

第五章、討論與結論

本研究的討論依序共分為三大部分：一、鉛球投擲之運動學。二、鉛球投擲之下肢地面反作用力。三、鉛球投擲之下肢關節力矩、功率。而在各節當中，將旋轉式投擲與背向滑步式投擲分開進行討論。並且於最後做本研究之結論與建議。

第一節、鉛球投擲之運動學

一、旋轉式投擲

出手速度在拋物體公式裡，是影響投擲距離最主要的參數，本研究亦顯示，成績表現愈好者，選手的出手速度愈大。鉛球投擲動作，無論是旋轉式或背向滑步式，最主要的目的即是加速鉛球，使鉛球離手時達到最大的速度，國內選手的出手速度均小於世界級鉛球投擲選手，此結果為國內選手投擲成績小於世界級鉛球投擲選手的最主要原因。

由於鉛球選手個別差異，因此他們都有其自己的特定出手角度，Linthorne (2001) 即指出因為每個鉛球選手的力量不同，所以他們會調整他們的出手角度以獲得最大的出手速度。Maheras (1998) 亦指出優秀的鉛球選手會選擇最適當的出手角度以增加出手速度，而且他們會保持出手角度在合理的範圍內。

出手高度在三個影響投擲距離的關鍵因素中，是影響最小的一個因素（Hay, 1993; Luhtanen, Blomqvist & Vanttiene, 1997）。此外，旋轉式投擲的步幅分配方面，Bartonietz（1994）指出旋轉式投擲的步幅是“長—短”分配，國內旋轉式鉛球選手的步幅分配與 Bartonietz 所提相符合。

在右腳離地時鉛球速度，世界級選手要大於國內選手，因為世界級選手從起始旋擺動作即能將鉛球有效地加速，國內選手此時的鉛球速度顯然地比世界級選手要低許多，國內選手並沒有從開始的準備起始旋擺動作為鉛球加速，由圖 4-1-1 本研究的旋轉式鉛球速度曲線圖與圖 5-1-1 Bartonietz（1990）的研究比較更可以清楚地看出。藉由審視投擲影片，發現選手應扭轉他們的上半身到右側，也就是預先伸展其上半身肌肉，並且右腳離地前稍做推蹬，幫助選手在準備動作中預先為鉛球加速。Luhtanen et. al.（1997）即指出在準備動作中較高的鉛球速度對提高出手速度有相當大的幫助，本研究亦顯示成績表現愈好者，選手的右腳離地時鉛球速度愈大和其論點相符。

除此之外，圖 5-1-1 顯示在左腳離地時還有一個鉛球速度的峰值，而國內選手此高峰出現於左腳離地前，因此，在鉛球速度的控制上在此還需要做些調整，要將鉛球速度的高峰於左腳離地時達到。而在左腳著地前，圖 5-1-1 亦顯示一鉛球速度峰值，本研究與之相符。

