

第四章、結 果

本研究的結果分為八個部分：一、旋轉式鉛球投擲之運動學參數分析。二、背向滑步式鉛球投擲之運動學分析。三、旋轉式與背向滑步式鉛球投擲運動學比較。四、旋轉式投擲下肢地面反作用力參數與成績表現之相關分析。五、背向滑步式投擲下肢地面反作用力參數與成績表現之相關分析。六、旋轉式鉛球投擲之下肢關節力矩、功率分析。七、背向滑步式鉛球投擲之下肢關節力矩、功率分析。

第一節、旋轉式鉛球投擲之運動學分析

表 4-1-1 所列是：出手瞬間的鉛球參數與步幅分配。本研究將表 4-1-1 所列所有選手 (N=12) 的出手速度、出手角度、出手高度，進行與成績表現即投擲距離的相關分析，得到僅出手速度與成績表現達到統計上顯著相關 ($r=0.983$)，成績表現與出手速度有顯著的正相關存在。

表 4-1-1：旋轉式出手瞬間的鉛球參數與步幅分配

	投擲距離 (m)	出手速度 (m/s) *	出手角度 (度)	出手高度 (m)	跨步長度 (m)	傳遞長度 (m)
R1	16.86	12.11	36.7	2.31	1.08	0.88
R2	15.60	11.78	37.3	2.12	1.17	0.79
R3	12.88	10.60	38.3	2.09	1.16	0.69
張 ¹	18.18	12.78	32.1	2.03	--	--
黃 ¹	15.38	11.32	35.5	2.06	--	--
彭 ¹	14.74	11.15	36.0	1.96	--	--
CH ²	20.41	13.21	35.9	2.13	--	--
MH ²	20.48	13.19	37.7	2.22	--	--
F6 ³	18.82	12.47	38.3	2.12	--	--
F7 ³	20.26	13.19	37.7	2.11	--	--
AN ⁴	21.16	13.95	33.0	2.33	--	--
JO ⁴	21.07	13.60	44.0	2.31	--	--
平均數	17.99	12.45	36.9	2.15	1.14	0.79
標準差	2.83	1.06	3.0	0.12	0.05	0.10

¹ 張、黃、彭是彭賢德、黃長福 (2004) 所研究之國內旋轉式鉛球投擲選手 3 人 (92 年全運會實際比賽拍攝)，此 3 人即分別為本研究之 R1、R2、R3。

² CH、MH 是 Luhtanen (1997) 所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手 2 人。

³ F6、F7 是 Luhtanen (1997、1997) 所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手同 1 人。

⁴ AN、JO 是 Ariel (2005) 所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手 2 人 (2004 年奧運會實際比賽拍攝)。

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

表 4-1-2 所列是在各技術要點上的鉛球速度。本研究將表 4-1-2 所列所有選手 (N=10) 在各技術要點上的鉛球速度，進行與成績表現的相關分析，即得到在右腳離地這個技術要點上的鉛球速度與成績表現達到統計上顯著相關 ($r=0.799$)，成績表現與右腳離地時的鉛球速度有顯著的正相關存在。

表 4-1-2：旋轉式在各技術要點上的鉛球速度

	右腳離地 *	左腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手	投擲距離 (m)
R1	2.02	2.66	1.07	1.25	12.11	16.86
R2	2.23	2.49	1.06	1.61	11.78	15.60
R3	1.33	1.90	1.31	1.57	10.60	12.88
張 ¹	2.36	1.45	1.59	1.00	12.78	18.18
鉛球速度 (m/s) 黃 ¹	1.43	1.74	1.34	1.23	11.32	15.38
彭 ¹	1.78	2.10	1.25	1.66	11.15	14.74
CH ²	2.26	1.74	1.21	2.71	13.21	20.41
MH ²	2.39	2.42	1.75	2.24	13.19	20.48
F6 ³	2.75	2.48	1.02	2.88	12.47	18.82
F7 ³	2.33	2.37	1.54	2.44	13.19	20.26
平均數	2.09	2.14	1.31	1.86	12.18	17.36
標準差	0.45	0.41	0.25	0.66	0.94	2.68

¹ 張、黃、彭是彭賢德、黃長福 (2004) 所研究之國內旋轉式鉛球投擲選手 3 人 (92 年全運會實際比賽拍攝)，此 3 人即分別為本研究之 R1、R2、R3。

² CH、MH 是 Luhtanen (1997) 所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手 2 人。

³ F6、F7 是 Luhtanen (1997、1997) 所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手同 1 人。

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=0.05$)

圖 4-1-1 鉛球速度曲線圖顯示，於左腳離地前、左腳著地前各有一個鉛球速度峰值，在左腳著地後，鉛球速度顯著的增加，直到鉛球離手時。

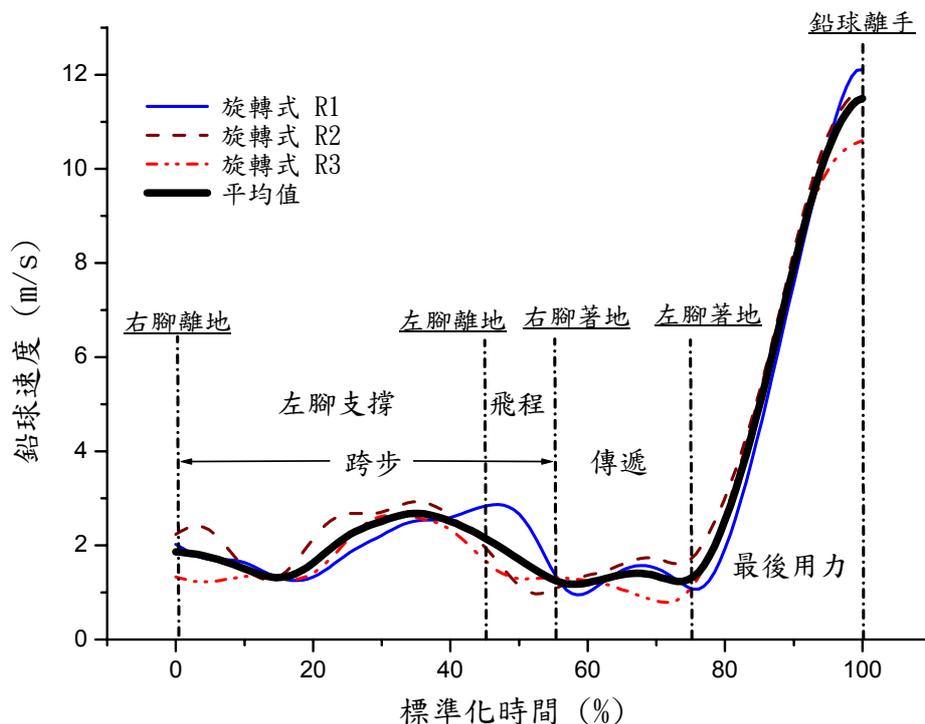


圖 4-1-1：旋轉式鉛球速度
(標準化時間為百分比%:設 0 %為右腳離地;100 %為鉛球離手)

表 4-1-3 是在所有的技術要點上，肩-髖角度差。在右腳著地之後，髖部應該用力帶動下半身旋轉，使左腳盡快著地，而上半身則盡量滯留在後，此時，軀幹是呈現扭轉狀態的，肌肉群呈預先伸展，以利於接下來的最後用力。研究中，以肩軸和髖軸之間的角度差表示軀幹的扭轉狀態（負值表示肩軸的旋轉超過髖軸的旋轉）。圖 4-1-2 顯示本研究肩-髖角度差的曲線變化。

表 4-1-3：旋轉式在各技術要點上的肩-腕角度

	右腳離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手	
R1	2.3	13.2	41.0	45.9	-16.1	
R2	4.1	26.5	36.5	49.9	-18.1	
肩-腕角度 (度)	R3	-5.0	13.5	41.5	52.1	-15.3
張	12.9	20.8	35.6	55.4	-25.7	
黃	15.0	34.5	46.2	72.1	-15.4	
彭	-10.6	49.1	49.6	48.8	-36.2	
平均數	3.1	26.3	41.7	54.0	-21.1	
標準差	9.9	13.8	5.4	9.4	8.4	

