

國立臺灣師範大學運動與休閒學院

體育學系碩士學位論文

籃球優秀運動員接球與
運球跳投之運動學分析



研 究 生：林恭弘

指導教授：蔡虔祿

中華民國 107 年 8 月

中華民國臺北市

籃球優秀運動員接球與運球跳投之運動學分析

107 年 8 月

研 究 生：林恭弘

指導教授：蔡虔祿

摘要

過去籃球跳投研究大多著重於投籃距離、防守球員對於原地投籃運動力學參數的影響，對於急停墊步投籃較少著墨。透過 2017 年 NBA 總冠軍賽選手的跳投型態分析，發現球員以運球過人和跑動接球跳投為主要技術；選手在擺脫防守者後通過墊步的方式進行投籃。而幾種動作在使用率與命中率各有所長，為了瞭解實戰中常用跳投技術的細微區別，本研究利用 7 台 Vicon 紅外線攝影機(300Hz)與一台 JVC 高速攝影機(300Hz)，以八名右手為慣用手之臺灣大專公開甲一級男子籃球選手為受試者，拍攝其左、右手運球與左、右側跑動接球三分線墊步跳投動作之運動學資料。透過 Visual3D 與 Kwon3D 軟體分析後，以無母數弗里曼二因子等級變異數分析檢定不同動作跳投之差異顯著性($\alpha = .05$)，差異若達顯著則進行事後比較。結果：運球跳投的墊步距離較接球跳投長；運球跳投較接球跳投動作在軸心腳觸地瞬間有較快的重心水平速度；下蹲期重心下降時間較短，反映在膝關節的屈曲角速度較大；起跳瞬間垂直方向速度較接球跳投快，跳躍高度亦有較高的趨勢。整體而言，運球與接球跳投對墊步投籃動作影響較左、右手運球與突破方向等因素來得大，且主要區別為下肢著地與跳躍動作的過程，但四種跳投動作的上肢動作並沒有顯著差異。

關鍵詞：墊步跳投、運球、生物力學

The kinematical analysis of catching and dribbling jump shots in basketball elite players

August, 2018

Author: Lin, Kung-Hung

Advisor: Tsai, Chien-Lu

Abstract

Most of the previous studies related to jump shot focused on shooting distance and the influence of defenders rather than pull up jumpers. According to the analysis of the 2017 NBA Finals, dribbling past an opponent and “catching and shoot” were the main players’ techniques; players dribble past their opponents and jump shot with 1-2 step. The purpose of this study was to compare the difference among the movements of the “left-hand dribble and shoot”, “right-hand dribble and shoot”, “left-side catch and shoot” and “right-side catch and shoot” on the 3 points line in biomechanical approach. Eight Taiwan UBA (University Basketball Association) division one were served as the participants. Seven VICON infrared cameras (300Hz) and a JVC high-speed camera (300Hz) were used to collect the dynamics variables in the experiment. The data were calculated by the software of the Visual3D and the Kwon3D. All the variables were tested by Friedman two-way ANOVA non-parametric statistical test and the post-hoc comparison were calculated by SPSS 23.0, the significant levels as $\alpha = .05$. The results showed the step length of “dribble and shoot” was longer than “catch and shoot”; the horizontal COM velocity at the landing point of the pivot foot in “dribble and shoot” was faster than “catch and shoot”. The time of COM descending phase was shorter in “dribble and shoot” than in “catch and shoot”. The results showed that the angular velocity of knee-joint, the vertical velocity of the COM was faster and the jump height was higher in “dribbling and shooting” than “catching and shooting” movements. The differences between the “dribble and shoot” and the “catch and shoot” was greater than the difference between using left hand and right hand or the two cutting directions. There were no significant kinematical differences in the upper limbs among the four movements.

Keywords: jump shot, dribbling, biomechanics

謝 誌

由於對運動的喜愛與興趣，在大學畢業後考取師大運動科學研究所，並以運動生物力學為研究領域，學習以科學的角度分析人體運動與日常中的動作。由於之前並不是就讀體育相關科系，許多專業課程都需要從頭學習，包括人體的解剖構造與力學相關知識；而在修課過程中可以接觸到許多台灣優秀的運動選手，並觀察他們的運動表現，可謂兩年來最大的收穫。

進入力學領域，必須學習儀器的操作與設計一個嚴謹的實驗流程，感謝實驗室的研究夥伴智尚、建達、柏穎、哲安與學弟宥達，在我遇到困難與迷惘的時候給予我最大的幫助；還有最專業的尹鑫學長，一步一步地教導儀器的使用並分享過去實驗的經驗；亦感謝師大男甲一級教練、球員與好友偉益、定華、榮吉，熱心參與並協助完成本研究之實驗。

感謝兩年來給予我莫大幫助的指導教授蔡虔祿教授，除了在研究上教導我如何設計一個架構完整的實驗，並幫助我完成校內、外的發表與投稿；最重要的是經驗上的分享，包括處理事情的態度與方法、說話的技巧，尤其老師對體育運動的執著讓我印象深刻，跟著老師學習的兩年讓我受益良多。

感謝我的弟弟林孟賢，雖然我們的個性大不相同，但自從我兩歲以來就有你的陪伴，只要有需要你一定義不容辭，令我深深體會手足之情。

最後感謝我的父親林晉生先生與母親陳淑卿女士，從小就給我良好的生長環境與教育，並在學生生涯的每個階段都支持我的選擇，做我最堅強的後盾，讓我能克服困難，以正面的態度完成學業。

目 次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	vii

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.....	2
第四節 研究目的.....	3
第五節 研究假設.....	3
第六節 研究範圍與限制.....	3
第七節 名詞解釋與操作性定義.....	4

第貳章 文獻探討.....5

第一節 跳投技術分析.....	5
第二節 跳投技術運動學相關文獻.....	7
第三節 跳投前動作分析.....	12
第四節 文獻總結.....	16

第參章 研究方法與步驟.....17

第一節 研究對象.....	17
第二節 實驗時間與地點.....	17
第三節 實驗儀器設備.....	17
第四節 實驗方法與步驟.....	19
第五節 研究架構.....	21

第六節 實驗資料處理與分析.....	22
第七節 統計方法.....	26
第肆章 研究結果.....	27
第一節 四種過人跳投動作重心參數比較.....	27
第二節 四種過人跳投動作投籃數據與花費時間.....	33
第三節 四種過人跳投動作上、下肢關節運動學參數.....	37
第四節 小結.....	51
第伍章 討論.....	52
第一節 四種跳投動作的運動學與投籃結果比較.....	52
第二節 急停墊步跳投的動作特徵.....	55
第陸章 結論與建議.....	57
參考文獻.....	59
附錄.....	62
附錄一	62
附錄二	63

表 次

表 2-1	過去文獻所提出之不同投籃角度.....	9
表 3-1	球員基本資料.....	17
表 3-2	Plug-in-Gait 反光求黏貼位置.....	25
表 4-1	四種過人跳投動作墊步軸心腳觸地瞬間身體重心高度與速度.....	28
表 4-2	下蹲期重心垂直方向速度最大值.....	28
表 4-3	起跳瞬間身體重心參數.....	29
表 4-4	出手瞬間重心參數.....	30
表 4-5	各動作期重心位移.....	32
表 4-6	跳投動作重心高度最大值.....	33
表 4-7	過人跳投各動作期花費時間.....	34
表 4-8	出手瞬間動作參數.....	36
表 4-9	投籃命中率.....	36
表 4-10	墊步距離比較.....	37
表 4-11	軸心腳觸地瞬間關節角度.....	38
表 4-12	下蹲期軸心腳關節角位移與下肢關節角速度最大值.....	39
表 4-13	投籃動作重心最低點下肢關節角度.....	41
表 4-14	起跳瞬間下肢關節角度.....	42
表 4-15	推蹬期下肢關節角位移.....	44
表 4-16	推蹬期下肢關節角速度最大值.....	45
表 4-17	投籃動作重心最低點上肢關節角度.....	46
表 4-18	出手瞬間上肢關節角度.....	47
表 4-19	投籃動作重心最低點至出手上肢關節角位移.....	48
表 4-20	出手瞬間上肢關節角速度.....	49
表 4-21	投籃動作重心最低點至出手上肢關節角速度最大值.....	50

圖 次

圖 2-1	跳投動作分期.....	6
圖 2-2	影響跳投結果之變項.....	8
圖 2-3	下肢校準能力改善情形.....	14
圖 2-4	接球與運球跳投花費時間與命中率比較.....	15
圖 3-1	實驗場地布置示意圖.....	20
圖 3-2	研究架構圖.....	21
圖 3-3	跑動跳投動作分期圖.....	23
圖 3-4	Plug-in-Gait 反光求黏貼位置圖.....	24
圖 4-1	球員右手運球跳投與右側接球跳投重心高度變化.....	35



第壹章 緒論

第一節 前言

籃球是一個變化多端的運動，在正規全場籃球比賽中雙方球員以 5 對 5 的形式，直接面對面的互相對抗，比較雙方的身體素質、運動能力、專業技術與團隊合作能力。最終目標就是讓球進入籃框來比對手獲取更多分數。而得分的方式有很多種，包括團隊戰術的設計、兩人或三人小組互相掩護與搭配製，有時候也必須依靠球員的個人運球、跑位的能力為自己與隊友創造出手的機會。因此當球場上的每位球員個人能力越強時，就容易撕裂對手的防守，不論是一對一單打取分或者突破之後的分球，都能讓團隊的進攻更有效率與順暢。近年世界籃球最高殿堂美國國家籃球協會(National Basketball Association, NBA)的趨勢是 2-3 名明星球員攜手合作，作為球隊進攻發動的核心，這些球員在面對對手的嚴防之下依然能穩定的得分，輪流表現讓球隊不容易進入得分的乾旱期，球隊的戰績自然而然出色，關鍵就在於他們鶴立雞群的控球、跑位與投籃技術。

在籃球規則中，上籃、灌籃與三分線內的投籃進球得 2 分，三分線以外由於距離較遠造成投籃的難度增加，因此進球可獲得 3 分。但隨著球員訓練方式與投籃技巧的快速提升，每位球員對於三分線的掌握能力更加進步，使得三分線投射不再是後衛球員專屬的進攻手段。2006-07 年球季，聯盟每場命中最多三分線的球隊為鳳凰城太陽隊的 9.2 顆，到 2016-17 年球季休士頓火箭隊的 14.2 顆；每場三分線出手次數也由 2006-2007 球季金州勇士隊的 24.8 次大幅增加到 2016-2017 球季的 40.1 次。從這樣的改變可以發現現今籃球對三分線投籃的重視，將進攻範圍拉到三分線外甚至更遠的距離，可以迫使防守球員必須增加防守面積並提升難度，更容易找到進攻的空檔，再加上比一般進球多得一分的優勢，使得 NBA 的場均最高得分從 2006-07 球季的 109.5 分增加至 2016-17 球季的 116.5 分("NBATEAM STATS," 2017)。

但是在比賽中三分線的出手並不是這麼容易，除非球員擁有高人一等的身高，由於離籃框較遠，球員突破對手防守的空間相對較小，這時候球員就必須依靠運球、空手跑動、投籃假動作等技術擺脫防守球員，並把握短暫的空檔出手得分。這樣的出手方式不像原地投籃如此穩定，必須克服快速跑動後身體較快的水平方向重心速度，需要更強的肌力與身體控制能力。

第二節 問題背景

跳投為高層級男子籃球比賽中廣泛被運用的技術，其在空中出手的特性允許球員獲得更清晰的視野與更大的出手空間，而且隨著球員的能力日益進步，近至禁區內遠至三分線外數步的距離皆是跳投的投射範圍。因為種種的優勢讓跳投成為頂尖球員的必備技術，除了最基本的定點接球或持球跳投，球員必須具備空手快速跑動接球找尋空檔或運球突破後使用跳投的能力，才能在比賽高強度的防守中出手。觀察 2017 年 NBA 總冠軍賽中球員的跳投表現，這些出手前的不同動作可能會影響球員的投籃姿勢與球投出的軌跡，導致投籃命中率的改變。

國外研究者觀察 NBA2011-12 與 2013-14 球季 666 場比賽，共 94056 次的出手型態並詳細分類，發現球員使用跳投技術進攻的比率達到 55.36%(Csapo & Raab, 2014)。除了原地空檔的出手，球員會利用跑位、運球或隊友的掩護來製造投籃的空檔。然而過去以力學角度分析籃球跳投的研究多以罰球線、三分線等不同距離或防守者對投籃的影響為主要方向，但對於球員執行跳投前不同的動作影響並無深入探討。現今球員運動能力與技巧更加提升，會在跳投前執行更多運球或假動作來擺脫防守者。2016-17 年 NBA 總冠軍賽球員使用比例最多的跳投技術分別為接獲傳球後跳投(45.47%)、非慣用手切入後跳投(24.40%)與慣用手切入後跳投(21.46%)，再加上近年來全世界籃球比賽球員三分線出手比例快速增加，因此這些技術對三分線跳投動作的生物力學特徵差異是一個值得探究的課題。

第三節 研究問題

透過分析 2017 年總冠軍賽 5 場比賽的完整影片發現，球員通常會在接獲隊友傳球、自己運球突破與做假動作(多為試探步)之後執行跳投，這些不同的前置動作可能會影響跳投的運動力學參數。因此本研究想比較三分線距離自左、右側跑動接獲傳球、慣用手運球、非慣用手運球等四種不同情境下進行跳投，觀察不同跳投技術對於投籃的運動生物力學參數會有什麼不同的影響。

第四節 研究目的

本研究想要了解國際籃球總會(FIBA)新制三分線跳投的動作特徵，以跳投雙手收球前的四種不同動作作為操弄變項，了解球員在進行左、右側接球跳投、慣用手與非慣用手突破後跳投等不同現今籃球比賽中被廣泛應用的技術時，對跳投動作機制的影響，並透過運動學參數的比較與分析，提供籃球運動從事者訓練與實際運用時參考的方向。本研究的研究目的詳述如下：

- 一、瞭解籃球運球突破與空手跑動接球的跳投技術在身體相關之運動學參數之間的差異。
- 二、瞭解籃球慣用手與非慣用手運球、左側與右側不同方向跑動之間跳投運動學參數是否有差異。

第五節 研究假設

- 一、籃球運球突破跳投與空手跑動跳投對比原地持球跳投運動學參數有差異。
- 二、四種跳投動作之間有差異

第六節 研究範圍與限制

- 一、本研究以後衛與前鋒球員為研究對象，探討受試者從距離三分線外三公尺的左、右兩個出發區分別左執行運球過人後收球與空手跑動接球技術，墊步踏上投籃區後進行跳投動作的運動學參數。墊步跳投動作的下蹲期、推蹬期、飛昇期至出手為資料分析範圍。
- 二、本研究以三角錐模擬比賽的防守者，使球員通過運球與跑動繞過三角錐模擬實戰中擺脫防守者的動作，但並不能真正代表比賽中的攻防情形，另本研究未在真正籃球場並在實驗場地使用移動式籃球架進行投籃，與正式比賽的出手情境有所差異，為本研究之限制。

第七節 名詞解釋與操作性定義

- 一、運球突破：球員從距離三分線 3 公尺以外區域，持球往運球反方向做一假動作後運球切入，以圓弧線的切入路徑繞過三角錐。
- 二、無球跑動接球：球員從距離三分線 3 公尺以外區域，空手跑動以圓弧形路徑繞過三角錐，至三分線接球。
- 三、墊步跳投：微微跳起以單腳先著地作為軸心腳，另一隻腳接續落地的方式進行接球或收球動作，接著跳躍在空中將球投出。
- 四、起跳：跳投時雙腳離地瞬間。
- 五、出手：跳投時球離手瞬間。
- 六、出手球速：籃球離手瞬間的速度。
- 七、出手角度：出手瞬間籃球飛行路徑與水平線在矢狀面的夾角。
- 八、出手高度百分比：跳投出手時重心高度與跳投動作最高重心高度之比值。