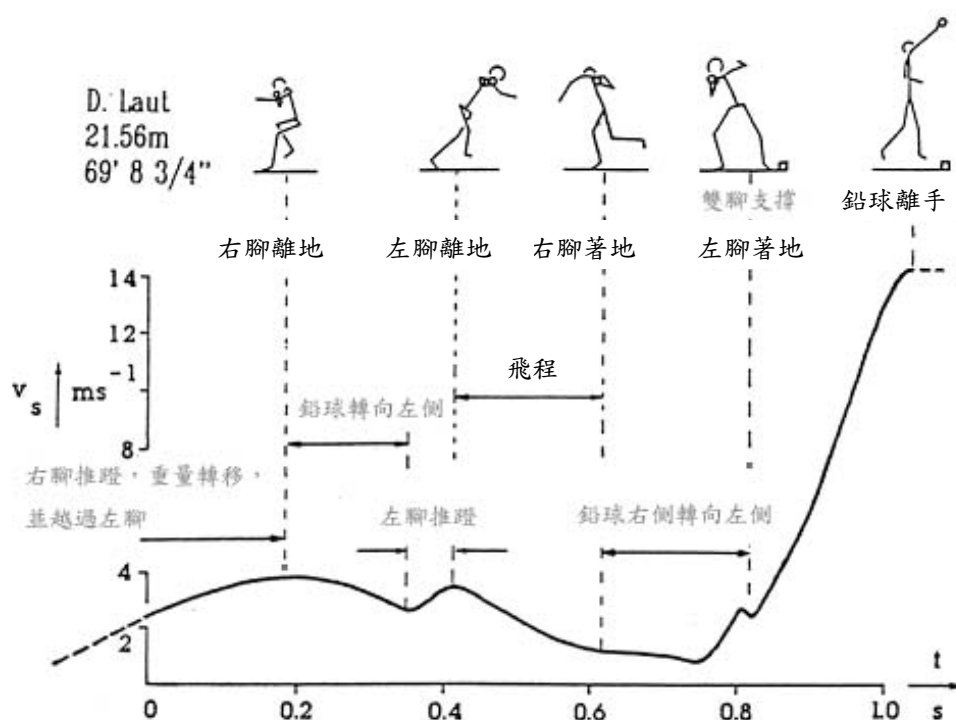


圖 5-1-1：Laut (21.56 m) 旋轉式鉛球速度 (Bartonietz, 1994)

本研究肩-髖角度差的曲線變化 (圖 4-1-2)，與圖 5-1-2 比較發現 Bartonietz (1994) 的研究，在飛程期中 (右腳著地前) 有一峰值，在最後用力期中 (左腳著地後) 又有一峰值，相較之下，國內選手飛程期中的軀幹扭轉做得並不確實，而且在最後用力期中，軀幹扭轉應達到最大值，因此，國內選手在飛程期中即需扭轉軀幹，並盡量在左腳著地後的最後用力期，將軀幹扭轉的達到最大值，國內選手軀幹扭轉的時機應做調整。Bartonietz (1994) 指出 Oldfield、Laut、Barnes、Doering、Dal Soglio 等人的肩-髖角度差最大值約在 50~60 度之間，本研究的結果，國內選手

的肩-髖角度差最大值是在 48~55 度之間 (R1: 48.2 度; R2: 54.6 度; R3: 55.0 度), R1 的軀幹扭轉動作需要加強。

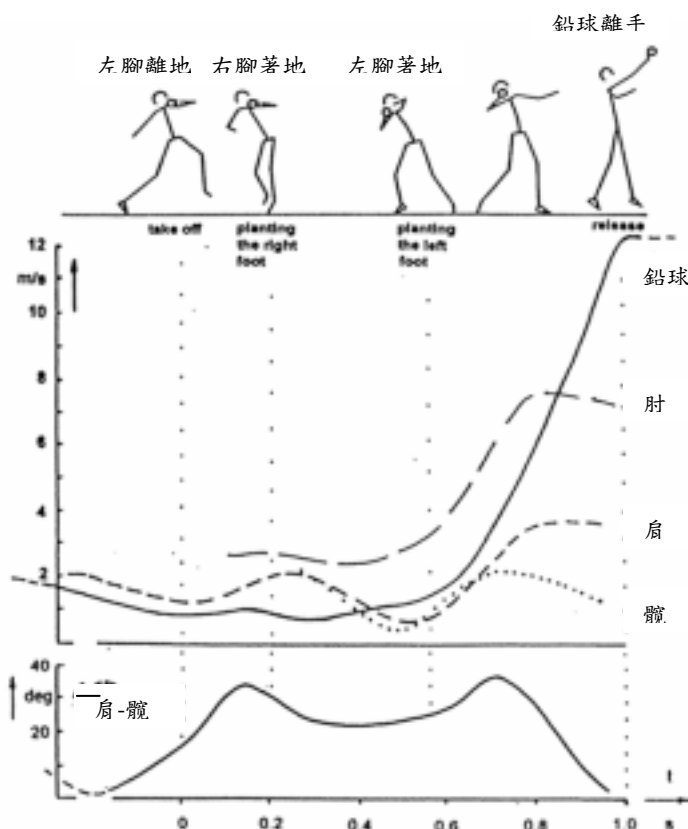


圖 5-1-2 : Astrid Kumbernuss (18.20 m) 鉛球、肘、肩、髖之速度與肩-髖軸角度差 (Bartonietz, 1994)