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

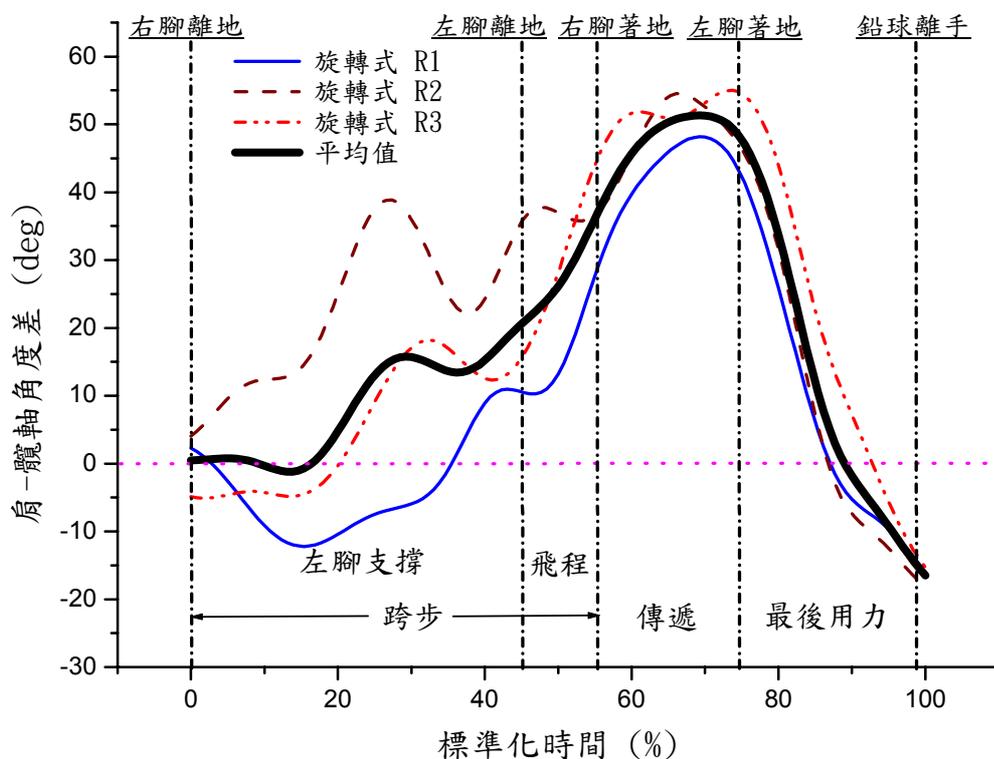


圖 4-1-2：旋轉式肩-腕軸角度

表 4-1-4 所列是在各分期中的鉛球運行長度，依據作功 $W=F$ （作用力） $\times S$ （運行長度），在作用力一定的條件下，較長的鉛球運行長度，表示選手能對鉛球做較大的功。因此，若選手的作用力發揮到一定程度時，選手增加鉛球運行長度，可以使更多的能量（位能、動能）產生，此為旋轉式鉛球投擲的優勢之一。在各分期的鉛球運行長度比較中，以最後用力期的最長，因為最後用力期是最後為鉛球加速的最關鍵期，選手應盡量在此階段對鉛球多作功。鉛球運行長度關係到各個選手的身材肢段長度，身高較高和肢段長度較長的選手會有較長的鉛球運行長度，這在鉛球選手的選才上是必須要考慮的要素之一。圖 4-1-3 顯示本研究旋轉式投擲鉛球運行路徑。

表 4-1-4：旋轉式在各分期中的鉛球運行長度

	左腳支撐期 (跨步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)	總合	
R1	1.05	0.19	0.18	1.65	3.07	
R2	0.93	0.18	0.30	1.74	3.15	
鉛球運行 長度(m)	R3	0.77	0.15	0.25	1.53	2.70
	張	1.16	0.11	0.23	1.62	3.12
	黃	1.18	0.18	0.28	1.66	3.30
	彭	0.87	0.18	0.28	1.41	2.73
	平均數	0.99	0.17	0.25	1.60	3.01
	標準差	0.16	0.03	0.04	0.12	0.24

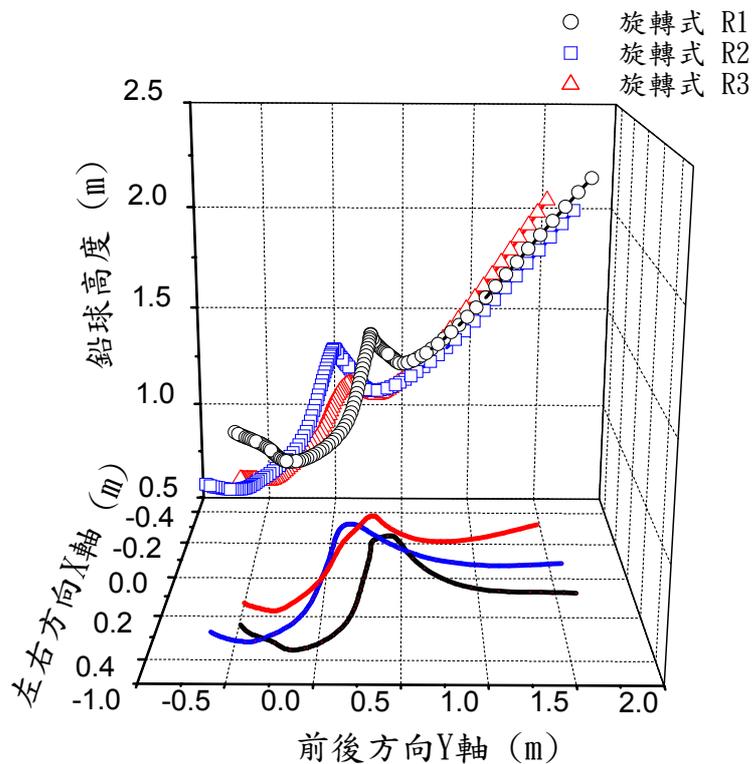


圖 4-1-3：旋轉式投擲鉛球運行路徑

表 4-1-5 所列在各分期中鉛球速度的改變，在傳遞期的鉛球速度改變，國內選手的鉛球速度改變值相對於世界級選手要小的許多。由圖 4-1-1 可以清楚地看到，在左腳著地後，鉛球速度迅速地增加，表示選手大部分的力量在最後用力期產生，用以加速鉛球。

表 4-1-5：旋轉式在各分期中的鉛球速度改變

	左腳支撐期 (跨步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)	
R1	0.64	-1.60	0.19	10.86	
R2	0.26	-1.44	0.56	10.17	
R3	0.57	-0.58	0.25	9.03	
鉛球速度 改變(m/s)	張	-0.91	0.14	-0.59	11.78
	黃	0.31	-0.40	-0.11	10.09
	彭	0.32	-0.85	0.41	9.49
	CH	-0.51	-0.53	1.49	10.50
	MH	0.06	-1.27	1.09	10.55
平均數	0.09	-0.82	0.41	10.31	
標準差	0.54	0.59	0.65	0.84	

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

跨步期中，右腳從離地到著地，順勢掃出右腳，以身體左邊為軸線旋擺右腳，在旋轉式鉛球投擲的第一步扮演重要的角色，此時由右腳產生主要的旋轉動力，表 4-1-6 所示右腳趾最大速度平均可達到 11.05 m/s。左腳離地時，左腳像彈簧似地躍起離地，在飛程中，迅速地將左膝向右膝後方靠攏，縮左腳做旋踢動作，並且在傳遞期很快地讓左腳著地，此時，左腳的旋擺在旋轉的第二步扮演重要的角色，左腳快速地旋擺著地，能迅速協助身體的支撐蹬轉，做最後用力的動作，表 4-1-6 所示左腳趾最大速度平均可達到 13.62 m/s。圖 4-1-4 可清楚地看到雙腳腳趾旋擺的速度及時間順序。

表 4-1-6：旋轉式投擲動作雙腳旋擺最大速度之比較

	左腳趾最大速度 (m/s)	左腳趾最大速度 離出手時間(s)	右腳趾最大速度 (m/s)	右腳趾最大速度 離出手時間(s)
R1	14.02	0.42	13.49	0.78
R2	12.77	0.46	9.10	0.77
R3	14.09	0.45	10.57	0.74
平均值	13.62	0.44	11.05	0.76
標準差	0.74	0.02	2.24	0.02