第貳章 文獻探討

第一節 跳投技術分析

跳投顧名思義就是跳躍在空中將球投出的投籃技術，Okazaki、Rodacki 與 Okazaki (2007) 將跳投分為五個動作期。

準備期：在此階段，球員將球擺在腰部位置，以自然張開手指的方式接觸球。慣用手放在球的下方，準備對球產生推進力；另一隻手則放置於球的側邊以維持球的穩定。雙腳約與肩同寬呈現前後交錯姿勢，與投籃手同側腳在前並對準籃框方向，視線注視籃框。接著彎曲膝蓋，使身體重心降低，準備跳躍。

籃球上升期：此分期由肩膀和手肘的屈曲開始，透過這些動作將球的位置提升到眼睛前上方。肩膀、手肘、手腕與籃框位於同一平面，確保球能往正確的方向飛行。同時，髖、膝關節伸展，將身體重心提高，透過地面給予的反作用力，準備跳離地面。期間球應該保持靠近身體，避免身體重心水平方向的偏移。

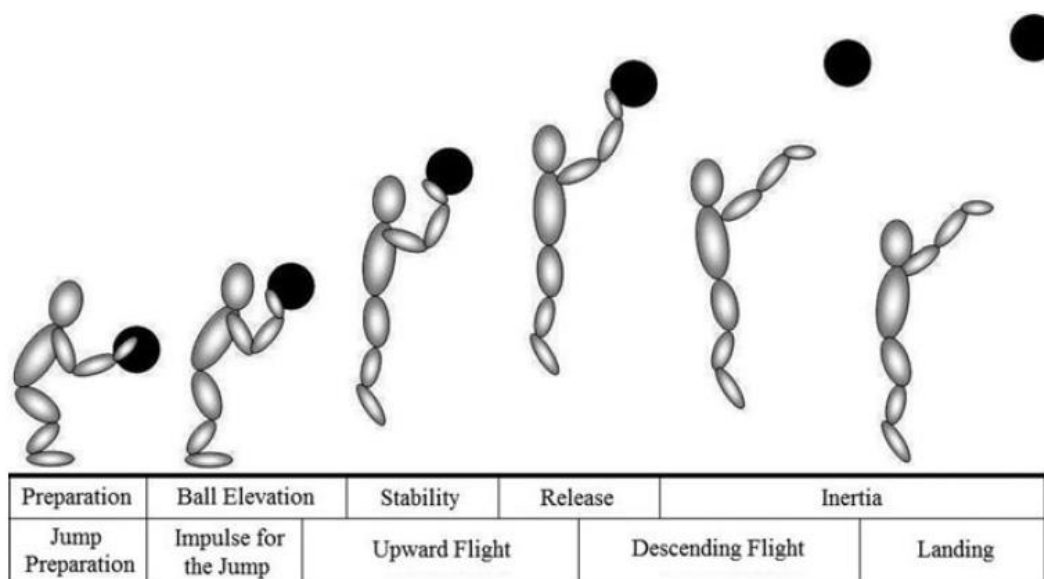
穩定期：當雙腳離開地面，身體只受到重力影響。此時必須依靠球員的身體肌力與協調性在空中保持穩定與平衡。投籃手的手腕則過度伸張(hyperextends)來承受球的重量並準備在跳躍至最高點瞬間的前後將球釋放。有些球員會為了能量的完整傳遞，減少穩定期的時間或直接略過此階段。

釋放期：此階段始於球員的手肘伸張、手腕屈曲，將球往籃框方向推進，結束於球釋放離開指尖的那一刻。主要依靠手肘有力的伸張配合手腕屈曲的「壓腕」動作，讓球有足夠的動能往籃框飛行。

跟隨期：此階段發生於球離手之後。肩膀自然下降，手腕繼續屈曲，手肘伸展使得前臂與地面接近平行，手指往籃框方向延伸，確保球飛向正確的路徑，流暢地結束整個跳投動作。

圖 2-1

跳投動作分期



圖片來源：(V. H. A. Okazaki, Rodacki, & Okazaki, 2007)

邱大宗(2001)以右手投籃者為例，提出跳投投籃技術訓練要領：

一、持球動作

接球時張開雙手並以手指持球。以左腳作為墊步基準腳，右腳為完成步，稍微超過左腳 5~10 公分。雙腳與肩同寬平均分擔力量，雙膝微彎，自然將球抬至胸前成攻擊持球基本動作。

二、投籃瞄準點

以宏國象職籃隊為例，訓練與指導球員瞄準籃框後緣。由於籃框的直徑在 25cm 以內，籃框的直徑為 45cm，這樣的瞄準方法在球逆向旋轉的情形下，有最大的空間落入籃網之中。

三、出手前動作與體角

眼睛注視籃框，投籃手指間支撐球，手腕輕輕彎曲。另一手在球的側下方輕托住球，出手時輔助手仍隨侍在旁，不要離開。膝蓋以約 150° 角柔軟彎曲，流暢的將重心轉至腳尖上。

四、出手後動作與體角

上半身上抬挺胸，手臂順暢地向籃框推出，手掌先稍向後彎接著下壓，食指最後離開球並指向籃框，賦予球柔順的後旋轉。投籃手保持約 53° 角的弧形軌跡。雙眼注視球的飛行軌跡。

陳錦偉、楊育寧、許義章與范志雲 (2011) 指出跳投動作需要各個環節緊密的結合，使身體的不同肢段在同一時間內分別屈伸來完成出手。而投籃的力量是由下肢往上傳遞，從腳踝、小腿、膝蓋、大腿、臀部、背、大手臂、小手臂與手腕，最後由手指推送出去。透過地面的反作用力使身體躍起，伴隨軀幹伸展，投籃手臂迅速且完整伸展，最後配合屈腕將球送出。每個環節都符合力學原理。

Okubo 與 Hubbard (2016) 比較只用手腕、用前臂與手腕、完整利用整條手臂與手腕的跳投模式發現，球員在只用手腕施力的情況下，將難以產生足夠的出手球速、角度與使球倒旋的效果；若加上前臂的運用，就能使球產生足夠的出手球速、角度與倒旋效果；而若能完整使用整隻手臂與手腕，球員能因應球場上的各種情況，調整肩、肘、腕關節的角速度與角加速度來投出較理想飛行軌跡的球。因此，投籃時充分的利用所有上肢關節與肌肉，對球員的出手距離與球的飛行路徑掌控能力都有顯著的幫助。

優秀球員會盡量在身體重心速度接近最小的時候出手來增加跳投的穩定度，91.2%在身體重心達到最高點前的瞬間。且會有較高的出手高度，降低球與籃框的垂直距離，讓出手動作更加省力與流暢。觀察 25 次時間與身體重心的關係圖可以發現，優秀球員重心隨時間變化的曲線較為平滑，且曲線幾乎重疊，代表優秀球員每次投籃身體重心的變化情形非常相近 (Verhoeven & Newell, 2016)。

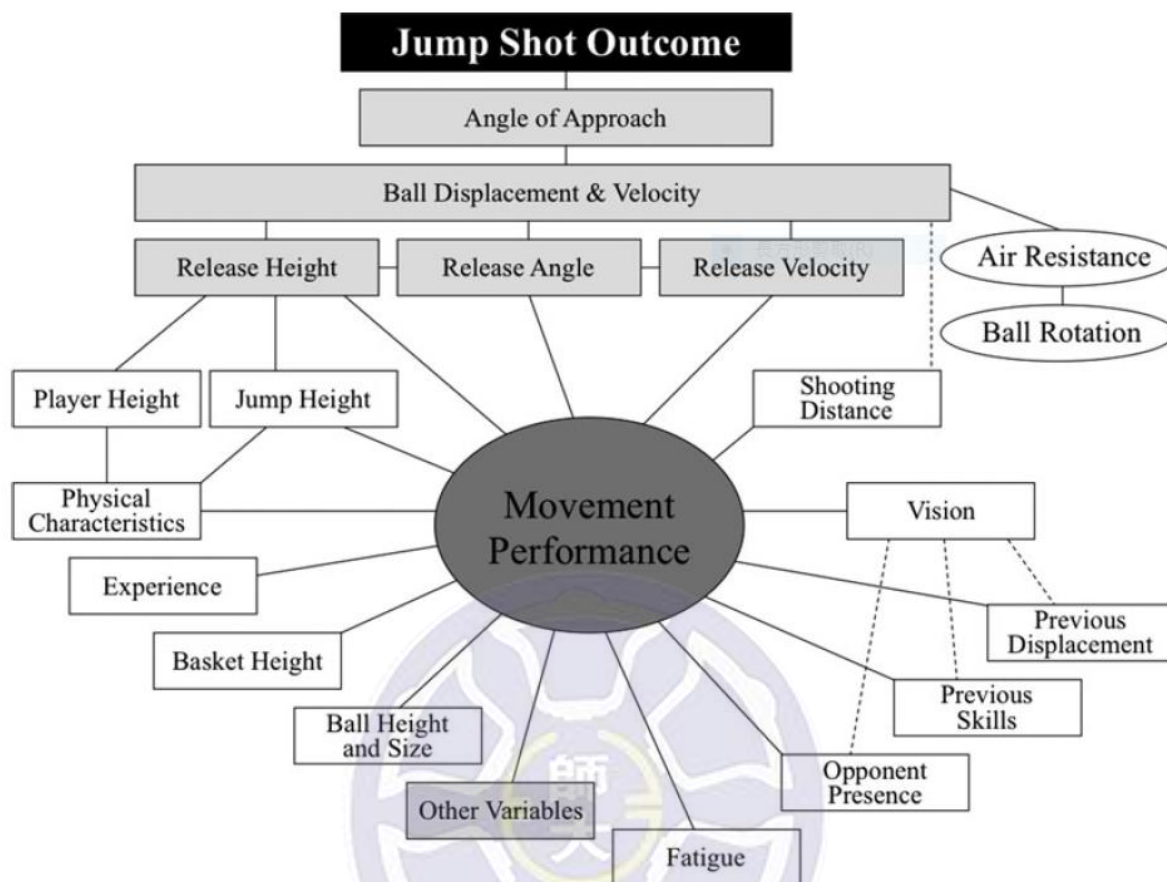
Verhoeven 與 Newell (2016) 認為優秀球員之所以會有較高的投籃命中率，關鍵在於每次出手姿勢的穩定與出手時對球的控制力。

第二節 跳投技術運動學相關文獻

學者認為出手高度、角度與球速為影響跳投動作結果的三大關鍵因素 (Knudson, 1993; V. H. Okazaki, Rodacki, & Satern, 2015)。在執行跳投時，球員必須選擇適當的出手高度與角度，並控制身體產生對應的出手球速，使球產生正確的飛行路徑並空心入籃。

圖 2-2

影響跳投結果之變項



資料來源：(V. H. Okazaki 等, 2015)

Brancazio (1981) 認為不同的投籃距離與出手點和籃框的距離有關，都有一個恰好看能完成投籃的最小速度，之間的關係如以下方程式：

$$\theta_{\text{最小出手速度}} = 45^\circ + (1/2)\arctan(h/L), \quad v_{\text{最小出手速度}}^2 = gL \tan \theta_{\text{最小出手速度}}$$

透過上述公式發現當球員的出手高度離籃框距離越短，球員便能用較小的角度與較慢的球速出手，這使的投籃更加的穩定與輕鬆。跳投技術除了較難以被預測及防守，藉由跳躍增加出手高度也有助於彌補出手高度不足的問題 (Knudson, 1993; V. H. Okazaki 等, 2015)，所以許多靈敏的後衛與前鋒球員廣泛運用此技術。

球員的出手角度則受到許多不同情境的影響，包括球員的身材、球場上擔任的角色、投籃距離的遠近、防守球員的站位與身材，不同投籃方式與球員的技術水平都會對投籃的出手角度產生影響。針對不同的投籃距離，球員需要使用適合的投籃角度，Verhoeven

與 Newell (2016) 指出罰球線投籃表現較差的大學球員與優秀球員相比，會使用過大的出手角度(52.6°)。V.H. Okazaki 等 (2015)整理了過去文獻所記錄之投籃出手角度，如圖 2-1。以理論獲得的投籃入籃角度範圍界於45°至58°之間；女性的罰球和跳投投籃角度分別為52°至58°與48°至53°，男性跳投出手角度則為44°至65°。

表 2-1

過去文獻所提出之不同投籃角度

Author(s)	Angles	Evidence
Mortimer (1951)	54°–58°	Theory
Hartley and Fulton (1971)	45°	Theory
Brancazio (1981)	45°–55°	Theory
Saturn (1988)	52°–55°	Free Throw (Women)
Elliott and White (1989)	~53°	Jump Shot (Women)
Elliott (1992)	44°–47°	Jump Shot (Men)
Elliott (1992)	48°–50°	Jump Shot (Women)
Miller and Bartlett (1993)	47°–52°	Jump Shot (Men)
Knudson (1993)	~52°	Theory
Southard and Miracle (1993)	~58°	Free Throw (Women)
Miller and Bartlett (1996)	48°–55°	Jump Shot (Men)
Hamilton and Reinschmidt (1997)	55°–63°	Free Throw (Theory)
Rojas et al. (2000)	44°–47°	Jump Shot (Men, with and without opponent)
Nunome et al. (2002)	50°–60°	Free Throw (Wheelchair)
Malone et al. (2002)	55°–59°	Free Throw (Wheelchair)
Okazaki and Rodacki (2012)	~65°	Jump Shot (Men)
Okazaki, Lamas, Okazaki, and Rodacki (2013)	~63°	Jump Shot (Children)

(V. H. Okazaki 等, 2015)

由於籃框的直徑 45cm 大於籃球直徑 24.6cm，所以即使投籃時稍微偏誤，仍有進籃的可能。Brancazio (1981)探討球能進入籃框的最大偏誤距離 ΔL ，透過計算紙出入籃角度必須大於32°才有直接通過籃網乾淨進球的機會。左右方向的偏差容許值會隨著投籃距離的增加而越來越小，所以較遠的投籃命中率通常較低。值得注意的是，經過計算後發現在固定投籃距離或固定出手高度的情況下，角度容許的偏差值較大，球速則須要較精準地控制，稍快或稍慢都容易造成球無法空心進球。

出手速度主要隨著投籃距離增加以大於線性的趨勢加速 (Miller & Bartlett, 1996)，而投籃距離也是過去最常研究的變項。學者比較不同距離的投籃，觀察與球相關的運動學參數發現出手高度隨著投籃距離增加而下降，使的球員必須在較短的時間內將球投出，以讓球產生更快的速度來達成足夠的投籃距離 (V. H. A. Okazaki & Rodacki, 2012)。從球

員的重心變化也證實了短距離的出手在身體下降階段，中長距離則在身體上升階段，和出手時間的長短相符。出手瞬間的水平與垂直重心速度隨著投籃距離增加也顯著上升，球員會將身體重心的垂直速度轉移到球的速度上以增加球的飛行距離。探討關節角速度與角為移更能清楚的了解球員運用哪些策略來因應投籃距離的改變，結果發現下肢關節的變化並不顯著，每次跳躍表現差異不大，投籃者傾向運用上肢來控制球的飛行路徑。隨著投籃距離增加，手肘伸展的角位移與角速度增大，肩、腕關節屈曲角速度也隨之增加以對球產生更大推進力，而肩膀的屈曲角度減少代表球員們選擇較平緩的出手角度來增加球的水平位移。從運動學資料的互相比對可以更了解球員的出手機制與策略。Okubo 與 Hubbard (2015)以二維手臂模型來釐清投籃時肩、肘、腕三個關節如何影響上臂、前臂與手掌以將球投出。模擬的投籃出手情形為肩膀與水平面夾角 45° (前臂與手腕呈垂直)到 59° (手肘夾角接近 180°)的時間範圍內，並給定多組球的出手速度、角度與下旋的角速度組合，來探討肩、肘、腕三個關節應該用怎麼樣的角速度組合搭配來完成最佳軌跡的投籃。模擬結果顯示了當肩膀角速度增加時，手肘的角速度也會跟著提升；若肩膀與手肘的角速度較小，手腕則需要相當快的出手角速度來提供球足夠的飛行速度。出手瞬間若前臂與手掌垂直，肩關節的旋轉會提供球垂直方向的速度，幫助球有更高的拋物線，而肘、腕關節的旋轉則對球產生下旋效果有重要的幫助。