圖 5-1-3 所示為 Bartonietz (1994) 研究 Barnes 的鉛球運行路徑，從此圖中可看出，投射於地面上的鉛球運行路徑中間部分有一個迴環，相較於本研究國內選手的旋轉式鉛球運行路徑 (圖 4-1-3)，國內選手並未出現此一迴環，在對照選手的投擲影片後發現，此迴環或弧圈是在傳遞動作期所產的，若選手在右腳著地後，能將重心維持在後面，即上半身向後傾斜，直到傳遞動作期結束，應可做出一個迴環，此動作除了可以增加鉛球

運行長度外，還可讓選手在最後用力的起始，呈弓型姿勢，避免過早抬高身體重心，而有利於身體的最後發力動作。

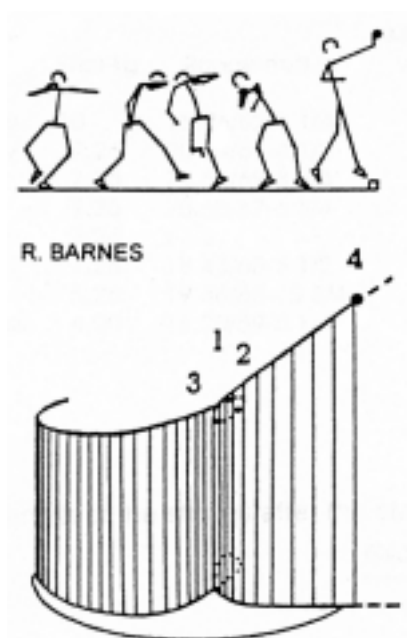


圖 5-1-3：R. BARNES 投擲鉛球路徑
(Bartonietz, 1994)

國內選手在傳遞期中沒有獲得很大的鉛球加速度，主要應該是在傳遞期的動作上發生了問題，而無法有效地加速鉛球，在此階段均有動作些許停頓的現象，尤其在右腳的旋轉，觀察國內外影片對照發現，國內選手應在右腳著地後，右腳持續旋轉，帶動上半身持續旋轉，以加速鉛球。Bartonietz (1994) 指出在旋轉式投擲動作限制之下，選手沒有更多的時間在傳遞期，而在此時，較大的肩軸速度增加量能產生較大的上半身肌肉預張力。因此，選手應當在傳遞期盡量加速身體的旋轉，以在旋轉動作上獲得較大的利益。

在最後用力期有相當大的鉛球速度改變在此發生，Luhtanen et. al. (1997) 指出在最後用力期內，大部分的出手速度在此產生，而且在此期增加鉛球加速度可以增加投擲距離。本研究顯示，較好成績的選手，在最後用力期是有較大的鉛球速度改變，因此，若鉛球選手能在最後用力期增加鉛球速度改變，應有利於增加投擲距離。

二、背向滑步式投擲及其與旋轉式投擲之比較

本研究背向滑步式鉛球投擲結果呈現，成績表現愈好者，選手的出手速度愈大、出手高度愈高，雖然 Hay (1993) 曾提到出手高度在三個影響投擲距離的關鍵因素中，是影響最小的一個因素，但是在本研究背向滑步式鉛球投擲結果來看，出手高度與成績表現有顯著的正相關存在，此在本研旋轉式投中並沒有發現。

背向滑步式投擲技術的步幅分配方面，80 年代，德國運動員 U.Timmerann 在鉛球技術發展進程中，創造了“短—長步幅分配”（滑步步幅長度較短；傳遞步幅長度較長），他以此步幅分配實施滑步鉛球投擲技術，分別於 1985 年以 22.62 公尺和 1988 年以 23.06 公尺的成績兩次打破世界紀錄，這種技術比傳統滑步技術縮短了滑動距離，加大了最後用力的兩腳間距，從而加大了軀幹伸展的幅度，有效地增加了最後用力的工作距離及軀幹的力量，在本研究中，選手的步幅分配也都為短—長步幅分配。在步幅分配上，旋轉式、背向滑步式二者之間有非常大的不同，旋轉