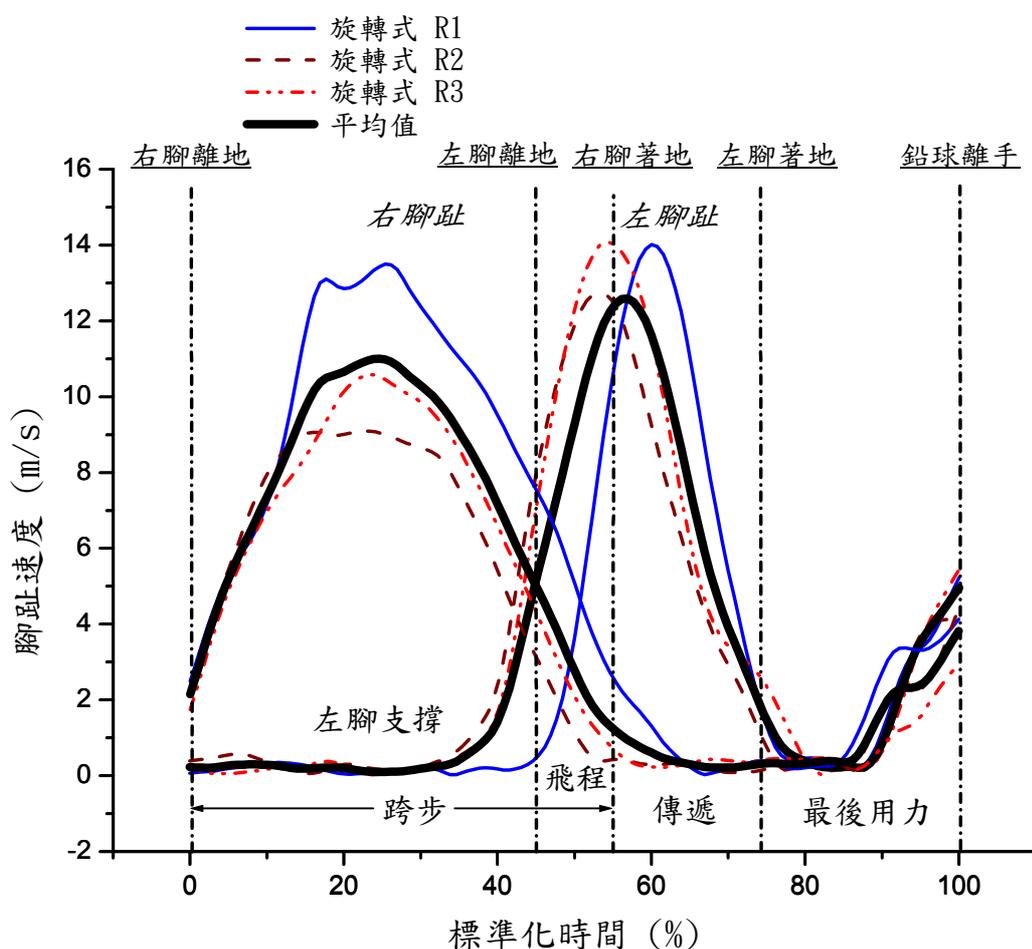


圖 4-1-4：左右腳趾旋擺速度

由圖 4-1-5 旋轉式投擲動作肩軸、髖軸角速度曲線可以看出選手在投擲動作中，身體旋轉的情形，肩軸角速度從傳遞期開始，就持續的增加一

直到鉛球離手前約 0.13 秒達到最大值，見表 4-1-7，R1 與 R3 選手腕軸角速度在鉛球離手前約 0.11 秒達到最大值，R2 選手的最大腕軸角速度則在傳遞期達到最大值，然而，從整體趨勢來看，肩軸、腕軸角速度是在鉛球離手前幾乎同時產生最大值的。

表 4-1-7：旋轉式投擲動作肩軸、腕軸最大角速度

	肩軸最大角速度 (deg/s)	產生時間，離出手 前(s)	腕軸最大角速度 (deg/s)	產生時間，離出手 前(s)
R1	893.6	0.14	720.1	0.10
R2	863.7	0.12	720.5	0.39
R3	988.7	0.13	686.9	0.12
平均值	915.3	0.13	709.2	0.21
標準差	65.3	0.01	19.3	0.16

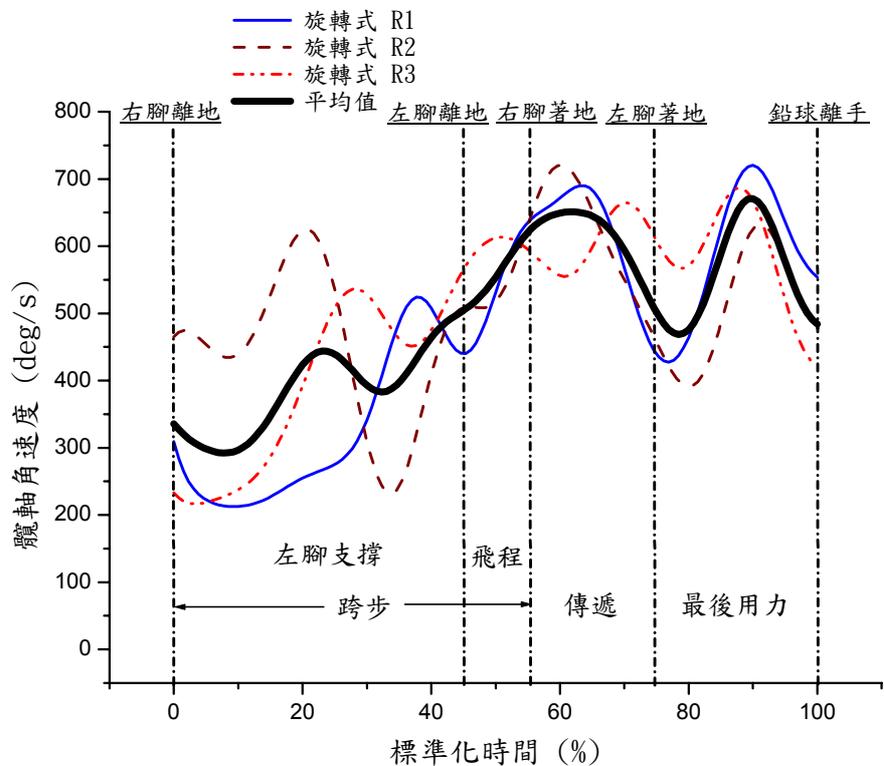
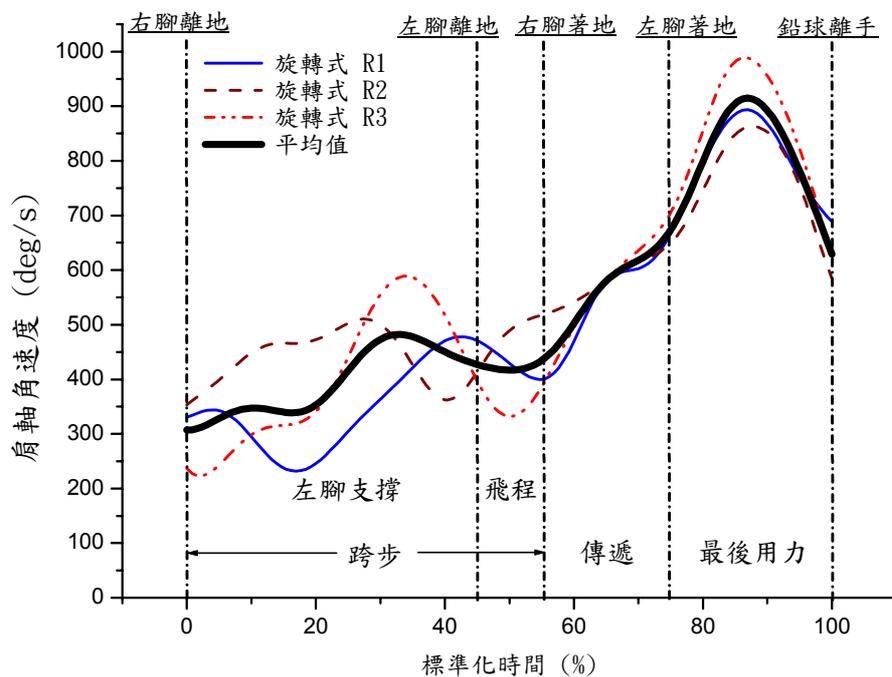


圖 4-1-5：旋轉式投擲動作肩軸、腕軸角速度

第二節、背向滑步式鉛球投擲之運動學分析

本研究將表 4-2-1 所列所有選手 (N=34) 的出手速度、出手角度、出手高度，進行與成績表現即投擲距離的相關分析，得到出手速度、出手高度與成績表現達到統計上顯著相關 (相關係數分別是 $r=0.962$ 、 $r=0.466$)，成績表現與出手速度、出手高度有顯著的正相關存在。由於雖然出手高度在前一節旋轉式投擲並未達相關，為再驗證其相關性，將旋轉式和背向滑步式所有選手 (N=46) 的出手速度、出手角度、出手高度，再進行與成績表現即投擲距離的相關分析，得到出手速度、出手高度與成績表現達到統計上顯著相關 (相關係數分別是 $r=0.968$ 、 $r=0.468$)。

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。在表 4-2-1 所列的選手中，只有 S1 是長-短步，S1 應要改變其的步幅分配，其他選手則都符合“短—長步幅分配”。