比較以跳投距離當作操弄變數的研究，隨著距離增加，產生的趨勢有(一)出手球速增加(二)出手時間提前與較低的出手高度(三)出手時較快的重心速度與較大的肩關節屈曲與肘關節伸展角速度 (Miller & Bartlett, 1996; Miller & Bartlett, 1993; V. H. A. Okazaki & Rodacki, 2012; 劉子由, 2012)。

籃球是個團隊運動，中鋒、前鋒與後衛在比賽中各司其職，由於身高與技巧的差異，其投籃動作也有些許的不同。Miller 與 Bartlett (1996) 比較這三個位置的球員的投籃的力學參數，發現中鋒從離地到出手的時間較前鋒與後衛球員快，由於身高優勢，使的中鋒不用進行太多的垂直跳躍動作來提升出手高度，允許他們在起跳後能較快出手。在 6.40 m 的距離，中鋒球員甚至在起跳前就出手。而前鋒與後衛球員有比較快的跳躍離地速度，這與他們對跳投技術精熟有關。整體而言，前鋒球員兼具身材與彈跳能力，擁有最高的出手高度。

近年來越來越多研究針對三分線跳投動作進行探討。國內學者分析大專選手三分線投籃運動學特性，根據投籃動作機制的發生順序，球從腰際往上舉起的過程，依靠手肘

與肩膀迅速將球抬升，此階段球與肩膀與手肘的加速度變化曲線相似。球員身體隨著跳躍逐漸達到高點，球即將出手的瞬間，肩膀與手肘的速度慢慢下降，手腕則開始加速將球投出，因此球的速度與手腕非常相近。觀察球員將球抬起至投出的 0.2 秒，肩膀在將球上舉的 0.1 秒後作用顯著，後續到出手過程中的 0.1 秒主要依靠手肘與手腕的作用(球與之加速度曲線較相似)，肩、肘、腕在投籃動作分期中先後對球產生加速與穩定作用。其中手腕由於與球緊密接觸，其速度曲線與球相當類似。另外透過比對球與手腕的加速度，發現三分線出手的時機在身體上升期的最後 1/4 階段完成(陳錦偉, 2009)。Hussain, Ahmad 與 Rani (2017)年針對大學男女籃球員三分線成功進球與失敗的投籃進行運動學分析，探討兩種情形下，執行跳投動作時身體的關節角度與出手高度、角度是否相異，以深入了解是什麼樣的細微差異導致無法成功進球。研究的結果顯示訓練有素的球員不管進球與否，整體的投籃動作大都保持一致。但在跳投動作的穩定期，身體騰空至出手瞬間，肩膀與水平面的夾角是影響投籃結果的關鍵，成功進球時為 $119.50 \pm 9.83^\circ$ ，顯著大於失敗時的 $114.50 \pm 8.39^\circ$ 。這樣的差別在於球員會將肩膀抬得更高，除了可以擁有較高的出手點，學者指出投籃時手肘能貼近胸口，完整的屈曲，幫助球員在出手時更完整的伸展手臂，傳遞足夠的力量讓球以更適合的拋物線往籃框方向飛行。而在出手後動作延續的慣性期，手腕關節角度是唯一產生差異的觀察參數，成功與不成功進球的數據分別是 $149.42 \pm 12.91^\circ$ 與 $141.80 \pm 13.82^\circ$ 。研究者認為手腕控制球的飛行方向與給予適當程度的下旋，腕關節角度的差異可能導致球員的手掌與手指對球施加的力量與方向不夠精確，導致球的飛行軌跡無法成功入籃。

Verhoeven 與 Newell (2016) 認為身體重心的控制對命中率有顯著的幫助。優秀球員的重心位移與最快速度都顯著小於命中率較差之球員，透過肢段關節與肌肉的協同作用讓身體能維持在較穩定的狀態以提升命中率。理想狀態下，水平重心速度越接近 0 對於跳投的穩定度與球飛行距離的掌握有正面的效果，但多篇研究均指出當投籃距離到達三分線左右的距離，球員的會產生重心水平向前方向的速度，以增加球飛行的距離(Miller & Bartlett, 1996; V. H. A. Okazaki & Rodacki, 2012; 劉子由, 2012)，這樣的差異或許是造成三分線命中率較低的關鍵。

進攻與防守為籃球比賽中最重要的元素，對手的防守可能會對進攻者造成阻礙。ROJAS, CEPERO, ONÄ 與 GUTIERREZ (2000)研究防守者對跳投造成的影響，以更接近真實情況。研究結果顯示為了避免遭到防守者的封阻，會使用較大的出手角度與較高的

出手高度，讓球有較高的拋物線，確保能越過防守者的指尖，球員的肩關節屈曲角度會增加以達到提升出手高度的目的。面對防守員時，球員跳投的跳躍表現也發生改變，為了更快速的出手，球員會使用比較小的膝蓋屈曲角度進行跳躍，這樣的策略可能會影響跳投動作的完整性，造成球員騰空的時間較無防守者時低，重心的垂直位移也較小。整體而言球員會控制身體，讓球在更快的時間與更高的位置出手，降低防守者對球造成干擾的機會。陳建志 (2010)比較原地與跳躍防守對投籃者的影響，也得到相似的結果。面對跳躍防守更高的封阻高度，投籃者會以更高的出手高度、更快的速度將球投出。而不同的是為了獲得更高的出手高度，球員會降低膝關節角度，使重心降得更低，幫助球員跳得更高，身體重心的垂直位移量增加，跳投動作上升期的膝關節角速度也明顯的增加。

第三節 跳投前動作分析

跳投動作變化多端，除了基本的原地跳投，比賽中常常可以見到球員運用自身運球能力或空手跑動技巧擺脫防守球員，製造出較大的出手空間後跳投出手。本節將探討跳投前球員經常使用來突破防守者的技術。

一、運球技術

在執行跳投之前選手經常會運用運球技巧來擺脫防守者，盡量使得投籃時防守者不在正前方直接封阻。運球時兩腳前後開立，屈膝，上體稍前傾，腳步動作幅度和下肢各關節的屈度，隨著運球的速度、高度和動作的不同而有所變化。隨時保持抬頭平視以觀察場上其他攻守球員狀態，根據防守球員防守方式與站位，適當使用不一樣的運球組合技巧。若無防守員的阻擋，可以運用高運球，大力按拍球的後方，加大前推力量與推進的速度；變方向運球則是突破防守者很好的方式，球員欲從右側突破時，先向對手左側運球，當防守球員重心轉移時，突然向右側變向，換手運球後加速突破對手。變向運球除了可以左右手自由變換之外，技巧純熟的球員可以通過跨下與背後運球，為自己在對手壓迫防守時產生變換方向的空間(韓紀光, 2004)。

二、持球突破技術

持球突破技術指球員運用腳步動作和運球技術結合，快速越過防守球員的一項極具攻擊性的進攻技術。除了為自己創造投籃空檔，當吸引其他防守球員補防時，也能適當分球給空位隊友進攻。持球突破技術動作主要由蹬地、轉探(轉體、探肩)、推拍球、加

速等動作環節構成。此技術的要點在於持球時利用投籃或切入方向的假動作，吸引防守者改變身體重心，當防守者重心上提、前移時，迅速從其前腳一側突破。

「交叉步運球突破」為常用的一項突破技巧。以左腳為軸心腳為例，進攻者向右前方跨步做虛晃假動作，誘使防守者重心往相對應方向移動，利用這個時機快速將身體重心移向左腳，球移至身體左側，右腳蹬地開始交叉步起步，並加速向前運球突破，用靠近防守者一側的手臂和腿來保護球，最後左腳蹬地完成交叉步(韓紀光, 2004)。

三、空手擺脫接球

空手擺脫是甩開對手的移動方法，目的是佔據有利位置去接球或吸引牽制對手。可以利用快速啟動、虛晃啟動、下壓後撤、急起急停、轉身變向等組合動作去主導接球的位置。動作的要領在於突然啟動，迫使對手失控而占有主動權(孫民治, 2004)。小野秀二(2010)指出進攻者跑動位移的最佳時機在於持球者停止運球時，利用收球瞬間快速移位拉開與防守者距離。接球後應該立刻將身體面向籃框，增加進攻的威脅性，如果離防守者還有一段距離，第一選擇為出手投籃，因此「Catch and shoot」為投籃命中率高的射手經常使用的得分手段。

四、墊步技術

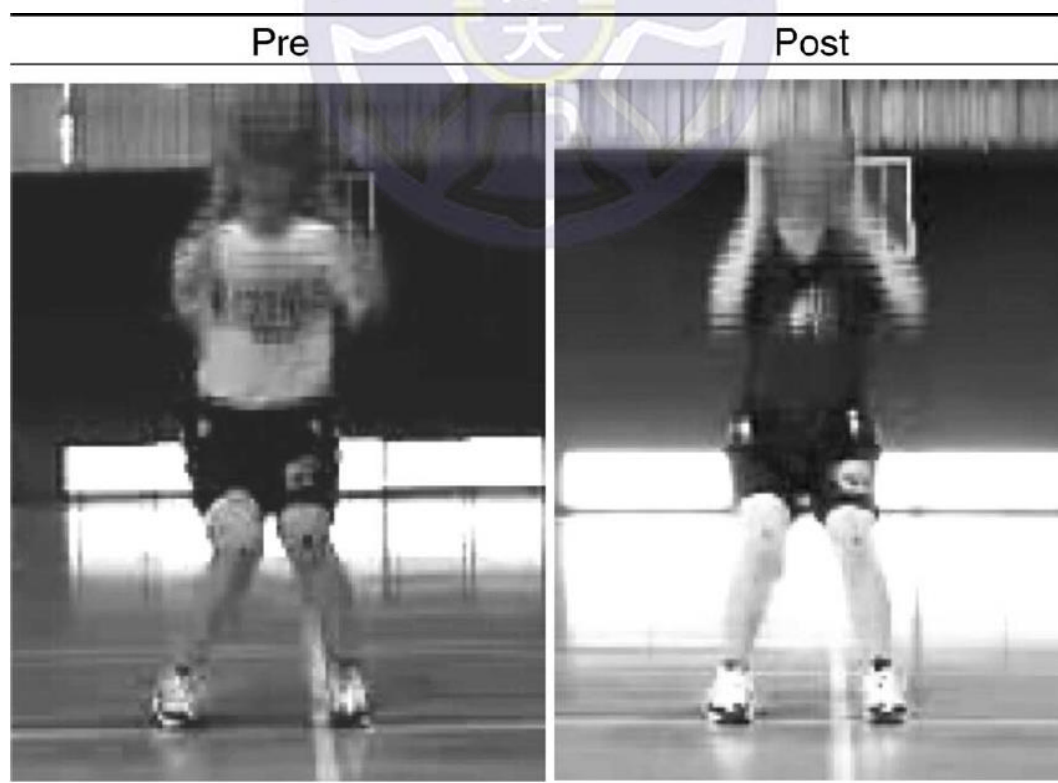
墊步跳投為實戰廣泛應用的重要技術，球員在空手跑動接球或運球突破後可以利用墊步來降低速度穩定移動中的身體，保持平衡後順勢跳投出手。此技術又可分為單腳與雙腳墊步。單腳墊步以單腳先著地，另一隻腳隨後著地，優點在於允許在自然跑動的情況下順暢接球，但在先著地的腳成為軸心腳的情況下，球員要能任意使用右腳→左腳或左腳→右腳的落地順序，才不會輕易被防守球員預判進攻動向。雙腳墊步則是兩腳同時著地，沒有步伐的緩衝，較難穩定身體，進行彈跳動作也需要較大的肌力與協調性，優點是可以自由選擇軸心腳，增加進攻的多樣性(小野秀二, 2010)。

Kato, Urabe 與 Kawamura (2008)的研究發現，女子籃球員快速運球後利用雙腳墊步使身體減速至停止並執行跳投，下肢往往無法精準地面對籃框。膝蓋在額狀面外展且在水平面內轉角度過大，呈現膝蓋外翻(valgus)的姿勢。除了可能使跳投出手方向產生偏誤之外，更是造成運動員十字韌帶受傷的主要因素。因此球員在進行墊步急停動作時，盡量以矢狀面的膝蓋屈曲來幫助校準投籃方向與完成減速，整個下肢維持在同一平面，除了增加投籃的精確度更可以減低十字韌帶受傷的風險。透過兩週深蹲、弓箭步等動作的練習，即可增強運動員執行急停動作時下肢的校準控制能力。駱燕萍 (2009) 則比較了

單腳跨步急停、雙腳跳步急停與原地急停對變換方向運球的影響，並以預防十字韌帶傷害的觀點來分析這三種接球腳步。從實戰觀點，雖然原地急停的急停腳著地時間顯著較短，允許球員更快速的變換運球的方向；單腳跨步與雙腳跳步急停由於在急停前有一段加速期，使急停腳在急停時必須產生更大的制動力量，因此著地時間會較長。但是在正式比賽中，球員往往必須在高速跑動中接球，因此這兩項技術的使用頻率較原地急停高出許多。球員墊步接球後變換方向運球需要膝關節屈曲伸展、內翻外翻及內旋外旋等不同方向外在作用力交互作用下來進行，容易造成十字韌帶的傷害。研究結果顯示雙腳急停動作的急停腳會產生較大的膝關節屈曲角度，研究者推測球員為了確實做到急停後 V 字型切入動作，身體為了抵抗慣性而產生此較大屈曲角度。而單腳急停則表現出較大的較大的膝關節伸展力矩，可能是雙腳急停造成較小的地面反作用力導致的差異。根據研究結果，膝關節各方向最大角度與力矩值發生的平均時間皆在著地期的 40% 左右，所以針對急停腳，著地階段的 40% 可能是造成非接觸十字韌帶傷害的關鍵，球員可以透過神經肌肉的訓練，以減少執行這些墊步動作時造成的地面反作用力，降低受傷的風險。

圖 2-3

下肢校準能力改善情形

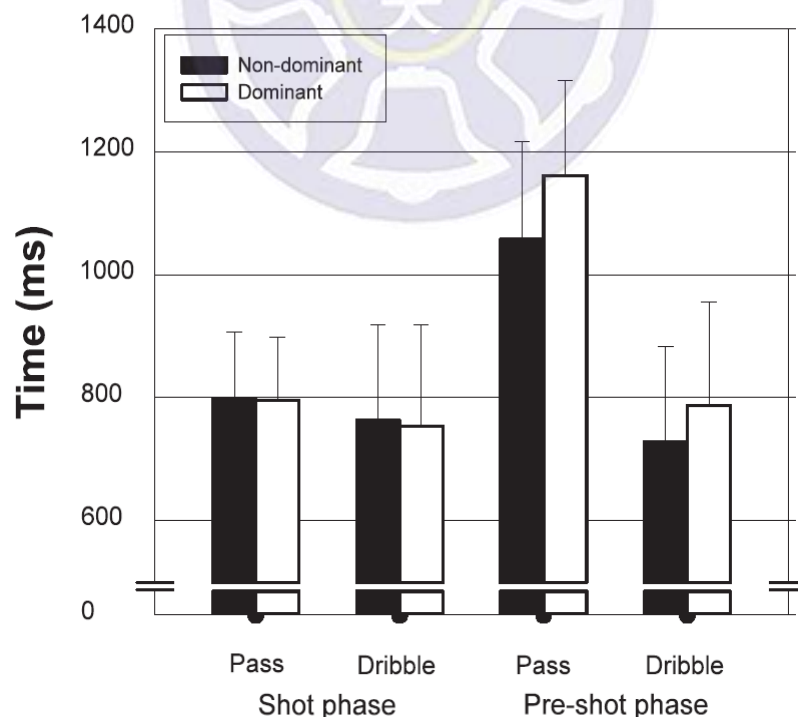


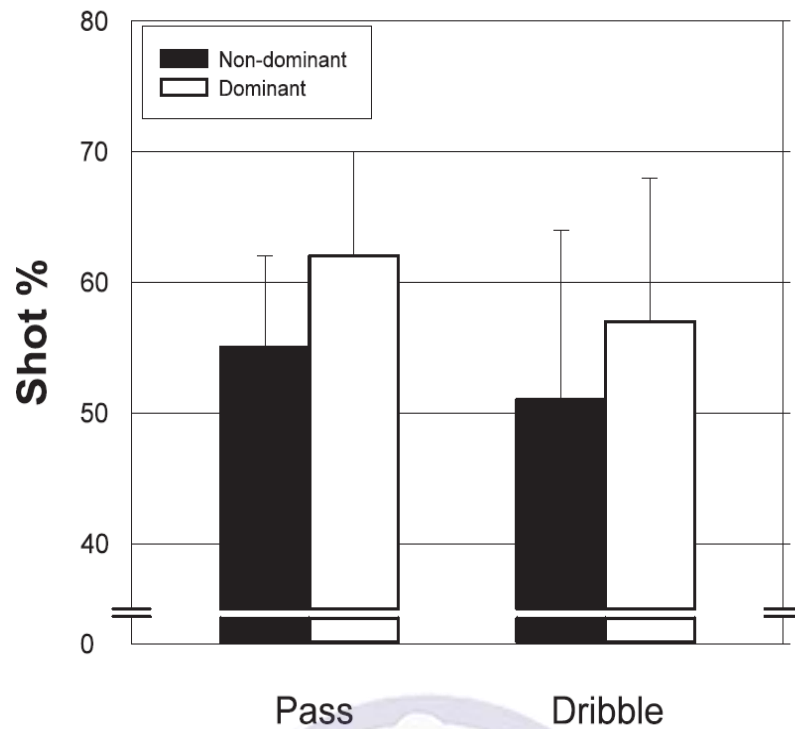
圖片來源：(Kato 等, 2008)