式投擲的跨步長度大於傳遞長度，而背向滑步式的投擲的傳遞長度大於滑步長度，Bartonietz (1994) 背向滑步式的“短—長”步幅分配能有利於右腿的推蹬動作，尤其更有利於左腿的制動功能，而相對地，旋轉式是採用“長—短”步幅分配，是因為旋轉式投擲動作在傳遞期，有較為複雜困難的腳步動作。

在鉛球投擲起始階段有較高的鉛球速度有利於最後出手速度 (Luhtanen et al., 1997)，準備動作的目的是預先加速來產適當的速度和動量 (Bartonietz, 1994)，因此選手在啟動時，利用右腿用力推蹬以及左腿的後擺，儘量提高在右腳第一次離地的鉛球速度，選手在傳遞期，是否能流暢地加速鉛球或維持右腳離地時的鉛球速度，是選手最後能否提高出手速度的關鍵。

除此之外，最關鍵的還是在於左腳著地時，軀幹扭轉狀態，這關係到最後用力前，軀幹肌肉是否有充分地做預先伸展的作用。世界級選手 Timmermann (投擲距離 22.62m) 的肩-髖角度差最大值 75 度，Guntheor (投擲距離 22.23m) 的肩-髖角度差最大值 90 度 (Bartonietz, 1994)，而本研究三位國內背向滑步式選手的軀幹扭轉動作均需要加大其軀幹扭轉狀態。背向滑步式的肩-髖軸扭轉變小、較穩定，旋轉式的肩-髖軸扭轉隨著旋轉動作而有較大的變化，旋轉式投擲在跨步旋轉和傳遞旋轉時，此旋轉動作增加了鉛球投擲的不穩定因素，因而，旋轉式鉛球投擲平

衡控制與節奏掌握更應當小心注意。然而，旋轉式鉛球投擲型態應能獲得較佳的軀幹肌肉之預先伸展，較有利於最後的發力。除此之外，由於旋轉式的旋轉動作，使得肩軸與髖軸角速度有較大的值，這或許也是旋轉式投擲動作的優勢之一。

旋轉式投擲最後用力期鉛球速度改變較大，也就是旋轉式的最後用力鉛球加速較背向滑步式的快，由此來看，或許可說明，旋轉式投擲技術在最後用力期增加鉛球速度上所佔的優勢。但是，背向滑步式在飛程與傳遞期的鉛球速度較旋轉式快，因此，背向滑步式在動作的前半段維持較高的速度，背向滑步式在初始的加速即是其優勢。

旋轉式投擲技術的鉛球運行總長度較背向滑步式長，主要是因為旋轉式投擲技術在起始時，跨步旋轉動作加長了鉛球運行長度，而且在中間階段的傳遞旋轉動作也加長了其鉛球運行長度，因此，在跨步/滑步期與傳遞期，旋轉式的鉛球運行長度也較背向滑步式長。可是在最後用力期的鉛球運行長度，則是旋轉式較短，前面討論鉛球速度改變比較時，旋轉式投擲最後用力期鉛球速度改變較背向滑步式大，所以，旋轉式鉛球投擲能在較短的鉛球加速運行距離，獲得較大的鉛球速度改變，更顯示出旋轉式投擲在最後用力期增加鉛球速度上佔有相當優勢。

第二節、鉛球投擲之下肢地面反作用力

一、旋轉式投擲

旋轉式投擲在右腳著地制動力轉成主動力時，右腳垂直地面反作用力達到最大值，此時身體的重量主要落在右腳上，由右腳負責支撐身體，然而本研究顯示，右腳支撐期間的水平制動作用大於水平主動作用，因此，右腳主要是起制動作用。旋轉式投擲動作在飛程後，右腳於投擲圈著地，右腳支撐著整個身體的重量，並且持續地做出旋轉，身體重心依然透過右腳這個支撐點將其由投擲圈後方移向投擲方向，致使地面反作用力由制動轉成主動。

本研究顯示，成績表現愈好者，選手的右腳最大垂直力、最大垂直力發力率、主動期時間、主動期垂直力衝量、垂直總衝量、水平總衝量值也愈大。由此可知右腳著地支撐的關鍵期是在主動期作用時間，而且右腳垂直力扮演重要且關鍵的角色。此外，由於右腳水平總衝量為負值，亦即右腳著地期間，右腳產生的是制動衝量，此時，成績表現愈好者，其右腳的制動衝量值較小。