表 4-2-1：背向滑步式出手瞬間的鉛球參數與步幅分配

	投擲距離 (m)	出手速度 (m/s) *	出手角度 (度)	出手高度 (m) *	滑步長度 (m)	傳遞長度 (m)
G1	14.82	11.41	37.2	2.20	0.92	1.07
G2	13.75	10.93	40.8	2.23	0.80	1.20
G3	12.55	10.37	36.3	2.24	0.62	1.20
陳 ¹	16.86	11.93	37.4	2.20	0.78	1.20
呂 ¹	16.72	12.01	36.0	2.02	0.70	1.28
姜 ²	13.40	10.5	34.0	2.09	0.63	1.10
A1 ³	16.38	11.9	42.3	2.09	--	--
A2 ³	15.64	11.6	42.6	2.14	--	--
A3 ³	15.09	11.3	40.6	2.25	--	--
A4 ³	15.28	11.4	40.4	2.30	--	--
A5 ³	15.70	11.6	38.7	2.19	--	--
A6 ³	15.89	11.6	41.6	2.32	--	--
B1 ³	18.29	12.6	38.9	2.31	--	--
B2 ³	18.61	12.9	34.9	2.14	--	--
B3 ³	19.13	12.9	41.6	2.25	--	--
B4 ³	20.60	13.5	38.5	2.30	--	--
B5 ³	19.36	13.3	33.8	2.22	--	--
B6 ³	19.79	13.3	37.2	2.26	--	--
ZH ⁴	15.66	11.32	35.8	2.13	--	--
TR ⁴	16.26	11.44	36.5	2.09	--	--
S1 ⁵	20.68	13.65	41.0	2.04	--	--
S2 ⁵	18.67	13.15	38.7	2.03	--	--
S3 ⁵	16.24	11.82	43.1	2.14	--	--
S4 ⁵	16.03	10.48	36.3	1.98	--	--
S5 ⁵	15.57	11.62	37.0	2.06	--	--
S6 ⁵	15.41	11.70	36.7	2.11	--	--
S7 ⁵	14.29	11.73	27.3	1.93	--	--
S8 ⁵	14.21	10.85	40.3	1.99	--	--
S9 ⁵	14.13	10.87	38.4	2.02	--	--
S10 ⁵	12.94	10.70	34.8	2.12	--	--
S11 ⁵	12.72	10.94	27.3	1.95	--	--
S12 ⁵	10.98	9.42	40.0	2.16	--	--
S13 ⁵	10.66	9.20	37.8	1.88	--	--
YB ⁶	21.16	13.85	33.0	2.55	--	--
平均數	15.98	11.70	37.6	2.15	0.74	1.18
標準差	2.68	1.14	3.7	0.14	0.11	0.08

- ¹ 陳、呂是張立羣、洪得明 (1993)所研究之國內背向滑步式鉛球投擲選手 2 人。
- ² 姜是羅俊欽、黃長福 (1998)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 1 人。
- ³ A1~6、B1~6 是 Tsirakos & Killia (1995)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 A、B 組各 6 人，共 12 人。
- ⁴ ZH、TR 是 Liu & Wang (2000)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 2 人。
- ⁵ S1~13 是 Desureault (1978)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 13 人。
- ⁶ YB 是 Ariel (2005)所研究之世界級背向滑步式鉛球投擲選手 1 人 (2004 年奧運會實際比賽拍攝)。
- * 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

表 4-2-2 中，選手在右腳離地的鉛球速度都大於右腳著地的鉛球速度，顯然地，在飛程的過程中會降低鉛球速度，然而，在接下來的傳遞期則必須有效地再將鉛球加速，表 4-2-2 中，僅選手 G2 在左腳著地的鉛球速度是小於右腳著地的鉛球速度，但相對於其他選手，G2 在右腳著地的鉛球速度是比較高的。圖 4-2-1 為選手的鉛球速度曲線圖，在左腳著地後的最後用力期，均能持續地讓鉛球速度增加。

表 4-2-2：背向滑步式在各技術要點上的鉛球速度

	右腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手	
G1	2.70	2.19	2.27	11.41	
G2	2.59	2.43	2.28	10.93	
鉛球速度	G3	2.19	1.98	2.44	10.37
(m/s)	陳	1.39	--	2.58	11.93
	呂	2.86	--	2.78	12.01
	姜	2.33	--	2.39	10.50
	平均數	2.36	2.07	2.37	11.10
	標準差	0.45	0.24	0.23	0.64

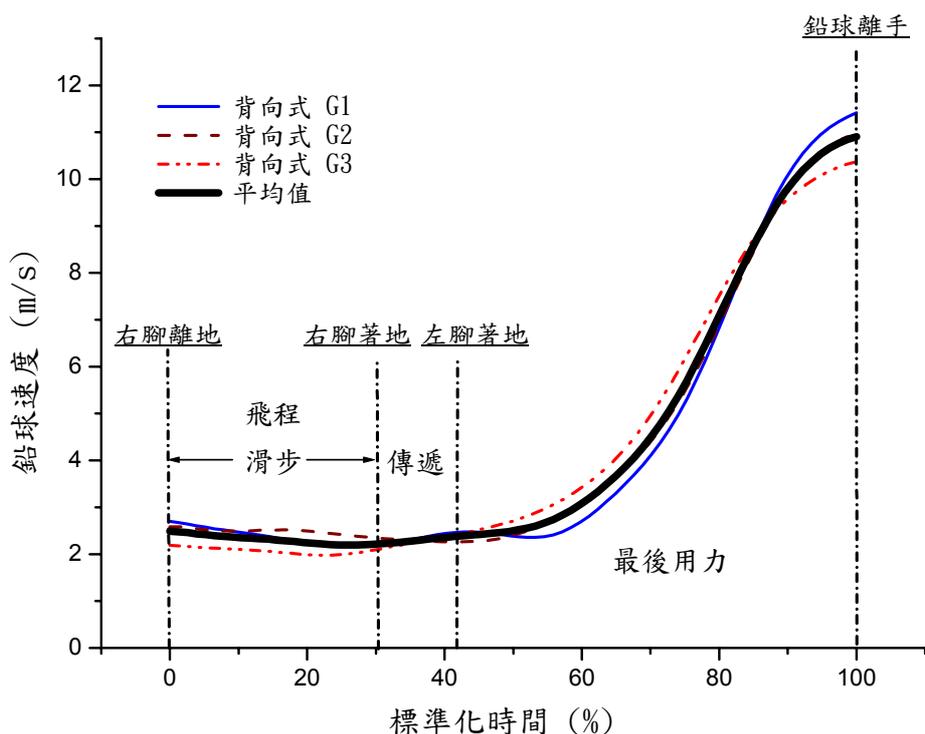


圖 4-2-1：背向滑步式鉛球速度

在表 4-2-3 中，選手的肩-髖角度差，本研究選手的肩-髖角度差最大值为 G1: 40.94 度；G2: 33.84 度；G3: 60.42 度。圖 4-2-2 背向滑步式肩-髖角度差曲線圖顯示，G3 選手的肩-髖角度差曲線與 G1、G2 比較有相當大的不同，這也有可能是造成 G3 成績較差的原因之一。

表 4-2-3：背向滑步式在各技術要點上的肩-髖角度差

		右腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手
肩-髖角度 (度)	G1	31.0	34.4	35.5	-28.2
	G2	29.7	16.6	26.6	-5.8
	G3	60.4	47.1	38.2	-13.6
	平均數	40.37	32.70	33.43	-15.87
	標準差	17.36	15.32	6.07	11.37

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

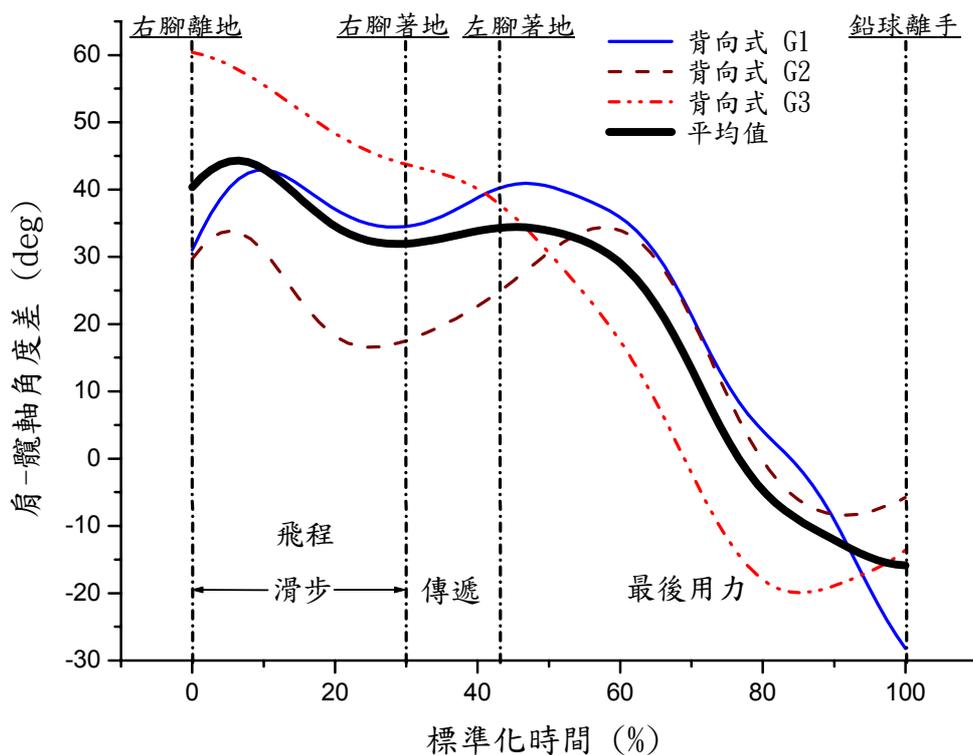


圖 4-2-2：背向滑步式肩-腕角度差

在表 4-2-4 中，鉛球運行長度總合，成績較好的選手，有較長的鉛球運行長度，而且，在投擲動作的最後用力期來看，成績較好選手的鉛球運行長度在此階段也較長，此階段對鉛球的做功最多。