Oudejans, Karamat 與 Stolk (2012)研究慣用手與非慣用手運球與跑動接球後執行 5 m 距離跳投產生的差異，並利用 Mobile Eye 紀錄投籃時球員注視目標。發現球員在接球投籃時命中率顯著高於運球投籃 6.6%。而這些慣用手為右手的女籃球員使用右手運球與接球都有較高的投籃命中率，較左手高出 4.6%。而比較不同動作收球到起跳投籃前花費的時間，發現慣用手不論執行運球與接球動作都比較迅速，或許與球已經在其出手側有關；而自己運球收球出手則較接球跳投花費較短的時間，研究者認為接球跳投動作必須配合傳球者並要專注於接球動作，導致較費時的情況發生。這樣的假設可以由觀察球員視線注視的目標來證實，運球時球員的視線聚焦在地面與籃框上，而跑動接球時除了注視傳球者，大部分的時間皆專注看著球。這些發現確定了不同方向或使用不同技術確實會對跳投動作產生影響。

圖 2-4

接球與運球跳投花費時間與命中率比較





圖片來源：(Oudejans 等, 2012)

第四節 文獻總結

- 一、跳投是籃球比賽中最常使用的得分手段，球員需要借助全身的關節與肢段充分的配合，才能在空中維持穩定並使球朝正確方向飛行。跳投時肩膀、手肘、手腕應該與籃框位於同一平面。優秀的射手會在身體重心速度最小時出手，且每次投籃的動作差異性不大。
- 二、出手高度、角度與球速決定了球飛行的拋物線，投籃距離、防守者的干擾、跳投前不同的動作都會影響對這三個變項造成影響。在力學研究上，可以透過觀察球員的關節角度、角速度、重心的速度與位移、地面反作用力與衝量等參數來釐清造成這些改變的原因，並探討球員使用的策略與動作模式。
- 三、過去研究著重於投籃距離或防守者對跳投動作的影響，也有許多研究者以物理力學理論探討最佳投球速度或出手與入球角度的容許值。針對運球與接球後跳投動作，僅對動作時間、命中率與跳躍高度著墨，尚無較完整的生物力學研究，來了解這些實際比賽中常見的跳投技術在運動學與動力學上的差異。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本實驗以大學公開男甲一級籃球隊，擅長位置為前鋒與後衛的8名球員為研究對象，進行四種不同動作規範之跳投生物力學研究。所有受試者在三個月內沒有遭受會影響跳投動作之傷害，於受測前詳細告知實驗流程與注意事項，並填寫受試者同意書與基本資料。

表 3-1

球員基本資料

身高(M)	體重(KG)	年齡(years)	球齡(years)
M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)
1.81 (0.06)	80.88 (7.23)	19.88 (0.99)	7.87 (2.42)

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

時間：2018 年 5 月 27 日

第三節 實驗儀器設備

本研究所需實驗設備如下：

一、實驗資料收集

(一) 7 台 Vicon MX-T 紅外線攝影機，收集受試者跳投動作相關資料，擷取頻率為 300Hz。



(二) JVC 高速攝影機乙台，架設在投籃區右側 10m 處，拍攝受試者跳投矢狀面動作與球的飛行，並與 Vicon 系統同步以確認正確出手時間。

(三) 97cm*97cm 比例板

(四) 移動式籃球架乙座(標準高度 305 公分，籃框直徑 45 公分)

(五) 三角錐路障乙個

(六) 桌上型電腦乙台

(七) MOLTEN GF7X 籃球 2 顆

(八) 反光球數顆

二、資料分析

(一) 以 Vicon Nexus 1.85 軟體進行反光球標記，建立肢段模型，並匯出受試者跳投動作運動學資料。

(二) 使用 Visual3D v6 計算運動學數據

(三) 以 Microsoft Office Excel 2016 計算運動學參數

(四) 使用 SPSS 23.0 軟體進行統計分析

三、其他工具

(一) 捲尺、有色膠帶

(二) 延長線

第四節 實驗方法與步驟

一、實驗準備：

(一) 召集受試者：詳細告知實驗籃球跳投技術需求與實驗有關注意事項，請有意願的受試者填寫基本資料與受試者同意書

(二) 實驗場地布置(如圖 3-1)：

1. 架設 Vicon 攝影機與高速攝影機並拍攝比例板以確認影像實際長度單位。
2. 以捲尺測量確認籃球架高度為標準 305cm 高度，並確定籃框中心在地上投影點投籃區標記線之距離為 6.75m，標記線後 3m 位置，設為球員出發區，距離出發點 0.5m 處設置三角錐路障乙個，模擬突破路徑中的防守者。所有區域皆用有色寬膠帶標示防止實驗過程的移動造成誤差。

二、實驗流程：

(一) 受試者準備與熱身：

1. 受試者進行 10 分鐘的熱身，包括動、靜態伸展與三分線指定動作跳投練習。
2. 請受試者換穿緊身褲並黏貼反光球。
3. 清楚告知實驗操作流程與動作要求，實驗過程中若有任何不適皆可隨時退出。

(二) 實驗安排：

受試者以平衡次序法執行不同前置動作之三分線跳投(原地持球、慣用手運球突破、非慣用手運球突破、左右側方向無球跑動接球)，球空心進籃即算成功，成功完成兩球後換下一個動作。受試者所有跳投都詳細紀錄，完成四種動作後即換下一個受試者。

(三) 動作規範：

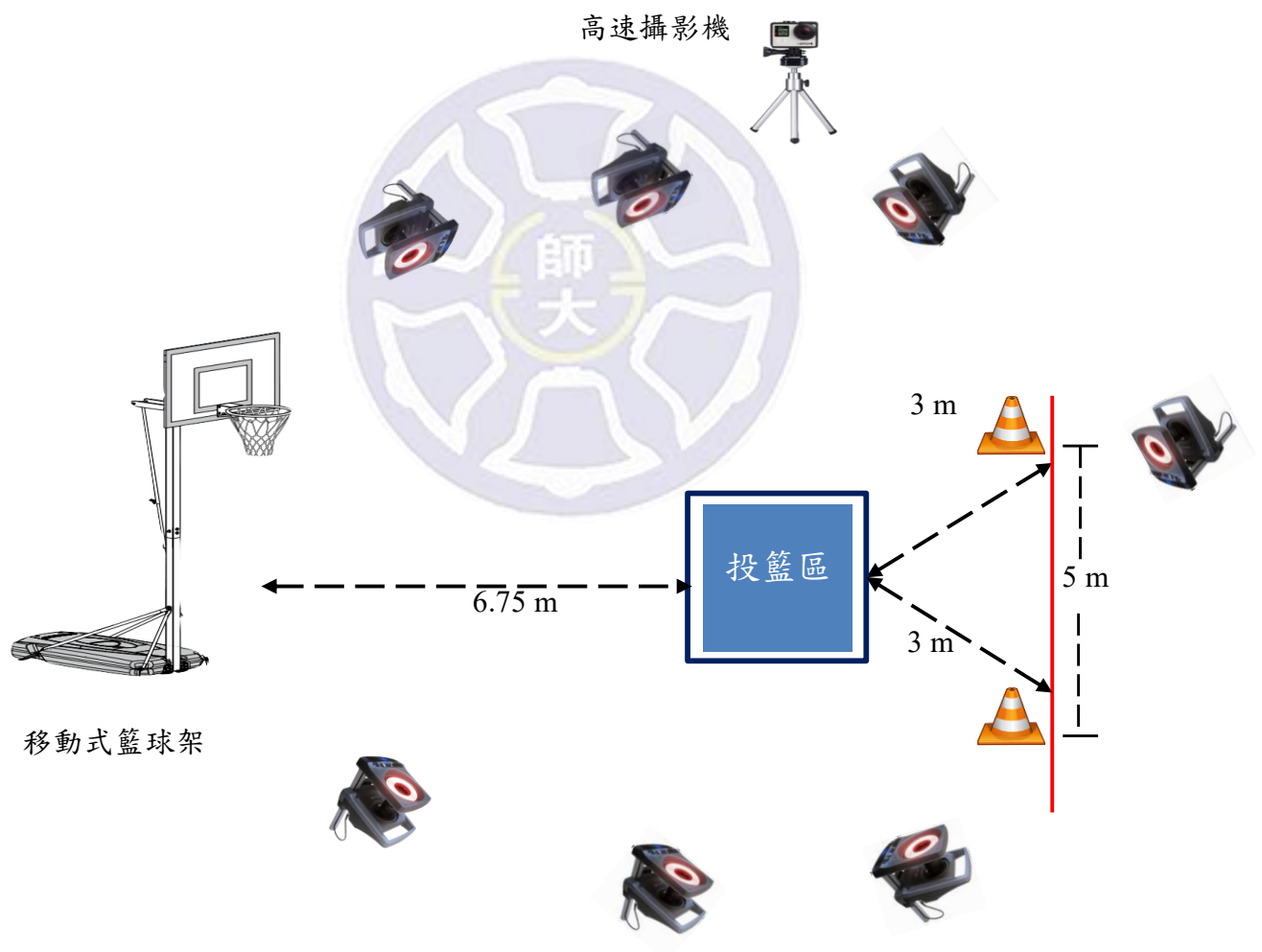
1. 無球跑動接球跳投：受試者從距離投籃區 3 公尺遠的標示區出發，根據實驗者指示之方向(左側或右側)以圓弧形的跑動路徑繞過中間的三角錐，模擬比賽擺脫防守者動作。以單腳墊步方式於新制三分線標記線前接球跳投。
2. 運球突破後跳投：受試者從距離投籃區 3 公尺遠的標示區出發，分別以慣用手與非慣用手運球繞過三角錐，模擬比賽過人動作。以單腳墊步方式收球於標記線前跳投。

(四) 正式實驗

1. 依照不同動作要求，受試者在標示線或投籃區上就定位。實驗者給予“預備”口令，受試者準備就緒，約 3 秒時間，聞“開始”口令後即執行指定跳投動作。
2. 動作擷取時間為聞“預備”口令到受試者“落地”完成跳投動作。
3. 受試者每完成一個指定動作，重新測量標示線與籃框距離，確認無誤後再進行下一個動作。

圖 3-1

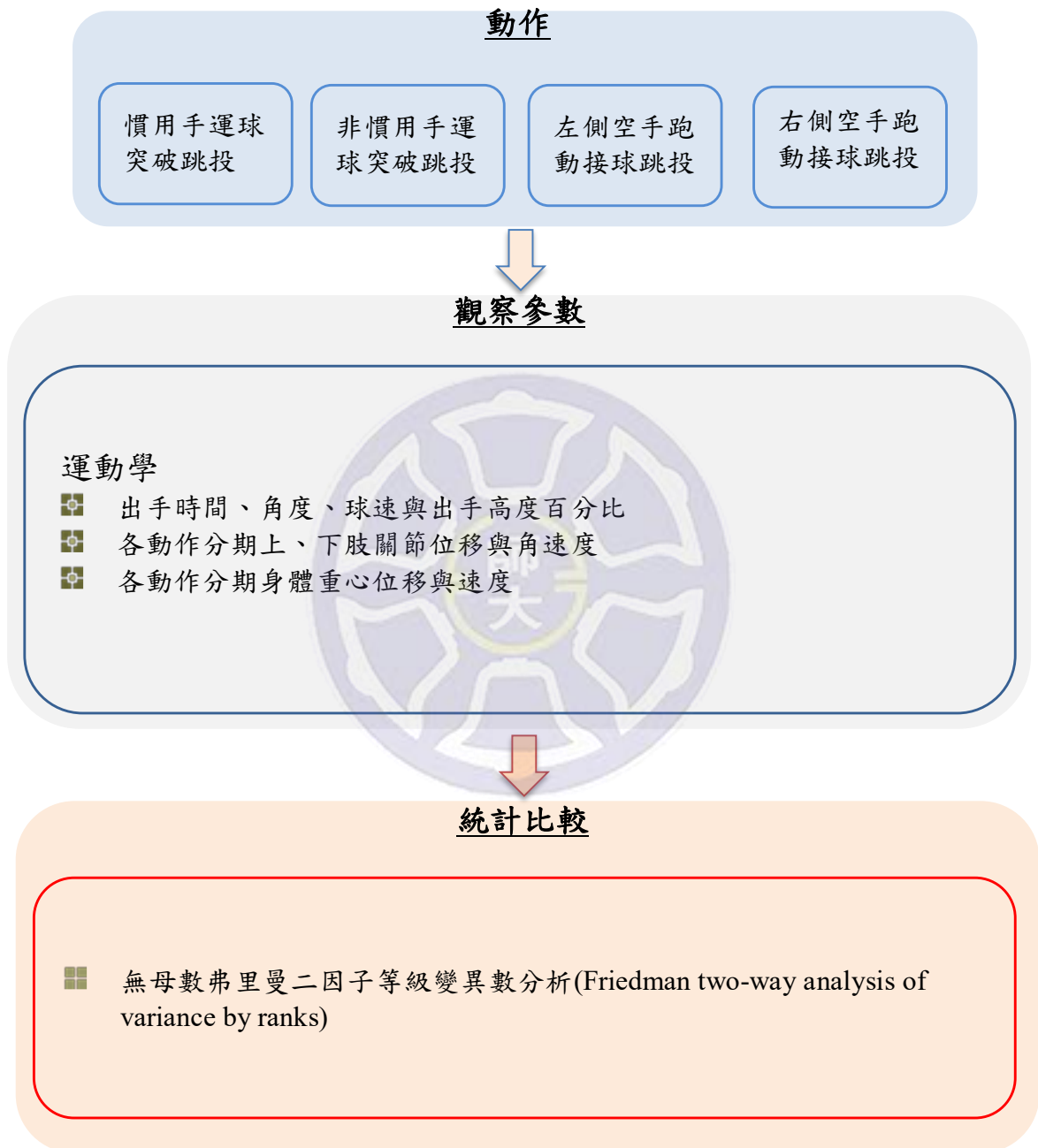
實驗場地布置示意圖



第五節 研究架構

圖 3-2

研究架構圖



第六節 實驗資料處理與分析

本研究使用 Plug-in-Gait 方式為受試者黏貼反光球，並加貼墊步跳投動作所需觀察之光點，如圖 3-2 與表 3-1，利用紅外線攝影機擷取光點以 Vicon Nexus1.85、Excel2016、Kwon 3D 等軟體計算運動學參數。

一、關節角度定義

上肢(投籃手右側)

(一)肩關節：trunk 與 upper arm 夾角，屈曲為正值，伸展為負值。

(二)肘關節：arm 與 forearm 夾角，屈曲為正值，伸展為負值。

(三)腕關節：forearm 與 hand 夾角，伸展為正值，屈曲為負值。

下肢(左右兩側)

(一)髖關節：pelvis 與 thigh 夾角，屈曲為正值，伸展為負值。

(二)膝關節：thigh 與 shank 夾角，伸展為正值，屈曲為負值。

(三)踝關節：shank 與 foot 夾角，背屈為正值，蹠屈為負值。

二、動作分期

本實驗將整個跳投動作分為以下三個時期：

(一)下蹲期：自受試者墊步軸心腳觸地開始，接著膝關節屈穩定身體，身體重心降到最低點。

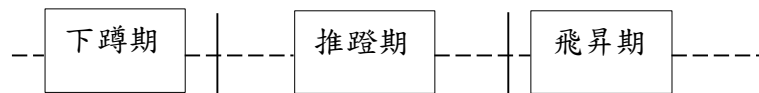
(二)推蹬期：此階段受試者伸髖、屈膝準備跳躍，並屈肩將球提升，重心高度隨之提升，最後膝蓋趨近伸直，腳掌離開地面。

(三)飛昇期：此時期球員雙腳跳躍離地，重心快速提升，在空中肘關節伸展對球產生推力，配合屈腕動作將球以旋方式投出，。飛昇期於上升至重心最高點結束。

本研究的動作分析範圍為墊步軸心腳觸地至出手期間。

圖 3-3

跑動跳投動作分期圖



圖片來源：Heidi, & James. (2015). What is the optimal technique when performing a basketball jump shot?

