距離跳投推蹬-出手時期身體各關節最大角速度.....	53
表 4-7	三種距離跳投重心速度和角度.....	55
表 4-8	三種距離跳投起跳瞬間重心水平、垂直速度和下蹲期最大重心速度.....	56
表 4-9	三種距離跳投起跳-出手時間、重心垂直和水平位移、出手高度百分比.....	58
表 4-10	三種距離跳投前後和垂直衝量、最大地面反作用力.....	61
表 4-11-1	新制三分線運動學參數相關矩陣.....	65
表 4-11-2	新制三分線運動學參數相關矩陣.....	65
表 4-11-3	新制三分線運動學參數相關矩陣.....	66
表 4-11-4	新制三分線運動學參數相關矩陣.....	67
表 4-12	新、舊制三分線球出手速度、角度的相關係數.....	68
表 4-13	新、舊制三分線球出手瞬間上肢關節角度的相關係數.....	68
表 4-14	新、舊制三分線舉球時期上肢關節角位移的相關係數.....	69
表 4-15	新、舊制三分線球出手瞬間上肢關節角速度的相關係數.....	69
表 4-16	新、舊制三分線動作期身體各關節最大角速度相關係數.....	70
表 4-17	新、舊制三分線重心速度和角度的相關係數.....	70

表 4-18	新、舊制三分線下蹲期垂直重心速度和起跳瞬間水平、垂直重心速度 相關係數.....	71
表 4-19	新、舊制三分線跳投衝量、最大地面反作用力相關係數.....	71
表 5-1	新制三分線的運動學參數.....	81
表 5-2	新制三分線的運動學參數.....	82
表 5-3	新、舊制三分線出手瞬間上肢關節角速度比較摘要表.....	85
表 5-4	新、舊制三分線動作期關節最大角速度比較摘要表.....	87
表 5-5	新、舊制三分線重心速度比較摘要表.....	89
表 5-6	新、舊制三分線動力學比較摘要表.....	90

圖次

圖 1-1	新版規則籃球場地.....	2
圖 2-1	高度與出手角度的關係.....	8
圖 2-2	入籃角度.....	10
圖 2-3	投籃距離與出手角度.....	11
圖 2-4	原地跳投動作分期.....	14
圖 2-5	投籃俯視圖.....	25
圖 3-1	實驗場地佈置圖.....	37
圖 3-2	Plug-in-Gait 反光球黏貼位置圖.....	40
圖 4-1	三種距離跳投出手球速.....	45
圖 4-2	三種距離跳投下蹲期身體重心最低點身體各關節角度.....	47
圖 4-3	三種距離跳投球出手瞬間身體上肢各關節角度.....	48
圖 4-4	三種距離跳投推蹬-出手時期上肢關節角位移.....	50
圖 4-5	三種距離跳投出手瞬間上肢關節角速度.....	51
圖 4-6	三種距離跳投推蹬-出手時期身體各關節最大角速度.....	54
圖 4-7	三種距離跳投起跳、出手瞬間重心速度.....	55
圖 4-8	三種距離跳投下蹲期最大重心速度、起跳瞬間重心垂直、水平速度.....	57
圖 4-9	三種距離跳投重心垂直位移及水平位移.....	59
圖 4-10	4.225 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)	62
圖 4-11	6.25 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)	62
圖 4-12	6.75 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)	63

第壹章 諸論

第一節 前言

籃球自1891年由美國詹姆士·史密斯博士發明以來，經過多次規則的修改才漸漸形成普及化的現代籃球運動。國際業餘籃球總會(FIBA)曾在1984年做了一次有關場地的大變革，增加三分線距離的設定。由籃圈45公分直徑的中心點垂直到地面畫出長6.25公尺的一個弧線，成為三分投籃區域，在這個三分線外投中的得分為三分(吳喜松、高俊傑、楊紀瑜、羅玉技，2010)。因為中籃得“三分”的吸引力，直接的影響讓進攻球隊增加外線投籃出手的次數，間接的影響就是拉開整體進攻空間，進而擴大防守區域，讓三分球所產生的效益更為彰顯。換言之，三分線長距離投籃，除了有利於突破僵局拉開比分外，並可做為外線與禁區的靈活戰術搭配，和扮演關鍵時刻的逆轉勝，所以籃球規則訂定三分球的價值，不僅為現代籃球比賽帶來新的高潮和觀賞性，也奠定了遠距離投籃得分的重要地位。

一個球隊若沒有長距離三分球的進攻能力和命中率，將難以應付瞬息萬變的競賽形態，最終將導致失敗。因此，想戰勝對手或取得良好成績的球隊，就必須加強各種距離投籃得分的能力。無論是在禁區進攻、中距離投籃或是三分球遠射，都必須盡可能地提高投籃的命中率，才能提升球隊的整體進攻能力。所以即使球員擁有良好的身材體型，力量，速度，爆發力等身體素質優勢，若缺乏投籃準確性，一切皆屬枉然。

因此，球員必須從基礎來訓練一般投籃動作和長距離投籃的動作技巧，把投籃的準確性和穩定性當成重要的訓練課題，進而改善投籃技術，以提升長距離投籃命中率。球員在真實比賽中，才能有信心的投三分球，把長距離投籃進攻當成克敵致勝的重要武器來應用。

第二節 問題背景

國際業餘籃球總會已於2010年10月1日實施新版規則，除了限制區的形狀由梯形改為長方形，禁區內增設1.25公尺半圓形的進攻免責區，更加長了三分線距離。新制三分線距離由舊規則的6.25公尺往外增加50公分，成為6.75公尺，如圖1-1所示。

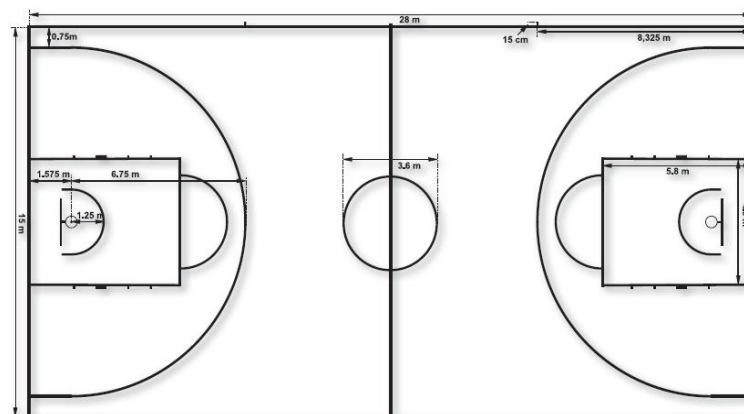


圖 1-1 新版規則籃球場地

因為三分線距離變遠了，明顯的就是增加投籃的難度和降低投籃命中率，因此所有球員必須重新適應新的場地，部分則有不適應的狀況。聯合報於2011年1月23日報導，標題為「新三分線遠50公分，如台北到高雄」，指出國內SBL在三分線採用新籃球規則後，各隊的三分球出手次數及命中率普遍下滑，球員投籃出手點和動作方式都要重新調整，有些球員過去三分球用跳投，改新制後，似乎變成投跳。所以三分線距離增加，直接影響就是投籃命中率降低和投籃動作的改變，球員要及早適應新的三分線距離，若仰賴三分球得分的隊伍，更要加強長距離投籃練習。無疑的，長距離三分線投籃依然是進攻得分的重要武器，沒有任何球隊會放棄三分球攻擊的機會。雖然投球動作的難度增加，命中率也下滑，反而更要正視長距離三分線跳投的重要性，因為影響最終比賽的勝敗結果，就在於球隊是否掌握關鍵的三分球。

過去籃球跳投的研究中，多以舊制三分線、罰球線、有防守者跳投和比較男女跳投動作差異為主，而新制三分線衍然成為長距離投籃的新基準，也形成新的研究課題。因此針對新制三分線跳投動作的生物力學特徵和新、舊制三分線生物力學差異的研究，值得深入探討。

第三節 研究問題

投籃距離會影響投籃動作的表現。而國際籃球規則發展的趨勢朝向美國職業籃球賽 NBA 靠攏，增長三分線的距離從舊規則的 6.25 公尺到新規則的 6.75 公尺。因此相差 50 公分的三分線跳投，可能造成那些運動力學參數改變、新制三分線跳投的動作特徵為何、不同距離跳投的生物力學差異，正是本研究想探究的課題。

第四節 研究目的

本研究欲瞭解新籃球規則的三分線跳投生物力學特徵，並且以不同距離為操弄變項，比較新、舊制三分線和罰球線跳投的運動學、動力學方面的差異，以瞭解距離對跳投動作型態的影響和改變，最後希望研究數據結果提供給籃球運動從業人員，做為訓練、教學有利的參考。茲將本研究的目的詳述如下：

- 一、 瞭解籃球新、舊制三分線和罰球線跳投之身體主要關節的運動學和動力學參數是否有差異。
- 二、 瞭解新制三分線跳投的生物力學特徵

第五節 研究假設

- 一、不同距離原地跳投的運動學參數有差異。
- 二、不同距離原地跳投的動力學參數有差異。

第六節 研究範圍與限制

- 一、本研究以擔任後衛和前鋒的球員為對象，站在測力板上用原地跳投的方式，從開始的準備期、投籃動作期、隨球動作、籃球空中出手後雙腳落地為結束，是主要運動學、動力學探討範圍。
- 二、因實驗器材限制因素，故無法於正規的籃球場進行實測。場地佈置是在實驗場地中埋設水平與地面貼齊的測力板，受試者站在測力板上做原地跳投動作，以隨機移動活動籃球架的方式，改變投籃距離，為罰球線、舊制三分線、新制三分線做平衡次序的動作收集。本研究使用 Vicon M13⁺紅外線攝影機、FASTEC 高速攝影機和 Kistler 測力板同步進行投籃相關的運動學和動力學資料收集。

第七節 名詞解釋與操作性定義

- 一、原地跳投：以立姿持球，屈膝跳躍的方式，當身體於空中時，將球離手的投籃動作。

- 二、 新制三分線：2010 年 10 月 1 日開始適用新制三分線，以原三分線為基礎，向外挪 50 公分，即從 6.25 公尺擴大為 6.75 公尺，為新制三分線。
- 三、 舊制三分線：1984 年國際籃球規則所增訂的三分線，以籃框中心投影地面為原點，畫出長 6.25 公尺為半徑的弧線為三分線。
- 四、 不同距離跳投：以新制三分線、舊制三分線、罰球線，三個距離依平衡次序進行原地跳投。
- 五、 出手：投籃時球離手瞬間。
- 六、 起跳：跳投時腳離地瞬間。
- 七、 出手速度：籃球離手瞬間的速度。
- 八、 出手角度：籃球離手後在矢狀面飛行路徑與水平線形成的夾角。
- 九、 出手高度百分比：將籃球出手時的重心高度除以跳躍最高點的重心高度。
- 十、 偏差容許值(Margin of error)：當籃球球心通過籃框瞬間，籃框直徑與籃球直徑之間形成一個間隙，此間隙即為偏差容許值。假若籃球以垂直入籃，則此間隙為最大，隨著入籃角度減小，間隙也隨之變小。若籃球和籃框有間隙，籃球都可以空心入籃，但若無間隙形成，即籃球碰觸籃框，不能空心中籃。

第貳章 文獻探討

第一節 籃球的拋體運動

籃球投籃離手後，球在空中飛行的過程為拋體運動，是否中籃的結果主要受到球員出手高度、出手速度、出手角度三項因素所影響，空氣阻力因為球速相對較小予以忽略（Miller & Bartlett, 1993）。

投籃者必須控制投籃出手的速度和角度，讓球通過一個離地面 305 公分，直徑為 45 公分的籃框。因此，球從出手到空心中籃，有無數條不同的運動軌跡，也稱拋物線。拋物線的高低取決於投籃的出角度和出手速度，投籃距離和出手高度也與弧線高低有緊密關係。不同的拋物線產生不同的入籃角度和入籃截面積，它對投籃命中率有直接影響。人們習慣將投籃拋物線分成高、中、低三種，其中以中弧線入籃角度適中是最理想的拋物線，(孫民治，2004)。

郭鼎文(2006)比較不同的投籃拋物線和命中率的關係，建議以中弧線的投籃拋物線為最理想，它的入籃角度適中、球與籃框的徑向間隙可達最大值，球心與籃心的偏差最小。

一、低弧線：球的飛行距離短、力量容易控制，但由於球飛行弧度低近於水平，籃框在球下的面積較小，而大部分被球籃的前緣所遮蓋，因而不易投中。

二、中弧線：球飛行弧線的最高點大致與籃板的上緣在一條水平線上。球籃大部分暴露在球的下面，容易投籃命中，是一種比較適宜的拋物線。

三、高弧線：球飛行入籃的弧線過高、近於垂直，籃框暴露在球下面的面積最大，球容易入籃，但球飛行的路線太長，不易掌握飛行方向，進而影響命中率。

出手高度 (release height)：提升投籃出手高度，除了能突破防守者的封阻，有學者認為可以提高中籃的機率。Mauht (1981) 以罰球線投籃為例，若增加出手高度 2 英尺 (0.61 公尺)，將增加命中率 18%。Hudson (1982) 也指出跳投的益處，可增加出手高度，將減少球和籃框的距離，可減少出手角度和減少出手的速度，增加偏差容許值 (margin of error)。故建議球員調整手臂動作，加大肩關節和手肘活動角度，以提高出手點，有助於投籃的表現。Duane(1993)以生物力學的角度來看跳投的六個關鍵點，指出平衡有力的跳躍、及時出手與出手時增加肩關節屈曲角度，可以提升最大的出手高度，亦可增加投籃準確性和增加偏差容許值。Brancazio (1981) 指出優秀球員會使用能成功中籃的最小的球速來投籃，此時最小速度出手角度為 $\theta=45^{\circ}+1/2\phi$ ，如圖 2-1。所以身材高大、跳躍彈性佳的球員，若以較高的出手點來投籃，而且可以減少 ϕ 角度和出手投籃的角度，進而以比較省力的方式出手投籃。

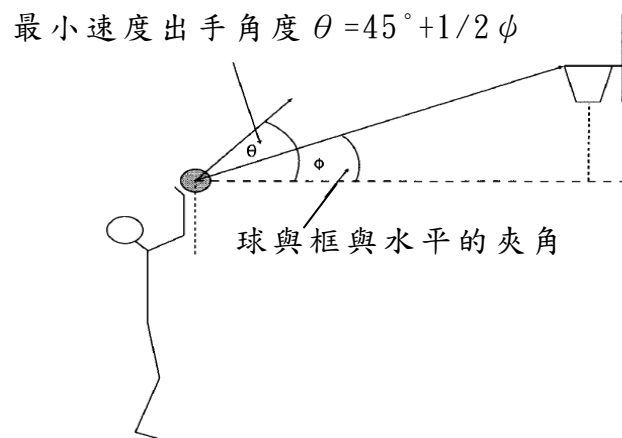


圖 2-1 高度與出手角度的關係

出手球速 (release speed)：成功的中籃必需考量出手的球速和球出手的角度，一些學者將焦點放在球出手角度，也有人認為球速才是最重要的選擇。Knudson (1993) 認為出手的球速是最重要的成功投籃因素，若要中籃，以適當的角度出手，能容忍球速錯誤值約為 1%。Toyoshima (1981) 研究不同距離的投籃，成功中籃與否，有 65% 到 85% 的錯誤是球初速度造成的。Brancazio (1981) 指出優秀球員會使用能成功中籃的最小的球速來投籃，這有下列好處：一、增加動作正確性；二、避免疲勞；三、增加球中籃的可能性。

入籃角度 (angle of entry)：球入籃框的角度是依據球出手的球速和角度配合，這也是成功中籃的主要因素。Hay (1993)，指出籃球順利中籃的入籃角度要大於 $32^{\circ}43'$ ，入籃角度愈大，偏差容許值愈大，即中籃機會愈大，如表 2-1。若投籃角度要以近 90 度入籃，雖為理想但實際不可能發生，如圖 2-2。若在罰球線，以 2.13 公尺 (7 英尺) 的高度出手投籃為例，球速要達到 20 m/s (72 km/h)，入籃角度才可達到約為 87 度，但球的飛行最高點約在 22 層樓高，故不切實際。這表示球員不需一味追求大角度入籃，而應該在球速和出手角度間取得最佳配合，才能經濟有效投籃。Hay 並以罰球線出手投籃為例，認為出手角度以 49.8-54.5 度，入籃角度 38-45 度最為恰當。

表 2-1 入籃角度與偏差容許值的關係

入籃角度(deg) (Angle of Entry)	偏差容許值(cm) (Margin for Error)
90°	±10.5
80°	±10.2
70°	±9.1
60°	±7.4
50°	±5.1
40°	±2.3
32°43'	0.0

(Hay, 1993,p.231)

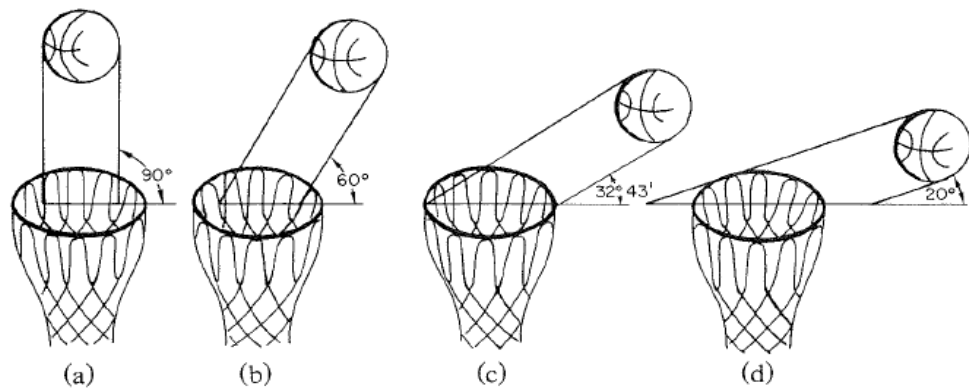


圖 2-2 入籃角度 (Hay, 1993, p.230)

出手角度 (angle of release)：而隨著投籃距離增加，投籃出手角度也會改變。Miller (1996)，研究後衛、前鋒、中鋒，做三種不同距離跳投，隨著投籃距離增加，投籃出手角度有減小的趨勢，從 55 度減至 48 度，如圖 2-3。所以短、中距離的投籃，球員傾向用較大角度出手投籃，以加大入籃角度，增加中籃機會。但長距離投籃若用大角度出手，必需依賴較大的球速，球員會以策略性省力的方式，減小出手角度和讓球能進框的較小速度來投籃。國內以許立德 (2005) 分析 2.25 公尺到 8.25 公尺投籃角度為研究，其結果是長距離投籃的出手角度減小。

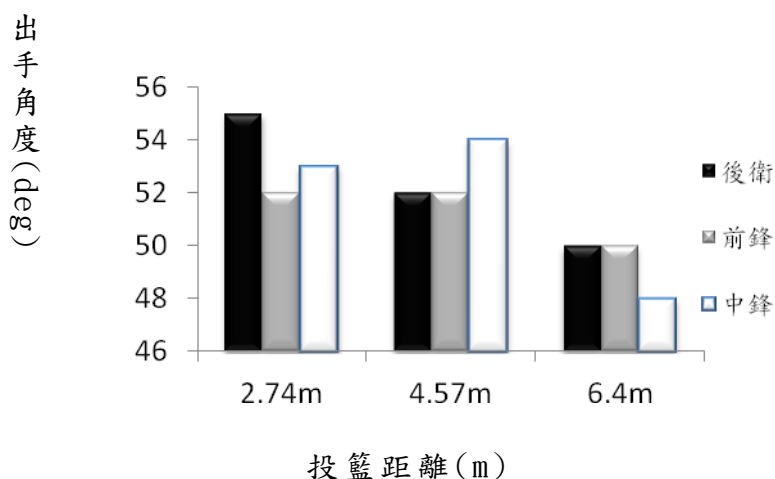


圖 2-3 投籃距離與出手角度 (Miller & Bartlett, 1996)