表 4-2-4：背向滑步式在各分期中的鉛球運行長度

	飛程期 (滑步)	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)	總合	
G1	0.43	0.07	2.14	2.64	
G2	0.36	0.28	1.89	2.53	
G3	0.25	0.24	1.86	2.36	
S1 ⁵	0.39	0.14	1.34	2.40	
S2 ⁵	0.39	0.15	1.56	2.55	
S3 ⁵	0.33	0.06	1.78	2.82	
鉛球運行 長度(m)	S4 ⁵	0.33	0.20	1.43	2.47
	S5 ⁵	0.36	0.18	1.56	2.43
	S6 ⁵	0.33	0.19	1.61	2.56
	S7 ⁵	0.36	0.17	1.57	2.57
	S8 ⁵	0.35	0.20	1.39	2.51
	S9 ⁵	0.39	0.28	1.24	2.46
	S10 ⁵	0.42	0.06	1.33	2.25
	S11 ⁵	0.39	0.10	1.52	2.56
	S12 ⁵	0.37	0.25	1.17	2.48
	S13 ⁵	0.21	0.27	1.51	2.31
	平均數	0.35	0.18	1.56	2.49
	標準差	0.06	0.08	0.26	0.13

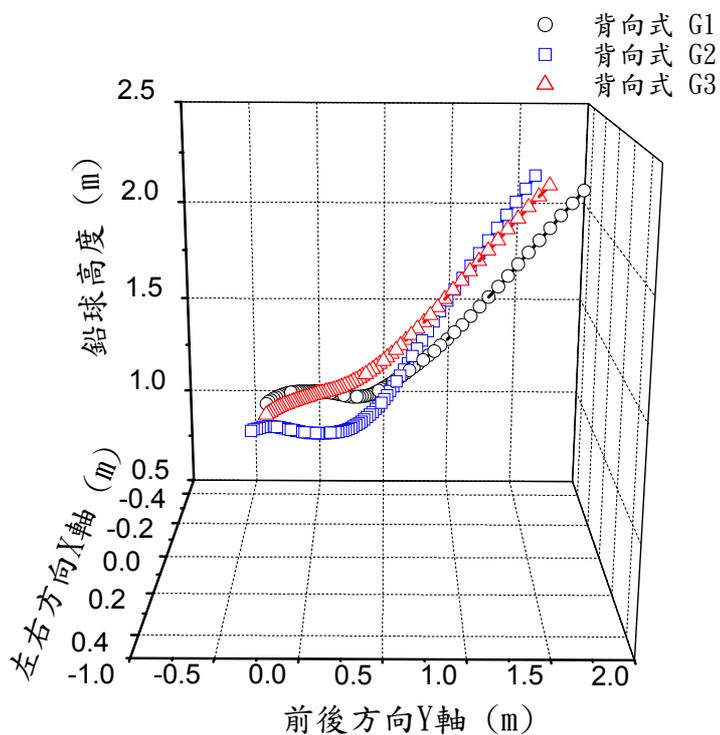


圖 4-2-3：背向滑步式投擲鉛球運行路徑

前一章節曾討論，若鉛球選手能在最後用力期增加鉛球速度改變，有利於增加投擲距離，在表 4-2-5 的結果也可看出此一趨勢。

表 4-2-5：背向滑步式在各分期中的鉛球速度改變

	飛程期 (滑步)	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)
鉛球速度	G1 -0.51	G2 0.08	G3 9.15
改變(m/s)	G2 -0.16	G3 -0.15	8.65
	G3 -0.21	0.46	7.93
平均值	-0.29	0.13	8.58
標準差	0.19	0.31	0.61

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

由圖 4-2-4 背向滑步式投擲動作肩軸、髖軸角速度曲線可以看出選手在投擲動作中，身體旋轉的情形，肩軸角速度在鉛球離手前約 0.13 秒達到最大值，見表 4-2-6，髖軸角速度在鉛球離手前約 0.08 秒達到最大值，從整體趨勢來看，肩軸、髖軸角速度在鉛球離手後逐漸遞增，而且均是在鉛球離手前幾乎同時產生最大值的。

表 4-2-6：背向滑步式投擲動作肩軸、髖軸最大角速度之比較

	肩軸最大角速度 (deg/s)	產生時間,離出手 前(s)	髖軸最大角速度 (deg/s)	產生時間,離出手 前(s)
G1	779.9	0.14	548.3	0.13
G2	747.9	0.12	442.4	0.03
G3	742.7	0.13	501.7	0.08
平均值	756.8	0.13	497.5	0.08
標準差	20.1	0.01	53.1	0.05

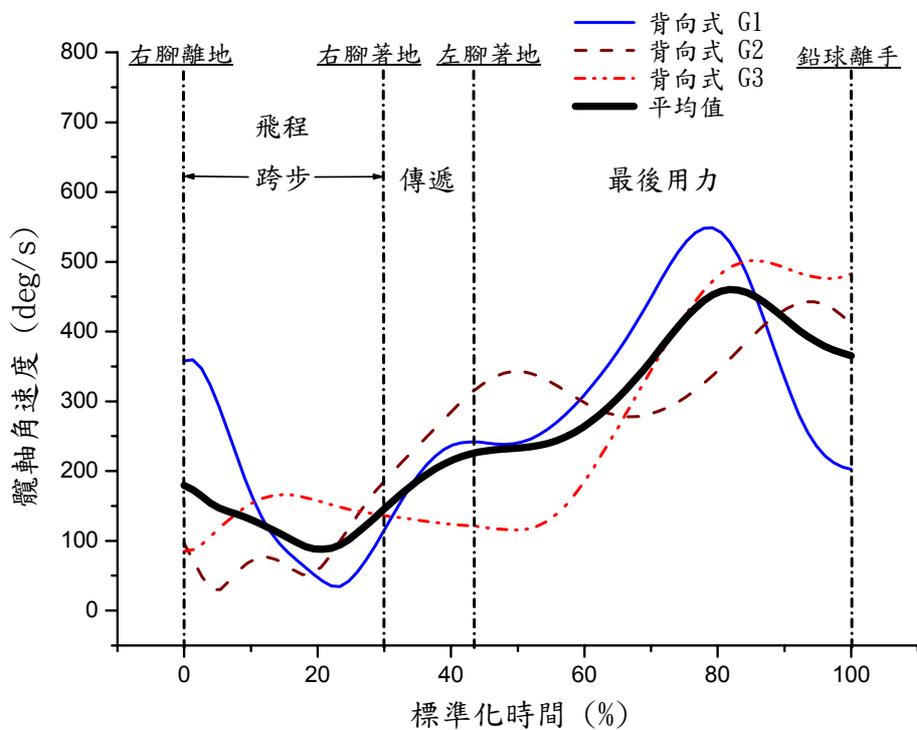
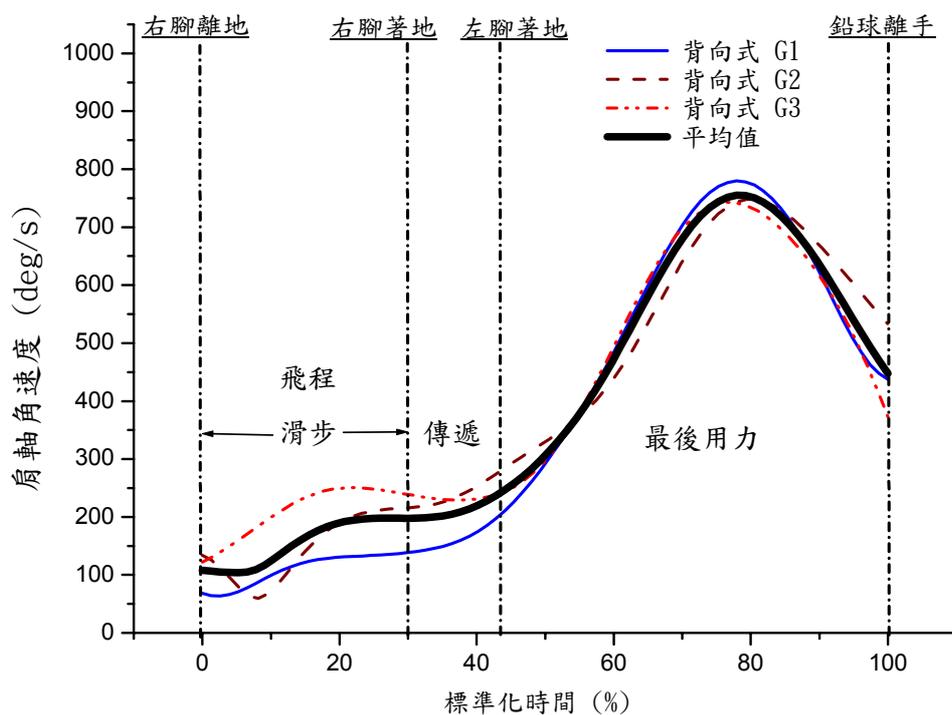