在右腳水平地面反作用力由制動轉成主動的時候，也正是左腳著地的時候，接著下肢制動的功能就交給了左腳。左腳強而有力的制動，呈現在其最大水平制動力及水平制動衝量，讓身體重心不致於繼續向前而超過抵

趾板犯規，此外，左腳的垂直力瞬間發力使身體的水平移向轉為垂直移向，因此，左腳應在著地後，迅速用力地制動與蹬起。

本研究顯示，成績表現愈好者，選手的左腳最大水平制動力、垂直總衝量、地面反作用力總時間值也愈大；左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地後、水平總衝量值也愈小。其中水平總衝量為負值，即是指制動衝量，水平總衝量值愈小，就是制動衝量愈大。所以，成績表現愈好者，選手的左腳最大水平制動力與制動衝量愈大，表示制動力雖然與投擲行進方向相反，但是卻有助於投擲成績表現，而且扮演相當關鍵的角色，此外，增加垂直衝量與左腳著地用力的時間亦有助於投擲成績表現，而左腳最大水平制動力產生時間愈小，即指左腳著地後，愈快達到最大水平制動力，也會有助於投擲成績表現。

從傳遞期及最後用力期來看，雙腳制動與垂直發力作用，在最後用力期的作用均大於在傳遞期，除此之外，成績表現愈好者，選手的最後用力期垂直總衝量值也愈大；成績表現愈好者，最後用力期水平總衝量值也愈小，而由於最後用力期水平總衝量是負值，即指制動衝量，所以也就是成績表現愈好者，制動衝量值愈大。因此，在最後用力期有強而有力的雙腳制動與垂直發力，將有助於投擲成績表現。

因此，鉛球投擲最後用力垂直躍起的力量來自於左腳迅速用力蹬起以及右腳蹬伸，左腳著地後，左腳充分的制動與積極的蹬伸，而且左腳的有

力穩定地支撐制動，保證了右腳蹬地向投擲方向推送，此時配合右腳蹬地將身體重心向前推送，身體重心移向左腿時，左腳爆發性地蹬地伸膝，充分提高身體重心，使鉛球獲得較大的垂直分力，以達到適當的出手角度和出手速度。

二、背向滑步式投擲

背向滑步式投擲在右腳著地時，先是制動作用，然後才是主動的推蹬作用，將身體往前往上送，而右腳離地前又有一較小的制動力，水平地面反作用力方向做了兩次改變，Dessureault (1978) 指出右腳離地前的制動力是由於右腳滑動所造成的，因為投擲者在向前運動時，試圖維持與地面的接觸。右腳的水平主動推蹬作用大於水平制動作用，此結果則恰好與旋轉式投擲相反，因為背向滑步式投擲右腳著地後，經過短暫地傳遞過渡階段，即馬上向投擲方向推蹬用力。

Dessureault (1978) 指出較好的選手在騰空後，右腳著地的垂直力較大，而且右腳著地的水平制動衝量也較大。本研究之結果顯示，水平制動衝量較大的確有助於成績表現，此與 Dessureault 研究結果相符。此結果與一般的教練選手預期似乎不相符，認為水平制動衝量會降低整體的速度，然而，本研究結果得到是表示成績表現愈好者，右腳著地的水平制動衝量值也愈大，因為，此右腳著地的水平制動衝量，可解釋為是為了接下來的水平主動推蹬力做準備，右腳著地水平制動衝量的累積，會有助於之

後的水平主動推蹬爆發，此外，下肢的假設身體為一柱體，下肢的制動作用，會讓柱體與地面接觸穩固，形成一支點的槓桿，近端的制動，而使得遠端得以加速，即下肢為近端制動穩固有利於上肢遠端加速鉛球。

Zatsiorsky et. al. (1981) 曾指出左腳水平地面反作用力使投擲者減速，雖然此力阻礙了投擲者向前運動，但是卻幫助投擲者提高身體的重心，此外，並指出較好選手的左腳著地垂直、水平地面反作用力值較大，而且其發力率也相對地較大。然而，本研究結果選手的左腳著地垂直、水平地面反作用力及其發力率，並未與成績表現顯著相關。不過，本研究顯示，成績表現愈好者，最大垂直力產生時間-離左腳著地後值愈小，即指左腳著地後，愈快達到最大垂直力，有助於投擲成績表現。Zatsiorsky et. al. (1981) 並指出對於鉛球的加速，特別是水平速度，左腳的作用要比右腳的作用來得重要。