第二節 跳投動作技術分析相關文獻

單手跳投是比賽中最常使用的投籃方式，根據統計，Allsen 與 Ruffner (1969)，針對 39 場籃球比賽，總共 3180 個投籃中，67.2% 是使用單手跳投，21.07% 用立定投籃，其它動作佔 11.73%。而跳投是在投籃動作中增加了跳躍，在空中完成投籃動作，因為實戰價值高，所以跳投動作已成為籃球運動員普遍採用的主要得分手段。故正確掌握並熟練投籃技術，不斷提高投籃命中率，是對教練和球員的最基本要求 (孫民治, 2004)。

Neil 與 Dick (1988) 認為跳投和立定投籃動作類似，主要利用膝關節彎屈產生跳躍，來提昇出手高度。在跳躍過程，軀幹要保持挺直，避免前後左右擺動。Duane (1993) 認為，跳投提昇出手高度可減少球在空中飛行的路徑、減少投籃所需的球速和提供最適合的入籃角度。但跳投是具有相當難度，國內學者許樹淵 (1999) 指出投籃是上肢和身體各部位協調用力來完成的動作，是籃球運動中最困難和最重要的一種技術。一般人在學習過程中，因為跳投動作難度較高，無法掌握動作技巧，以致效果明顯不彰，所以必須注意動作的細節。

孫民治 (2004) 指出，投籃是綜合身體各部位，協調的用力過程，是整個投籃動作的關鍵環節，力量源自於投籃的基本站法和身體平衡，由下肢蹬地發力，下肢、軀幹和上肢充分協調配合，最後力量匯聚於手臂、手腕、手指，然後彈撥將球投出。跳投的出手動作與原地單手基本相同，只是在動作結構上增加了起跳部分，投籃動作要在空中完成。是目前普遍採用的主要得分手段，它可以在不同距離和各種角度情況下運用，具有很高實用價值。原地跳投動作要領為：雙手持球於胸腹之間，兩腳左右前後開立，兩膝微屈，身體重心落在兩腳之間，上體放鬆，眼睛注視籃圈。起跳時兩膝適當彎曲，接著腳掌蹬地發力，提腹伸腰，向上迅速擺臂舉球起跳，雙手舉球於肩上或頭上，左手扶球左側。當身體升至最高點或接近最高點時，左時離球，右臂

向前上方伸直，同時用突發性力量屈腕、壓指，使球通過指端投出。
球離手後身體自然落地，屈膝緩衝。

Martin (1981) 認為跳投要具有極佳的協調動作，細膩的觸感和強有力的雙腿。教師若要改善學生跳投動作表現，首先對跳投動作的認知很重要。他將跳投動作分為四期，如圖 2-4。

一、準備動作 (preparatory position)：

兩腳開立，左右腳約 15-30 公分，前後腳約 15 公分，這個姿勢提供身體良好的穩定性且方便雙腳使力跳躍的動作。

二、動作期 I-蹲 (movement phase I-crouch)：

下蹲時，軀幹保持直立，膝關節屈曲角度應該在 115° - 120° 間，有助於最大高度的跳躍。同時，下蹲動作要快速，以利用肌肉的彈性能，增加跳躍時的效果。投籃慣用手置於球後方且手肘應該內收 (adduction)，此時球、手肘與籃框在同一直線的位置。

三、動作期 II-跳 (movement phase II-jump)：

跳躍是髖、膝、踝關節所產生有力的伸展動作。球出手時，有良好的控制和理想的動量傳遞 (momentum transfer)，相較下與只求最大高度投籃更為重要。跳躍力量由雙腳產生垂直移動，應該避免側向移動的發生。

四、隨球動作 (follow-through)：

投籃動作中，任何企圖不連貫的停止手或腕動作可能影響球拋射。因為停止手部動作前必需要有適度的電位傳導到肌肉，干擾理想投籃的神經肌肉電位傳導，這會讓投籃動作表現受影響。為讓投籃出手動作流暢平順，建議用隨球動作。隨球動作時強調前臂的內旋 (pronation) 對投籃有幫助，這將確保掌中心直指向籃框中心，有助於瞄準後投籃。

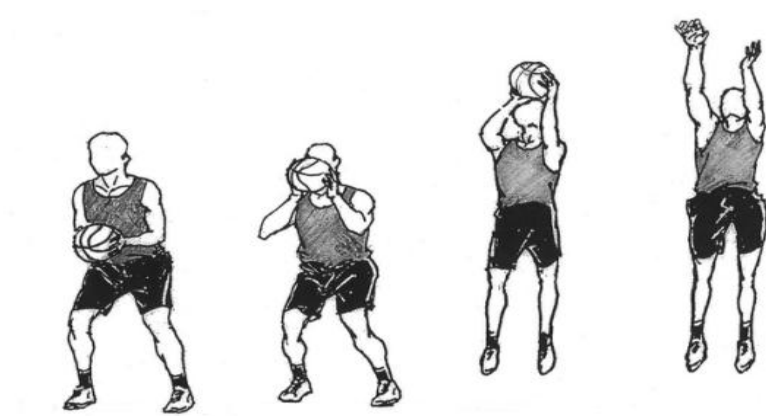


圖 2-4 原地跳投動作分期

許樹淵(1999)於運動生物力學一書中提及，籃球投籃方法中以躍起單手投籃最為普及。跳投的成功要訣：(一)投球出手點處之肩關節角度較大；(二)使用的肘關節角度較小；(三)飛程中球的向後旋較快；(四)出手時上臂和垂直線愈為接近。原地躍起單手投籃就是利用這種要訣來提高命中率。此種投籃法動作快，突發性強，如果運用得當，並與突破、傳球結合得好，就能使防守者防不勝防，立於被動地位。

郭鼎文(2006)，針對投籃技術提出以下幾個要點：

一、兩腿前後開立，正對籃框

在跳投之前，要檢查自己的姿勢是否正確：雙腿叉開，與肩同寬，這樣既能保持穩定的站立姿勢，又能根據情況進退自如。其次是身體是否正對籃框，這是投籃命中率最基本也最重要的一個環節。

二、垂直起跳

跳投的基本動作，與定點投籃基本一樣。跳投的關鍵，是起跳後能否保持身體的平衡。起跳前，要做到：一手持球，一手扶球，瞄準籃框，然後雙腿適度彎曲、垂直向上跳起，注意落地時必須落回地。

三、手腕與手臂、手臂與肘部均呈L形狀

保持正確的投籃姿勢，還有非常關鍵的一點，就是從正可看時，持球手的手腕、手臂及肘部要與球在一條直線上；同時，手腕與手臂、手臂與肘部之間要形成兩個相對的L形狀。

馬毅、李杰凱與徐威(1999)建議跳投時，兩手持球於胸前，兩腳前後(或左右)開立，兩腿微屈，重心落在兩腳上。起跳時兩腿迅速屈膝，腳掌用力蹬地向上起跳，雙手舉於肩上(或頭上)，右手托球，左手扶球。當身體接近最高點時，左手離球，右臂向前上方伸直，手腕前屈，食、中指撥球，透過指端將球投出，落地時屈膝緩衝。

吉井四郎(1996)建議跳投時，雙腳同時躍起，球置於額頭前上方，跳起後，身體到達最高點時，運用手腕腕力投球。關四郎(1997)指出跳投的要領為，持球面向籃框站穩，雙腳起跳的同時，做成將球舉至額頭上的姿勢。當身體重心升到最頂點準備落地前，將手臂舉至與籃框相對的位置，並用腕力把球扣向籃框。Ingram 與 Snowden (1989)指出，事實上在做投籃準備動作，投籃側肩膀已經自然向前旋轉約 22° ，到出手時更可到達 45° 之譜。這已非正對籃框的動作，若一再強調正對籃框投籃，這會造成投籃基礎動作不穩固。Miller 與 Bartlett (1993)也發現準備跳投動作，肩/腕軸已經有旋轉現象，球員投籃側的腳在前方，這有助於手肘、球、眼睛和籃框的對齊，也能促進身體前後的穩定性。而提昇投籃準確性方面，將投籃慣用手的手肘對齊籃框，這是投籃準確性的關鍵。

Ingram 與 Snowden (1989)認為手肘是指引球飛行方向主要的關節，不像手腕和肩，手肘是鉸鏈關節(hinge joint)，只在一個方向上做旋轉。所以當投籃的手臂伸展，伸展方向是由手肘決定的。如果手肘指向籃框，手臂將朝向籃框伸展。如果手肘偏出到外側，手臂伸展和球飛行將脫離目標路線。雖然可以用手腕動作來做一些調整，但手肘沒有對齊籃框，對投籃者會造成不利的影響。Hess(1980)建議球員跳投為快速到達最大高度，應該屈膝微蹲。長距離投籃為了發揮力量，力臂要愈長愈好，應該用手肘伸展。近距離投籃用較小的手臂動

作並強調手腕部位來投籃。因為手腕動作，能使球快速離手，防止封阻。湯文慈(2009)研究優秀與一般籃球選手跳投動作，結果優秀選手外線投籃姿勢最重要的是手腕的動作，主要是以手腕控制球投射的距離，在原地跳投動作的右腕關節角速度出現時間更加的接近出手時間，可以更有利的以手指及右腕來控制球的出手。這結果也符合結城昭二(1996)的建議，外線跳投最重要是手腕，利用腕力來增加球投射距離，若是以手肘、膝蓋和腰等部位來控制投籃的力道，非常不利於投籃，會使命中率下降。另外原地跳投，上肢關節角速度峰值大小為，腕>指>肘>肩，峰值出現順序為肘>肩、指>腕。下肢關節角速度峰值大小為踝>膝>髖，峰值出現順序為髖>膝>踝。

Hudson(1982) 指出優秀選手投籃時沒有轉移重心向前的現象，故有較佳的穩定性。而技能較差的選手，重心移轉較多，所以穩定性比較差，這可能是缺乏力量的關係。而優秀選手出手高度也較高。因為增加了上肢段關節角度 (一)增大肩屈曲角度 (二)增大手肘伸展角度。而提高出手高度對投籃有幫助，這將減少球和籃框的距離，減少出手角度，減少出手的速度和增加偏差容許值。

Duane(1993) 建議，要準確的投籃，雙腳要有穩固的支撐基礎並身體面向籃框”挺直”，以近垂直方式起跳，起跳後身體產生最小的水平位移。優秀選手投籃，身體有較小的水平位移和較小的向前動作。投籃者應該用最小的水平動作完成幾近垂直跳躍。

Satern(1988) 將投籃動作分期，讓投籃動作形成一種模式 (model)，讓運動教練、體育教師能有效觀察動作和評量投籃表現。

一、準備期：動作開始到最低蹲姿

- (一) 手肘彎屈。
- (二) 保持球貼近身體。
- (三) 保持手肘於球正下方。

二、動作期：膝伸展開始到球出手

- (四) 提高出手點。
- (五) 上臂接近垂直。
- (六) 保持軀幹直立。
- (七) 出手時，手肘位於球的正下方。

三、隨球動作：從球出手到腳落地

- (八) 隨球動作中增加手腕屈曲。
- (九) 讓球後旋。
- (十) 讓身體一點點水平移動。

第三節 投籃距離與跳投運動學的相關研究

一、投籃距離與出手速度、出手角度

國內外研究長距離投籃對跳投影響，顯示出手球速隨投籃距離而增加。Miller 與 Bartlett (1993) 研究大學球員不同距離跳投球速，隨著投籃距離增加，出手球速也隨之增加，而且在長距離 5.49 公尺外的出手球速為 6.24m/s，達到顯著差異。球出手角度隨著投籃距離增加，角度也隨之增加，但未達到顯著差異，如表 2-2。Miller 與 Bartlett (1996) 再針對 15 名的前鋒、中鋒、後衛作不同距離跳投，球速皆隨距離而增加，且後衛在 6.4 公尺投籃出手球速又更為快速，不僅達到顯著差異，數值更達到 8.39m/s，表示後衛長距離出手力量大、動作迅速。後衛、前鋒、中鋒皆隨著投籃距離增加，出手角度有減小的趨勢。中鋒在長距離 6.4 公尺投籃，出手角度比前鋒、後衛小，角度為 48 度，如表 2-3。

表 2-2 男子在三種距離跳投出手球速、角度比較分析表

距離	<3.66 公尺	3.66-5.49 公尺	>5.49 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
出手球速(m/s)	3.04(0.65)	4.41(0.7)	6.24(0.80)*
出手角度(deg)	48.8(10.1)	47.8(5.82)	51.9(5.50)

* $p < .05$

(Miller & Bartlett, 1993)

表 2-3 不同進攻位置球員在三種距離的出手球速、角度比較分析表

距離	2.74 公尺	4.57 公尺	6.4 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
出手球速(m/s)			
後衛	5.68(0.48)	6.27(1.25)	8.39(0.49)*
前鋒	5.27(0.52)	6.28(0.57)	7.36(1.28)
中鋒	5.71(0.29)	6.41(0.67)	7.68(1.40)
出手角度(deg)			
後衛	55(3)	52(6)	50(4)
前鋒	52(6)	52(6)	50(7)
中鋒	53(7)	54(3)	48(7)
* $p < .01$		(Miller & Bartlett,1996)	

Elliott 與 White (1989) 比較分析 10 名澳洲 Perth League competition 女子球員在 4.225 公尺和 6.25 公尺的跳投動作。在 6.25 公尺跳投的球速為 7.9m/s，與 4.225 公尺的球速達到顯著差異。出手角度則不因距離而改變，如表 2-4。Elliott (1992) 再進一步做男、女跳投的比較，以 4.225 公尺、5.25 公尺、6.25 公尺為跳投，結果男、女出手球速皆隨投籃距離而增加，且在 6.25 公尺跳投球速，皆達到顯著差異，如表 2-5。故三分球 6.25 公尺是屬於長距離投籃，出手球速已達到顯著差異，故要施加更多的力量來增加球速。男、女在長距離跳投 6.25 公尺，出手角度有減小的趨勢。

表 2-4 女子二種距離跳投的出手球速、角度比較分析表

距離	4.225 公尺	5.25 公尺
	M (SD)	M (SD)
出手球速(m/s)	6.6(0.4)	7.9(0.30)*
出手角度(deg)	52.8(4.1)	52.1(3.7)

* $p < .05$ (Elliott & White,1989)

表 2-5 男、女子三種距離跳投的出手球速、角度比較分析表

距離	4.225 公尺	5.25 公尺	6.25 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
男子			
球速(m/s)	7.1(0.5)	7.5(0.4)	8.2(0.5)*
出手角度(deg)	45(4)	47(6)	44(5)
女子			
球速(m/s)	6.9(0.5)	7.3(0.5)	8.0(0.7)*
出手角度(deg)	49(7)	50(5)	48(6)

* $p < .05$ (Elliott,1992)

二、投籃距離與跳投動作運動學的變化

Elliott 與 White (1989)，發現不同距離投籃，出手時的軀幹角度都接近垂直，不因距離改變而造成軀幹傾斜，且下肢關節腕、膝、踝關節角度相似，動作差異主要來自於上肢，即長距離投籃所需要的球速主要是上肢動作的改變。當身體在下蹲階段時，手持球於胸前，上肢肩關節在 4.225 公尺投籃的角度比較大，其值為 31.9 度，在 6.25 公

尺投籃的角度比較小，其值為 16.6 度，達到顯著差異。在球出手時，在 4.225 公尺的肩關節角度達到 113.8 度，6.25 公尺出手時，肩關節角度達到 107.3 度。6.25 公尺投籃，上臂肩關節角度位移 90.7 度，4.225 公尺的肩關節角位移 81.9 度。即長距離投籃，以較大的肩關節運動角度範圍，來提升出手速度。再比較上肢關節速度，在遠距離 6.25 公尺投籃時，肩、肘、腕、手指數值皆有增加。且肘、腕、手指的速度達到顯著差異。這表示球出手時，上肢段末端速度對球速的增加有直接的影響，如表 2-6。

表 2-6 上肢關節線性速度(m/s)

距離	4.225 公尺	6.25 公尺
腕關節	2.8	3.1
肩關節	2.9	3.1
肘關節	3.6	4.7*
腕關節	5.3	6.6*
指關節	6.7	8.0*

* $p < .05$

(Elliott & White, 1989)

Elliott (1992)再進一步研究，以男女選手各 12 名為對象進行三種距離 4.225 公尺、5.25 公尺、6.25 公尺的跳投運動學比較，結果發現：

(一) 隨著投籃距離增加，立姿準備動作，兩腳間距有增加趨勢，且女子兩腳距離皆與男子達到顯著差異。雙腳的位置（一前一後）可以排

除起跳到出手的肩、軀幹和骨盆的旋轉。(二) 隨著投籃距離增加，下蹲動作的膝關節角度和髖關節的向下線性速度沒有明顯差異。(三) 比較男女跳投出手時機，發現隨著投籃距離增加，皆有提早出手投籃現象，相同距離的投籃，女子皆比男子出手時機提早，而且達到顯著差異。4.225 公尺的跳投，男子出手高度為 98%最大跳躍高度，女子出手高度為 91.5%最大跳躍高度。5.25 公尺的跳投，男子出手高度為 97.8%最大跳躍高度，女子出手高度為 88.3%最大跳躍高度。6.25 公尺的跳投，男子出手高度為 88.4%最大跳躍高度，女子出手高度為 77.2%最大跳躍高度。(四) 隨著投籃距離增加，男女起跳到落地的水平位移增加。在 6.25 公尺跳投，男子在水平位移為 35 公分，女子為 56 公分，男女水平位移達到顯著差異。再比較男子 4.225 公尺和 6.25 公尺的跳投，水平位移相差了 13 公分，達到顯著差異，如表 2-7。(五) 隨著投籃距離增加，下蹲時膝關節角度，男子為 121 度，女子為 123 度，符合 Bunn(1964)，建議膝關節屈曲角度 115 度到 120 度為有效率的下肢驅動力。(六) 男子跳投，肩關節角度隨著投籃距離增加有減少趨勢(4.225 公尺，90 度；5.25 公尺，86 度；6.25 公尺，62 度)。女子跳投，肩關節角度隨投籃距離增加而減少，在 6.25 公尺達到顯著差異(4.225 公尺，79 度；5.25 公尺，73 度；6.25 公尺，62 度)。(七) 投籃距離增加，男女跳投的身體垂直位移沒有明顯改變，男子平均跳躍高度為 33 公分，女子平均跳高度為 29 公分。

表 2-7 水平位移與出手高度百分比

距離	4.225 公尺	5.25 公尺	6.25 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
身體水平位移(cm)			
男子	22(8) ^{*+}	34(9) ⁺	35(10) ⁺
女子	38(12) [*]	47(14) ^{**}	56(14)
出手高度百分比(%)			
男子	98(3.6) ⁺	97.8(3.9) ⁺	88.4(5.8) ^{*+}
女子	91.5(5.1)	88.3(6.4)	77.2(11.8) [*]

* 數值顯著不同於其它

* $p < 0.5$

** 數值顯著不同於 6.25 公尺

(Elliott, 1992)

⁺ 男子數值顯著不同於女子

Miller 與 Bartlett (1993)以十五名大學籃球隊員為研究對象，分成三組，進行三個距離的跳投動作分析比較。第一組為近距離 3.66 公尺，第二組為中距離 3.66 公尺至 5.49 公尺，第三組為長距離 5.49 公尺以上。其結果為：（一）投籃距離增加所需要的球速，是源自於增加投籃手臂肘關節角速度和增加身體向前的重心速度。（二）促進起跳的身體重心速度方面，踝關節角速度比膝關節角速度有較大的貢獻，如表 2-8。（三）立姿準備動作時會旋轉身體的肩／髖軸，如圖 2-5，同時投籃側的腳在前方（右手投籃，右腳在前），促進站立的穩定性，如表 2-9。（四）隨著投籃距離增加，身體跳躍高度和出手的