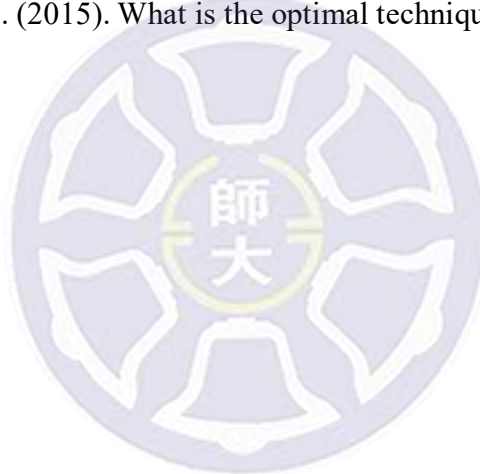


圖 3-4

Plug-in-Gait 反光求黏貼位置圖

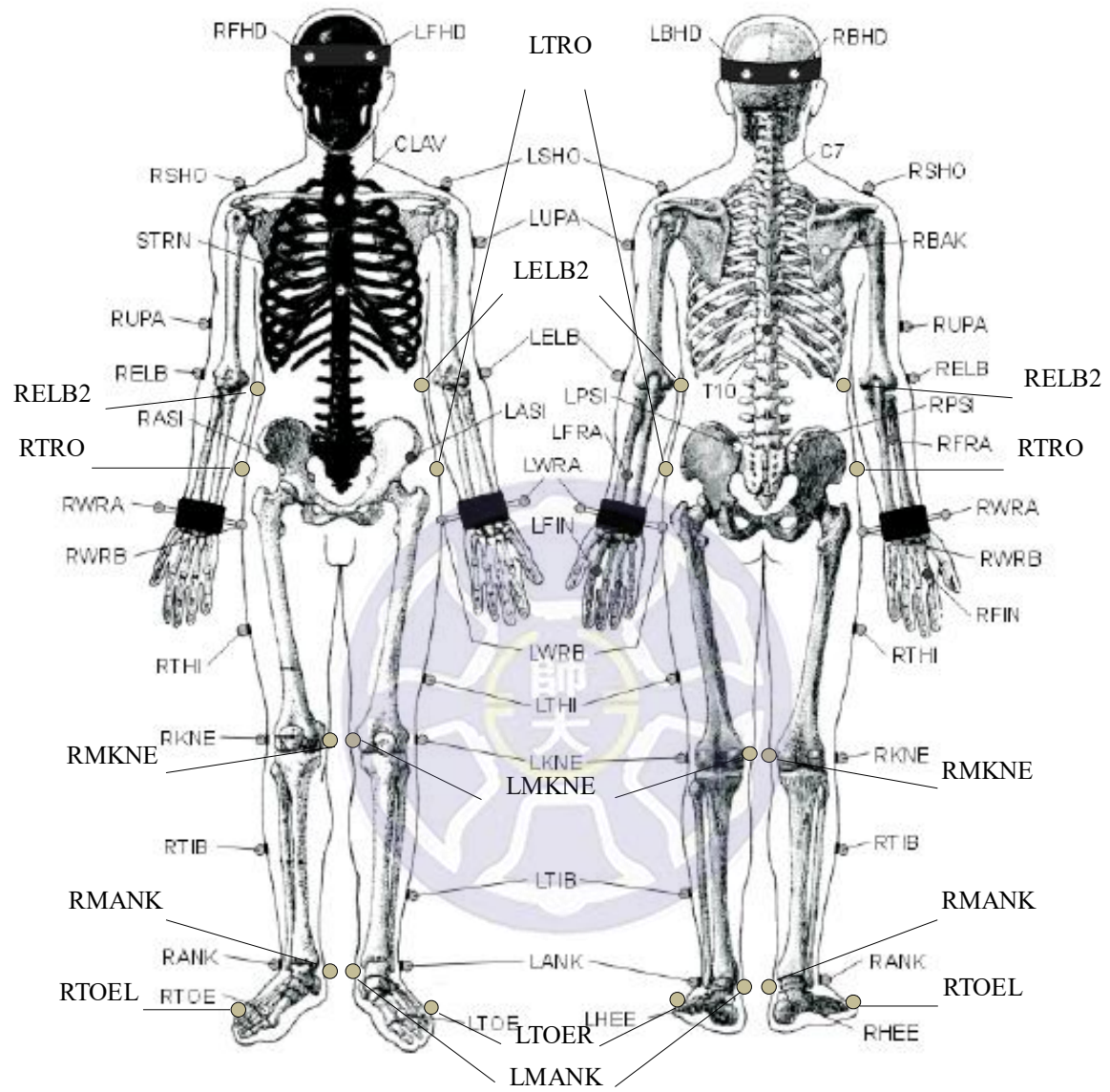


表 3-2

Plug-in-Gait 反光求黏貼位置

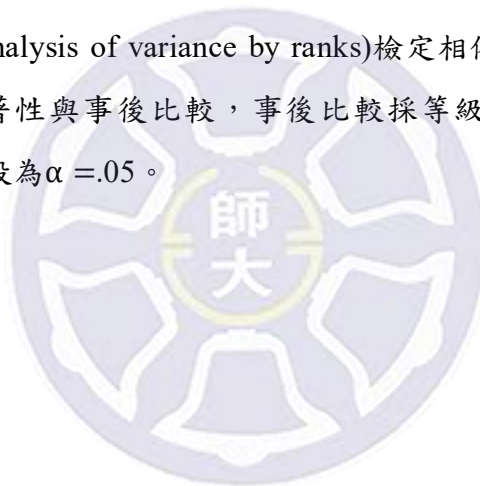
編號	代號	位置	編號	代號	位置
1	LFHD	額頭左前	26	LPSI	左腸骨後上棘
2	RFHD	額頭右前	27	RPSI	右腸骨後上棘
3	LBHD	頭後左側	28	LTHI	左大腿外側下部 1/3 處
4	RBHD	頭後右側	29	LKNE	左膝外側
5	C7	第七頸椎棘突	30	LTIB	左小腿外側下部 1/3 處
6	T10	第十胸椎棘突	31	LANK	左踝外側
7	CLAV	胸鎖關節	32	LHEE	左後側跟骨
8	STRN	鎖骨	33	LTOE	左第二趾骨前端
9	RBAK	右肩胛骨中段	34	RTHI	右大腿外側下部 1/3 處
10	LSHO	左肩鎖關節	35	RKNE	右膝外側
11	LUPA	左肱骨外側上部 1/3 處	36	RTIB	右小腿外側下部 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	右第二趾骨前端
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	右肱骨外側上部 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	右前臂下部 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	右踝內側
23	RFIN	右第二掌骨末端	48	LTOEL	左第五趾骨前端外側
24	LASI	左腸骨前上棘	49	RTOEL	右第五趾骨前端外側
25	RASI	右腸骨前上棘			

三、運動學參數資料處理

- (一) 出手球速與角度：由跳投動作球離開手指瞬間後的第一張影像與第二張影像計算出手瞬時水平與垂直速度 v_x 與 v_y ，並利用 $\tan^{-1} \theta = v_y/v_x$ 計算出手角度。
- (二) 重心速度與位移：利用 Visual 3D 軟體找出跳投各時期重心坐標，以計算重心水平與垂直方向位移、速度。
- (三) 肢段關節角度：以 Visual 3D 軟體光點坐標位置，計算跳投動作各時期相關肢段關節角度。

第七節 統計方法

本研究使用 SPSS 23.0 版本軟體進行統計分析，以無母數佛里曼二因子等級變異數分析(Friedman two-way analysis of variance by ranks)檢定相依樣本的四種不同前置動作跳投相關參數差異的顯著性與事後比較，事後比較採等級平均數法來檢定(Siegel & Sidney, 1988)。顯著水準設為 $\alpha = .05$ 。



第肆章 研究結果

本章節以下述的順序呈現四種過人跳投動作的運動學參數。第一節：各動作期重心位置與速度；第二節：各動作分期歷時與墊步投籃相關參數；第三節：投籃動作上、下肢關節角度與角速度數據。本章數據以表格呈現，右運代表右手運球跳投；左運為左手運球跳投；右接代表右側跑動接球跳投；左接則為左側跑動接球跳投。

第一節、四種過人跳投動作重心參數比較

一、下蹲期重心參數

球員以單腳墊步的方式踏入投籃區，軸心腳先行觸地，跟隨腳隨後快速跟上著地共同穩定跑動中的身體。軸心腳觸地瞬間的身體重心高度與重心速度如表 4-1，右手運球跳投與左手運球跳投的觸地身體重心高度與右側接球跳投達顯著差異，左、右手運球跳投軸心腳觸地瞬間的身體重心為 0.95 m 與 0.96 m，較右側接球跳投的 0.99 m 低。在觸地瞬間身體水平方向重心速度方面右手運球跳投與兩種接球跳投達顯著，左手運球跳投亦與左側接球跳投有顯著差異。右手運球跳投 2.07m/s 較左側、右側接球跳投的 1.57 m/s、1.63 m/s 快，左手運球跳投也較左側接球跳投快，整體趨勢呈現運球跳投大於接球跳投。軸心腳觸地瞬間身體垂直方向的重心速度方面，四種動作下落的速度沒有顯著差異。急停後墊步投籃會在墊步軸心腳觸地後順勢完成投籃的下蹲動作，球員下蹲期重心下降速度的最大值資料如表 4-2，四種動作的投籃下蹲最大速度沒有顯著差異。

表 4-1

四種過人跳投動作墊步軸心腳觸地瞬間身體重心高度與速度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
重心高度 (m)	右運	0.95 ± 0.03	.561	.000*	.053
	左運	0.96 ± 0.04		.002*	.175
	右接	0.99 ± 0.05			.081
	左接	0.98 ± 0.05			
水平方向 重心速度 (m/s)	右運	2.07 ± 0.37	.003*	.004*	.002*
	左運	1.92 ± 0.39		.053	.033*
	右接	1.57 ± 0.45			.846
	左接	1.63 ± 0.33			
垂直方向 重心速度 (m/s)	右運	-0.57 ± 0.25	.468		
	左運	-0.59 ± 0.18			
	右接	-0.57 ± 0.13			
	左接	-0.51 ± 0.21			

* $p < .05$ ；註：右運(右手運球跳投)、左運(左手運球跳投)、右接(右側跑動接球跳投)、左接(左側跑動接球跳投)

表 4-2

下蹲期重心垂直方向速度最大值

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
垂直方向 重心速度 (m/s)	右運	-0.74 ± 0.21	.605		
	左運	-0.76 ± 0.14			
	右接	-0.81 ± 0.15			
	左接	-0.73 ± 0.17			

二、起跳期重心參數

球員墊步落下並順勢完成下蹲動作，到達重心最低點後，開始準備向上跳躍進行投籃，相關數據如表 4-3。在起跳瞬間身體的垂直方向重心速度，右手運球跳投和左手運球跳投皆與右側接球跳投達到顯著差異，右手與左手運球跳投向上跳躍的速度分別為 1.68 m/s 與 1.59 m/s 大於右側運球跳投的 1.49m/s。起跳瞬間水平方向的重心速度四個動作沒有顯著差異，但呈現運球跳投大於接球跳投的趨勢。起跳瞬間的重心角度四個動作沒有明顯差異，介於 63 度至 65 度之間。起跳瞬間的重心高度四個動作皆為 1.24m。

表 4-3

起跳瞬間身體重心參數

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
水平方向 重心速度 (m/s)	右運	0.75 ± 0.20	.090		
	左運	0.79 ± 0.21			
	右接	0.71 ± 0.21			
	左接	0.71 ± 0.20			
垂直方向 重心速度 (m/s)	右運	1.68 ± 0.45	.009*	.287	.146
	左運	1.59 ± 0.51		.001*	.699
	右接	1.49 ± 0.45		.026*	.066
	左接	1.58 ± 0.50			
重心角度 (deg)	右運	65.33 ± 6.40	.066		
	左運	62.77 ± 5.70			
	右接	63.59 ± 6.99			
	左接	64.77 ± 7.17			
重心高度 (m)	右運	1.24 ± 0.03	.896		
	左運	1.24 ± 0.03			
	右接	1.24 ± 0.03			
	左接	1.24 ± 0.03			

* $p < .05$

三、出手瞬間重心參數

出手瞬間的重心資料如表 4-4，結果顯示四種動作出手瞬間水平與垂直方向重心速度沒有顯著差異。出手瞬間重心角度受到投籃動作向前運動的影響，較起跳時來的小，數值介於 48 至 49 度之間，但四個動作之間並沒有顯著差異。而四個過人跳投動作出手瞬間的重心高度介於 1.30m 至 1.33m 之間，組間並沒有明顯不同。

表 4-4

出手瞬間重心參數

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
水平方向 重心速度 (m/s)	右運	0.71 ± 0.19	.392		
	左運	0.75 ± 0.22			
	右接	0.68 ± 0.22			
	左接	0.68 ± 0.21			
垂直方向 重心速度 (m/s)	右運	0.90 ± 0.43	.522		
	左運	0.91 ± 0.45			
	右接	0.91 ± 0.47			
	左接	0.85 ± 0.46			
重心角度 (deg)	右運	48.91 ± 17.30	.256		
	左運	48.18 ± 15.72			
	右接	49.34 ± 17.83			
	左接	48.01 ± 17.16			
重心高度 (m)	右運	1.33 ± 0.08	.068		
	左運	1.32 ± 0.08			
	右接	1.30 ± 0.06			
	左接	1.32 ± 0.06			

四、投籃動作期重心位移

本研究將過人跳投動作的動作期定義為墊步軸心腳觸地至球離手期間，動作期重心位移數據如表 4-5。結果顯示右手運球跳投動作期重心水平方向位移為 0.75m，與右側與左側接球跳投的 0.64m 和 0.62m 達顯著差異；左手運球跳投動作期水平方向位移 0.73m 也與左側接球跳投有顯著差異。重心垂直方位移資料顯示，右手運球跳投位移距離 0.39m 與右側和左側接球跳投 0.31 m、0.34 m 有顯著差異；左手運球 0.36 m 的垂直方向位移也顯著大於右側接球跳投。水平與垂直方向重心位移距離的整體趨勢皆呈現運球跳投 > 接球跳投。而一般分析原地投籃動作關注的起跳期至出手之間身體重心的水平與垂直方向位移，在四種動作之間並沒有顯著不同。著地期重心垂直方向的位移，右側接球跳投下降 0.12 m 與左、右手運球跳的 0.10 m、0.09 m 投達到顯著差異，顯示右側接球跳投在墊步軸心腳觸地後垂直方向的身體重心下落幅度較運球跳投大。表 4-6 為球員的動作跳躍過程達到的重心最高點資料，右手運球跳投達到的最大重心高度 1.39 m 較右側皆球跳投 1.36 m 高。