Dessureault (1978) 研究比較所有由雙腳產生的水平衝量時，發現所有鉛球投擲選手的水平制動衝量大於水平推進衝量，此與本研究的結果相符，因此，也就是說，對背向滑步投擲動作整體而言，下肢的制動作用大於主動推蹬作用。

從傳遞期及最後用力期來看，由於其結果均與旋轉式投擲相同，因此討論內容也與旋轉式投擲相同。

第三節、鉛球投擲之下肢關節力矩、功率

由於力矩代表肌肉及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應，因此，在解釋關節力矩時，須強調的是此力矩乃是指關節處主要肌肉及韌帶合力對此肢段運動的作用情況，在關節處產生的關節肌肉淨力矩，並無法確切指出哪個伸、屈肌或哪個外展、內收肌作用，造成的肢段運動結果（Jacobs & Ingen Schenau, 1992; Mann, 1981）。藉由關節肌肉淨力矩與功率我們可以推知動作期間主要作用（dominate）力矩方向以及關節肌肉產生能或吸收能功率（Winter, 1990）。

一、旋轉式投擲

（一）右腳力矩、功率

本研究顯示，右踝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為蹠屈力矩；右膝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應為先有一短暫的屈曲力矩，並很快地轉換，主要為伸展力矩；右髖關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為伸展力矩，此外於額狀面先有一短暫的外展力矩，並很快地轉換，主要為內收力矩。

旋轉式鉛球投擲技術，右腳的動作特性主要為支撐旋轉，於右腳著地，右腳一著地就必須主動地繼續旋轉，然後於投擲最後用力時做推蹬（彭賢德、彭賢勝、彭賢順，2006）。由於右腳著地是在騰空飛程後，著地時，

右腳必須單支撐來承受整個身體重量，本研究顯示，右腳著地時，有大量的吸收功率發生於踝關節肌群，因此，右腳關節肌肉吸收能緩衝平衡的功能主要呈現在踝關節肌群，而膝、髌關節肌群先有小量的吸收功率發生，所以其主動地繼續旋轉動作，則是藉由膝、髌關節肌群來驅動，不過，膝、髌關節肌群驅動旋轉後，亦提供小部分的緩衝平衡功能。接下來，右腳於最後用力時，必須要發力做推蹬，本研究顯示，大量的產生功率發生於髌關節肌群，因此，右腳關節肌肉產生能發力推蹬的功能主要呈現在髌關節肌群，而且其產生的時機也最早，然而，約於制動力轉成主動力時前後，踝、膝關節肌群也出現產生能發力推蹬的功能。

整體來看，在右腳著地支撐期間，踝關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；膝、髌關節肌群負責先旋轉驅動，接下來緩衝，而後推蹬。右踝關節肌群大約有 50% 的時間在做緩衝，另外 50% 的時間在做推蹬；右膝關節肌群大約有 20% 的時間在做旋轉右腳，40% 的時間在做緩衝，另外 40% 的時間在做推蹬；右髌關節肌群大約有 12% 的時間在做旋轉右腳，25% 的時間在做緩衝，另外 63% 的時間在做推蹬。

(二) 左腳力矩、功率

本研究顯示，右踝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為蹠屈力矩；右膝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為伸展力矩；右髌關節肌群及韌帶對

作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為屈曲力矩，此外於額狀面，主要為外展力矩。

左腳著地後，即是所謂鉛球投擲動作的最後用力期，左腿充分的制動與積極的蹬伸，而且左腿的有力穩定支撐，保證了右腿蹬地向投擲方向推送髖部，此時配合右腿蹬地將髖部向前推送，身體重心移到左腿的瞬間，左腿爆發性地蹬地伸膝，充分提高身體重心，使鉛球獲得較大的垂直分力，以達到適當的出手角度和出手速度(彭賢德、彭賢順、彭賢勝，2003)。由於左腳著地時，需要穩定的支撐，因此，本研究在踝、髖關節呈現吸收功率，踝、髖關節肌群發揮吸收能緩衝平衡的功能。接下來，左腳必須爆發性地蹬地伸膝，本研究顯示，大量的產生功率發生於膝關節肌群，因此，左腳關節肌肉產生能發力蹬伸的功能主要呈現在膝關節肌群，而踝、髖關節肌群也在吸收能緩衝過後，協助產生能發力蹬伸。