高度隨之遞減。(五) 近距離投籃出手時機接近身體跳躍的最高點，但長距離投籃則身體尚未到達跳躍的最高點，球就出手，如表 2-10。

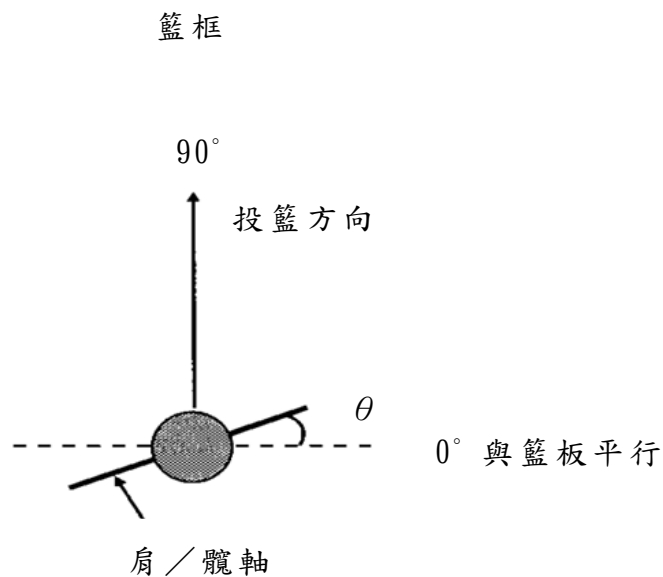


圖 2-5 投籃俯視圖

表 2-8 距離與起跳的下肢關節角速度

距離	<3.66 公尺	3.66 公尺-5.25 公尺	>5.49 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
右膝關節 (rad/s)	3.12(1.5)	3.69(3.7)	4.38(1.1)
左膝關節 (rad/s)	3.03(1.3)	3.66(2.5)	4.26(0.8)
右踝關節 (rad/s)	4.28(1.8)	4.77(4.5)	3.71(0.7)
左踝關節 (rad/s)	4.44(1.9)	5.02(1.6)	4.46(0.9)

(Miller & Bartlett, 1993)

表 2-9 距離與肩/腕軸角度

距離	<3.66 公尺	3.66 公尺-5.25 公尺	>5.49 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
運動參數(deg)			
起跳時肩軸角度	12.9(26.9)	16.4(6.56)	22.5(6.52)
出手時肩軸角度	15.0(8.50)	28.9(9.78)	24.9(11.4)
起跳時腕軸角度	12.6(23.9)	9.90(19.6)	23.8(6.77)
出手時腕軸角度	8.16(15.0)	16.3(11.3)	25.8(8.79)

0°=與籃板平行

(Miller& Bartlett,1993)

表 2-10 距離與跳躍高度

距離	<3.66 公尺	3.66 公尺-5.25 公尺	>5.49 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
最大跳躍高度(m)	0.43(0.11)	0.39(0.11)	0.35(0.10)
出手高度(m)	0.42(0.12)	0.38(0.12)	0.31(0.11)
出手高度百分比(%)	97.7	97.4	88.6

(Miller& Bartlett,1993)

Miller 與 Bartlett (1996) 再研究十五名大學籃球隊員，分成前鋒、後衛、中鋒三組，分別進行三個距離(2.74 公尺，4.57 公尺，6.4 公尺)的跳投動作分析。其結果為：(一)隨著投籃距離增加，前鋒、後衛出手時的肩、肘關節角速度增加，但中鋒因為比較不熟悉長距離投籃(6.4 公尺)，所以肩關節角速度反而減少，肘關節角速度也沒有增

加的現象，表 2-11。(二) 隨著投籃距離增加，身體的重心速度也增加，投籃者利用身體往前的重心速度產生動能幫助投籃，增加球速，表 2-12。(三) 長距離投籃出手時，中鋒軀幹與水平為 77 度，比較前傾。而且隨投籃距離增加，肩關節角度減小，即中鋒長距離投籃，手臂有抬不高的現象，影響出手高度。(四) 隨著投籃距離增加，投籃準備動作時，肩／腕軸有旋轉增加的現象，肩／腕軸旋轉有助於手肘、手腕、眼睛與籃框的對齊，表 2-13。

表 2-11 距離與出手的上肢關節角速度

距離	2.74 公尺	4.57 公尺	6.4 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
肩角速度(rad/s)			
後衛	4.2(1.9)	5.9(1.6)	7.5(1.8)
前鋒	3.6(1.6)	3.6(1.7)	3.6(1.8)
中鋒	3.6(1.7)	4.5(2.2)	3.9(1.4)
肘角速度(rad/s)			
後衛	11.3(2.9)	13.8(2.3)	15.8(3.6)
前鋒	9.0(3.1)	10.9(2.2)	13.6(3.2)
中鋒	9.4(2.3)	11.8(2.9)	11.1(0.8)

(Miller& Bartlett,1996)

表 2-12 距離與出手身體重心速度

距離	2.74 公尺	4.57 公尺	6.4 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
出手重心速度(m/s)			
後衛	0.02(0.75)*	1.00(1.10)	1.50(0.72)
前鋒	0.75(0.28)	0.77(0.45)	1.22(0.56)
中鋒	0.81(0.60)	1.29(0.53)	1.52(0.37)
* $p < .01$		(Miller& Bartlett,1996)	

表 2-13 距離與肩軸旋轉角度

距離	2.74 公尺	4.57 公尺	6.4 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
起跳肩軸角度(deg)			
後衛	9(6)	14(3)	15(6)
前鋒	20(4)	28(5)	32(9)
中鋒	4(18)	19(9)	24(3)
出手肩軸角度(deg)			
後衛	16(12)	21(10)	18(7)
前鋒	23(6)	29(8)	34(13)
中鋒	23(14)	21(4)	23(3)
0°=與籃板平行		(Miller& Bartlett,1996)	

國內許立德(2005)以 12 名大學甲組籃球校隊選手為研究對象，進行四種距離的跳投(2.25 公尺、4.225 公尺、6.25 公尺、8.25 公尺)。結果發現：(一) 隨著投籃距離的增加，下肢關節下蹲時的最大角速度皆未達顯著差異，故投籃者主要以上肢動作來增加所需之球速，而出手瞬間上肢各關節角度與距離之相關皆未達顯著，顯示距離不同不會影響投籃者出手瞬間的上肢伸展型態。(二) 出手瞬間的重心速度與距離成顯著正相關，顯示選手有利用身體的重心速度來增加投籃距離的現象。(三) 隨著投籃距離增加，投籃者出手時機提早，且身體逐漸前傾，以縮短出手點至籃框間的距離。

第四節 跳躍投籃動力學相關研究

跳躍能力和籃球運動關係非常密切，垂直跳的好壞往往也會影響籃球運動比賽的表現，如搶籃板球、封阻蓋火鍋、跳投...等。而籃球跳投又是最常用的進攻得分方式，所以球員跳的愈高，出手高度愈高，自然的就佔了進攻優勢。籃球跳投的下肢動作不外乎直膝垂直跳(CMJ)，屈膝垂直跳(SJ)兩種，而這兩個跳躍動作是否有差異存在呢？

洪彰岑(1997)就探討了直膝垂直跳和屈膝垂直跳運動學的差異。指出兩種跳躍動作在關節的活動順序皆是由身體近端的關節傳向身體遠端的關節，亦即，角速度最大值在各個關節出現的時間依序是髖關節>膝關節>踝關節，關節工作時間的長短主要是受到身體結構所影響，而與身高、體重或肌力的大小無明顯關係。另外透過肌肉本身的牽張反射作用及彈性能的儲存，使得直膝垂直跳能夠獲得一個比屈膝垂直跳更大的衝量，而促使其跳得更高。

陳錦偉(2007) 探討優秀籃球選手在5種不同距離（4、5、6、7、8公尺）跳投時，地面反作用力的所產生的變化，其結果為：（一）不同距離跳投之三維反作用力峰值方面隨同距離增加，前後分力分別從體重0.0979 倍增加到體重0.4013 倍。左右分力分別從體重0.0579 倍增加到體重0.1836 倍。上下（垂直）分力分別從體重1.7304 倍增加到體重2.4136倍。（二）不同距離跳投之上下、左右、前後分力間之

差異。不同距離跳投之前後地面反作用力峰值各距離間達到顯著差異，隨著距離的增加前後地面反作用力逐漸增加。不同距離跳投之左右地面反作用力峰值各距離間達到顯著差異，隨著距離的增加左右地面反作用力峰值逐漸增加。不同距離跳投之上下（垂直）地面反作用力峰值各距離間達到顯著差異，隨著距離的增加上下地面反作用力峰值逐漸增加。

何文祥(2002)研究10名高中男子籃球選手在三種不同距離(2.74公尺、4.54公尺、6.25公尺)跳投的地面垂直反作用力，其結果為：三分線跳投(6.25公尺)的地面垂直反作用力是2.47倍體重(BW)，小於二分線(4.54公尺)的2.78倍(BW)，表示球員在三分線外跳投時，比在罰球線附近跳投使用更多的軀幹與上肢力量。

許立德(2005)研究不同距離跳投的垂直與水平衝量。其中垂直淨衝量亦可用來預測身體離地後垂直位移的程度。在短距離2.25公尺處投籃之垂直淨衝量顯著大於中距離4.25公尺及長距離6.25公尺，反而8.25公尺與各距離間則未達顯著差異。水平衝量可判斷身體離地，向前或向後的程度，在2.25公尺和4.25公尺的水平淨衝量無顯著差異。但在4.25公尺、6.25公尺、8.25公尺間，水平淨衝量值達到顯著差異。水平衝量和距離之相關值皆達顯著，可發現不同距離間，下肢在前後力量使用上逐漸有向前的趨勢，表2-14。

表 2-14 不同距離動作期間身體垂直淨衝量及水平淨衝量

距離	2.25 公尺	4.25 公尺	6.25 公尺	8.25 公尺
	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)
垂直淨衝量(N · S)	137.1 ^a (47.8)	89.2 ^b (49)	98.2 ^b (39.3)	116.3 ^{ab} (41.8)
水平合衝量(N · S)	4.1 ^a (13.6)	7.6 ^a (9.3)	29.8 ^b (17.1)	64.8 ^c (17.5)

* $p < .05$; a, b, c 代表事後比較之組別

(許立德, 2005)

第五節 文獻總結

綜合上所述，歸納出文獻仍有不同見解待釐清之處：

- 一、遠距離跳投和一般跳投動作要領是有差異存在，但大部分運動技術分析的書籍較少著墨於遠距離三分線跳投動作要領，以致沒有清楚區別出兩項動作要領和箇中差異。
- 二、有文獻認為長距離跳投，應該善用力臂，以手肘伸展來扮演對球施力的主要角色，近距離投籃用較小的手臂動作並強調手腕部位來投籃。也有不同見解認為，外線跳投最重要是手腕，利用腕力來增加球投射距離，若是以手肘、膝蓋和腰等部位來控制投籃的力道，非常不利於投籃，會使命中率下降。
- 三、相關文獻結果顯示出手角度有隨著投籃距離增加有減小的趨勢，但也有研究結果指出，隨著投籃距離增加投籃的出手角度反而有增大的現象。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

以國立臺灣師範大學籃球隊公開男一級球員 8 名，且在隊中擔任後衛或前鋒角色者為本實驗受試對象，進行三種距離原地跳投動作的生物力學研究。所有受試者在三個月內均無影響跳投動作的運動傷害，並於受測前先告知受試者實驗流程和注意事項，再填寫受試同意書和基本資料，如表 3-1。

表 3-1 受試者基本資料

年齡 (age)	身高 (height)	體重 (weight)	球齡 (year)
21.5 (1.20)	183.75 (6.36)	80.5 (5.29)	9.63 (1.77)

註：平均數(標準差)

第二節 實驗時間與地點

地點：國立臺灣師範大學公館校區體育館

日期：中華民國 100 年 5 月 18、19、20 日

第三節 實驗儀器設備

本研究的實驗設備如下：

一、資料收集部分

(一)使用 10 台 Vicon MX-13⁺ 紅外線攝影機，擷取頻率為 250Hz，來收集受試者跳投動作相關資料。



(二) Kistler 測力板(含放大器)，面積為長 90cm*寬 60cm，擷取頻率為 1000Hz，來收集受試者跳投動力相關資料。



(三) FASTEC 高速攝影機乙台，架設於測力板右側 15 公尺處，垂直於投籃方向，擷取頻率為 125Hz，收集受試者側面投籃出手動作和籃球離手飛行路徑。

(四) 桌上型電腦乙台。

(五) 100cm*100cm 比例板。

(六) 標準活動式籃球架乙座(籃框高度 305 公分，籃框直徑 45 公分)。

(七) MOLTEN OFFICIAL FIBA GF7 籃球兩顆。

二、資料分析

(一) Kwon 3D 進行籃球離手後的速度、角度運算。

(二) 以 Vicon Nexus 1.4.112 軟體，進行反光球補點。

(三) Visual3D Student Edition v4.95.0 計算運動參數。

(四) 以 SPSS 19.0 版軟體進行統計分析。

(五) 以 Microsoft Office Excel 2007 版計算資料數據。

三、測量工具和其他

(一) 捲尺、皮尺、寬膠帶、電源延長線。

(二) 反光球數顆。

第四節 實驗場地佈置

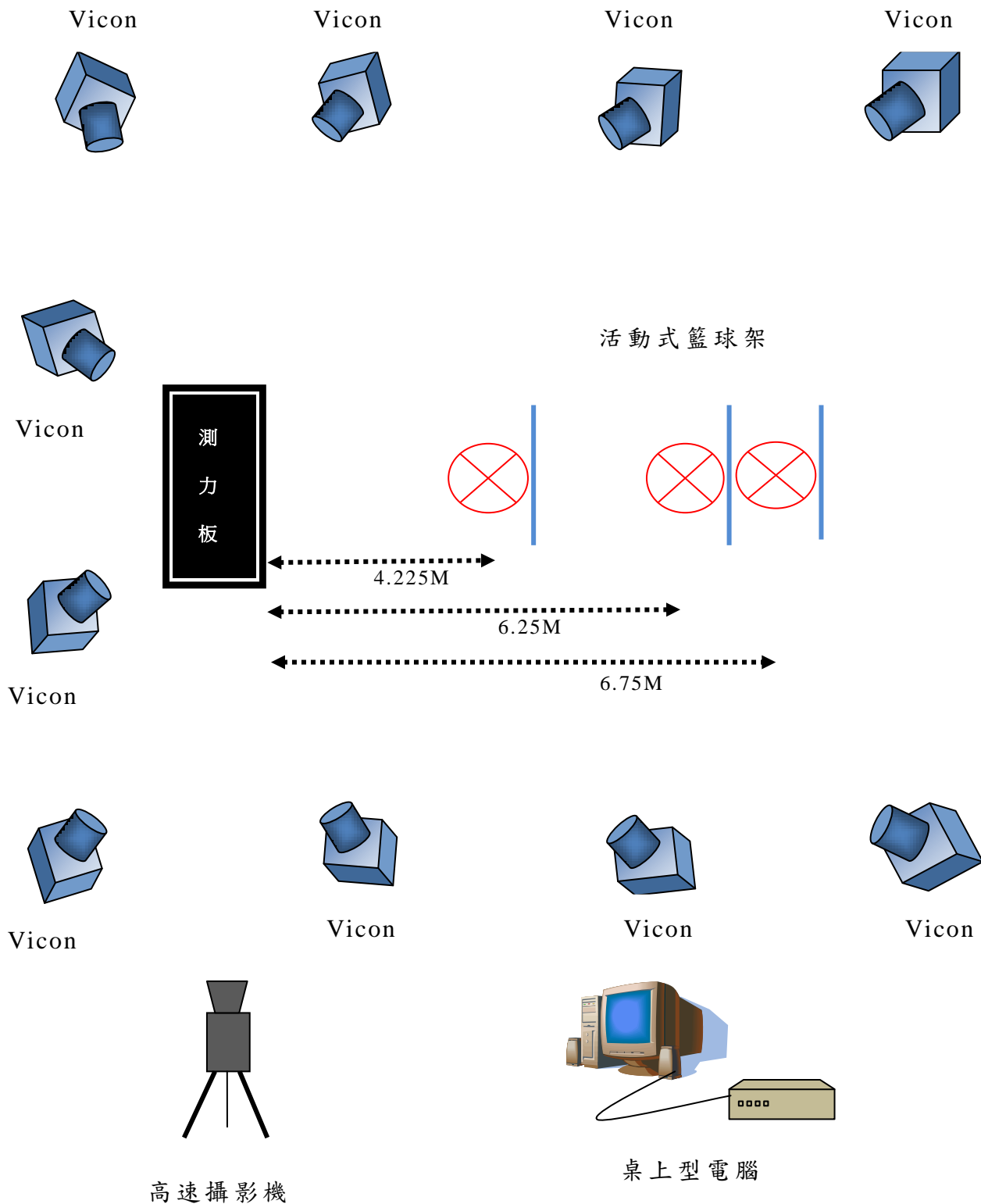


圖 3-1 實驗場地佈置圖

第五節 實驗方法與步驟

本實驗準備和操作流程，分為；一、實驗安排，二、動作要求，三、準備工作，四、正式實驗與投籃距離的調整。

一、實驗安排：

要求受試者站在測力板上，以平衡次序法安排在三種不同距離(罰球線 4.225 公尺，舊制三分線 6.25 公尺，新制三分線 6.75 公尺)進行原地跳投。實驗正式開始，受試者以原地跳投將球投出，若球空心中籃即為成功。受試者投出的每一球結果均予詳細記錄，直到成功，換下一個投籃距離，完成三種距離即換下一位受試者。

二、動作要求

本實驗的投籃動作為原地跳投，受試者持球站在測力板上，屈膝跳躍，在空中以單手投籃方式將籃球投出。

三、準備工作：

- (一) 拍攝比例板、埋設及校正測力板，以 14mm L-Frame 設定空間座標系統，並以 390mm 3-Marker Wand 進行 Vicon 攝影機校正。
- (二) 請受試者填寫個人基本資料及受試者同意書，同時告知本研究目

的及受試者需注意配合事項，實驗過程也同意可隨時退出放棄。

- (三) 請受試者換上緊身褲，開始黏貼反光球。
- (四) 安排 15 分鐘的熱身，含伸展操及跳投的試投。
- (五) 以皮尺再確定測力板前緣與籃框的距離，罰球線 4.225 公尺，舊制三分線 6.25 公尺，新制三分線 6.75 公尺。
- (六) 拍攝比例板，以作為計算相關運動學參數的實際長度單位。

四、正式實驗與投籃距離的調整

- (一) 請受試者持球站在測力板上，先”預備”約 2-3 秒後，聞”開始”即以單手原地跳投的方式出手。
- (二) 動作資料擷取時間為聞”預備”到跳投動作”落地”結束。
- (三) 當受試者完成第一個距離的投籃，即請工作人員立即調整活動籃球架的位置到第二個指定距離，並重新丈量到投籃距離是否符合籃球規則，第三個指定距離亦同。

第六節 實驗資料處理與分析

本研究受試者反光球黏貼位置是依據 Plug-in-Gait 的方式，如圖 3-1，固定於身體肢段上，再利用 10 台 Vicon 紅外線攝影機進行三種距離的跳投動作資料收集。並以 Kwon 3D、Nexus1.4 和 Visual 3D 軟體進行運動學和動力學資料處理分析。