表 4-5

各動作期重心位移

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
動作期水平方向位移(m)	右運	0.75 ± 0.18	.628	.026*	.007*
	左運	0.73 ± 0.19		.081	.026*
	右接	0.64 ± 0.14			.628
	左接	0.62 ± 0.15			
動作期垂直方位移(m)	右運	0.39 ± 0.10	.121	.000*	.033*
	左運	0.36 ± 0.10		.012*	.561
	右接	0.31 ± 0.08			.053
	左接	0.34 ± 0.09			
下蹲期垂直方位移(m)	右運	-0.10 ± 0.04	.021*	.020*	.384
	左運	-0.09 ± 0.03		.005*	.175
	右接	-0.12 ± 0.03			.146
	左接	-0.11 ± 0.03			
推蹬期至出手水平方向位移(m)	右運	0.32 ± 0.12	.166		
	左運	0.34 ± 0.11			
	右接	0.27 ± 0.08			
	左接	0.28 ± 0.05			
推蹬期至出手垂直方向位移(m)	右運	0.47 ± 0.13	.369		
	左運	0.45 ± 0.11			
	右接	0.42 ± 0.10			
	左接	0.44 ± 0.10			

* $p < .05$

表 4-6

跳投動作重心高度最大值

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
重心高度 (m)	右運	1.39 ± 0.07	.025*	.245	.009*
	左運	1.38 ± 0.07		.146	.923
	右接	1.36 ± 0.05			.175
	左接	1.37 ± 0.06			

* $p < .05$

第二節 四種過人跳投動作投籃數據與花費時間

四種動作動作期、推蹬期至出手與起跳到出手的花費時間如表 4-7。結果顯示四種過人跳投動作在動作期、推蹬期至出手費時與起跳至出手的時間沒有顯著差異；出現差異的地方在下蹲期，右手與左手運球跳投下蹲期花費 0.20 秒顯著少於右側接球跳投的 0.27 秒。大部分的球員在軸心腳觸地後直接順勢下蹲到投籃跳躍前的最低點，但有些球員會在墊步後調整姿勢與平衡，再進行投籃動作的下蹲，而本研究下蹲期的定義是墊步軸心腳觸地至墊步後的重心最低點，推蹬期則從投籃動作跳躍前下蹲重心低點至起跳期間，少部分球員調整姿勢的過度期會介於下蹲期與推蹬期之間，平均的花費時間為 0.10 秒上下，因此下蹲期、過度期、推蹬期至出手所用時間加總即為動作期費時。圖 4-1 為本實驗其中一名球員執行右手運球跳投與右側接球跳投動作觸地到出手期間之重心高度變化比較，圖表呈現右側運球跳投在墊步著地後較快下蹲到重心最低點，使得起跳與出手的時間也相對較快，且出手的高度亦較接球跳投高。

表 4-7

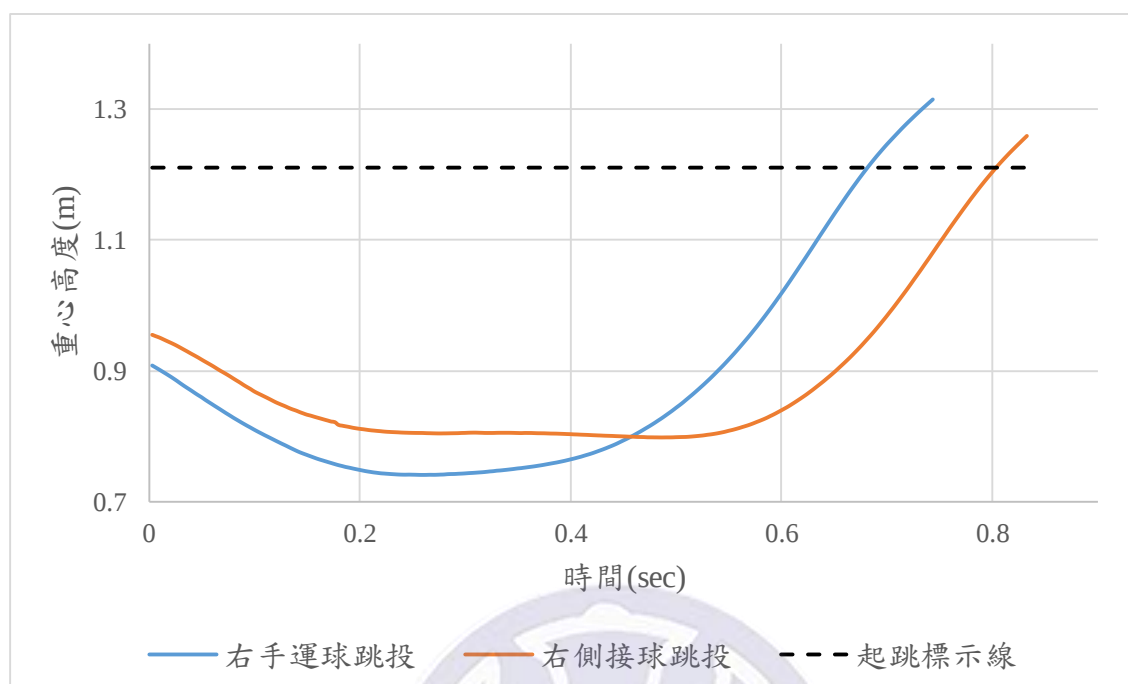
過人跳投各動作期花費時間

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
動作期費 時(s)	右運	0.70 ± 0.18	.564		
	左運	0.68 ± 0.11			
	右接	0.74 ± 0.14			
	左接	0.68 ± 0.12			
下蹲期費 時(s)	右運	0.20 ± 0.05	.017*	1.000	.100
	左運	0.20 ± 0.07			.100
	右接	0.27 ± 0.11		.009*	.333
	左接	0.25 ± 0.05			
推蹬期至 出手費時 (s)	右運	0.39 ± 0.10	.606		
	左運	0.40 ± 0.08			
	右接	0.38 ± 0.08			
	左接	0.39 ± 0.07			
起跳至出 手費時(s)	右運	0.07 ± 0.06	.079		
	左運	0.07 ± 0.06			
	右接	0.05 ± 0.06			
	左接	0.07 ± 0.05			

* $p < .05$

圖 4-1

球員右手運球跳投與右側接球跳投重心高度變化



球員四種動作三分線投籃的出手角度、球速與出手高度百分比呈現於表 4-8，出手角度介於 48.53 度至 53.34 度之間，出手球速則介於 8.54 m/s 至 8.88 m/s 之間，出手高度皆在最高重心高度的 96% 左右，組間並沒有顯著差異。表 4-9 為球員四種跳投動作投籃命中率，組間並沒有達到顯著差異，但左手運球跳投的平均命中率 52.95 % 較其他動作來的低。表 4-10 為四種跑動急停跳投動作的墊步距離數據，資料呈現運球跳投的墊步距離較接球跳投遠的趨勢，但並沒有達到顯著差異。

表 4-8

出手瞬間動作參數

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
出手角度 (deg)	右運	48.53 ± 7.44	.522		
	左運	53.34 ± 8.39			
	右接	49.47 ± 7.58			
	左接	52.21 ± 7.12			
出手球速 (m/s)	右運	8.60 ± 1.01	.930		
	左運	8.88 ± 1.09			
	右接	8.68 ± 0.74			
	左接	8.54 ± 1.47			
出手高度 百分比 (%)	右運	96.38 ± 2.55	.758		
	左運	96.25 ± 2.88			
	右接	96.16 ± 2.95			
	左接	96.57 ± 2.74			

表 4-9

投籃命中率

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
投籃命中 率(%)	右運	65.42 ± 29.22	.798		
	左運	52.95 ± 32.73			
	右接	63.96 ± 33.26			
	左接	65.63 ± 26.89			

表 4-10

墊步距離比較

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
墊步距離 (m)	右運	0.82 ± 0.23	.163		
	左運	0.73 ± 0.20			
	右接	0.60 ± 0.24			
	左接	0.64 ± 0.21			

第三節、四種過人跳投動作上、下肢關節運動學參數

一、下肢關節角度、角位移與角速度最大值

本節呈現下肢與上肢關節運動學參數，表 4-11 墊步軸心腳觸地瞬間下肢關節角度，右手運球跳投動作觸地瞬間髖關節屈曲角度 46.89 度與右側和左側接球跳投 41.75 度、42.51 度達到顯著差異；觸地時踝關節背屈角度有差異的組別為(右手運球跳投-左手運球跳投)、(左手運球跳投-右側接球跳投)、(右側接球跳投-左側接球跳投)，呈現右側大於左側的情形；4 種動作在膝關節屈曲角度則沒有顯著不同。

表 4-11

軸心腳觸地瞬間關節角度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
髖關節 (deg)	右運	46.89 ± 6.03	.010*		
	左運	44.11 ± 4.39			
	右接	41.75 ± 5.69			
	左接	42.51 ± 5.91			
膝關節 (deg)	右運	-23.80 ± 13.02	.682		
	左運	-21.20 ± 9.66			
	右接	-26.52 ± 13.93			
	左接	-21.34 ± 11.53			
踝關節 (deg)	右運	7.81 ± 7.08	.011*		
	左運	4.24 ± 9.92			
	右接	7.52 ± 12.17			
	左接	4.15 ± 9.55			

* $p < .05$

表 4-12 呈現 4 種跳投動作下蹲期間軸心腳的髖、膝關節屈曲與踝關節背屈的位移角度和此期間左、右腳髖、膝、踝關節的角速度最大值。在此時期右手和左手運球跳投左膝關節屈曲的角速度最大值 387.80 deg/s、368.31 deg/s 皆與右側運球跳投的 290.43 度達到顯著差異，有膝關節屈曲速度較快的傾向。而此時期下肢三個關節的位移角度沒有顯著差異，除了左膝外，雙腳的髖、踝關節與右膝關節達到的角速度最大值沒有明顯不同。

表 4-12

下蹲期軸心腳關節角位移與下肢關節角速度最大值

參數		動作	顯著性	事後比較		
				左運	右接	左接
軸心腳腕關節角位移(deg)	右運	5.56 ± 8.93	.583			
	左運	8.03 ± 6.54				
	右接	8.23 ± 5.80				
	左接	9.10 ± 5.91				
軸心腳膝關節角位移(deg)	右運	-59.13 ± 12.25	.256			
	左運	-56.25 ± 12.26				
	右接	-56.20 ± 7.53				
	左接	-56.67 ± 10.18				
軸心腳踝關節角位移(deg)	右運	21.74 ± 8.56	.092			
	左運	20.29 ± 12.55				
	右接	26.49 ± 13.11				
	左接	22.42 ± 11.29				
右腕(deg/s)	右運	150.89 ± 82.43	.466			
	左運	152.30 ± 97.16				
	右接	139.98 ± 71.26				
	左接	122.13 ± 66.12				
左腕(deg/s)	右運	141.98 ± 104.32	.440			
	左運	100.93 ± 65.43				
	右接	160.88 ± 71.63				
	左接	158.98 ± 132.15				
右膝(deg/s)	右運	-274.08 ± 110.17	.175			
	左運	-228.46 ± 98.29				
	右接	-275.63 ± 74.09				
	左接	-242.53 ± 110.79				
左膝	右運	-387.80 ± 111.11	.010*	.561	.002*	.081

(deg/s)	左運	-368.31 ± 125.08	.012*	.245
	右接	-290.43 ± 111.55		
	左接	-317.08 ± 123.05		
右踝 (deg/s)	右運	216.33 ± 45.83	.256	
	左運	192.35 ± 46.93		
	右接	217.73 ± 63.86		
	左接	200.84 ± 74.64		
左踝 (deg/s)	右運	170.80 ± 61.44	.825	
	左運	170.37 ± 45.50		
	右接	163.11 ± 90.48		
	左接	163.94 ± 59.02		

* $p < .05$

表 4-13 呈現的是投籃動作重心最低點下肢關節角度，此投籃動作重心最低點為推蹬期開始，準備向上跳躍前的瞬間。右側接球跳投和右手運球跳投動作重心最低點的左腳踝關節背屈角度分別為 31.78 度、27.40 度，與左手運球跳投背屈 25.46 度達顯著差異，4 種跳投動作在重心最低點的雙腳髁、膝關節屈曲與右踝背屈角度則無顯著差異。表 4-14 為起跳瞬間下肢關節角度資料，右手運球跳投起跳瞬間踝關節蹠屈角度 34.93 度與右側、左側接球跳投 30.65 度和 31.35 度達到顯著差異，有蹠屈角度較大的趨勢。

表 4-13

投籃動作重心最低點下肢關節角度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右髖(deg)	右運	49.05 ± 9.55	.290		
	左運	49.57 ± 7.32			
	右接	46.83 ± 6.41			
	左接	50.61 ± 6.52			
左髖(deg)	右運	53.33 ± 12.24	.635		
	左運	51.89 ± 9.20			
	右接	50.86 ± 9.56			
	左接	51.98 ± 7.49			
右膝(deg)	右運	-69.85 ± 11.99	.930		
	左運	-70.97 ± 14.64			
	右接	-71.53 ± 14.06			
	左接	-74.33 ± 13.05			
左膝(deg)	右運	-82.07 ± 14.04	.175		
	左運	-78.65 ± 13.98			
	右接	-81.11 ± 15.57			
	左接	-78.96 ± 13.01			
右踝(deg)	右運	22.61 ± 7.26	.415		
	左運	21.89 ± 9.15			
	右接	27.63 ± 9.40			
	左接	25.87 ± 10.18			
左踝(deg)	右運	27.40 ± 7.47	.015*	.020*	.439
	左運	25.46 ± 8.64			.121
	右接	31.78 ± 11.64			.121
	左接	26.82 ± 9.49			

* $p < .05$

表 4-14

起跳瞬間下肢關節角度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右髖(deg)	右運	9.34 ± 4.39	.112		
	左運	8.85 ± 3.28			
	右接	8.14 ± 3.31			
	左接	10.05 ± 3.10			
左髖(deg)	右運	14.90 ± 6.26	.415		
	左運	13.41 ± 5.20			
	右接	13.75 ± 5.64			
	左接	14.22 ± 5.51			
右膝(deg)	右運	-17.50 ± 6.50	.985		
	左運	-16.50 ± 5.50			
	右接	-16.65 ± 5.73			
	左接	-16.65 ± 6.81			
左膝(deg)	右運	-21.22 ± 8.96	.930		
	左運	-20.57 ± 6.91			
	右接	-21.52 ± 7.67			
	左接	-21.16 ± 7.26			
右踝(deg)	右運	-34.93 ± 11.10	.031*	.245	.012*
	左運	-31.88 ± 11.52			.175
	右接	-30.65 ± 11.72			1.000
	左接	-31.35 ± 11.54			
左踝(deg)	右運	-33.09 ± 9.51	.098		
	左運	-34.39 ± 9.13			
	右接	-31.44 ± 10.13			
	左接	-33.76 ± 8.45			

* $p < .05$

表 4-15 為起跳期下肢關節角位移數據，結果顯示球員在四種跳投動作的起跳期之間，左、右腳的髖、膝關節伸展角位移與踝關節的角位移數值並沒有顯著差異。表 4-16 為起跳期間下肢髖、膝關節伸展與踝關節蹠屈的角速度最大值，4 個動作之間亦沒有顯著差異。