整體來看，在左腳著地支撐期間，踝、髖關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；膝關節肌群則全程負責推蹬。左踝關節肌群大約有 30% 的時間在做緩衝，另外 70% 的時間在做推蹬；左膝關節肌群有 100% 的時間均在做推蹬；左髖關節肌群大約有 40% 的時間在做緩衝，另外 60% 的時間在做推蹬。

二、背向滑步式投擲

(一) 右腳力矩、功率

本研究顯示，右踝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為蹠屈力矩；右膝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為伸展力矩，而於支撐後期又有一短暫的屈曲力矩；右髖關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為伸展力矩，此外於額狀面主要為內收力矩。

背向滑步式鉛球投擲技術，右腳的動作特性主要為過渡階段的支撐，於右腳著地時，將身體的重心由後方轉移至投擲方向，然後於投擲最後用力時做推蹬（許樹淵，1992）。由於右腳著地是在騰空飛程後，著地時，右腳必須單支撐來承受整個身體重量，本研究顯示，右腳著地時，踝、膝關節肌群於制動力轉主動力前均呈現吸收功率，因此，右腳關節肌肉吸收能緩衝平衡的功能主要呈現在踝、膝關節肌群，其中又以膝關節肌群緩衝平衡的功能較明顯。接下來，身體的重心由後方轉移至投擲方向後，右腳必須要發力做推蹬時，本研究顯示，踝、膝關節肌群也出現產生能發力推蹬的功能。右腳著地支撐期間，大量的產生功率發生於右髖關節肌群，由此看來，右腳關節肌肉產生能發力推蹬的功能主要呈現在髖關節肌群，此期間髖關節肌群均沒有緩衝平衡的作用。

整體來看，在右腳著地支撐期間，踝、膝關節關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；髖關節肌群全程負責推蹬。右踝關節肌群大約有 30% 的時間在做緩衝，另外 70% 的時間在做推蹬；右膝關節肌群大約有 57% 的時間在

做緩衝，另外 33% 的時間在做推蹬；右腕關節肌群有 100% 的時間均在做推蹬。

(二) 左腳力矩、功率

本研究顯示，右踝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為蹠屈力矩；右膝關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為伸展力矩；右腕關節肌群及韌帶對作用於身體上外在支撐及使肢段運動之力的反應主要為屈曲力矩，此外於額狀面，主要為外展力矩。

左腳動作的分期及此時左腳動作的目的，均和旋轉式一樣，在左腳著地後，即是所謂鉛球投擲動作的最後用力期，左腿充分的制動與積極的蹬伸，而且左腿的有力穩定支撐，保證了右腿蹬地向投擲方向推送腕部，此時配合右腿蹬地將腕部向前推送，身體重心移到左腿的瞬間，左腿爆發性地蹬地伸膝，充分提高身體重心，使鉛球獲得較大的垂直分力，以達到適當的出手角度和出手速度（彭賢德、彭賢順、彭賢勝，2003）。由於左腳著地時，需要穩定的支撐，因此，本研究在踝、膝關節呈現小量的吸收功率，踝、膝關節肌群發揮吸收能緩衝平衡的功能。接下來，左腳必須爆發性地蹬地伸膝，本研究顯示，大量的產生功率發生於踝、膝關節肌群，因此，左腳關節肌肉產生能發力蹬伸的功能主要亦呈現在踝、膝關節肌群。腕關節肌群在左腳著地期間的功能並沒有於踝、膝關節肌群來得明顯。

整體來看，在左腳著地支撐期間，踝、膝關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；髖關節肌群則負責先推蹬，接下來緩衝，而後又再推蹬。左踝關節肌群大約有 40% 的時間在做緩衝，另外 60% 的時間在做推蹬；左膝關節肌群大約有 55% 的時間在做緩衝，另外 45% 的時間在做推蹬；左髖關節肌群大約有 38% 的時間在做緩衝，另外 62% 的時間在做推蹬。