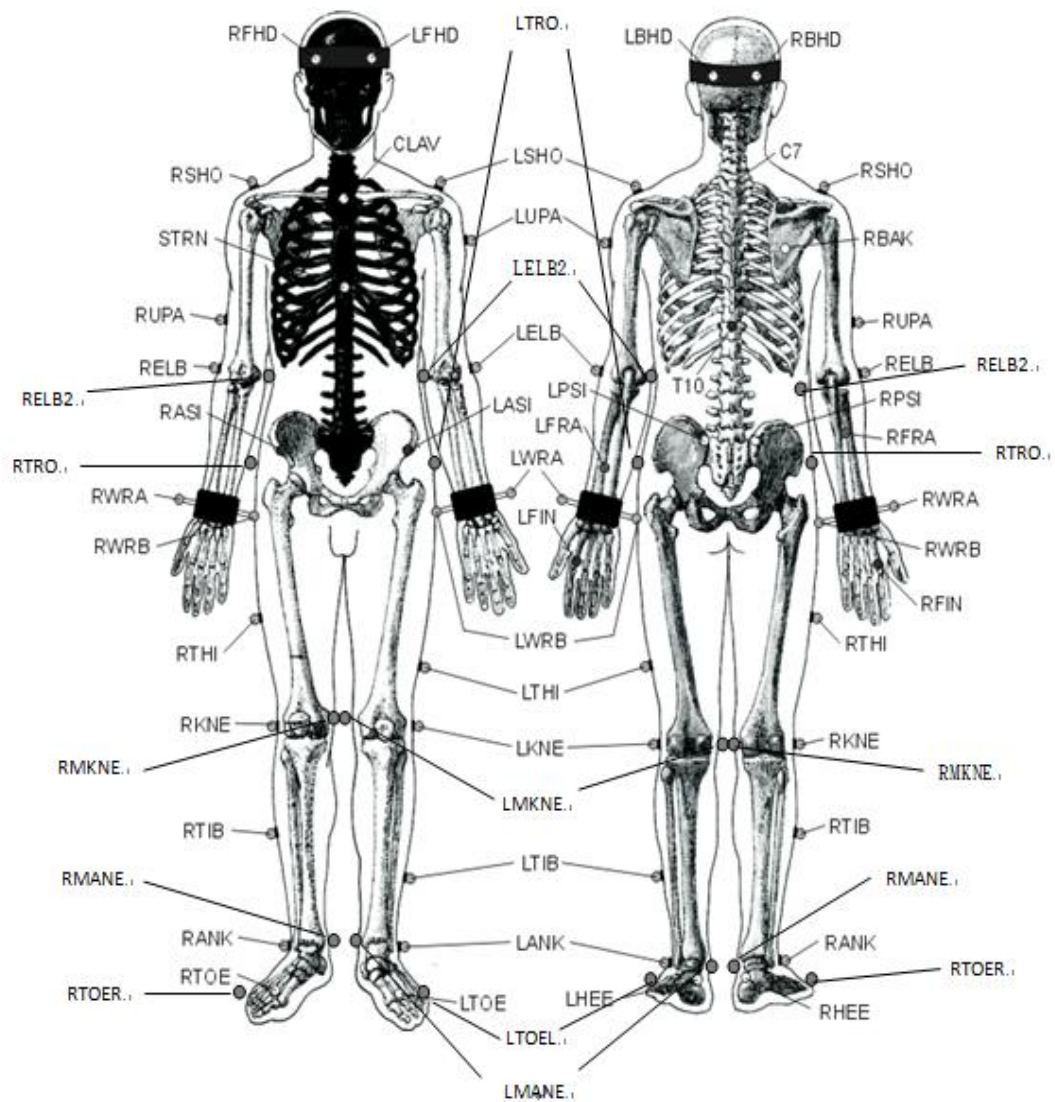


圖 3-2 Plug-in-Gait 反光球黏貼位置圖

編號	代號	位置	編號	代號	位置
1	LFHD	額頭左前	26	LPSI	左腸骨後上棘
2	RFHD	額頭右前	27	RPSI	右腸骨後上棘
3	LBHD	頭後左側	28	LTHI	左大腿外側下部1/3處
4	RBHD	頭後右側	29	LKNE	左膝外側
5	C7	第七頸椎棘突	30	LTIB	左小腿外側下部1/3處
6	T10	第十胸椎棘突	31	LANK	左踝外側
7	CLAV	胸鎖關節	32	LHEE	左後側跟骨
8	STRN	胸骨	33	LTOE	左第二跖骨前端
9	RBAK	右肩胛骨中段	34	RTHI	右大腿外側上部1/3處
10	LSHO	左肩索關節	35	RKNE	右膝外側
11	LUPA	左肱骨外側上部1/3處	36	RTIB	右小腿外側上部1/3處
12	LELB	左肱骨上髁外側	37	RANK	右踝外側
13	LFRA	左前臂下部1/3處	38	RHEE	右後側跟骨
14	LWRA	左手腕橈骨莖狀突外側	39	RTOE	右第二跖骨前端
15	LWRB	左手腕尺骨莖狀突外側	40	LELB2	左肱骨上髁內側
16	LFIN	左第二掌骨末端	41	RELB2	右肱骨上髁內側
17	RSHO	右肩鎖關節	42	LTRO	左大轉子
18	RUPA	右肱骨外側下部1/3處	43	RTRO	右大轉子
19	RELB	右肱骨上髁外側	44	LMKNE	左膝內側
20	RFRA	右前臂上部1/3處	45	RMKNE	右膝內側
21	RWRA	右手腕橈骨莖狀突外側	46	LMANK	左踝內側
22	RWRB	右手腕尺骨莖狀突外側	47	RMANK	右踝外側
23	RFIN	右第二掌骨末端	48	LTOEL	左第五跖骨前端外側
24	LASI	左腸骨前上棘	49	RTOER	右第五跖骨前端外側
25	RASI	右腸骨前上棘			

表 3-2 Plug-in-Gait 反光球黏貼位置

一、關節角度定義

籃球跳投動作主要探討的身體關節分為上肢的右腕關節、右肘關節、右肩關節和下肢的髖關節、右／左膝關節和右／左踝關節。各角度定義分別為：右腕關節角度為 Right hand 與 Right forearm 形成的夾角，在矢狀面屈曲為正值，伸展為負值；右肘關節角度為 Right forearm 與 Right upperarm 形成的夾角，在矢狀面屈曲為正值，伸展為負值；右肩關節角度為 Right upperarm 與 Trunk 形成的夾角，在矢狀面屈曲為正值；髖關節角度為 Pelvis 與 Thigh 形成的夾角，屈曲為正值，伸展為負值；右／左膝關節角度為 R／L Thigh 與 R／L Shank 形成的夾角，在矢狀面屈曲為負值，伸展為正值；右／左踝關節角度為 R／L Shank 與 R／L Foot 形成的夾角，以屈足背為正值，蹠屈為負值。

二、運動學參數資料處理

- (一) 出手球速：受試者投籃出手，球速的計算方式是由離手瞬間的第一張影像和第三張影像間的位移距離和間隔的時間來計算。本研究兩張影像的間隔時間為 1/125 秒。
- (二) 出手角度：受試者投籃出手，由 Kown 3D 分別計算球的水平速度 V_x 和垂直速度 V_y ，再將 V_y/V_x 以 $\tan\theta$ 的反函數求得。

- (三) 最大離地高度和出手瞬間離地高度：以 Visual 3D 軟體進行計算後，依照重心的座標位置，求得最大離地高度和出手瞬間的離地高度。
- (四) 重心速度和水平位移：分別以 Visual 3D 軟體計算出跳投動作各時間點重心座標、重心位移、重心速度和起跳到著地期間重心水平位移。
- (五) 出手高度百分比(%)：以重心高度為基準，將球出手時的重心瞬間高度除以動作期重心最大高度。

三、動力學參數資料處理

由測力板所測得的地面反作用力資料，利用 Visual3D 軟體進行資料分析，以 Low-Pass filter 濾波(截止頻率為 10Hz)後，再進行動力學分析。

第七節 統計方法

本研究是以 SPSS 19.0 版本軟體進行統計分析，並以無母數弗里曼二因子等級變異數分析(Friedman two-way analysis of variance by ranks)檢定相依樣本的三種距離跳投各參數差異的顯著性。新、舊制三分線跳投的各個運動參數的相關，再以皮爾遜積差相關(Pearson product-moment Correlation)進行計算，顯著水準設為 $\alpha=0.05$ 。

第肆章 研究結果

依據本研究目的，將實驗後的數據依運動學、動力學及比較新舊制三分線跳投運動參數的相關係數來呈現研究結果。分類描述如下，第一節、三種距離跳投的運動學結果；第二節、三種距離跳投的動力學結果；第三節、新舊制三分線跳投運動參數相關係數比較。

第一節 三種距離跳投的運動學結果

一、三種距離跳投出手速度和角度

球出手速度、角度相關數據如表 4-1。在 4.225 公尺、6.25 公尺、6.75 公尺的平均出手球速分別為 7.44 m/s，8.42 m/s，8.89 m/s。隨著投籃距離增加，平均球速亦隨之增加。尤其在 6.25 公尺和 6.75 公尺的平均出手球速皆與 4.225 公尺達到顯著差異，如圖 4-1。

在球出手角度方面，4.225 公尺出手角度為最大，在 6.75 公尺出手角度呈現最小。三種距離跳投出手角度雖未達顯著差異，但隨投籃距離增加，出手角度有減小的趨勢。

表 4-1 三種距離跳投籃球出手速度與角度摘要表

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
出手球速 (m/s)	7.44 (0.86)	8.42* (1.06)	8.89* (1.05)
出手角度 (deg)	51.76 (3.34)	49.72 (1.95)	48.13 (2.55)

* $p < .05$; 與 4.225 公尺達顯著差異

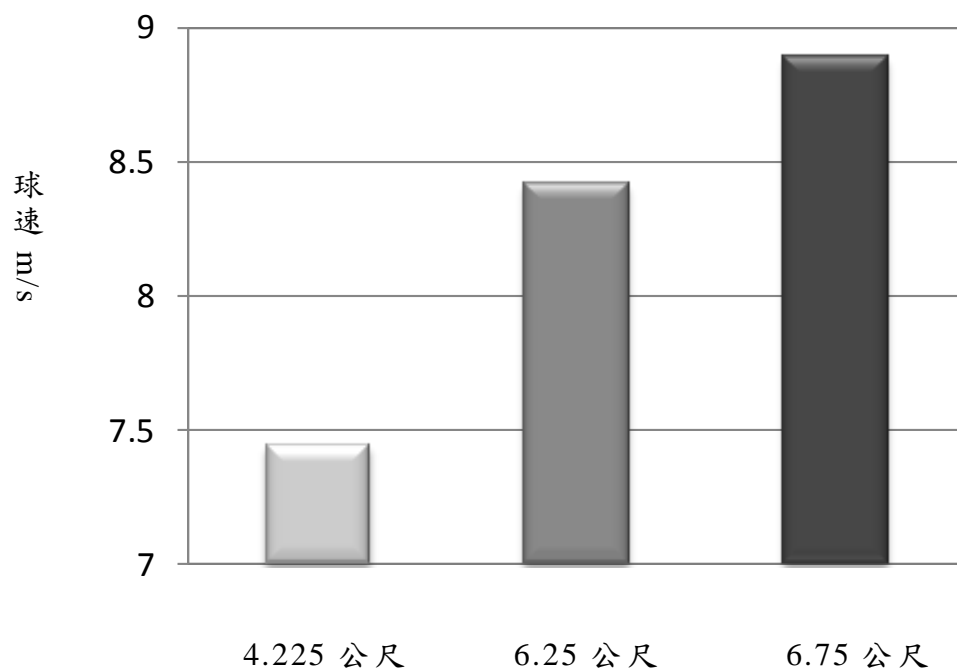


圖 4-1：三種距離跳投出手球速

二、三種距離跳投下蹲期身體重心最低點身體各關節角度

三種距離跳投下蹲期身體重心最低點的各關節角度沒有顯著差異，相關數據如表 4-2。若由圖 4-2 來看，三種距離的各關節角度圖形幾近重疊。唯肩關節角度有隨投籃距離增加的傾向，但未達顯著差異。

表 4-2 三種距離跳投下蹲期身體重心最低點身體各關節角度

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
腕關節角度 (deg)	192.89 (6.66)	191.38 (7.06)	191.80 (7.75)
肘關節角度 (deg)	67.67 (11.30)	65.87 (15.57)	66.15 (13.26)
肩關節角度 (deg)	50.66 (16.39)	56.54 (24.04)	62.65 (29.24)
髖關節角度 (deg)	129.87 (16.86)	131.09 (8.92)	130.27 (12.97)
右膝關節角度 (deg)	97.25 (15.85)	96.62 (15.31)	94.45 (17.15)
左膝關節角度 (deg)	96.03 (15.20)	95.44 (14.32)	94.13 (16.09)
右踝關節角度 (deg)	72.82 (6.73)	72.61 (8.14)	73.44 (6.58)
左踝關節角度 (deg)	78.42 (6.84)	77.16 (6.97)	77.61 (6.87)

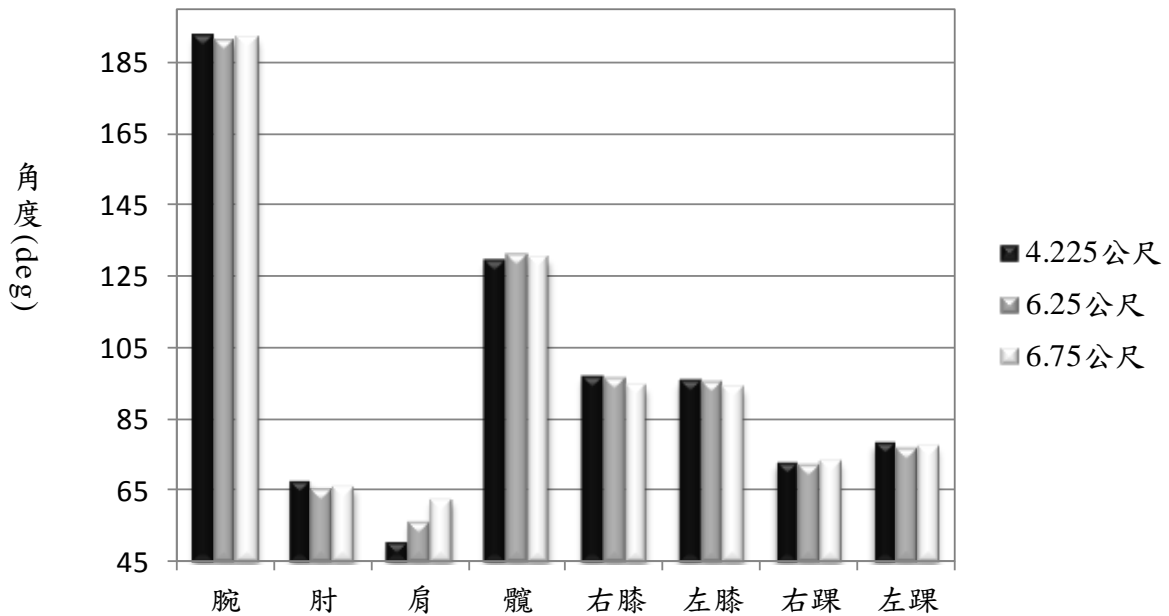


圖 4-2：三種距離跳投下蹲期身體重心最低點身體各關節角度

三、三種距離跳投球出手瞬間身體上肢各關節角度

出手瞬間的身體上肢關節角度與投籃動作型態息息相關。不同距離跳投，出手瞬間的上肢關節角度數據如表 4-3。其結果，身體同一關節角度不因投籃距離改變而有顯著差異。但將肘關節、肩關節、髖關節角度的數據相較，在 6.25 公尺和 6.75 公尺的數據比 4.225 公尺為大。故出手瞬間身體各關節角度雖未達到顯著差異，但隨著投籃距離增加，肘關節、肩關節、髖關節角度有增大的趨勢，如圖 4-3。

表 4-3 三種距離跳投球出手瞬間身體上肢各關節角度

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
腕關節角度 (deg)	175.78 (9.93)	176.85 (6.77)	175.33 (9.82)
肘關節角度 (deg)	137.64 (7.57)	143.05 (7.26)	144.6 (7.68)
肩關節角度 (deg)	122.66 (8.58)	125.89 (10.79)	125.57 (10.70)
髖關節角度 (deg)	171.17 (4.52)	172.92 (5.36)	173.51 (5.54)

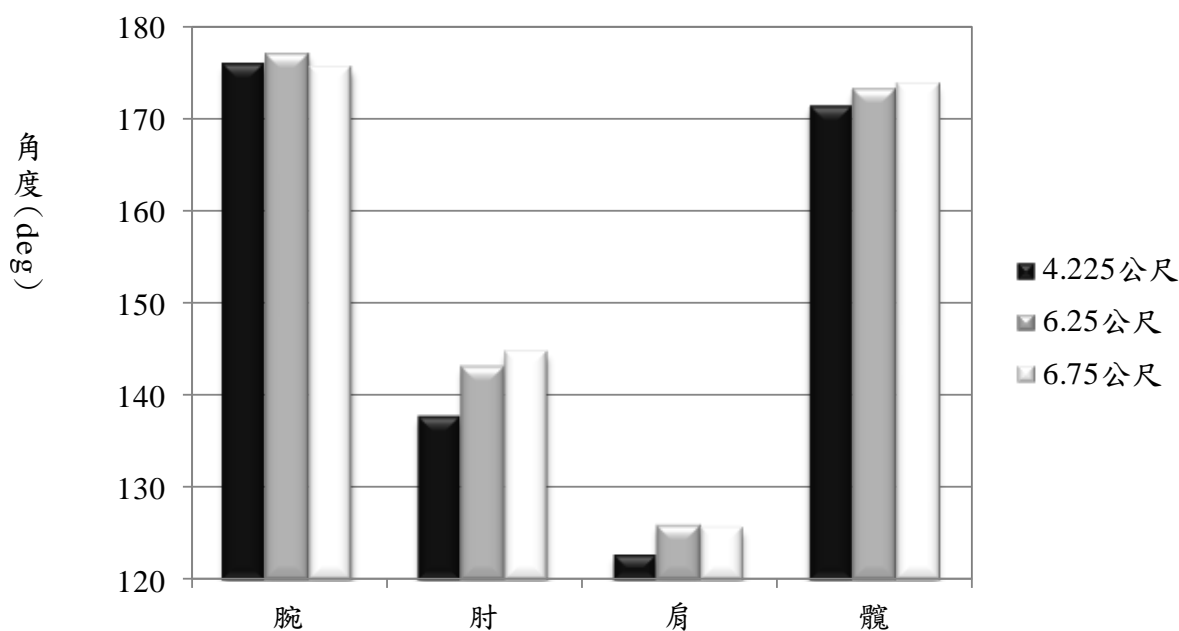


圖 4-3：三種距離跳投球出手瞬間身體上肢各關節角度

四、三種距離跳投推蹬-出手時期上肢關節角位移

三種距離跳投結果，推蹬-出手時期上肢關節角位移並沒有顯著差異存在，如表 4-4。然而，就單一跳投的動作結果而言，肘關節的角位移 > 肩關節角位移 > 腕關節角位移 > 腕關節角位移。再進一步比較三種距離的上肢關節角位移數據，發現 4.225 公尺跳投的肘關節角位移比另二種距離(6.25 公尺, 6.75 公尺)的數值為小，而肩關節角位移又比另二種距離(6.25 公尺, 6.75 公尺)的數值為大的現象，如圖 4-4。

表 4-4 三種距離跳投推蹬-出手時期上肢關節角位移

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
腕關節 角位移(deg)	17.11 (7.55)	15.18 (7.49)	18.19 (7.54)
肘關節 角位移(deg)	69.97 (11.74)	77.18 (14.76)	76.43 (16.35)
肩關節 角位移(deg)	72.00 (13.45)	69.35 (23.22)	66.12 (20.75)
腕關節 角位移(deg)	41.30 (13.70)	41.20 (10.14)	43.24 (14.26)