表 4-15

推蹬期下肢關節角位移

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右髖(deg)	右運	-39.72 ± 6.86	.241		
	左運	-40.72 ± 6.84			
	右接	-38.70 ± 5.56			
	左接	-40.56 ± 5.32			
左髖(deg)	右運	-38.44 ± 10.56	.960		
	左運	-38.59 ± 8.76			
	右接	-37.11 ± 7.11			
	左接	-37.80 ± 6.44			
右膝(deg)	右運	60.01 ± 15.13	.861		
	左運	61.93 ± 16.65			
	右接	60.90 ± 15.45			
	左接	63.10 ± 14.81			
左膝(deg)	右運	64.85 ± 18.60	.583		
	左運	64.01 ± 14.58			
	右接	63.08 ± 15.31			
	左接	62.27 ± 15.23			
右踝(deg)	右運	-69.44 ± 12.81	.199		
	左運	-65.37 ± 15.34			
	右接	-66.78 ± 15.38			
	左接	-66.56 ± 14.45			
左踝(deg)	右運	-66.86 ± 16.85	.415		
	左運	-68.68 ± 16.96			
	右接	-67.80 ± 18.87			
	左接	-67.05 ± 17.08			

表 4-16

推蹬期下肢關節角速度最大值

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右腕 (deg/s)	右運	-243.25 ± 48.64	.136		
	左運	-243.02 ± 53.29			
	右接	-237.57 ± 44.05			
	左接	-246.20 ± 50.90			
左腕 (deg/s)	右運	-234.52 ± 63.41	.682		
	左運	-238.39 ± 57.86			
	右接	-227.58 ± 55.89			
	左接	-234.49 ± 56.38			
右膝 (deg/s)	右運	435.84 ± 112.44	.896		
	左運	432.63 ± 127.03			
	右接	416.83 ± 112.74			
	左接	427.09 ± 129.38			
左膝 (deg/s)	右運	474.58 ± 153.78	.080		
	左運	457.89 ± 131.78			
	右接	445.72 ± 135.23			
	左接	446.81 ± 145.58			
右踝 (deg/s)	右運	-600.75 ± 115.50	.241		
	左運	-579.16 ± 119.71			
	右接	-590.49 ± 117.59			
	左接	-592.77 ± 125.55			
左踝 (deg/s)	右運	-583.89 ± 182.13	.136		
	左運	-552.70 ± 185.60			
	右接	-561.68 ± 208.77			
	左接	-573.88 ± 180.13			

二、上肢關節角度、角位移與角速度最大值

表 4-17 與表 4-18 呈現投籃動作身體重心最低點瞬間，肩、肘關節屈曲與腕關節伸展角度與出手瞬間肩、肘、腕關節屈曲角度，四種跳投動作在此兩個時間點的上肢關節角度並沒有顯著差異。表 4-19 為投籃動作重心最低點至出手期肩關節屈曲、肘關節伸展與腕關節屈曲角位移資料；表 4-20 與 4-21 分別為球員出手瞬間角上肢屈肩、伸肘與屈腕角速度與其在身體重心最低點至出手期間的角速度最大值資料，結果顯示四種跳投動作在此三項數據組間均無顯著差異。

表 4-17

投籃動作重心最低點上肢關節角度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右肩 (deg)	右運	45.23 ± 17.28	.930		
	左運	48.50 ± 12.19			
	右接	48.65 ± 27.62			
	左接	43.82 ± 22.97			
右肘 (deg)	右運	102.36 ± 13.62	.054		
	左運	95.87 ± 16.56			
	右接	104.56 ± 14.15			
	左接	105.64 ± 11.89			
右腕 (deg)	右運	-22.22 ± 15.86	.856		
	左運	-26.33 ± 16.74			
	右接	-23.17 ± 15.10			
	左接	-23.02 ± 16.35			

表 4-18

出手瞬間上肢關節角度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右肩 (deg)	右運	138.05 ± 8.27	.615		
	左運	137.75 ± 9.53			
	右接	136.66 ± 7.29			
	左接	138.34 ± 6.60			
右肘 (deg)	右運	29.41 ± 15.35	.168		
	左運	29.07 ± 13.88			
	右接	29.65 ± 15.74			
	左接	26.61 ± 15.67			
右腕 (deg)	右運	11.37 ± 5.32	.297		
	左運	12.18 ± 5.56			
	右接	10.38 ± 6.43			
	左接	13.81 ± 6.34			

表 4-19

投籃動作重心最低點至出手上肢關節角位移

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右肩 (deg)	右運	92.82 ± 14.07	.717		
	左運	89.40 ± 10.08			
	右接	88.02 ± 23.76			
	左接	94.53 ± 18.65			
右肘 (deg)	右運	-90.52 ± 15.88	.086		
	左運	-90.50 ± 16.54			
	右接	-88.01 ± 18.66			
	左接	-96.49 ± 17.38			
右腕 (deg)	右運	54.64 ± 13.60	.774		
	左運	57.71 ± 15.92			
	右接	59.23 ± 15.95			
	左接	59.23 ± 13.89			

表 4-20

出手瞬間上肢關節角速度

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右肩 (deg/s)	右運	186.44 ± 120.35	.861		
	左運	191.56 ± 86.03			
	右接	190.17 ± 109.81			
	左接	175.40 ± 96.02			
右肘 (deg/s)	右運	-703.34 ± 125.72	.266		
	左運	-660.96 ± 119.70			
	右接	-672.66 ± 93.39			
	左接	-643.60 ± 109.84			
右腕 (deg/s)	右運	1130.59 ± 215.27	.208		
	左運	1166.73 ± 153.16			
	右接	1159.63 ± 213.52			
	左接	1218.24 ± 143.08			

表 4-21

投籃動作重心最低點至出手上肢關節角速度最大值

參數	動作	顯著性	事後比較		
			左運	右接	左接
右肩 (deg/s)	右運	402.67 ± 89.76	.583		
	左運	413.50 ± 75.59			
	右接	411.30 ± 94.31			
	左接	438.88 ± 116.53			
右肘 (deg/s)	右運	-890.23 ± 125.17	.510		
	左運	-898.50 ± 219.72			
	右接	-843.68 ± 156.20			
	左接	-863.67 ± 122.00			
右腕 (deg/s)	右運	1131.71 ± 215.32	.134		
	左運	1167.48 ± 153.01			
	右接	1166.07 ± 220.38			
	左接	1222.17 ± 140.29			

第四節 小結

四種不同動作急停墊步跳投之間的運動學比較如下：

- 一、身體重心參數：右、左手運球跳投在墊步觸地瞬間重心高度較右側接球跳投低；此瞬間水平方向重心速度呈現運球跳投大於接球跳投趨勢；起跳瞬間右、左手運球跳投的垂直方向重心速度皆較右側接球跳投快；球員在整個動作期間的水平與垂直方向重心位移皆呈現運球跳投大於接球跳投的情形；右側接球跳投在下蹲期重心下降的位移較兩種運球跳投來的大；右手運球跳投跳投動作達到的重心最高點較右側接球跳投高。
- 二、時間參數：兩種運球跳投著地期得花費時間較右側接球跳投短。
- 三、下肢運動學參數：運球跳投的墊步距離有較接球跳投長的趨勢；右手運球跳投觸地瞬間的髖關節屈曲角度較右側和左側接球跳投大；從右側突破的跳投動作在墊步軸心腳觸地時的踝關節背屈角度較左側突破的跳投動作大；下蹲期間，右手與左手運球跳投的左膝關節屈曲角速度較右側接球跳投來的快，下蹲速度較快；投籃動作重心最低點瞬間從右側突破的兩種跳投動作左踝關節背屈角度較左手運球跳投來的大；起跳瞬間右踝關節的蹠屈角度較兩種接球跳投大。上肢運動學參數：四種不同跳投動作對上肢運動學參數的影響較小，組間沒有明顯差異。

第伍章、討論

第一節 四種跳投動作的運動學與投籃結果比較

球員執行本實驗四種跳投動作的投籃命中率經過統計考驗並沒有顯著差異，表示所有球員使用這幾種跳投並不會同時呈現在某種動作特別好或特別差的傾向，每個人都會有各自掌握度較高與較低的投籃動作。Oudejans 等 (2012)的實驗中，球員執行接球跳投的跳投較運球跳投高，使用慣用手或慣用側出發的命中率亦較非慣用手與非慣用側來的高；本研究作者統計 2017 年 NBA 總冠軍賽 5 場比賽所有跳投出手結果，命中率分別為接獲傳球後跳投(45.47%)、非慣用手切入後跳投(24.40%)與慣用手切入後跳投(21.46%)，運球跳投的命中率較接球跳投低了許多，但本實驗的結果則沒有這個傾向，或許之後研究可以再進一步探討實戰中運球跳投命中率較接球跳投低的原因是否在於接球跳投的空檔出手比例較高。而雖然在統計考驗四種動作沒有達到顯著差異，但 8 名慣用手為右手的球員，右手運球跳投比左手運球跳投的投籃命中率高出 12.47%，與過去研究有相同的情形，該研究認為左手運球跳投收球後須將球從左側移至右側導致投籃動作多了一段程序，亦可能球員對於非慣用手運球後跳投的掌握度較低造成的差異。

本研究透過運動學參數的資料計算與統計分析發現，球員在執行右手運球與左手運球跳投軸心腳觸地瞬間身體重心的高度 0.95m 與 0.96m 較右側接球跳投 0.99m 來的低，且右手與左手運球跳投觸地瞬間的身體水平方向重心速度 2.07 m/s 和 1.92 m/s 顯著大於右側與左側接球跳投的 1.57 m/s、1.63 m/s。可以發現整體而言，運球跳投在觸地瞬間的身體水平方向速度會比接球跳投來的快，這代表著球員在執行運球跳投的墊步前，可能會以較快的跑動速度運球前進，並以較快的水平方向速度進行墊步的跳躍，Bridgett 與 Linthorne (2006)的研究指出，跳遠選手使用越快的助跑的速度時會增加落地時膝關節的伸展角度與提升水平方向跳躍距離，Begue, Caderby, Peyrot 與 Dalleau (2018)比較不同步行速率，發現比較快的步行速率會有較大的步長，比較本實驗選手的墊步表現發現，四種墊步距離分別為 0.82m、0.73m、0.60m、0.64m，呈現運球大於接球跳投的趨勢，可能也與身體較快的水平重心速度有關。在軸心腳觸地瞬間，右手運球跳投的髖關節屈曲角度 46.89 度顯著大於右側與左側接球跳投的 41.75 度、42.51 度，McCamley 等 (2018)則指出當步幅縮小時，髖、膝關節矢狀面的活動範圍縮小，屈曲與伸展的位移皆會減小，

因此球員可能以增加膝關節屈曲角度的方式來達到更遠的墊步距離；在此瞬間亦發現右側接球跳投會較左手運球跳投使用較大的踝關節背屈角度來著地，研究指出十字韌帶重建的患者在患側下落著地時會使用較小的髌、膝關節屈曲角度和較大的背屈角度來做為著地策略並降低患部的負荷，但造成本研究受試者落地踝關節背屈角度不同的原因仍有待釐清。而在起跳瞬間右踝關節的蹠屈角度組間有顯著差異，右手運球跳投跳投的蹠屈角度有較大的傾向，覃素莉 (2001)指出起跳時踝關節蹠屈角度越大投籃命中率越高，雖然本研究分析動作的投籃結果都為空心進球，但這樣的差異也能提供球員參考是否運球跳投動作使得踝關節能夠進行較大的蹠屈動作，進而對跳躍產生正向幫助。

推蹬期由投籃動作下蹲身體重心最低點開始至雙腳跳躍離地結束。在起跳瞬間右手與左手運球跳投動作的垂直方向重心速度 1.68 m/s 和 1.59 m/s 顯著大於右側接球跳投的 1.49 m/s ，戴偉勳與彭賢德 (2014)研究指出進行助跑下落垂直跳時，適當的提升助跑速度，可以獲得較大的地面反作用力，有效的提升起跳速度與高度，並且會降低關節下蹲角度與增加下蹲速度。本實驗的數據顯示四種動作著地期費時之間有顯著差異，兩種運球跳投著地期 0.20 秒的歷時有比右側和左側接球跳投 0.27 秒、 0.25 秒的來的短的趨勢，而下蹲期間右側接球跳投身體重心下降 0.12 m 較右手與左手運球跳投的 0.10 m 、 0.09 m 來的大，再加上前述觸地時水平方向重心速度的差異，且下蹲期右手與左手運球跳投的膝關節屈曲角速度最大值 387.80 deg/s 和 368.31 deg/s 顯著大於右側接球跳投的 $290.43(\text{deg/s})$ ，由於參與本實驗的受試者大都以左腳作為墊步動作的軸心腳，推斷球員可能在運球跳投時使用較快的助跑速度，使得軸心腳觸地後下蹲至身體重心最低點的速度加快，進而產生較快的起跳垂直方向速度。這四種墊步跳投的跳躍動作類似於助跑急停跳躍摸高動作，學者將此動作分為水平期與垂直期(Edwards, Steele, Cook, Purdam, & McGhee, 2012)，墊步投籃亦是藉由一開始水平方向的跳躍進行墊步，透過身體的肌肉與關節穩定身體後，再進行垂直方向的跳躍投籃動作，因此四種動作墊步動作初期在身體重心水平方向產生差異，越接近起跳時，則在身體重心垂直方向有所不同。Ruan 與 Li (2008)指出在高速助跑跳躍時，地面碰撞力提升進而增加了下肢勁度，使得關節的活動範圍(ROM)不必那麼大即能產生較高的跳躍高度；而 Smith, Pridgeon 與 Hall (2018)則指出透過動態伸展可在短期獲得較大的 ROM，並增加垂直跳的跳躍高度，本研究統計結果指出，在右手運球跳投起跳瞬間的踝關節蹠曲角度較兩側跑動皆球跳投大，但起跳期左右腳下肢關節的角位移並沒有顯著差異，而前述右手運球跳投的膝關節屈曲角速度最

大值顯著大於右側運球跳投，再觀察起跳期的下肢關節角速度最大值與跳躍達到重心最大高度，右手運球跳投幾乎皆為四個動作中的最大值；因此測本研究的受試者使用的策略與 Ruan 與 Li (2008)所提出較為類似，使用慣用手運球或許可以允許球員使用比較快地推進速度，降低著地期重心下蹲所需花費的時間，產生較快的關節角速度來達到較左、右方向接球跳投動作快速的起跳垂直方向速度。

球員起跳離地後進入投籃動作的飛昇期，過去探討原地跳投的研究多分析身體重心最低點至出手期間的運動學差異，本研究資料顯示，在此一期間四種跳投動作身體重心的水平與垂直方向位移並沒有顯著差異，顯示對大學公開男子甲一級球員而言，慣用手與非慣用手的運球和不同的跑動方向並不會對墊步投籃動作的身體位移造成太大的影響。四種動作出手瞬間身體的重心速度、角度與出手高度百分比亦沒有顯著的差異，表示球員有能力使用相近的身體重心速度與高度完成每一次的出手。而出手動作主要仰賴上肢肩、肘、腕關節互相的協調與作用來影響球飛行的軌跡與穩定性，本研究的研究結果指出，四種動作在身體重心最低點與出手兩個瞬間的上肢關節角度沒有顯著差異，整個投籃過程肩關節屈曲、肘關節伸展與腕關節屈曲的位移角度亦無明顯不同。出手瞬間肩、肘、腕關節角速度與動作期間上肢關節角速度最大值亦沒有顯著差異。過去研究指出上肢關節運動學參數大多隨著投籃距離或防守球員改變，(Miller & Bartlett, 1996; V. H. A. Okazaki & Rodacki, 2012; 劉子由, 2012)，當投籃距離增加時，上肢的肩、肘、腕關節出手瞬間與最大角速度值都會增加；而面對防守球員時則主要使用加大肩關節屈曲角度來增加出手高度以閃避封阻(ROJAS 等, 2000)。而本研究在執行運球與跑動接球動作後利用墊步緩衝身體後向上跳躍出手，屬於無人封阻的空檔投籃，且投籃距離固定為新制三分線的 6.75m，因此在每一次的投籃球員使用相似的出手關節角度與角速度進行投籃，整個動作過程中肩、肘、腕關節加速後達到的角速度最大值也相對穩定。

從實際應用層面來看，球員在球場上往往可以運用自身的速度運球快速突破防守球員後進行急停跳投，或者利用中鋒等身材較壯碩對友進行檔人後即能切入執行跳投，代表球員可以在快速運球後馬上收球進行跳投動作；而空手跑動接球的跳投則較需要戰術的配合，經常需要兩個以上的隊友進行檔人與掩護，為射手創造出較大的空檔，原因在於跑動接球跳投需要傳球者與投籃球員的配合，而不是一昧的全速衝刺，這樣的情況即使成功擺脫了防守者，也會失去投籃正確的節奏。而現今職業籃球聯賽中的球員也分成