圖 4-2-4：背向滑步式投擲動作肩軸、腕軸角速度

第三節、旋轉式與背向滑步式鉛球投擲運動學比較

在此章節將分析比較本研究和其他學者研究旋轉式與背向滑步式投擲選手的運動學參數平均值、標準差，找出兩者之間在運動學上比較不同之處加以討論。

表 4-3-1 所列為旋轉式、背向滑步式出手瞬間的鉛球參數與步幅分配比較。

表 4-3-1：旋轉式、背向滑步式出手瞬間的鉛球參數與步幅分配比較

		投擲距離 (m)	出手速度 (m/s)	出手角度 (度)	出手高度 (m)	跨/滑步長度 (m) *	傳遞長度 (m) *
旋轉式 (S=12)	平均值	17.99	12.45	36.9	2.15	1.14	0.79
	標準差	2.83	1.06	3.0	0.12	0.05	0.10

背向式 (S=34)	平均值	15.98	11.70	37.6	2.15	0.74	1.18
	標準差	2.68	1.14	3.7	0.14	0.11	0.08

* 註：跨/滑步長度、傳遞長度參數平均值—旋轉式 S=3；背向滑步式 S=6。

表 4-3-2 所列為旋轉式、背向滑步式在各技術要點上的鉛球速度比較，發現鉛球速度在各技術要點上，均以背向滑步式較快，然而我們知道加速鉛球的最關鍵階段是最後用力期，表 4-3-3 顯示旋轉式投擲最後用力期鉛球速度改變較大，但是，背向滑步式在飛程與傳遞期的鉛球速度較旋轉式快。由圖 4-3-1 可看出，在鉛球投擲的過程中，旋轉式的鉛球速度起伏較背向滑步式大。

表 4-3-2：旋轉式、背向滑步式在各技術要點上的鉛球速度比較

單位：(m/s)		右腳離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手
旋轉式 (S=10)	平均值	2.09	2.14	1.31	1.86	12.18
	標準差	0.45	0.41	0.25	0.66	0.94
背向式 (S=6)	平均值	2.36	---	2.07	2.37	11.10
	標準差	0.45	---	0.24	0.23	0.64

表 4-3-3：旋轉式、背向滑步式在各分期中的鉛球速度改變比較

單位：(m/s)		左腳支撐期 (跨步/滑步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)
旋轉式 (S=6)	平均數	0.09	-0.82	0.41	10.31
	標準差	0.54	0.59	0.65	0.84
背向式 (S=16)	平均數	---	-0.29	0.13	8.58
	標準差	---	0.19	0.31	0.61

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

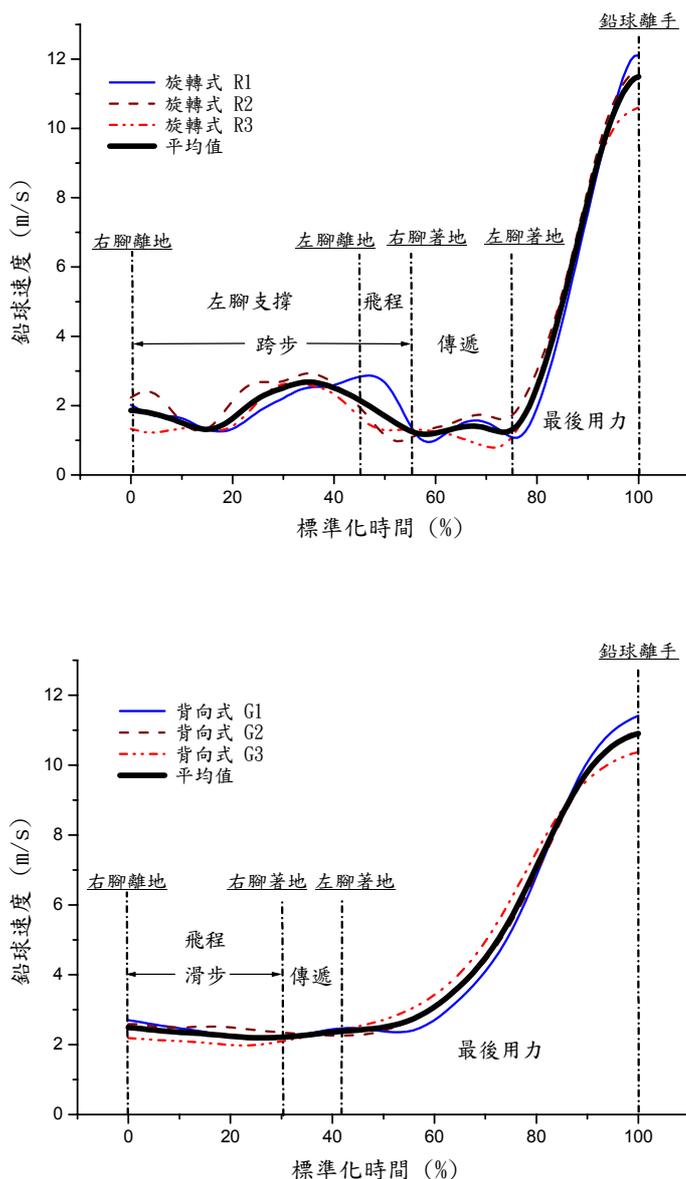


圖 4-3-1：旋轉式與背向滑步式鉛球速度曲線比較

由圖 4-3-2 旋轉式與背向式肩-腕軸角度差曲線圖比較可看出，在投擲動作前段背向滑步式的肩-腕軸角度差較旋轉式大，而在投擲動作的後段則是旋轉式的肩-腕軸角度差較背向滑步式大。圖 4-3-2 顯示在飛程期，旋轉式的肩-腕角度差是持續地加大，一直到傳遞期達到最大值，表示選手在騰空時，即不斷地加大身體的扭轉程度，以期達到較佳的軀幹肌肉之預

先伸展；背向滑步式的肩-腕角度差則是在飛程期減小的趨勢，然後，在傳遞期有稍微地增加，但增加的程度顯然地比旋轉式要小許多。表 4-3-4 旋轉式、背向滑步式在各技術要點上的肩-腕軸角度差比較顯示，在，旋轉式和背向滑步式之間的肩-腕軸角度差比較方面，其差異相當地大，

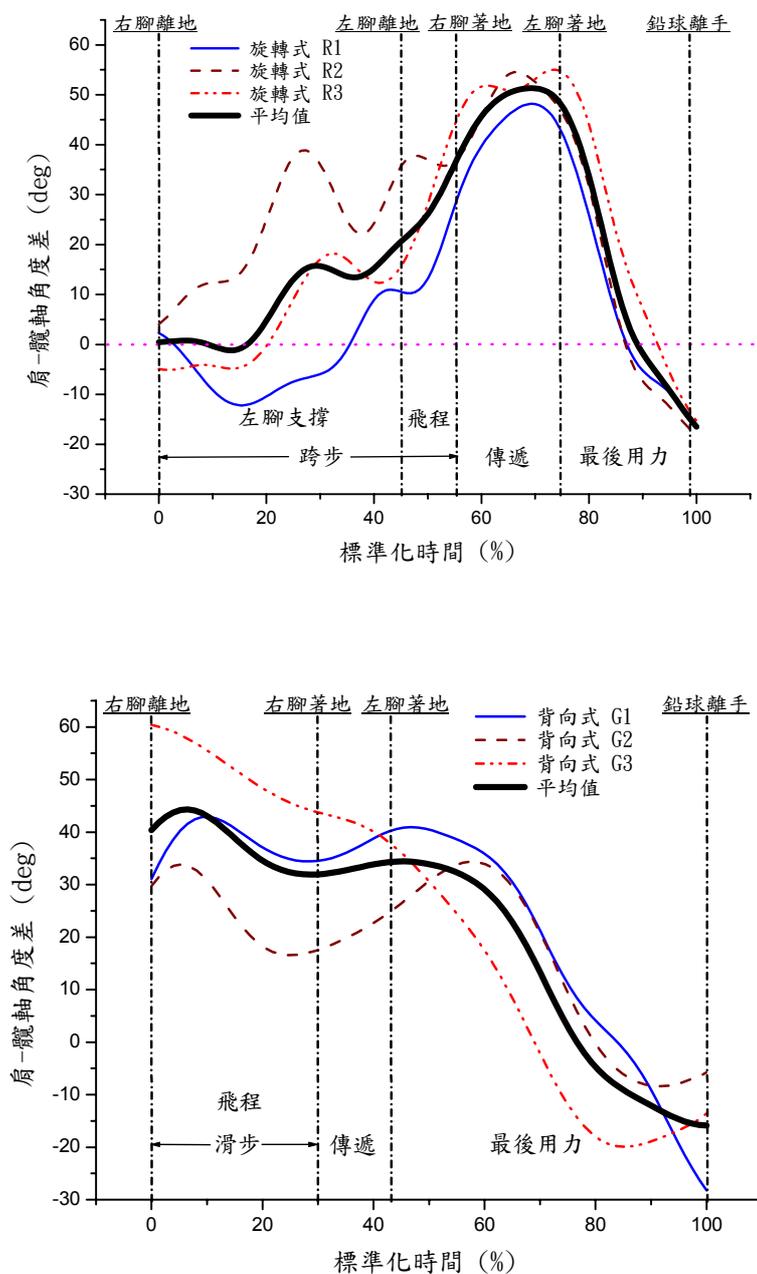


圖 4-3-2: 旋轉式與背向式肩-腕軸角度差比較

表 4-3-4：旋轉式、背向滑步式在各技術要點上的肩-腕軸角度差比較

單位：(度)		右腳離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	鉛球離手
旋轉式 (S=3)	平均值	0.5	17.7	39.6	49.3	-16.5
	標準差	4.8	7.6	2.7	3.1	1.4