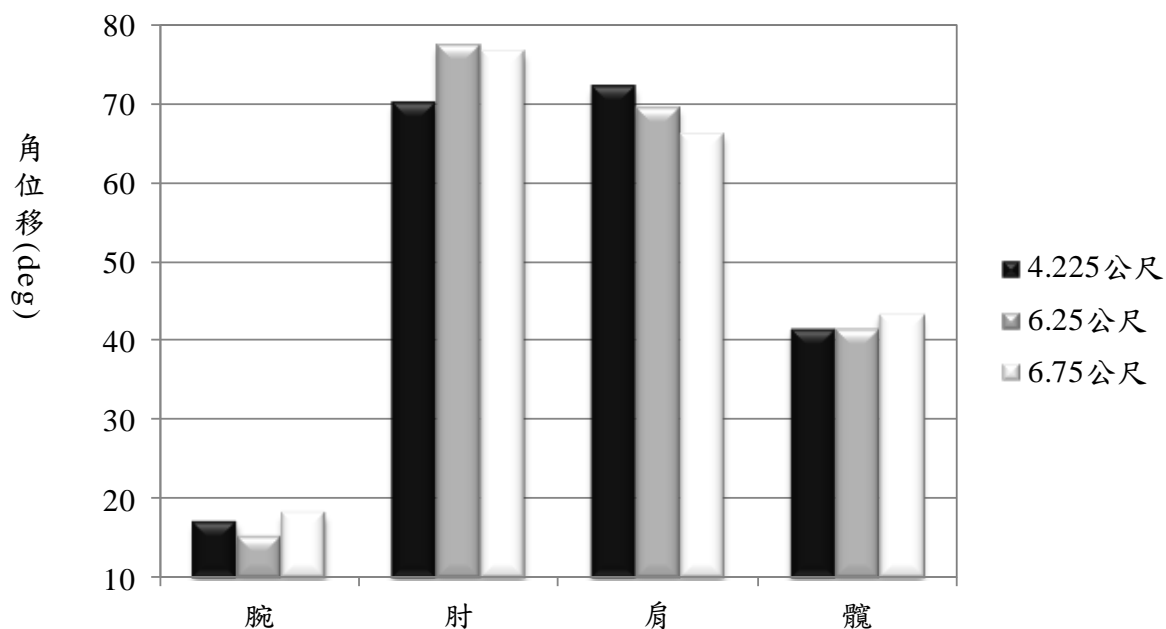


圖 4-4：三種距離跳投推蹬-出手時期上肢關節角位移

五、三種距離跳投球出手瞬間上肢關節角速度

球出手瞬間上肢關節角速度的數據如表 4-5。比較三種距離跳投出手的上肢關節角速度，發現 6.75 公尺與 4.225 公尺跳投的肩關節角速度達到顯著差異存在，其餘則沒有顯著差異，其數值皆為腕關節角速度 > 肘關節角速度 > 肩關節角速度。而 6.25 公尺與 6.75 公尺的上肢關節角速度值較為相近，4.225 公尺的上肢關節角速度則呈現比另二種距離(6.25 公尺, 6.75 公尺)的數值為小的現象，如圖 4-5。

表 4-5 三種距離跳投球出手瞬間上肢關節角速度

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
腕關節	1207.25	1324.71	1359.96
角速度(deg/s)	(272.05)	(327.55)	(277.85)
肘關節	690.67	799.90	810.03
角速度(deg/s)	(143.96)	(126.22)	(140.21)
肩關節	300.39	356.88	370.84*
角速度(deg/s)	(92.64)	(121.22)	(134.75)

* $p < .05$ ；與 4.225 公尺達顯著差異

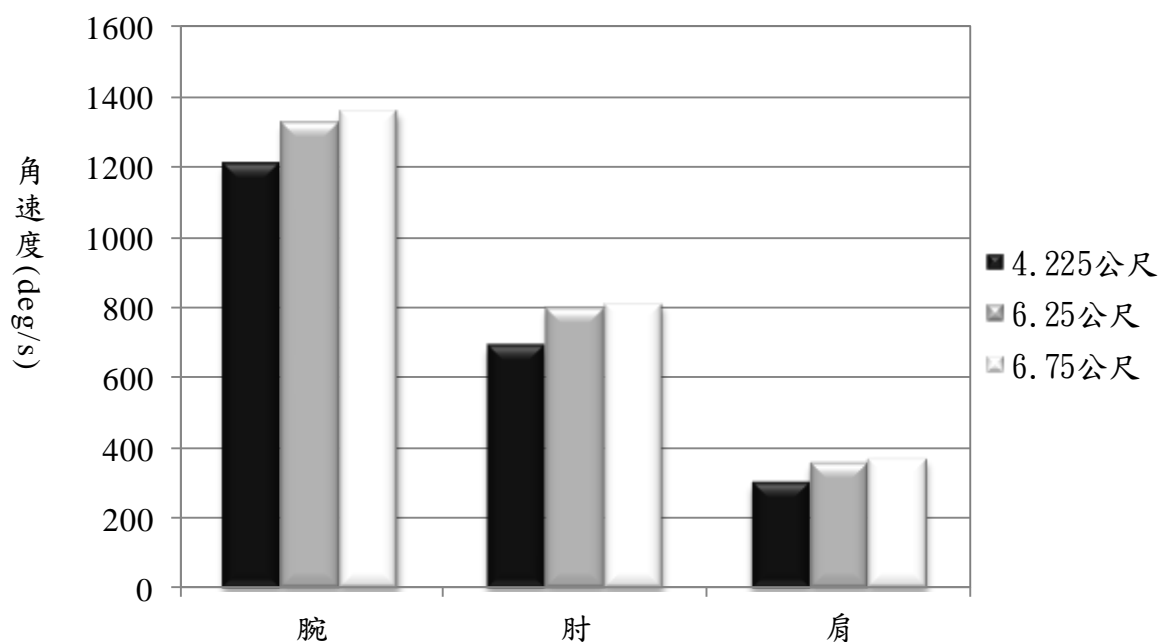


圖 4-5：三種距離跳投出手瞬間上肢關節角速度

六、三種距離跳投推蹬-出手時期身體各關節最大角速度

三種距離跳投的推蹬-出手時期身體各關節最大角速度值的數據如表 4-6 所示。在 6.75 公尺與 4.225 公尺跳投的肘關節最大角速度達到顯著差異。6.75 公尺和 6.25 公尺跳投皆與 4.225 公尺的肩關節最大角速度值達到顯著差異。6.75 公尺與 4.225 公尺跳投的髖關節最大角速度達到顯著差異。其餘身體各關節角速度數據則並未達到顯著差異存在，如表 4-4。就上肢關節最大角速度來看，仍是腕關節的最大角速度 > 肘關節最大角速度 > 肩關節最大角速度 > 髖關節最大角速度。而且隨著投籃距離增加，腕、肘、肩、髖關節的最大角速度值皆是 6.75 公尺 > 6.25 公尺 > 4.225 公尺，故上肢段關節最大角速度值有隨著投籃距離而增加的趨勢。

下肢關節最大角速度膝、踝關節的部分，亦呈現 6.75 公尺 > 6.25 公尺 > 4.225 公尺，有隨著投籃距離增加的現象。再以膝、踝關節最大角速度比較，在不同距離跳投，皆有踝關節大於膝關節的情況，如圖 4-6。

表 4-6 三種距離跳投推蹬-出手時期身體各關節最大角速度

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
腕關節	1207.25	1324.71	1359.96
(deg/s)	(272.05)	(327.55)	(277.85)
肘關節	791.33	900.40	926.44*
(deg/s)	(71.43)	(68.02)	(89.48)
肩關節	328.91	408.57*	418.52*
(deg/s)	(76.18)	(99.38)	(119.25)
腕關節	213.07	239.08	250.13*
(deg/s)	(84.14)	(101.74)	(108.36)
右膝關節	487.74	530.65	533.86
(deg/s)	(121.03)	(119.69)	(128.56)
左膝關節	488.45	523.33	526.46
(deg/s)	(115.91)	(116.91)	(126.37)
右踝關節	585.10	613.51	616.03
(deg/s)	(127.63)	(84.55)	(76.84)
左踝關節	595.73	648.88	650.05
(deg/s)	(108.83)	(101.00)	(104.40)

* $p < .05$; 與 4.225 公尺達顯著差異

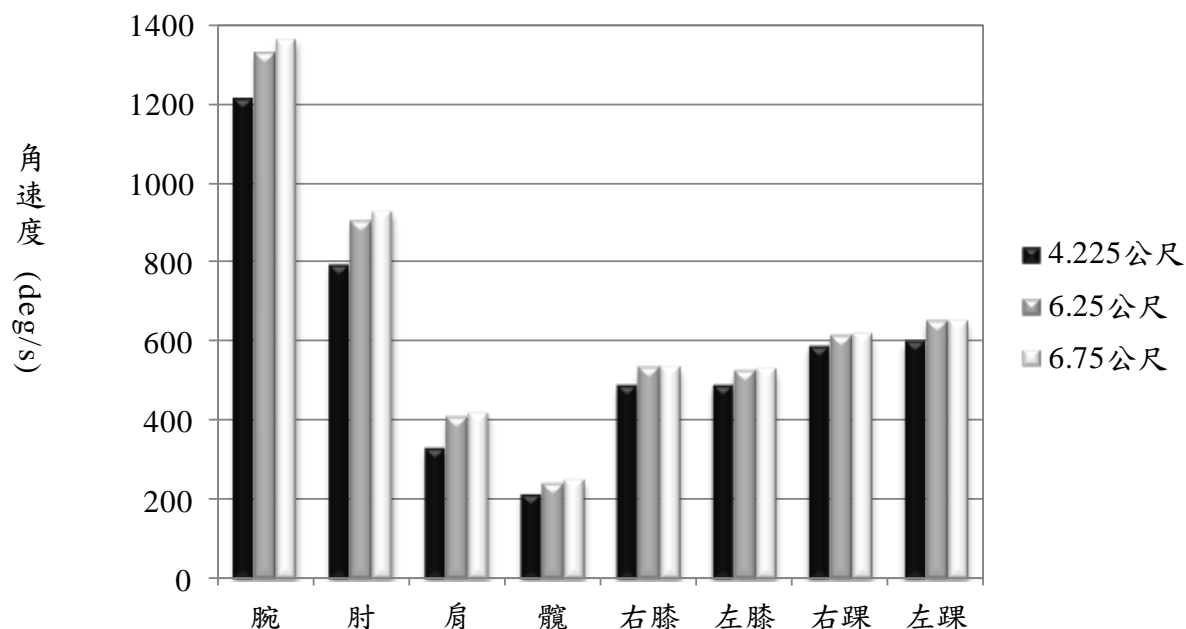


圖 4-6：三種距離跳投推蹬-出手時期身體各關節最大角速度

七、三種距離跳投起跳、出手的重心速度與角度

隨著投籃距離增加，起跳的重心速度有增加的趨勢，而且其數值為 6.75 公尺 (1.93m/s) > 6.25 公尺 (1.89m/s) > 4.225 公尺 (1.72 m/s)，但未達顯著的差異。而球出手瞬間的重心速度亦為 6.75 公尺 (0.74m/s) > 6.25 公尺 (0.61m/s) > 4.225 公尺 (0.30m/s)，在 4.225 公尺的跳投與 6.75 公尺、6.25 公尺二種距離的重心速度則有達到顯著的差異。起跳的重心角度方面，隨著投籃距離增加，則有減小的趨勢，其數值為 6.75 公尺 (80.7°) < 6.25 公尺 (81.98°) < 4.225 公尺 (86.93°)。而且在 4.225 公尺的跳投與 6.75 公尺、6.25 公尺二種距離的重心角度則有達到顯著的差異，如表圖 4-7。

表 4-7 三種距離跳投重心速度和角度

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
起跳重心速度 (m/s)	1.72 (0.49)	1.89 (0.46)	1.93 (0.50)
起跳重心角度 (deg)	86.93 (3.53)	81.98* (6.42)	80.7* (5.07)
出手重心速度 (m/s)	0.30 (0.17)	0.61* (0.30)	0.74* (0.28)

* $p < .05$; 與 4.225 公尺達顯著差異

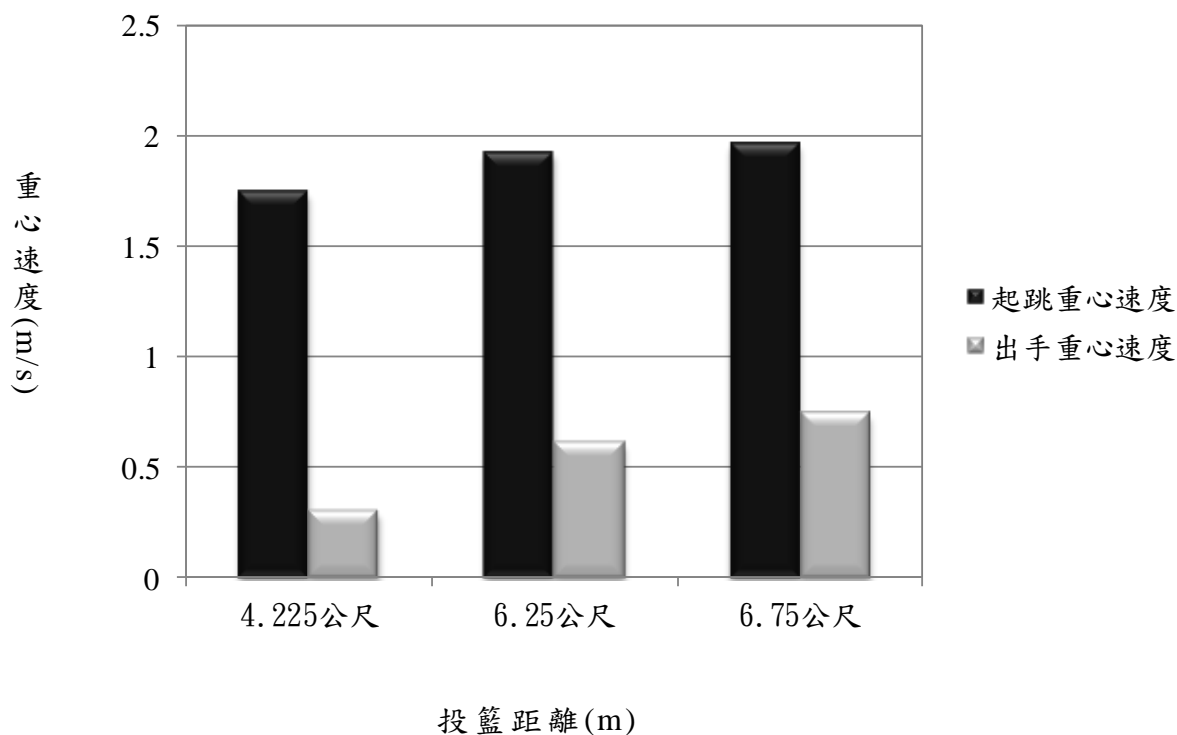


圖 4-7：三種距離跳投起跳、出手瞬間重心速度

八、三種距離下蹲期最大重心速度、起跳瞬間重心垂直(水平)速度

隨著投籃距離增加，起跳瞬間重心垂直速度並沒有顯著差異存在。起跳瞬間重心水平速度則有增加的趨勢，其數值為 6.75 公尺 (0.36m/s) > 6.25 公尺 (0.31m/s) > 4.225 公尺 (0.17m/s)。而且 6.75 公尺和 6.25 公尺兩種距離皆與 4.225 公尺的起跳瞬間重心水平速度達到顯著的差異性。

在下蹲期最大重心速度方面，則隨著投籃距離增加，下蹲速度也有增加的趨勢，其最大速度值為 6.75 公尺 (0.61m/s) > 6.25 公尺 (0.59m/s) > 4.225 公尺 (0.56m/s)，相關數據如表圖 4-8 所示。

表 4-8 三種距離跳投下蹲期最大重心速度、起跳瞬間重心垂直速度、起跳瞬間重心水平速度

距 離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
起跳瞬間重心垂直速度 (m/s)	1.71 (0.48)	1.89 (0.44)	1.85 (0.48)
起跳瞬間重心水平速度 (m/s)	0.17 (0.13)	0.31* (0.23)	0.36* (0.21)
下蹲期最大重心速度 (m/s)	0.56 (0.24)	0.59 (0.22)	0.61 (0.22)

* $p < .05$ ；與 4.225 公尺達顯著差異

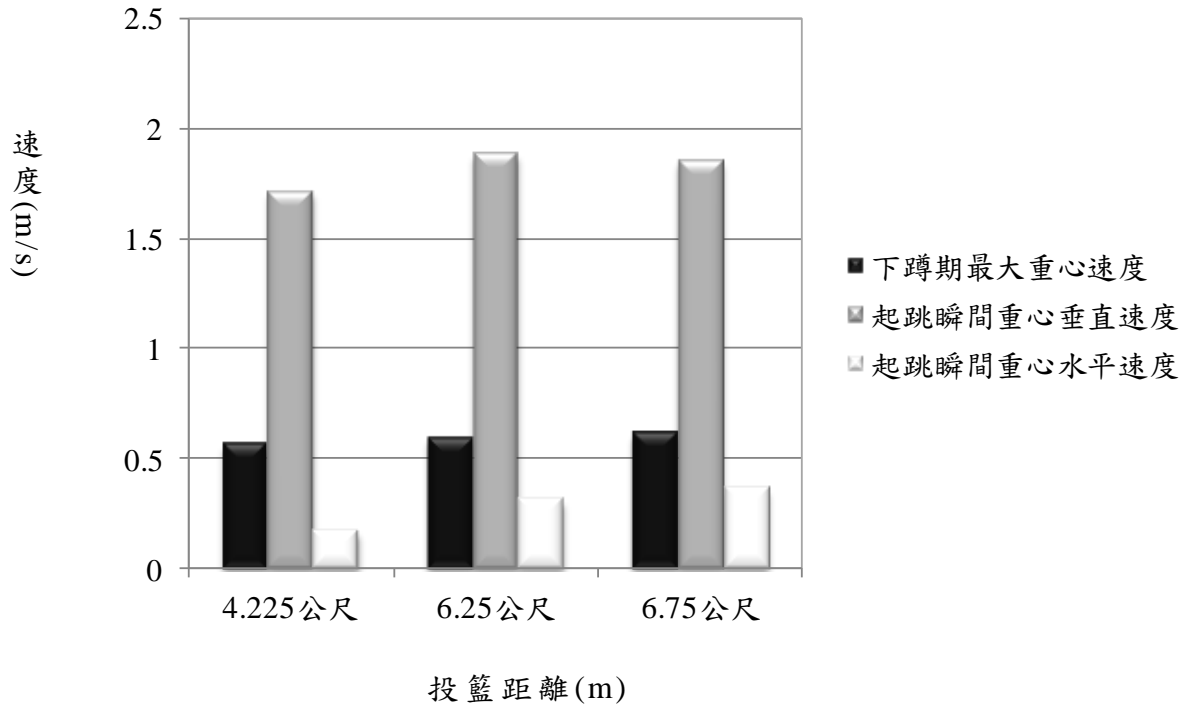


圖 4-8：三種距離跳投下蹲期最大重心速度、起跳瞬間重心垂直速度、起跳瞬間重心水平速度

九、三種距離跳投起跳-出手時間、重心垂直位移、重心水平位移與出手高度百分比

三種距離跳投，從起跳到出手的時間雖未達顯著差異，但有隨著投籃距離增加而減小的趨勢，即 6.75 公尺 (0.13s) < 6.25 公尺 (0.14s) < 4.225 公尺 (0.18s)。而重心的水平位移方面，隨著投籃距離而增加，其數值為 6.75 公尺 (0.32m) > 6.25 公尺 (0.27m) > 4.225 公尺 (0.15m)，且在 6.75 公尺與 4.225 公尺重心水平位移達到顯著的差異。

隨著投籃距離增加，出手高度百分比減小，其數值為 6.75 公尺 (89.50%) < 6.25 公尺 (92.10%) < 4.225 公尺 (97.14%)，相關數據如表圖 4-9。

表 4-9 三種距離跳投起跳-出手時間、重心垂直和水平位移、出手高度百分比

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
起跳到出手的時間(s)	0.18 (0.06)	0.14 (0.07)	0.13 (0.06)
立姿持球到跳躍最高點	0.35 (0.08)	0.38 (0.09)	0.38 (0.10)
重心垂直位移(m)	0.34 (0.08)	0.35 (0.11)	0.34 (0.11)
立姿持球到出手	0.15 (0.12)	0.27 (0.19)	0.32* (0.18)
重心水平位移(m)	97.14%	92.10%	89.50%
出手高度百分比(%)			