自己盤球找尋出手機會的 player maker 與 catch and shoot 的射手，每個人擅長的投籃位置、運球突破方式甚至接球墊步方式皆有不同，沒有優劣之分。

第二節 急停墊步跳投的動作特徵

本節探討急停墊步跳投的動作特徵，並與過去文獻做對照，球員執行運球與不同方向跑動接球後墊步執行三分線出手，動作期為軸心腳墊步觸地至出手期間，整個動作期花費的平均時間為 0.70 秒，和 V.H. A. Okazaki 與 Rodacki (2012) 6.4m 跳投所花費的 0.67 秒相當接近，多了墊步動作對執行投籃動作的時間似乎不會有太大的差異。而整個動作過程的平均重心水平與垂直方向位移分別為 0.69m 與 0.35m，與劉子由 (2012) 新制三分線原地投籃相比，在重心水平方向的位移 0.32m 相比明顯較大，本研究球員在重心最低點至出手的水平方向位移為 0.30m，較大的水平方向位移原因在於墊步帶來的向前方向速度，身體必須要有緩衝的空間來制動，這樣的結果代表球員在執行跑動後急停墊步跳投時需要較大的空間，若前方防守者太過接近時必須小心評估雙方的距離，避免因過度向前位移造成進攻犯規的產生。而 6.75m 三分線急停墊步跳投的平均出手角度為 50.89 度，出手球速為 8.68m/s，數值較接近於 Miller 與 Bartlett (1996) 實驗中後衛球員 6.40m 投籃的出手球速 8.39m/s 與角度 50 度。

接著探討動作各分期球員的運動情形，球員在收球後藉由墊步踏上投籃區，平均墊步距離為 0.70m，球員的平均腿長為 0.96m，墊步的步幅為腿長的 0.73 倍。墊步著地後利用極短的時間制動並依靠重心下落的速度順勢完成投籃的下蹲動作，下蹲到身體重心最低點的平均時間為 0.23 秒，下蹲時髖、膝關節屈曲與踝關節背屈的角速度最大值分別為；而髖、膝、踝角速度峰值出現的時序並沒有固定趨勢，在重心最低點瞬間，平均的髖關節屈曲角度為右髖 49.02 度、左髖 52.02 度，膝關節屈曲角度為右膝 71.67 度、左膝 80.20 度，踝關節背屈角度則為右踝 24.50 度、左踝 27.87 度，符合邱大宗 (2001) 指出投籃動作要領，慣用手為右手的球員，會以左腳為投籃基準腳，右腳則置於左腳前來校準投籃方向，下蹲時將重心放置於左腳，因此球員在重心最低點時，左腳的髖、膝關節屈曲角度與踝關節背屈角度皆稍稍大於右腳。

下蹲到身體重心最低點後，球員開始伸展髖、膝關節與蹠屈踝關節，提高伸體重心準備向上跳躍。本研究中球員在起跳瞬間的平均關節角度則為右髖屈曲 9.10 度、左髖屈

曲 14.07 度；右膝屈曲 16.83 度、左膝屈曲 21.12 度；右踝屈曲 32.20 度、左踝屈曲 33.17 度，可以發現起跳瞬間，球員左腳髖、膝關節的屈曲角度稍為大於右腳。有些球員會以右腳→左腳的順序起跳離地，使得起跳瞬間左腳以跟隨右腳的方式離開地面，而此時髖、膝關節尚未完全伸展，因此從外觀上來看會有髖、膝關節屈曲角度大於右腳的情況。而在起跳階段，球員下肢三個關節角速度平均最大值分別為伸展角速度右髖 242.51(deg/s)、左髖 233.75(deg/s)；伸展角速度右膝 428.10(deg/s)、左膝 456.25(deg/s)；踝關節屈曲角速度右踝 592.29(deg/s)、左踝 568.04(deg/s)，角速度峰值產生的時序為(髖→膝→踝)，符合動力鏈近端至遠端的概念，而角速度的峰值則為遠端大於近端，踝關節 > 膝關節 > 髖關節。

起跳後球員在空中穩定軀幹，並以屈肩、伸肘、屈腕的方式將球流暢的送出，平均得起跳至出手時間為 0.07 秒，出手瞬間重心角度為 48.61 度，較起跳瞬間的 64.12 度小，表示出手動作會使球員增加向前方向位移的傾向，而與 Miller 與 Bartlett(1996)研究中後衛出手瞬間重心角度 60 度相比亦較小，或許與墊步即停跳投較原地投籃動作產生更大重心水平方向速度有關。而出手瞬間球員的上肢關節角度分別為肩關節屈曲 137.70 度、肘關節屈曲 28.59 度、腕關節屈曲 11.94 度，過去研究指出進球與不進球的投籃動作會在肩關節角度產生差異，分別為 119.50 度與 114.50 度，學者認為肩關節屈曲角度較小造成出手高度與出手角度的降低，容易使命中率下降(Hussain 等, 2017)，而觀察本實驗的數據，球員們出手時的肩關節屈曲角度皆相當大，這確保了足夠的出手高度也與球員在接近重心最高點附近出手息息相關；球員出手的高度百分比為 96.34%，且每次出手變異不大，符合學者認為優秀的射手出手重心高度一致且接近跳躍最高點的指標(V. H. Okazaki 等, 2015; Verhoeven & Newell, 2016)。而在出手瞬間球員使用的關節角速度分別為肩關節屈曲角速度 186.44(deg/s)、肘關節伸展角速度 670.14(deg/s)、腕關節屈曲角速度 1168.80(deg/s)，整個投籃動作期間，三個關節的角速度最大值分別為肩關節屈曲角速度 416.59(deg/s)、肘關節伸展角速度 874.02(deg/s)與腕關節 1171.86(deg/s)，可以發現球員出手時的腕關節角速度會相當接近於整個動作期的峰值，而肩、肘、腕三個關節的角速度峰值出現時序為近端至遠端肩→肘→腕，速度則為腕>肘>肩，與李雲光 (2007)的研究結果相符。

第陸章 結論與建議

本研究比較右手運球跳投、左手運球跳投、右側跑動接球跳投、左側跑動接球跳投四種比賽中常見進攻動作的運動學參數並建立跑動後急停跳投動作之動作模式，歸納出以下結論，希望能對球員訓練與實戰應用有所幫助，並提供給教學人員或想要練習移動跳投技術的運動愛好者參考。

- 一、右手運球跳投動作允許球員使用較快的推進速度，在墊步瞬間擁有較快的重心水平速度，速度對於比賽中突破對手的防守是不可或缺的；但相對的在整個動作過程也會有較大的水平方向位移，原因在於較大的墊步距離與身體水平方向速度，除了會使球員必須更妥善的控制全身的關節與肌肉進行制動以跑持出手時的平衡並防止身體重心過度的向前位移之外，更要預留擺脫第一線防守球員後與後方補防球員的距離，若距離太近除了要面臨防守更要小心對方球員製造進攻犯規的意圖，切入後收球的時機必須要有好的掌握。不過整體而言運球移動跳投向前推進的速度較運球跳投快，或許可以增加擺脫對手的機會。
- 二、右手運球跳投擁有最快的起跳垂直方向速度，且著地期下蹲到重心最低點的時間最短，這微小的差距在比賽中容易產生時間差的空檔，且較快的跳躍速度有助於提早達到出手位置閃避封阻。相對的右側接球跳投著地期下蹲的速度較慢且起跳的速度也較慢，雖然在命中率的表現並沒有顯著差異，也有可能右側接球跳投是四種動作中相對最不費力的動作，但在比賽中或許適合在擺脫防守後較大的空檔來出手，以免較慢的起跳速率與下蹲速率容易遭到對手預判動作及封阻。整體而言運球跳投擁有較快的起跳垂直方向速度且著地期下蹲較快。
- 三、根據本研究結果，四種墊步跳投的動作下肢運動學產生的差異大於上肢，包括觸地與起跳瞬間髖關節屈曲與踝關節蹠屈角度的不同，並會造成膝關節屈曲角速度的差異；而上肢每一次的出手關節運動情形都相當穩定，且都能保持在接近身體重心最高點時出手，使用慣用手或非慣用運球或從球場的左、右側跑動來擺脫對上肢的投籃動作不會造成太大的差異，因此在實戰中若在擺脫對手後有較大的空檔，收球前的動作不會對上肢的投籃動作造成太大的改變與影響。
- 四、整體而言，運球與接球對於墊步跳投動作下肢著地與跳躍表現影響較左、右

側的方向不同來的大，但右手運球的影響又比左手運球來的大。球員在練習時可以檢視右手運球技巧是否比左手來的純熟且有力量，或有其他原因造成右側墊步水平方向速度與起跳垂直方向速度較快。

五、右手運球跳投動作產生較快地推進與起跳速度等現象，若在在皆不做假動作的前提下與其他戰術的前提下，對於突破防守和閃避封阻會有最大的幫助，但籃球場上瞬息萬變，仔細觀察對手並巧妙地應用節奏的變化才能佔據優勢，因此本研究提供四種擺脫跳投動作肢運動學表現供籃球愛好者參考，了解優秀球員在執行這些動作時細微的差異，多加練習與感覺並在比賽中適合的時機運用。



參考文獻

- 小野秀二.(2010). *提升籃球戰力 200 絕招*. 臺北市: 台灣東販
- 李雲光.(2007). 不同投籃姿勢各關節運動學分析. *大專體育學刊*, 9(4), 113-123.
- 邱大宗.(2001). *職籃團隊技戰術—宏國象為例*. (碩士), 國立體育學院, 桃園縣.
- 孫民治.(2004). *現代籃球高級教程*. 北京: 人民體育出版社.
- 陳建志.(2010). *不同防守方式對中距離投籃之運動學分析*. 未出版碩士論文. 國立台北教育大學, 台北市.
- 陳錦偉.(2009). 大專男子籃球選手三分線投籃動作之生物力學特性分析. *大專體育學術專刊*, 601-609.
- 覃素莉.(2001). *不同距離與不同動作投籃分析*. 未出版碩士論文. 國立體育學院. 桃園縣.
- 劉子由.(2012). *籃球新制三分線跳投生物力學分析*. 未出版碩士論文. 國立台灣師範大學, 台北市.
- 駱燕萍.(2009). *籃球不同接球腳步對變換運球方向之影響*. 未出版碩士論文. 國立台灣師範大學, 台北市.
- 戴偉勳, & 彭賢德.(2014). 助跑對垂直跳表現的效益. [Effect of Approach Run on the Vertical Jump Performance]. *中華體育季刊*, 28(3), 243-250.
doi:10.6223/qcpe.2803.201409.1009
- 韓紀光.(2004). *籃球進攻的技巧*. 臺北市: 諾亞森林有限公司
- Begue, J., Caderby, T., Peyrot, N., & Dalleau, G. (2018). Influence of gait speed on free vertical moment during walking. *Journal of Biomechanics*, 75, 186-190.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.05.011>
- Bridgett, L. A., & Linthorne, N. P. (2006). Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 889-897.
- Csapo, P., & Raab, M. (2014). "Hand down, man down." Analysis of defensive adjustments in response to the hot hand in basketball using novel defense metrics. *PLoS One*, 9(12), 1-25. doi:10.1371/journal.pone.0114184

- Edwards, S., Steele, J. R., Cook, J. L., Purdam, C. R., & McGhee, D. E. (2012). Lower limb movement symmetry cannot be assumed when investigating the stop-jump landing. *Med Sci Sports Exerc*, 44(6), 1123-1130. doi:10.1249/MSS.0b013e31824299c3
- Hussain, I., Ahmad, F., & Rani, N. (2017). Investigation of Bio-Kinematic Elements of Three Point Shoot in Basketball. *International Journal of Sports Science*, 7(4), 163-169. doi:10.5923/j.sports.20170704.02
- Kato, S., Urabe, Y., & Kawamura, K. (2008). Alignment control exercise changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. *Knee*, 15(4), 299-304. doi:10.1016/j.knee.2008.04.003
- Knudson, D. (1993). Biomechanics of the Basketball Jump Shot—Six Key Teaching Points. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(2), 67-73. doi:10.1080/07303084.1993.10606710
- McCamley, J. D., Cutler, E. L., Schmid, K. K., Wurdeman, S. R., Johanning, J. M., Pipinos, I. I., & Myers, S. A. (2018). Gait Mechanics Differences Between Healthy Controls and Patients With Peripheral Artery Disease After Adjusting for Gait Velocity Stride Length and Step Width. *Journal of Applied Biomechanics*, 1-19. doi:10.1123/jab.2017-0257
- Miller, S., & Bartlett, R. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *J Sports Sci*, 14(3), 243-253. doi:10.1080/02640419608727708
- Miller, S., & Bartlett, R. M. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *J Sports Sci*, 11(4), 285-293. doi:10.1080/02640419308729998
- NBA TEAM STATS. (2017). Retrieved from <https://www.teamrankings.com/nba/>
- Okazaki, V. H., Rodacki, A. L., & Satern, M. N. (2015). A review on the basketball jump shot. *Sports Biomech*, 14(2), 190-205. doi:10.1080/14763141.2015.1052541
- Okazaki, V. H. A., & Rodacki, A. L. F. (2012). Increased distance of shooting on basketball jump shot. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 231-237.
- Okazaki, V. H. A., Rodacki, A. L. F., & Okazaki, F. H. A. (2007). Biomecânica do arremesso de jump no basquetebol. *Lecturas: Educacio 'n Fi 'sica y Deportes*, 11(105), 1-13.
- Okubo, H., & Hubbard, M. (2015). Kinematics of Arm Joint Motions in Basketball Shooting. *Procedia Engineering*, 112, 443-448. doi:10.1016/j.proeng.2015.07.222
- Oudejans, R. R. D., Karamat, R. S., & Stolk, M. H. (2012). Effects of Actions Preceding the Jump Shot on Gaze Behavior and Shooting Performance in Elite Female Basketball Players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7(2), 255-267.
- ROJAS, F. J., CEPERO, M., ONÄ, A., & GUTIERREZ, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *ERGONOMICS*, 43(10), 1651-1660.

- Ruan, M., & Li, L. (2008). Influence of a Horizontal Approach on the Mechanical Output During Drop Jumps. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(1), 1-9. doi:10.1080/02701367.2008.10599454
- Siegel, & Sidney. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Singapore: McGraw-Hill.
- Smith, J. C., Pridgeon, B., & Hall, M. C. (2018). Acute Effect of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Flexibility and Jump Height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 00, 1-7. doi:10.1519/jsc.0000000000002321
- Verhoeven, F. M., & Newell, K. M. (2016). Coordination and control of posture and ball release in basketball free-throw shooting. *Hum Mov Sci*, 49, 216-224. doi:10.1016/j.humov.2016.07.007



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系碩士班

指導教授：蔡虔祿 博士

研究者：林恭弘

連絡電話：0983-165916

本研究的實驗為不同前置動作後執行三分線跳投，目的為比較慣用手運球、非慣用手運球與左、右側空手跑動接球動作對急停墊步三分線跳投運動學參數的影響。實驗過程每項動作必須投進兩球。本實驗需要您的協助參與，在此希望徵求您的同意。

本研究的動作對人體無害，並會確保您的隱私權，不會洩漏您的相關資料。若您願意參與本實驗，請在下方簽名。若受試者在實驗中或任何時刻改變意願，可以告知研究者，即可停止投籃並退出此項實驗。

實驗時間：

實驗地點：國立臺灣師範大學分部體育館一樓

受試者：_____ (簽章)

填寫日期：____年____月____日

連絡電話：_____

附錄二 實驗紀錄表

一、基本資料					
姓名			年齡		
身高	公分		體重	公斤	
球齡			慣用手		
編號			擅長位置		
	左	右		左	右
Leg length			Shoulder		
Knee width			Elbow width		
Ankle width			Wrist width		
二、動作順序					
次數/動作	S	RR	LR	RD	LD
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					