背向式 (S=3)	平均值	40.4	---	32.7	33.4	-15.9
	標準差	17.4	---	15.4	6.1	11.4

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

在表 4-3-5 旋轉式、背向滑步式在各分期中的鉛球運行長度比較中，旋轉式投擲技術的鉛球運行總長度較背向滑步式長。

表 4-3-5：旋轉式、背向滑步式在各分期中的鉛球運行長度比較

單位：(m)		左腳支撐期 (跨步/滑步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)	總合
旋轉式 (S=6)	平均數	0.99	0.17	0.25	1.60	3.01
	標準差	0.16	0.03	0.04	0.12	0.24

背向式 (S=16)	平均數	---	0.35	0.18	1.56	2.49
	標準差	---	0.06	0.08	0.26	0.13

表 4-3-6：旋轉式、背向滑步式肩軸、腕軸最大角速度之比較，顯示旋轉式的肩軸、腕軸最大角速度均大於背向滑步式，其中肩軸最大角速度兩者都出現於離出手前 0.13 秒，即最後用力時。

表 4-3-6：旋轉式、背向滑步式肩軸、腕軸最大角速度之比較

		肩軸最大角速度 (deg/s)	產生時間,離出手 前(s)	腕軸最大角速度 (deg/s)	產生時間,離出手 前(s)
旋轉式 (S=3)	平均值	915.3	0.13	709.2	0.21
	標準差	65.3	0.01	19.3	0.16

背向式 (S=3)	平均值	756.8	0.13	497.5	0.08
	標準差	20.1	0.01	53.1	0.05

第四節、旋轉式投擲下肢地面反作用力參數與成績表現之相關

圖 4-4-1 為旋轉式投擲右腳地面反作用力曲線圖，依地面反作用力向前及向後來分期，分為主動期及制動期，由圖明顯的可看出在右腳著地時，先是出現制動力，使身體於投擲圈中旋轉，然後才是主動推蹬力，表 4-4-1 顯示右腳最大水平制動力（約是體重的 0.5 倍）大於最大水平主動力（約是體重的 0.3 倍），此外，大概在制動力轉成主動力時前後，垂直地面反作用力達到最大值，大約是體重的 1.9 倍。

制動期的水平與垂直衝量均大於主動期的水平與垂直衝量，而且，右腳水平總衝量為負值，以作用的時間分配來看的話，也是制動期較主動期長（表 4-4-2）。

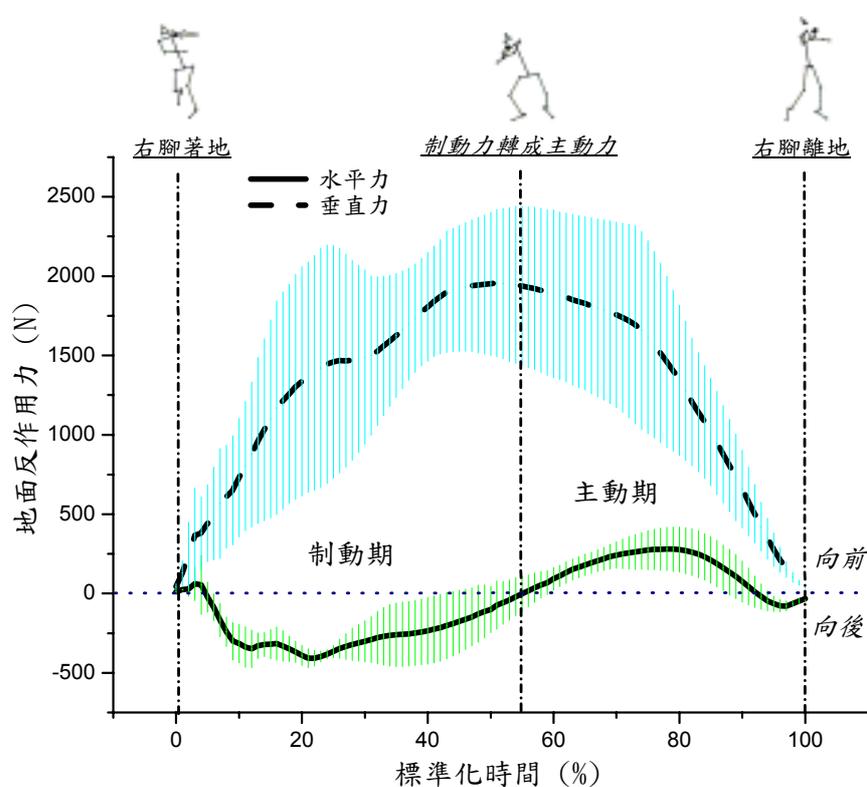


圖 4-4-1：旋轉式投擲右腳地面反作用力（N=8）

表 4-4-1：旋轉式右腳地面反作用力與發力率之平均數與標準差 (N=8)

	平均數	標準差
投擲距離(m)	14.52	1.99
右腳最大垂直力(N)	1890.9 *	430.1
右腳最大垂直力標準化值(%BW)	194.1	22.4
右腳最大垂直力產生時間-離右腳著地後(s)	0.139	0.057
右腳最大水平主動力(N)	268.5	77.2
右腳最大水平主動力標準化值(%BW)	29.1	10.3
右腳最大水平主動力產生時間-離右腳著地後(s)	0.255	0.031
右腳最大水平制動力(N)	441.2	68.5
右腳最大水平制動力標準化值(%BW)	47.5	13.7
右腳最大水平制動力產生時間-離右腳著地後(s)	0.066	0.028
右腳最大垂直力發力率(N/s)	16531.4 *	9741.4
右腳最大水平主動力發力率(N/s)	3455.5	919.8

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

表 4-4-2：旋轉式右腳各分期衝量與時間之平均數與標準差 (N=8)

	平均數	標準差
右腳制動期水平力衝量(Ns)	41.0	14.6
右腳主動期水平力衝量(Ns)	20.4	8.2
右腳制動期垂直力衝量(Ns)	231.0	38.8
右腳主動期垂直力衝量(Ns)	186.2 *	58.5
右腳制動期時間(s)	0.176	0.035
右腳主動期時間(s)	0.165 *	0.015
右腳垂直總衝量(Ns)	423.4 *	88.0
右腳水平總衝量(Ns)	-20.5 *	13.3
右腳地面反作用力總時間(s)	0.341	0.028

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

表 4-4-3 顯示右腳地面反作用力參數與成績表現之相關係數，其中達統計上顯著水準的有右腳最大垂直力、右腳最大垂直力發力率、右腳主動期時間、右腳主動期垂直力衝量、右腳垂直總衝量、右腳水平總衝量。成

績表現與右腳的最大垂直力、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、水平總衝量均有顯著的正相關存在。

表 4-4-3：旋轉式右腳動力學參數與成績表現之相關係數（N=8）

	相關係數 r
右腳最大垂直力(N)	0.932
右腳最大垂直力發力率(N/s)	0.842
右腳主動期垂直力衝量(Ns)	0.810
右腳主動期時間(s)	0.912
右腳垂直總衝量(Ns)	0.821
右腳水平總衝量(Ns)	0.715

圖 4-4-2 為旋轉式投擲左腳地面反作用力曲線圖，顯示左腳著地後，左腳產生的均是制動力，左腳制動力的最大值約是體重的 0.6 倍，見表 4-4-4，此時，左腳垂直力的最大值約是體重的 1.6 倍。左腳的最大水平制動力及水平制動衝量均大於右腳最大水平制動力及水平制動衝量，而最大垂直力及垂直衝量則均小於右腳，與右腳相較之下，左腳的制動顯然大於右腳，右腳僅在旋轉傳遞時出現制動。此外，雖然左腳最大垂直力及垂直衝量則均小於右腳，但是左腳的最大垂直力發力率大於右腳。