* $p < .05$ ；與 4.225 公尺達顯著差異

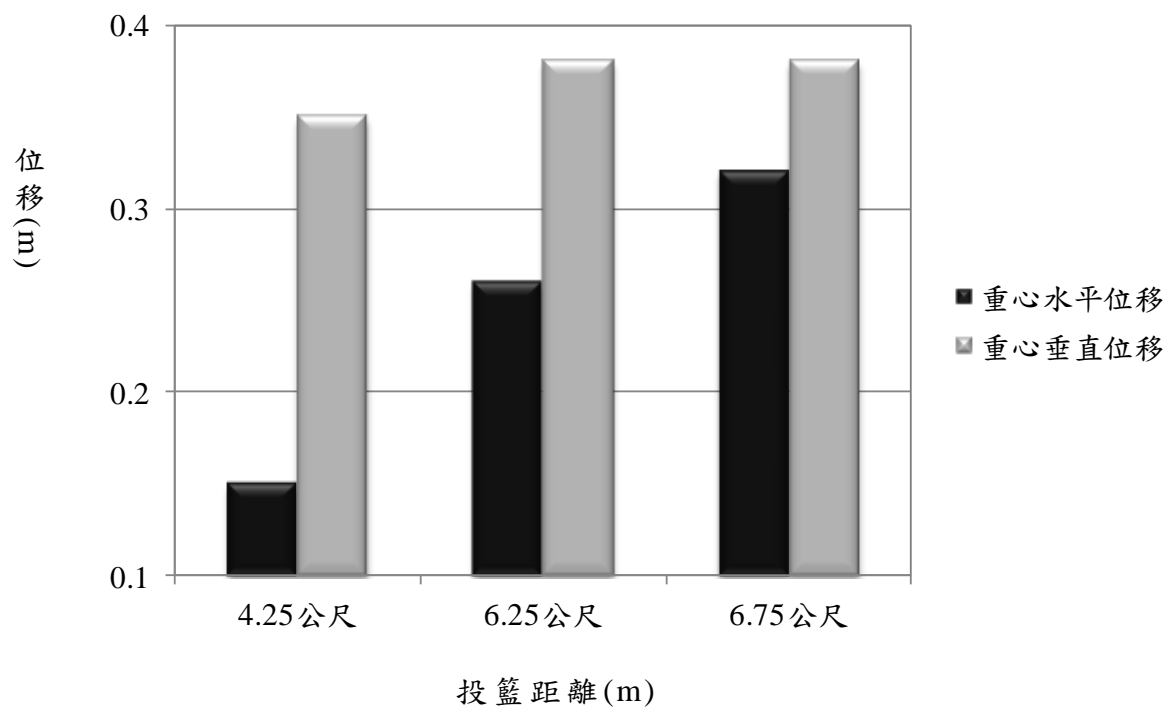


圖 4-9：三種距離跳投重心垂直位移及水平位移

第二節 三種距離跳投動力學結果

跳投動作首先必須起跳離地，以雙腳對地施力，地面給予人體相同大小的地面反作用力。欲獲取更大的地面反作用力來提升起跳離地的動作，就必須加大肌肉的收縮力量和加快收縮速度。

表 4-10 為三種距離跳投的最大地面反作用力和前後、垂直方向的衝量值。在最大地面反作用力方面，為排除體重因素所造成的差異影響，均予以標準化。由該表可以看出，最大地面反作用力隨著投籃距離有增加的趨勢，而且 4.225 公尺跳投的最大反作用力值(BW)為 2.21，與 6.25 公尺、6.75 公尺兩距離的最大反作用力值(BW) 2.29、2.28 達到顯著差異，即隨著投籃距離增加，跳投動作會有增加地面的反作用力的現象。在 6.25 公尺與 6.75 公尺的最大反作用力數值則未達顯著差異。圖 4-10 到 4-12 則為單一受試者在起跳離地前一秒的地面反作用力，其力量數值為，垂直分力 > 前後分力。

起跳動作的地面反作用力和作用時間的積即為衝量，其數值可以瞭解動作移動的趨向和計算人體動量變化量。本實驗的方向性，1、前後方向，以投籃方向為正。2、垂直方向，以向上為正。由表 4-10，前後衝量的數值皆為正，而且隨著投籃距離增加，其數值也隨著增加，所以跳投都有往前跳的現象，而且向前跳的速度也隨著距離而增加，在 6.25 公尺、6.75 公尺皆與 4.225 公尺達到顯著差異。

三種距離跳投的垂直衝量數值為正，即跳投往上跳的傾向。隨著投籃距離增加，其衝量值也隨之增加。在 6.25 公尺與 6.75 公尺垂直衝量值大於 4.225 公尺。但 6.75 公尺垂直衝量值結果卻小於 6.25 公尺，但未達顯著差異，亦即在 6.75 公尺的垂直衝量值有下降的趨勢。

表 4-10 三種距離跳投前後和垂直衝量、最大地面反作用力

距離	4.225 公尺	6.25 公尺	6.75 公尺
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
前後衝量	5.07	21.23*	26.02*
(N · s)	(9.57)	(18.49)	(15.03)
垂直衝量	664.58	756.73	724.10
(N · s)	(140.26)	(159.2)	(131.33)
最大地面反作用力	2.11	2.29*	2.28*
(BW)	(0.25)	(0.34)	(0.29)

* $p < .05$ ；與 4.225 公尺達顯著差異

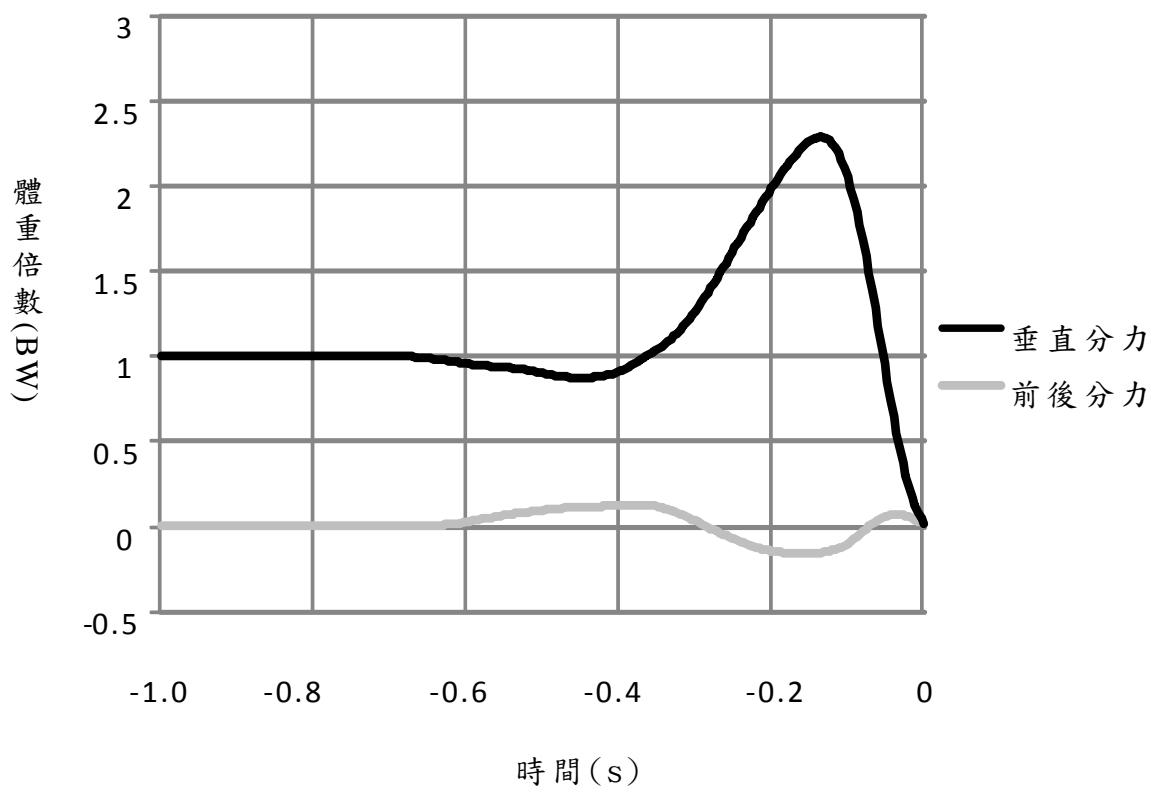


圖 4-10 4.225 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)

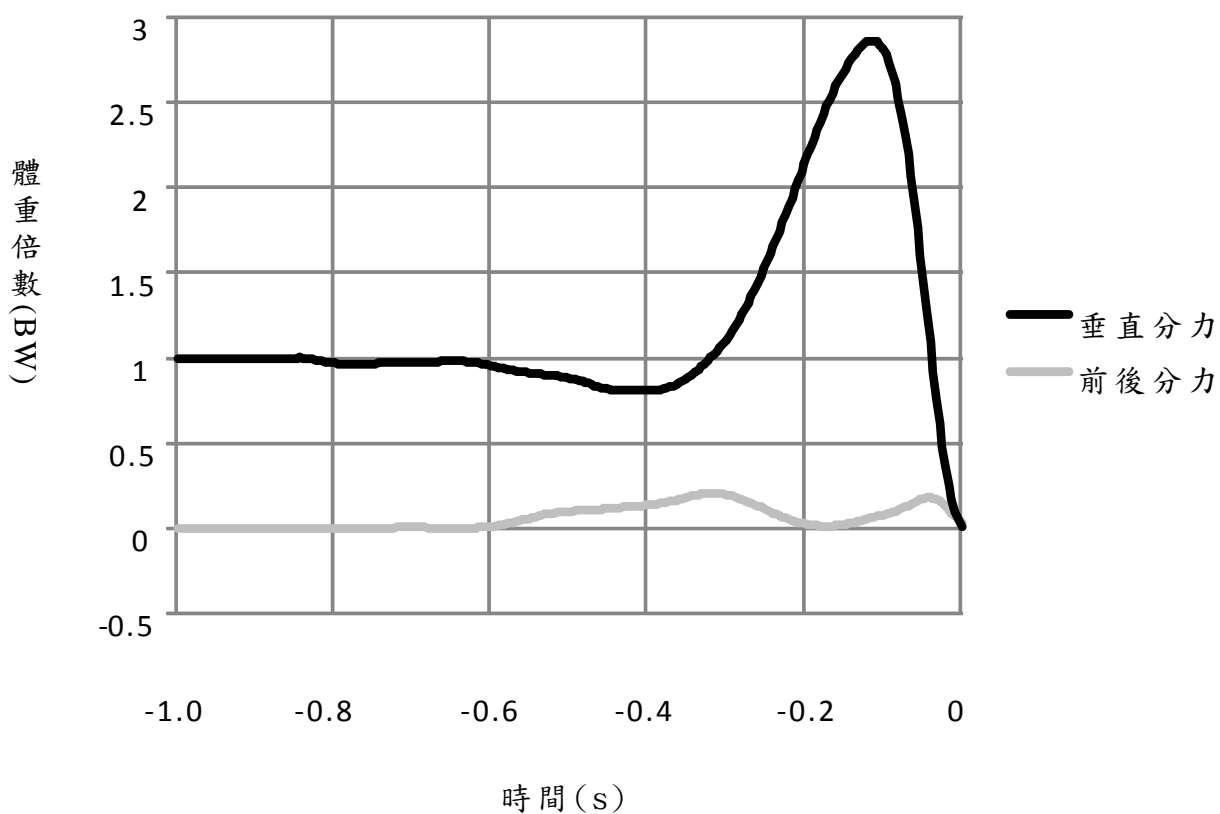


圖 4-11 6.25 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)

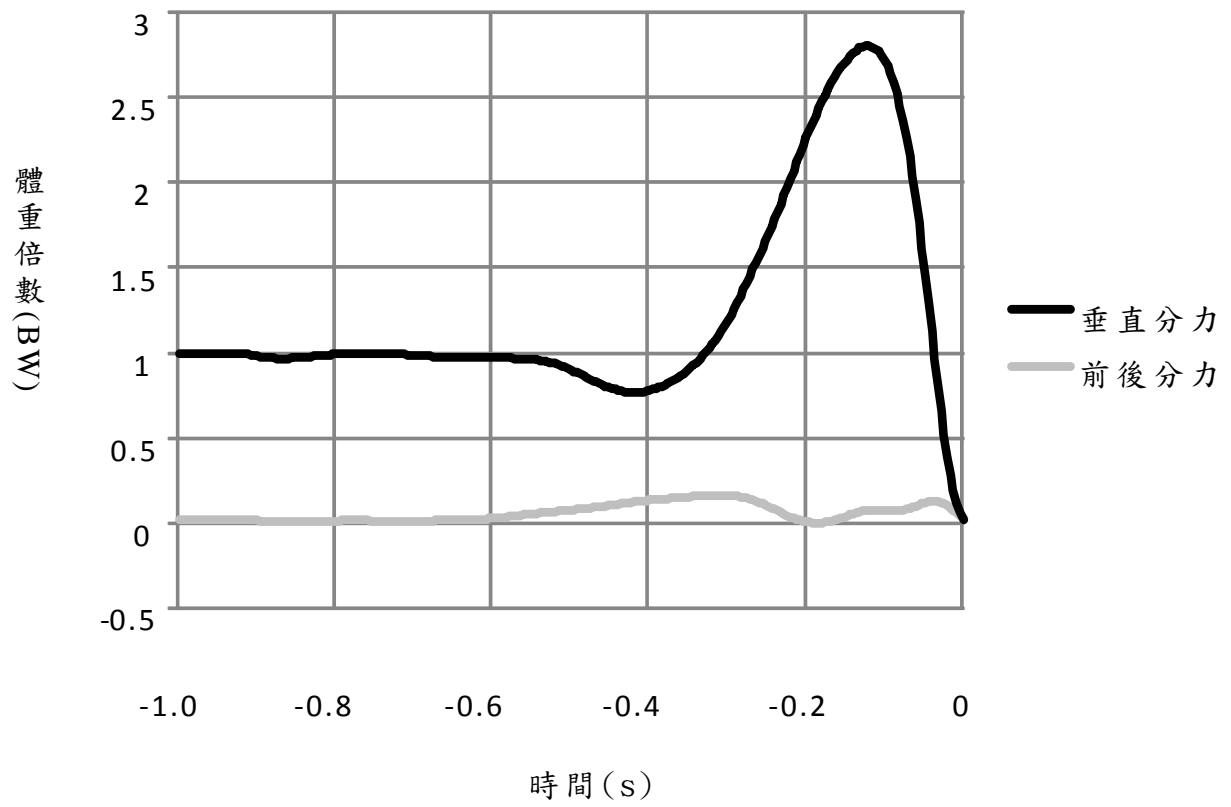


圖 4-12 6.75 公尺跳投起跳動作的地面反作用力(BW)

第三節 新、舊制三分線跳投運動參數相關結果比較

籃球改新制三分線後，跳投動作與舊制三分線相較有所差異。將各個運動參數值，透過皮爾遜積差相關(Pearson Product-Moment Correlation)來瞭解，1、新制三分線跳投不同運動參數間的相關矩陣。2、比較新、舊制三分線跳投，相同運動參數的相關係數。

在新制三分線跳投的相關矩陣共有 25 個運動學參數，計有 35 相關係數達 $p < .05$ 的顯著水準，其中 31 個為正相關，4 個為負相關。而且有 14 個相關係數達 $p < .01$ 的顯著水準，其結果如表 4-11-1 到 4-11-4。

比較新、舊制三分線跳投，相同運動參數間的相關係數。其中相關係數介於 .7-.79 者為，1、出手角度，相關係數為 .71，未達顯著的相關。2、腕關節角速度的相關係數為 .77，有達到顯著的相關。

相關係數介於 .8-.89 者為，1、起跳重心角度，相關係數為 .85，有達顯著相關。2、出手重心速度，相關係數為 .85，有達顯著相關。3、前後淨衝量，相關係數為 .85，有達顯著相關。

其餘相關係數大於 .9 的運動參數，均達顯著相關，列於表 4-12 到表 4-19。

表 4-11-1 新制三分線運動學參數相關矩陣

	出手 球速	出手 角度	出手瞬 間腕關 節角度	出手瞬 間肘關 節角度	出手瞬 間肩關 節角度	舉球期 腕關節 角位移
出手球速	1	.413	.145	-.362	-.676	-.100
出手角度		1	.180	-.455	-.206	-.690
出手瞬間腕關節角度			1	-.208	-.288	-.383
出手瞬間肘關節角度				1	.714*	.694
出手瞬間肩關節角度					1	.323
舉球期腕關節角位移						1

* $p < .05$; ** $p < .01$

表 4-11-2 新制三分線運動學參數相關矩陣

	舉球期 肘關節 角位移	舉球期 肩關節 角位移	出手瞬 間腕關 節角速 度	出手瞬 間肘關 節角速 度	出手瞬 間肩關 節角速 度	動作期 腕關節 最大角 速度
出手球速	-.167	-.113	.376	.223	.488	.376
出手角度	.312	.023	.254	.321	.404	.254
出手瞬間腕關節角度	-.013	-.547	-.519	-.099	-.026	-.519
出手瞬間肘關節角度	-.047	.414	-.038	-.512	-.632	-.038
出手瞬間肩關節角度	.400	.607	-.206	-.251	-.294	-.206
舉球期腕關節角位移	.046	.445	.073	-.249	-.175	.073
舉球期肘關節角位移	1	.689	-.361	.548	.563	-.361
舉球期肩關節角位移		1	-.099	.427	.246	-.099
出手瞬間腕關節角速度			1	-.366	.080	1.00**
出手瞬間肘關節角速度				1	.569	-.366
出手瞬間肩關節角速度					1	.080
動作期腕關節最大角速度						1

* $p < .05$; ** $p < .01$

表 4-11-3 新制三分線運動學參數相關矩陣

	動作期 肘關節 最大角 速度	動作期 肩關節 最大角 速度	動作期 腕關節 最大角 速度	動作期 右膝關 節最大 角速度	動作期 左膝關 節最大 角速度	動作期 右踝關 節最大 角速度
出手球速	.205	.458	.114	.055	.069	.141
出手角度	.494	.451	.437	.337	.387	.250
出手瞬間腕關節角度	.148	.058	.324	.108	.152	.071
出手瞬間肘關節角度	-.528	-.526	.192	.101	.109	.488
出手瞬間肩關節角度	-.335	-.217	.239	.268	.246	.430
舉球期腕關節角位移	-.169	-.114	.126	.242	.204	.386
舉球期肘關節角位移	.666	.631	.610	.846**	.827*	.464
舉球期肩關節角位移	.161	.246	.264	.526	.500	.427
出手瞬間腕關節角速度	-.060	.119	.043	-.070	-.078	.212
出手瞬間肘關節角速度	.600	.434	-.106	.214	.215	-.293
出手瞬間肩關節角速度	.636	.967*	.279	.492	.442	.160
動作期腕關節最大角速度	-.060	.119	.043	-.070	-.078	.212
動作期肘關節最大角速度	1	.697	.523	.697	.707*	.195
動作期肩關節最大角速度		1	.505	.663	.620	.374
動作期腕關節最大角速度			1	.906**	.925**	.900**
動作期右膝關節最大角速度				1	.994**	.793*
動作期左膝關節最大角速度					1	.796*
動作期右踝關節最大角速度						1