第四節、結論與建議

本研究的目的是：分析旋轉式與背向滑步式投擲技術之運動學參數，並比較其差異；分析旋轉式與背向滑步式投擲技術之下肢動力學參數，應用逆動力學模型來探討鉛球投擲過程中，下肢關節肌肉作用的控制機轉，釐清鉛球投擲技術關節肌肉作用的模式。因此，主要分運動學、地面反作用力、力矩功率分析三個層面來討論實驗所得到的結果資料，各層面均將旋轉式與背向滑步式鉛球投擲動作做詳盡的分析討論，其中，除了各個受試者的分析外，並且和國內其他選手及世界級選手做比較，此外，並對選手之地面反作用力與成績表現做相關分析討論，而且更進一步剖析選手下肢關節肌肉力矩功率的作用。

所得之結果分析討論後，有以下結論：

- (一) 由於國內選手的投擲出手速度無法提昇到與世界級選手相同程度的出手速度，是影響投擲成績表現的最主要因素，因此，無論投擲

方式為何種技術，提昇出手速度，乃是選手需要加強的主要目標。

- (二) 成績表現愈好之旋轉式投擲選手的動作起始右腳離地時的鉛球速度也愈大，然而，國內選手旋轉式投擲起始動作卻無法提高鉛球的速度，影響到最後的投擲成績表現。
- (三) 旋轉式投擲下肢作用，右腳著地支撐的關鍵期是在主動期作用時間，而且右腳垂直力扮演重要且關鍵的角色，並且要減少右腳的制動作用；左腳的制動作用，雖然與投擲行進方向相反，但是卻有助於投擲成績表現，而且扮演相當關鍵的角色，此外須很快地達到最大水平制動力，並且增加左腳的垂直衝量。
- (四) 背向滑步式投擲下肢作用，右腳著地水平制動衝量的累積，有助於之後的水平主動推蹬爆發；左腳著地後，愈快達到最大垂直力，有助於投擲成績表現，整體而言，下肢的制動作用大於主動推蹬作用。
- (五) 旋轉式與背向滑步式投擲之雙腳地面反作用力，在最後用力期有強而有力的雙腳制動與垂直發力，有助於投擲成績表現。
- (六) 旋轉式投擲踝、膝、髖關節肌肉作用，在右腳著地支撐期間，踝關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；膝、髖關節肌群負責先旋轉驅動，接下來緩衝，而後推蹬。在左腳著地支撐期間，踝、髖關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；膝關節肌群則全程負責推蹬。
- (七) 背向滑步式投擲踝、膝、髖關節肌肉作用，右腳著地支撐期間，踝、

膝關節關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；髖關節肌群全程負責推蹬。左腳著地支撐期間，踝、膝關節肌群負責先緩衝，而後推蹬；髖關節肌群則負責先推蹬，接下來緩衝，而後又再推蹬。

最後對於選手、教練及其他研究者，有以下建議：

- (一) 在旋轉式投擲技術運動學方面，選手需要增加出手速度，需從旋轉動作中獲取其優勢及利益，如起始動作的預先加速、利用旋轉時髖軸和肩軸之間的扭轉使肌肉預先伸展以及由旋轉動作得到較長的鉛球運行長度...等。在本研究中的旋轉式鉛球投擲選手應該多注意在旋轉動作起始左腳第一次支撐期，在此時即需加速鉛球，因為這與最後成績表現有密切關係。
- (二) 不論是旋轉式或背向滑步式投擲，出手速度是影響鉛球投擲距離的最重要因素，所以鉛球投擲的每個單一動作都是為了增加出手速度，若要增加出手速度，選手需從預先加速到速度的維持再到最後用力的加速，過程能流暢地銜接各技術要點的動作。
- (三) 旋轉式和背向滑步式投擲選手或教練，能了解投擲時各關節肌肉的作用型態與時機，並充分運用此知識調整投擲過程中，各關節肌肉用力方式。
- (四) 在後續研究方面，可進行肌電圖的測量，進行更仔細地研究探討肌肉活動作用的方式。