* $p < .05$; ** $p < .01$

表 4-11-4 新制三分線運動學參數相關矩陣

	動作期	起跳	起跳	出手	下蹲期	起跳瞬	起跳瞬
	左踝關	重心	重心	重心	重心	間垂直	間水平
	節最大	速度	角度	速度	速度	重心速	重心速
	角速度					度	度
出手球速	.386	.219	.017	.117	-.292	-.035	.150
出手角度	.601	.550	-.517	.485	.051	.295	.142
出手瞬間腕關節角度	.321	.140	-.367	-.288	-.023	.251	-.211
出手瞬間肘關節角度	-.081	-.010	-.032	.110	.720*	-.288	.339
出手瞬間肩關節角度	-.022	.110	-.221	.124	.710*	.156	-.023
舉球期腕關節角位移	-.035	.082	.278	-.189	.473	-.244	.271
舉球期肘關節角位移	.539	.769*	-.204	-.228	.549	.401	.098
舉球期肩關節角位移	.154	.442	.186	-.099	.593	-.097	.420
出手瞬間腕關節角速度	.207	.055	-.274	.828*	-.085	.105	.002
出手瞬間肘關節角速度	-.005	.257	.488	-.514	-.213	-.205	.336
出手瞬間肩關節角速度	.508	.501	-.100	-.114	-.169	.553	-.292
動作期腕關節最大角速度	.207	.055	-.274	.828*	-.085	.105	.002
動作期肘關節最大角速度	.609	.758*	-.161	-.147	.122	.272	.208
動作期肩關節最大角速度	.699	.670	-.304	-.010	.028	.665	-.279
動作期腕關節最大角速度	.938**	.917**	-.741*	.264	.765*	.528	.109
動作期右膝關節最大角速度	.847**	.961**	-.474	.022	.727*	.473	.165
動作期左膝關節最大角速度	.860**	.976**	-.491	.041	.742*	.426	.231
動作期右踝關節最大角速度	.817*	.772*	-.661	.386	.847**	.429	.125
動作期左踝關節最大角速度	1	.913**	-.741*	.336	.526	.605	.015
起跳重心速度		1	-.523	.158	.653	.415	.271
起跳重心角度			1	-.640	-.441	-.754*	.350
出手重心速度				1	.183	.279	-.053
下蹲期重心速度					1	.142	.355
起跳瞬間垂直重心速度						1	-.753*
起跳瞬間水平重心速度							1

* $p < .05$; ** $p < .01$

表4-12 新、舊制三分線球出手速度、角度相關係數

距離	運動學參數	6.25m(舊制三分線)	
		出手球速(m/s)	出手角度(deg)
6.75m (新制三分線)	出手球速(m/s)	.90*	—
	出手角度(deg)	—	.71

* $p < .05$

表 4-13 新、舊制三分線球出手瞬間上肢關節角度相關係數

距離	運動學參數 (deg)	6.25m(舊制三分線)		
		腕關節角度	肘關節角度	肩關節角度
6.75m (新制三分線)	腕關節角度	.90*	—	—
	肘關節角度	—	.96*	—
	肩關節角度	—	—	.98*

* $p < .05$

表 4-14 新、舊制三分線舉球時期上肢關節角位移相關係數

距離	運動學參數 (deg)	6.25m(舊制三分線)			
		腕關節 角位移	肘關節 角位移	肩關節 角位移	髖關節 角位移
6.75m (新制三分線)	腕關節角 位移	.91*	—	—	—
	肘關節角 位移	—	.96*	—	—
	肩關節角 位移	—	—	.91*	—
	髖關節角 位移	—	—	—	.93*

* $p < .05$

表 4-15 新、舊制三分線球出手瞬間上肢關節角速度相關係數

距離	運動學參數 (deg/s)	6.25m(舊制三分線)		
		腕關節 角速度	肘關節 角速度	肩關節 角速度
6.75m (新制三分線)	腕關節角速度	.77*	—	—
	肘關節角速度	—	.98*	—
	肩關節角速度	—	—	.98*

* $p < .05$

表 4-16 新、舊制三分線動作期身體各關節最大角速度相關係數

距離	運動學參數 (deg/s)	6.25m(舊制三分線)							
		腕	肘	肩	髖	右膝	左膝	右踝	左踝
6.75m (新制三分線)	腕	.77*	—	—	—	—	—	—	—
	肘	—	.95*	—	—	—	—	—	—
	肩	—	—	.98*	—	—	—	—	—
	髖	—	—	—	.97*	—	—	—	—
	右膝	—	—	—	—	.90*	—	—	—
	左膝	—	—	—	—	—	.94*	—	—
	右踝	—	—	—	—	—	—	.94*	—
	左踝	—	—	—	—	—	—	—	.99*

* $p < .05$

表 4-17 新、舊制三分線重心速度和角度相關係數

距離	運動學參數	6.25m(舊制三分線)		
		起跳重心 速度	起跳重心 角度	出手重心 速度
6.75m (新制三分線)	起跳重心速度(m/s)	.96*	—	—
	起跳重心角度(deg)	—	.85*	—
	出手重心速度(m/s)	—	—	.85*

* $p < .05$

表 4-18 新、舊制三分線下蹲期垂直重心速度和起跳瞬間水平、垂直重心速度的相關係數

距離	運動學參數 (m/s)	6.25m(舊制三分線)		
		下蹲期 垂直重心速度	起跳瞬間 垂直重心速度	起跳瞬間 水平重心速度
6.75m (新制三分線)	下蹲期 垂直重心速度	.98*	—	—
	起跳瞬間 垂直重心速度	—	.99*	—
	起跳瞬間 水平重心速度	—	—	.99*

* $p < .05$

表 4-19 新、舊制三分線跳投衝量、最大地面反作用力相關係數

距離	運動學參數	6.25m(舊制三分線)		
		前後衝量	垂直衝量	最大地面 反作用力
6.75m (新制三分線)	前後衝量 (N · s)	.85*	—	—
	垂直衝量 (N · s)	—	.90*	—
	最大地面反 作用力(BW)	—	—	.97*

* $p < .05$

第四節 本章小結

三種距離跳投研究數據之結果，運動參數的變化如下：

- 一、隨投籃距離增加，運動參數數值亦隨之增加者為，1、出手球速；
2、出手瞬間腕、肘、肩關節角速度；3、動作期身體各關節最大角速度；4、起跳重心速度；5、出手重心速度；6、起跳瞬間重心水平速度；7、重心水平位移；8、水平衝量。
- 二、隨投籃距離增加，運動參數數值反隨之減少者為 1、出手角度；
2、起跳至出手的時間；3、起跳重心角度；4、出手高度百分比。
- 三、新制三分線(6.75 公尺)與舊制三分線(6.25 公尺)，兩者運動參數比較結果沒有顯著的差異存在。但新制三分線的運動參數值有比較大的趨勢。
- 四、在新制三分線(6.25 公尺)和罰球線(4.225 公尺)的比較，出手球速，出手瞬間肩關節角速度，肘、肩、髖關節最大角速度，起跳重心角度，出手重心速度，起跳瞬間水平速度，重心水平位移，最大地面反作用力等運動參數均有達到顯著差異。

第五章 討論

本章將依研究結果進行討論，並分述如下：一、不同距離跳投動作的生物力學差異；二、新制三分線跳投的生物力學特徵；三、新、舊制三分線跳投動作比較及相關。

第一節 三種距離跳投動作的生物力學差異

一、投籃距離和出手球速、角度的關係

籃球投籃離手後，球在空中飛行的過程為拋體運動，是否中籃的結果主要受到球員出手速度、出手角度、出手高度三項因素所影響，空氣阻力因為球速相對較小予以忽略（Miller & Bartlett, 1993）。

首先，以不同距離跳投，因投籃距離增加，投籃者勢必增加出手球速，讓球可以增加飛行距離而中籃。國內外研究長距離投籃對跳投影響，顯示出手球速隨投籃距離而增加（許立德, 2005; 張英智、黃長福, 2006; Elliott & White, 1989; Miller & Bartlett, 1993）。而本研究的出手球速亦隨著投籃距離而增加，而三種距離跳投的球速分別為 4.225 公尺(7.44m/s)，6.25 公尺(8.42m/s)，6.75 公尺(8.89m/s)，其結果與 Elliott(1992)的研究結果 4.225 公尺(7.1m/s)，6.25 公尺(8.2m/s)相似。而 Miller(1996)的研究，針對前鋒、中鋒、後衛作不同距離跳投，球

速皆隨距離而增加，且後衛在 6.4 公尺投籃出手球速又更為快速，不僅達到顯著差異，數值更達到 8.39 m/s，顯示後衛在長距離出手時的力量大、動作迅速，所以球速大，其結果也與本實驗值相近。

其次，本研究 6.25 公尺(8.42m/s)、6.75 公尺(8.89m/s)的跳投球速與 4.225 公尺(7.44m/s)達到顯著差異。Miller (1993) 研究大學球員不同距離跳投球速，在長距離 5.49 公尺外的出手球速為 6.24 m/s，達到顯著差異。Elliott (1989) 對女子二種距離 4 公尺和 6.25 公尺跳投做比較，在 6.25 公尺的球速為 7.9 m/s，達顯著差異。Elliott (1992) 再進一步做男女跳投的比較，以 4.225 公尺、5.25 公尺、6.25 公尺為跳投，結果顯示出手球速皆隨投籃距離而增加，且在 6.25 公尺跳投球速，達顯著差異。所以，因為舊制三分線 6.25 公尺出手球速明顯增加而達到顯著差異，故該投籃是屬於長距離投籃，而新制三分線 6.75 公尺則更要施加較多的力量來增加球速。

出手角度隨著投籃距離增加，投籃出手角度也會改變。本研究出手角度，隨著投籃距離增加呈現減小的現象，4.225 公尺(51.76°)，6.25 公尺(49.72°)，6.75 公尺(48.13°)。Miller (1996) 研究不同距離跳投，隨著投籃距離增加，投籃出手角度有減小的趨勢，從 55 度減至 48 度。國內許立德 (2005) 分析 2.25 公尺到 8.25 公尺投籃角度，其結果為長距離投籃的出手角度會減小。故，短、中距離的投籃，球員會傾向用較大角度出手投籃，以加大入籃角度，增加中籃機會。長距離投籃

若用大角度出手，必需依賴較大的球速 Hay(1993)。球員會以策略性省力的方式，減小出手角度來投籃。

二、投籃距離與跳投身體關節動作

不同距離跳投，在下蹲期重心最低點時，身體各關節角度值幾近相同，所以在膝關節屈曲到重心最低點時這三種距離跳投動作型態沒有明顯差異。但在下蹲期身體下蹲的最大重心速度方面，6.75 公尺(0.61m/s) > 6.25 公尺(0.59m/s) > 4.225 公尺(0.56m/s)，隨著投籃距離增加，下蹲速度也增加，Martin(1981)認為快速的下蹲動作有助於增加、儲存肌肉彈性位能。所以長距離跳投的快速下蹲動作，有助於迅速反應起跳。

三種距離跳投，下蹲期重心最低點時，肩關節角度呈現隨投籃距離增加而增大的趨勢。即在 6.75 公尺(62.65°)與 6.25 公尺(56.54°)跳投的肩關節角度比較大，這代表此時手臂高度相對較高，而 4.225 公尺跳投肩關節角度(50.66°)比較小，上臂會較貼近軀幹，此時手臂高度相對較低。

在三種距離跳投的出手瞬間，肩關節角度數值相近，此代表上臂抬起的高度不因為投籃距離的增加而降低，此數值和現象與 Miller(1996)的研究相似，其指出前鋒、後衛在不同距離跳投，出手瞬間肩關節角度沒有明顯差異，但中鋒因為遠距離跳投的技巧不佳，

隨著投籃距離增加，肩關節角度有減小的趨勢，進而影響最終的出手高度和出手角度。

在推蹬-出手時期，上肢關節角位移中，肩關節角位移是 4.225 公尺(72°)>6.25 公尺(69.35°)>6.75 公尺(66.12°)。即推蹬-出手時期，隨著投籃距離增加，投籃者手臂向上擺動範圍有減小的現象，其原因是讓長距離跳投可以利用手臂快速擺動到投籃位置，進而達到迅速起跳出手的效果。該現象與楊芳銘(2011)研究相似。但女子結果則剛好相反，Elliott(1989)以女子二分線、三分線跳投的數據顯示，三分線跳投女子有比較大的肩關節角位移，藉由加大肩關節的擺動來幫助長距離跳投的出手，以獲得較高的球速。另外，肘關節的角位移，也有隨著投籃距離增加的趨勢，但未達顯著差異，即長距離跳投利用較多的肘關節伸展角度，產生較大的力量，以增進球速。

出手瞬間上肢關節角速度，上肢手臂是投籃的關鍵動作，是否因為投籃距離的遠近因素，而造成手腕、手肘動作的角速度產生交互作用？本研究結果，不同距離跳投，腕關節角速度>肘關節角速度>肩關節角速度，顯示出手瞬間腕關節角速度數值均最大，而且扮演出手瞬間最重要的角色。此結果與 Miller (1993) 的研究有所差異，他認為近距離投籃主要是運用手腕動作，故手腕角速度值較大，長距離投籃手肘就扮演很重要角色，手肘角速度隨投籃距離而增加，表示手肘產生的力量是球速主要的來源，角速度值為最大。但本研究與湯文慈

(2009)和結城昭二(1996)的文獻一致，其認為優秀選手外線投籃姿勢最重要的是手腕的動作，主要是以手腕控制球投射的距離，利用腕力來增加球投射距離，若是以手肘、膝蓋和腰等部位來控制投籃的力道，非常不利於投籃，會使命中率下降。而 Hess (1980) 分析跳投動作，則認為投籃應該利用槓桿原理，手腕關節的力臂則有促使投籃出手快速的優點。

推蹬-出手期的身體最大關節角速度方面，在上肢段腕、肘、肩、髖關節角速度，均呈現 6.75 公尺 > 6.25 公尺 > 4.225 公尺現象，而且肘、肩、髖最大關節角速度在 6.75 公尺與 4.225 公尺達到顯著差異。而下半身膝、踝關節角速度值，不因改變投籃距離而有顯著改變。但是，在不同距離投籃，發現踝關節最大角速度均大於膝關節最大角速度，顯示在跳躍的過程，踝關節佔非常大的重要性，不可忽略，這也符合 Miller(1993)的研究結果。綜合上面的描述，隨著投籃距離增加，靠增加單一關節的速度、力量仍不足以提供充份的球速，如手肘關節。所以必須上肢段整體動作相互的搭配，並同時增加上肢段腕、肘、肩、髖關節角速度，才能施予球更大的球速。

三、投籃距離與重心、出手時機

在跳躍的過程，球相對於身體速度較小，但球相對於地面則帶有身體重心速度，而且隨著投籃距離增加，起跳的重心速度也隨之增加，所以在出手瞬間的球速為已存在的重心速度，再加上手臂施予球的作

用，產生最終的籃球出手速度。長距離投籃因為需要供給比較大的力量，球員會利用跳躍的重心速度來幫助投籃，以增加出手速度和提供球足夠的衝量。而且隨著投籃距離增加，出手瞬間重心速度也有增加的現象，且 6.75 公尺、6.25 公尺跳投分別與 4.225 公尺達到顯著差異，本研究與許立德(2005)的結果相似。

隨著投籃距離增加，除了起跳重心速度亦隨之增大，同時也有減少起跳重心角度的現象。本研究結果在三種距離跳投的起跳重心角度上，6.75 公尺(80.7°)與 6.25 公尺(81.98°)兩種距離分別和 4.225 公尺(86.93°)達到顯著差異。結果顯示，長距離跳投身體往前跳的傾向愈明顯，即因為增加了水平速度，造成水平位移增加，所以隨著投籃距離增加，身體起跳到往前落地的距離也變大。在 6.75 公尺的水平位移為 32 公分與 4.225 公尺水平位移 15 公分達到顯著差異。雖然，有學者認為水平位移不利於投籃，投籃動作應該有較小的水平重心移動，跳投應該用最小的水平動作來完成幾近垂直跳躍 (Duane, 1993)。這可能也是造成長距離投籃動作相對不穩定，導致命中率降低的原因之一。

理想的跳投動作是在最高點時球出手，此時身體重心速度為零，身體相對穩定，有助於投籃表現。但長距離投籃似乎無法在最高點投籃出手。國外學者 Elliott (1992) 比較男女跳投出手時機，發現隨著投籃距離增加，皆有提早出手投籃的現象。相同距離的投籃，女子皆比男子出手時機早，而且達到顯著差異。在遠距離投籃 6.25 公尺，女

子在最大高度的 77.2% 就出手，明顯提早很多。男、女在 6.25 公尺與 5.25 公尺的投籃相比較，兩者的出手高度皆顯著降低。會造成男、女生之間的出手時機差異，Elliott 認為是力量和投籃技巧造成男、女的差異，這也是為何長距離投籃有投跳的現象發生。

本研究數據顯示，投籃出手時機有提早現象，若以出手的重心高度和跳投的重心最大高度所得之商，為出手高度百分比，結果在 4.225 公尺(97.14%)>6.25 公尺(92.10%)>6.75 公尺(89.50%)。此現象與過去的研究一致（許立德，2005; Elliott & White, 1989; Miller & Bartlett, 1993）。而造成長距離跳投，出手時機提早的原因，乃是球員會利用重心速度投籃，但重心速度隨跳躍高度而遞減，所以欲藉由較大的重心速度投籃，勢必在跳躍的過程提早出手，以致隨投籃距離增加，出手高度百分比反而降低的原因。

四、投籃距離與地面反作用力

Neil(1988)指出，跳投和立定投籃的動作類似，差別在跳投多了跳躍的動作。為增加投籃高度，球員利用下肢髖、膝、踝關節的迅速伸展，以雙腳對地施力產生反作用力，讓身體在空中將球投籃出手。即在施力跳躍的過程，類似於下蹲垂直跳(Counter-Movement Jump)。

在最大地面反作用力方面，長距離跳投比中距離跳投有比較大的最大地面反作用力，本研究結果在 6.75 公尺(2.28BW)與 6.25 公尺(2.29BW)數值均大於 4.225 公尺(2.11BW)。這與 Elliott(1989)女子球員

在兩種距離跳投的最大地面反作用力 6.25 公尺(2.7BW) > 4 公尺(2.6BW)所得到的結果相似。

跳投時，雙腳在單位時間對地面施力產生衝量。依研究數據顯示，前後衝量值均為正，且隨著投籃距離增加，衝量值愈大，在 6.75 公尺(26.02N · s) > 6.25 公尺(21.23 N · s) > 4.225 公尺(5.07 N · s)。衝量又可代表動量的變化量，所以衝量值愈大代表重心起跳後的水平速度愈大，這也就是長距離跳投產生較多水平位移的原因。此結果與許立德(2005)的研究 2.25 到 8.25 公尺四種距離跳投，認為不同距離間下肢在前後力量使用上，有逐漸向前的趨勢，結果一致。

在垂直衝量部分，在 6.75 公尺(724.10N · s)與 6.25 公尺(756.73 N · s)均大於 4.225 公尺(664.58 N · s)，但在新制三分線 6.75 公尺的衝量有比舊制三分線 6.25 公尺的衝量略為減小的現象，但沒有達顯著差異。由數值顯示，在新、舊制三分線跳投並沒有減少跳躍高度的現象。這結果與 Elliott(1992)研究男、女，投籃距離與跳躍高度的關係，男子跳躍高度並沒有因距離而改變，兩份研究結果相似。但女子跳投則因為投籃距離增加，跳躍高度有減小的現象，甚至在三分線的距離，男女達到顯著的差異。

第二節 新制三分線跳投的生物力學特徵

一、新制三分線跳投在距離變項中呈現最大、最小值的運動參數

將新制三分線(6.75 公尺)、舊制三分線(6.25 公尺)和罰球線(4.225 公尺)，三種距離的運動學、動力學參數做比較。在比較後，新制三分線運動參數在三種距離中的數值若呈現最大值或最小值，則將該參數列於表 5-1 和 5-2。

表 5-1 新制三分線的運動參數

運動參數	數值(單位)	比較值
出手球速	8.89m/s	最大
出手角度	48.13°	最小
下蹲最低點肩關節角度	62.65°	最大
下蹲最低點右/左膝關節角度	94.45°/94.13°	最小
出手瞬間肘關節角度	144.6°	最大
出手瞬間腕關節角度	173.51°	最大
推蹬-出手腕關節角位移	18.19°	最大
推蹬-出手肩關節角位移	66.12°	最小
推蹬-出手腕關節角位移	43.24°	最大
出手瞬間腕關節角速度	1359.96 deg/s	最大
出手瞬間肘關節角速度	810.03 deg/s	最大
出手瞬間肩關節角速度	370.84 deg/s	最大
推蹬-出手腕關節最大角速度	1359.96 deg/s	最大
推蹬-出手肘關節最大角速度	926.44 deg/s	最大
推蹬-出手肩關節最大角速度	418.52 deg/s	最大

表 5-2 新制三分線的運動參數

運動參數	數值(單位)	比較值
推蹬-出手腕關節最大角速度	250.13 deg/s	最大
推蹬-出手右/左膝關節最大角速度	533.86/526.46 deg/s	最大
推蹬-出手右/左踝關節最大角速度	616.03/648.88 deg/s	最大
出手重心速度	0.74 m/s	最大
起跳瞬間重心水平速度	0.36 m/s	最大
下蹲期最大重心速度	0.61 m/s	最大
起跳-出手時間	0.13 s	最小
重心最大垂直位移	0.38 m	最大
重心水平位移	0.32 m	最大
出手高度百分比	89.50 %	最小
前後衝量	26.02 (N · s)	最大
最大地面反作用力	2.28 (BW)	最大

將三種距離跳投的運動參數比較，在新制三分線(6.75 公尺)跳投的運動參數，總共有 27 項呈現最大值或最小值，其中有 5 項為最小值，22 項為最大值。所以本研究中，新制三分線跳投因為有許多項的運動參數值也隨之增加，代表著跳投動作也更為激烈。

二、新制三分線跳投在運動學表現的特徵

新制三分線跳投運動學表現特徵將依跳投動作的順序，以數據呈現方式予以討論。首先由立姿持球的靜態動作開始進入動作期 I - 蹲(下蹲期)，接著為動作期 II - 跳躍，最後是球出手的隨球動作。

在下蹲期的過程，投籃者利用下半身髖、膝、踝屈曲的方式降低身體重心，並以 0.61 m/s 的最大重心速度向下移動，此有利於下肢肌肉儲存彈性能，有助於跳躍動作。在右/左膝關節角度 $94.45^{\circ}/94.1^{\circ}$ ，右/左踝關節角度 $73.44^{\circ}/77.61^{\circ}$ ，髖關節角度 130.27° 時達到身體重心的最低點。此時重心準備反轉向上方移動，為讓手臂能迅速上提，手臂的位置相對較高，在肩關節角度呈現 62.65 度。

在動作期 II - 跳躍的過程，產生最大關節角速度，髖關節 250.13 deg/s，右膝/左膝關節 533.86/526.46 deg/s，右踝/左踝 616.03/650.05 deg/s。身體以起跳重心速度 1.93 m/s，起跳重心角度 80.7° 騰空離地。在空中階段，產生肘關節 926.44 deg/s，肩關節 418.52 deg/s 的最大角速度。

在出手瞬間，身體的重心速度為 0.74m/s。上肢關節角度，腕關節為 175.33 度，肘關節為 144.6 度，肩關節為 125.57 度，髖關節為 173.51 度。從重心的最低點到出手的肘關節角位移為 76.43 度，肩關節角位移為 66.12 度，髖關節角位移為 43.24 度。上肢關節角速度，腕關節

角速度達到最大 1359 deg/s，肘關節角速度 818.03 deg/s，肩關節角速度 370.84 deg/s。

為迅速反應起跳動作，球員會策略性的減少了擺臂的肩關節角位移，所以從起跳到出手經歷時間為 0.13 秒。在跳躍的最高點，重心垂直位移了 0.38 公尺，在出手瞬間，重心垂直位移了 0.34 公尺，所以出手高度百分比為 89.5%。從起跳到落地，重心總共水平位移了 0.32 公尺。最後，籃球以 8.89 m/s 的出手速度， 48.13° 的出手角度離手，並以拋物線的軌跡飛行，空心中籃。

三、新制三分線跳投在動力學表現的特徵

在跳躍過程中，雙腳對地面的最大反作用力達 2.28BW。再以雙腳對地面的施力與時間乘積，就得到的前後、垂直方向的衝量。前後方向的衝量為 26.02(N·s)，讓跳投產生重心向前方的速度及向前跳的重心的水平位移。垂直衝量 724.10(N·s)，則產生重心向上方的速度及向上的重心垂直位移。

綜上所述，新制三分線跳投的特徵為 1、出手球速增加、出手角度減小。2、動作反應時間較短。3、增加動作期最大關節角速度。4、利用起跳重心速度幫助投籃，同時以減小重心起跳角度，增加水平衝量的方式，產生往前跳躍的動作，及增加向前的水平位移。5、出手時機提早。

第三節 新、舊制三分線跳投動作比較及相關

新、舊制三分線距離相差了 50 公分，跳投動作表現上存在著相當程度的差異。利用皮爾遜積差相關來計算，並瞭解不同距離的兩個變數，其運動參數的相關程度。

一、新(舊)制三分線跳投的上肢關節表現

新(舊)制三分線跳投出手瞬間，上肢關節腕、肘、肩的角度並沒有顯著差異，腕關節角度 175.33(176.85) $r = .9$ ，肘關節角度 144.6(143.05)度 $r = .96$ ，肩關節角度 125.57(125.89)度 $r = .98$ 。

出手瞬間上肢關節角速度，腕關節角速度 1359.96(1324.71) deg/s $r = .77$ ，肘關節角速度 810.03(799.9) deg/s $r = .98$ ，肩關節角速度 370.84(356.88) deg/s $r = .98$ 。表 5-3 顯示，新、舊制三分線跳投的腕、肘、肩關節角速度的差異。新制三分線投籃所增加上肢關節角速度有助於提升出手時的球速。

表 5-3 新、舊制三分線出手瞬間上肢關節角速度(deg/s)比較摘要表

距離	A	B	C 差異值	百分比
	6.25 公尺	6.75 公尺	(B-A)	(C/A)
腕關節	1324.71	1359.96	35.25	2.66%
肘關節	799.9	810.03	10.13	1.27%
肩關節	356.88	370.84	13.96	3.91%

推蹬到出手上肢關節角位移，腕關節 18.19(15.18)度 $r = .91$ ，肘關節 76.43(77.18)度 $r = .96$ ，肩關節 66.12(69.35)度 $r = .91$ ，髖關節 43.24(41.2)度 $r = .93$ 。上肢段關節角位移相關均達到 $r = .9$ 以上。而新制三分線肩關節角位移比較小，是因為在身體重心最低點時手臂已經抬得比較高的關係，這讓手臂能快速擺動到投籃位置，迅速反應投籃動作。故新(舊)三分線跳投，起跳到出手的動作時間為 0.13(0.14)秒，新三分線跳投動作快了 7.1%。

上肢關節為動力鏈的末端，在出手瞬間的動作決定了籃球最後離手後的速度、角度和高度。所以從上肢關節角速度來看，在新制三分線呈現的數據皆大於舊制三分線，相關係數也達顯著相關，此結果可以說明，雖然新制三分線多了 50 公分的距離，但出手瞬間的上肢關節角速度仍有程度上的區別。

二、新(舊)制三分線跳投的最大關節角速度

最大上肢關節角速度，腕關節部分發生於出手瞬間，其餘則在動作期間發生。肘關節最大角速度 926.44(900.4) deg/s $r = .95$ ，肩關節最大角速度 418.52(408.57)deg/s $r = .98$ ，髖關節最大角速度 250.13(239.08)deg/s $r = .97$ ，右膝關節最大角速 533.86(530.65) deg/s $r = .9$ ，左膝關節最大角速度 526.46(523.33)deg/s $r = .94$ ，右踝關節最

大角速度 616.03(613.15)deg/s $r = .94$ ，左踝關節最大角速度 648.88(650.05)deg/s $r = .99$ 。

比較最大新舊制三分線跳投的最大關節角速度，所有關節的最大角速度值均為 6.75 公尺 > 6.25 公尺。兩者的相關係數可達 $r = .9$ 以上。新制三分線跳投的動作，加快了全身關節的屈曲(腕、肩)和伸展(肘、腕、膝、踝)速度，所增加的數值如表 5-4。上肢段關節最大角速度以腕關節增加了 4.62% 為最多，這因為身體欲快速起跳，反應在腕關節角速度的增加，所在起跳過程中腕關節角速度也顯示相當的重要性。綜上所述，新制三分線跳投是一種全身協調動作，以加快整個身體動作速度的方式，來增加投籃的動力，非只有單一關節的動作改變。

表 5-4 新、舊制三分線動作期關節最大角速度(deg/s)比較摘要表

距離	A	B	C 差異值	百分比
	6.25 公尺	6.75 公尺	(B-A)	(C/A)
腕關節	1324.71	1359.96	35.25	2.66%
肘關節	900.4	926.44	26.04	2.89%
肩關節	408.57	418.52	9.95	2.44%
腕關節	239.08	250.13	11.05	4.62%
右膝關節	530.65	533.86	3.21	0.60%
左膝關節	523.33	526.46	3.13	0.60%
右踝關節	613.15	616.03	2.88	0.47%
左踝關節	648.88	650.05	1.17	0.18%

三、新、舊制三分線跳投的出手時機及重心表現

隨著投籃距離的增加，跳投的出手時機有提早的現象。Elliott(1992)的研究指出 6.25 公尺的出手時機在 88.4%最大跳躍高度時發生。而 Miller(1993)的研究結果，在 5.49 公尺的出手時機在 88.6%最大高度時發生。許立德(2005)比較四種距離跳投的出手時機，在前三個距離 2.25 公尺、4.225 公尺及 6.25 公尺投籃時，出手時機隨著投籃距離增加而有顯著提早的現象。而本研究，新(舊)三分線出手時機為 89.5%(92.1%)，相似上述研究的結果，隨投籃距離增加，出手高度降低的現象。

為何隨著投籃距離增加，出手時機有提早的現象？這是因為起跳離地後，愈早出手，身體的重心速度愈大，Miller(1993)認為投籃者會利用重心的速度來增加球速。即長距離投籃上肢力量不足以應付投籃，球員會利用身體在空中的重心速度配合上肢手臂投籃動作，產生足夠的球速。所以出手時機有提早的現象。本研究新(舊)三分線的起跳重心速度為 1.93(1.89) m/s $r = .96$ ，增加 2.12%，但出手重心速度為 0.74(0.61) m/s $r = .85$ ，則大幅增加至 16.39%，即新制三分線有相當程度的依賴出手重心速度來幫助出手以增加球速，如表 5-5。

因為距離增加的因素，新制三分線的重心速度皆高於舊制三分線的數值，在起跳瞬間的重心速度相關為 $r = .96$ ，出手重心速度相關為 $r = .85$ ，皆達到顯著相關。

表 5-5 新、舊制三分線重心速度(m/s)比較摘要表

距離	A	B	C 差異值	百分比
	6.25 公尺	6.75 公尺	(B-A)	(C/A)
起跳重心速度	1.89	1.93	0.04	2.12%
出手重心速度	0.61	0.71	0.1	16.39%

四、新、舊制三分線跳投的動力學表現

跳投會產生一個垂直地面最大反作用力，依據相關研究何文祥(2003)，在 4.54 公尺(二分值)和 6.25 公尺(三分值)跳投的最大垂直地面反作用力，發現三分值跳投的垂直地面最大反作用力是 2.47 倍體重(BW)，小於二分值的 2.78 倍體重(BW)，兩者達到顯著差異。而不同的，Elliott(1989)針對女子選手跳投的研究結果，4 公尺跳投最大垂直地面反作用力為 2.6 倍體重(BW)和 6.25 公尺的 2.7 倍體重(BW)，無明顯差異。許立德(2005)的研究結果，在二分值和三分值的最大垂直地面反作用力與 Elliott 相似。而本研究結果，在新(舊)制三分線跳投的垂直地面最大反作用力 2.28(2.29)倍體重(BW)， $r = .97$ ，減少 0.44%，。在水平衝量 26.02(21.23) N·s， $r = .85$ ，增加了 22.56%。垂直衝量 724.1(756.73) N·s， $r = .9$ ，減少了 4.31%，如表 5-6。故新、舊制三分線跳投的動力，新制(前後衝量) > 舊制(前後衝量)；新制(垂直衝量)

＜舊制(垂直衝量)，新制(最大垂直地面反作用力)＜舊制(最大垂直地面反作用力)。由此可知，新制三分線跳投，身體有增加向前移動的趨勢，同時減少垂直向上衝量，結果最大地面反作用力有略為減小的現象。

表 5-6 新、舊制三分線動力學比較表

距離	A 6.25 公尺	B 6.75 公尺	C 差異值 (B-A)	百分比 (C/A)
垂直衝量 (N·s)	756.73	724.1	-32.63	-4.31%
前後衝量 (N·s)	21.23	26.02	4.79	22.56%
最大地面反 作用力(BW)	2.29	2.28	-0.01	-0.44%

第陸章 結論與建議

本研究主要是探討新制三分線跳投的動作特徵，再比較新、舊制三分線與罰球線三種距離跳投的運動學和動力學差異，茲將研究結果歸納出以下結論，以提供給教學、訓練、學術研究…等領域參考。

- 一、新制三分線雖然僅增加 50 公分，但這讓球員跳投動作產生了變化，並非單一改變某身體關節運動或調整某肢段動作就足以應付此長距離的投籃。而是需要短時間迅速的動作反應，再結合身體與四肢的協調動作，才能提升整體跳投動作，完成長距離跳投。故新制三分線跳投需要動作精熟、良好的協調性才能完成短暫反應時間所必須產生的激烈動作。
- 二、新、舊制三分線跳投的運動參數間比較並無顯著差異存在。但是新制三分線跳投的起跳到出手的反應時間較短，起跳重心角度和出手角度較小，出手高度百分比(%)較低。而且出手球速、出手瞬間上肢關節角速度、動作期身體各關節最大角速度、下蹲期最大重心速度、起跳重心速度、起跳瞬間重心水平速度、出手重心速度、重心水平位移、水平衝量等運動參數值均有增加的趨勢。
- 三、隨著投籃距離增加，出手球速也隨之增加，球員會以加大上肢關節角速度及利用起跳重心速度的方式來幫助投籃，故有減少出手高度和增加向前水平位移的現象。

新制三分線跳投因為投籃距離變遠了，最明顯的就是利用身體重心速度往前、往上帶動來增加投籃力量，以提高球速。但這也造成 1、增加水平重心速度，2、減少重心起跳角度，3、減少球出手角度的現象。相較於短距離接近垂直向上的跳躍投籃方式，新制三分線跳投有比較多的往前跳躍動作，出手瞬間身體帶有比較大的重心速度，造成出手動作的身體相對不穩定。而且投籃距離變遠，出手角度會減小，也會減低拋物線的弧度，可能導致球入籃角度變小，入籃偏差容許值 (margin of error) 減小，所以籃球容易碰觸籃框，產生命中率下降的現象。故建議，要精進長距離投籃技術仍要回歸到紮實的基礎動作，並加強上肢手臂(腕、肘、肩)力量，減少對重心速度的依賴，並提高出手角度，產生高的球飛行拋物線，增加入籃偏差容許值，才能提高投籃命中率。

參考文獻

- 吉井四郎 (1996)。籃球教室。台北市：聯廣。
- 何文祥 (2002)。高中男子籃球選手不同距離跳投之地面垂直反作用力與動作分析。未出版碩士論文，中國文化大學，台北市。
- 吳喜松、高俊傑、楊紀瑜、羅玉枝 (2010)。2010年10月國際籃球規則變動後對比賽影響之探討。運動休閒餐旅研究，5(4)，121-132。
- 洪彰岑、莊榮仁、劉宇 (1997)。直膝與屈膝垂直跳的生物力學分析比較。大專體育，29，105-111。
- 孫民治 (2004)。現代籃球高級教程。北京：人民體育出版社。
- 馬毅、徐威、李杰凱 (1999)。籃球。台北市：國家出版社。
- 張英智、黃長福 (2006)。籃球跳投之運動學分析。論文發表於中華民國大專院校八十三學年度體育學術研討會。嘉義縣：國立中正大學。
- 許立德 (2005)。籃球不同距離跳投動作之運動力學分析。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。
- 許樹淵 (1999)。運動生物力學。台北市：合記圖書出版社。
- 郭鼎文 (2006)。籃球實戰技術圖解：最佳投籃。台北市：諾達運動行銷。

陳錦偉 (2007)。優秀男子籃球選手不同距離跳投之三維反作用力分析。《北體學報》，15，136-151。

湯文慈、孫錦祥、黃奕銘 (2009)。優秀與一般籃球選手跳投動作之運動學分析。《大專體育學刊》，69-79。

結城昭二 (1996)。《NBA 籃球秘笈大公開》。臺北縣：漢湘文化出版社。

楊育欣 (2011, 1月23日)。新3分線遠50公分「如台北到高雄」。《聯合報》。

楊芳銘 (2010)。《定點投籃與跳投投籃在力學特徵上的比較與分析》。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。

關四郎 (1997)。《籃球入門教室》。台北市：聯廣。

Allsen, P. E., & Ruffner, W. (1969). Relationship between the type of pass and the loss of the ball in the basketball. *Athletic Journal*, 50 (94), 105-107.

Brancazio, P. J. (1981). The physical of basketball. *American Journal of Physics*, 49 (4), 356-365.

Bunn, J. (1964). *Basketball Techniques and Team Play*. New Jersey: Englewood Cliffs.

Duane, K. (1993). Biomechanics of the basketball jump shot-six key teaching points. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64 (2), 67-73.

- Elliott, B., & White, E. (1989). A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21, 7-11.
- Elliott, B. (1992). A kinematic comparison of the male and female two-point and three-point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24 (4), 111-117.
- Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques* (4th ed.). New Jersey: Englewood Cliffs.
- Hess, C. (1980). Analysis of the jump shot. *Athletic Journal*, 61 (3), 30-33, 37-38, 58.
- Hudson, J. L. (1982). A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball. *Biomechanics in Sports* (pp. 95-102). San Diego: J. Terauds.
- Ingram, B., & Snowden, S. (1989). Face up to good shooting technique. *Scholastic Coach*, 59, 58-59, 79.
- Martin, T. P. (1981). Movement analysis applied to the basketball jump shot. *Physical Educator*, 38 (3), 127-133.
- Mauht, T. H. (1981). Physics of basketball: Those golden arches. *Science*, 81, 106-107.
- Miller, S. A., & Bartlett, R. M. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sport Sciences*, 13, 285-293.

- Miller, S. A., & Bartlett, R. M. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sport Sciences, 14*, 243-253.
- Neil, D.I, & Dick, M. (1988). *basketball: the keys to excellence*. New York: sports illustrated.
- Satern, M. (1988). Basketball: Shooting the jump shot. *STRATEGIES* , 1 (4).9-11.
- Toyoshima, S., Hoshikawa, T., & Ikegami, Y. (1981). Effects of Initial ball velocity and angle of projection on accuracy in basketball shooting. *Biomechanics VIIB* (pp. 525-530). Champaign, IL: Human kinetics.

附錄一

受試者實驗同意書

研究單位：國立臺灣師範大學體育學系碩士班

指導教授：蔡虔祿 博士

研究者：劉子由

聯絡電話：0935-305721

本研究以 99 學年度大專籃球聯賽冠軍隊為對象，比較新制三分線 6.75 公尺、舊制三分線 6.25 公尺和罰球線 4.225 公尺三種不同距離跳投的生物力學差異和瞭解新制三分線跳投的動作特徵。本實驗過程需要您努力的參與和支持。在此希望徵求您的同意。

實驗時間：中華民國一〇〇年五月十八、十九、二十日。

實驗地點：國立臺灣師範大學分部體育館一樓

受試者權益：如果在實驗過程中改變意願，可立即停止投籃動作，並告知研究者，隨時退出此項實驗。

受試者：_____（簽章）

填寫日期：_____年_____月_____日

聯絡電話：_____

研究者：劉子由

聯絡電話：0935305721

附錄二

受試者健康狀況調查表

姓名：_____ 身高：_____公分 體重：_____公斤
 出生日期：_____年_____月_____日 年齡：_____歲
 球齡：_____年 進攻位置：_____

近半年是否有受傷：_____（若有受傷請填寫下一項）
 受傷部位：_____ 是否痊癒：_____

- | | 有 | 無 |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. 是否曾有心臟方面的問題？

（例如：心律不整、胸口疼痛等等） | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. 是否曾有關節方面的問題？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. 目前是否有氣喘情形發生？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. 目前是否有外傷情形發生？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. 是否容易緊張或情緒不安？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. 最近是否有服用任何藥物？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

◆ 有的話，麻煩請說明：_____

受試者：_____（簽章） 聯絡電話：_____

填寫日期：_____年_____月_____日