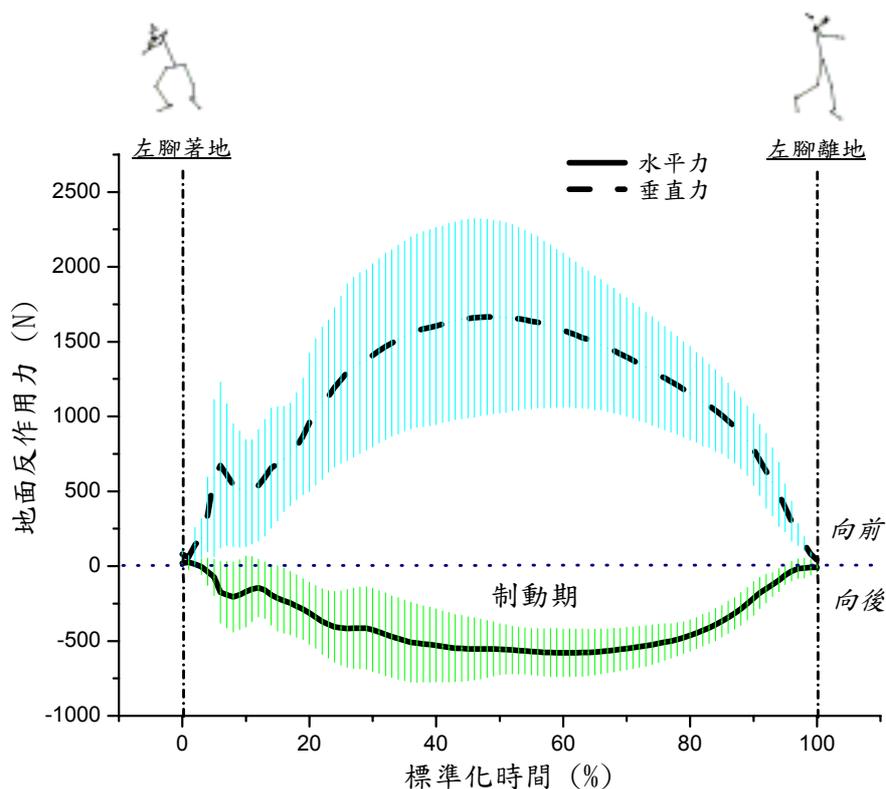


圖 4-4-2：旋轉式投擲左腳地面反作用力 (N=8)

表 4-4-4：旋轉式左腳地面反作用力、發力率、衝量與時間之平均數與標準差 (N=8)

	平均數	標準差
投擲距離(m)	14.52	1.99
左腳最大垂直力(N)	1626.2	540.6
左腳最大垂直力標準化值(%BW)	162.9	19.4
左腳最大垂直力產生時間-離左腳著地後(s)	0.086	0.016
左腳最大水平制動力(N)	581.7 *	207.2
左腳最大水平制動力標準化值(%BW)	57.9	6.6
左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地後(s)	0.103 *	0.018
左腳最大垂直力發力率(N/s)	18954.5	5478.8
左腳垂直總衝量(Ns)	207.4 *	81.4
左腳水平總衝量(Ns)	-69.5 *	34.1
左腳地面反作用力總時間(s)	0.187 *	0.017

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

表 4-4-5 顯示左腳動力學參數與成績表現之相關係數，其中達統計上顯著水準的有左腳最大水平制動力、左腳垂直總衝量、左腳水平總衝量、左腳地面反作用力總時間、左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地

後。成績表現與左腳最大水平制動力、垂直總衝量、地面反作用力總時間有顯著的正相關存在。成績表現與左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地後、水平總衝量有顯著的負相關存在。

表 4-4-5：旋轉式左腳動力學參數與成績表現之相關係數（N=8）

	相關係數 r
左腳最大水平制動力(N)	0.950
左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地後(s)	-0.779
左腳垂直總衝量(Ns)	0.961
左腳水平總衝量(Ns)	-0.984
左腳地面反作用力總時間(s)	0.852

圖 4-4-3 為 R1 旋轉式投擲雙腳地面反作用力曲線圖，此圖依運動學上傳遞期及最後用力期之分期，並觀察雙腳地面反作用力之作用情形。因此，傳遞期總衝量僅是右腳之部分衝量，而最後分期總衝量則是右腳部分衝量及左腳衝量之總合。其中，見表 4-4-6，傳遞期與最後用力期之水平總衝量均為負值，即指雙腳共同產生的為制動衝量，雙腳在最後用力期的制動衝量大於傳遞期的制動衝量，此外，雙腳在最後用力期的垂直總衝量也大於傳遞期垂直總衝量。

表 4-4-6：旋轉式各分期總衝量之平均數與標準差（N=8）

	平均數	標準差
傳遞期水平總衝量(Ns)	-40.3	14.8
傳遞期垂直總衝量(Ns)	247.1	30.6
最後用力期水平總衝量(Ns)	-49.7 *	35.3
最後用力期垂直總衝量(Ns)	383.4 *	140.7

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準（ $\alpha=0.05$ ）

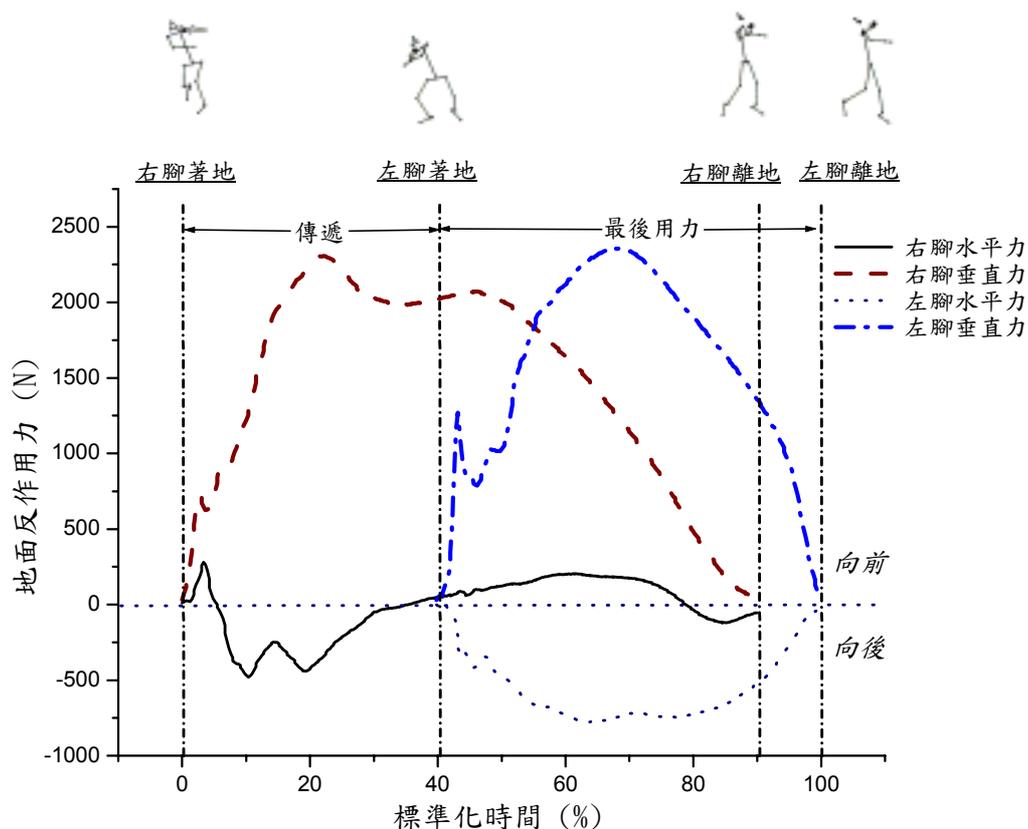


圖 4-4-3：R1 (16.86 m) 旋轉式投擲雙腳地面反作用力

表 4-4-7 顯示與成績表現之相關係數，其中最後用力期垂直總衝量及最後用力期水平總衝量均達統計上顯著水準。成績表現與最後用力期垂直總衝量有顯著的正相關存在。成績表現與最後用力期水平總衝量有顯著的負相關存在。

表 4-4-7：最後用力期總衝量與成績表現之相關 (N=8)

	相關係數 r
最後用力期垂直總衝量(Ns)	0.957
最後用力期水平總衝量(Ns)	-0.930

第五節、背向滑步式投擲下肢地面反作用力參數與成績表現之相關

圖 4-5-1 為背向滑步式投擲右腳地面反作用力曲線圖，右腳著地的垂直地面反作用力第一個峰值達到最高，約是體重的 2.2 倍，見表 4-5-1，此外，在第一個峰值之後，有第二個峰值出現，Zatsiorsky et. al. (1981) 指出第二個峰值的產生，和右膝開始伸展幾乎是同時發生的，第二個峰值相對於第一個峰值較小，然而隨著技術的進步，第二個峰值的值會隨著增加，本研究第二個峰值，約是體重的 1.7 倍。

表 4-5-1 顯示右腳最大水平制動力大於最大水平主動力，上述結果與旋轉式投擲相同，但是，背向滑步式投擲主動期的水平與垂直衝量大於制動期的水平與垂直衝量，而且，右腳水平總衝量為正值，即指主動作用，以作用的時間分配來看的話，也是主動期較制動期長（表 4-5-2）。

本研究以 Dessureault (1978) 所研究的受試者衝量參數與本研究受試者一同進行與成績表現的相關分析 (N=19)，其中僅水平制動衝量得到統計上顯著水準，與成績表現呈正相關 ($r=0.541$; $\alpha=.05$)。Zatsiorsky et. al. (1981) 指出右腳的垂直地面反作用力的發力率能反應出該選手的技術水準，較好的選手有較大的發力率，然而，本研究的右腳最大垂直力發力率並沒有達到統計上的顯著相關。

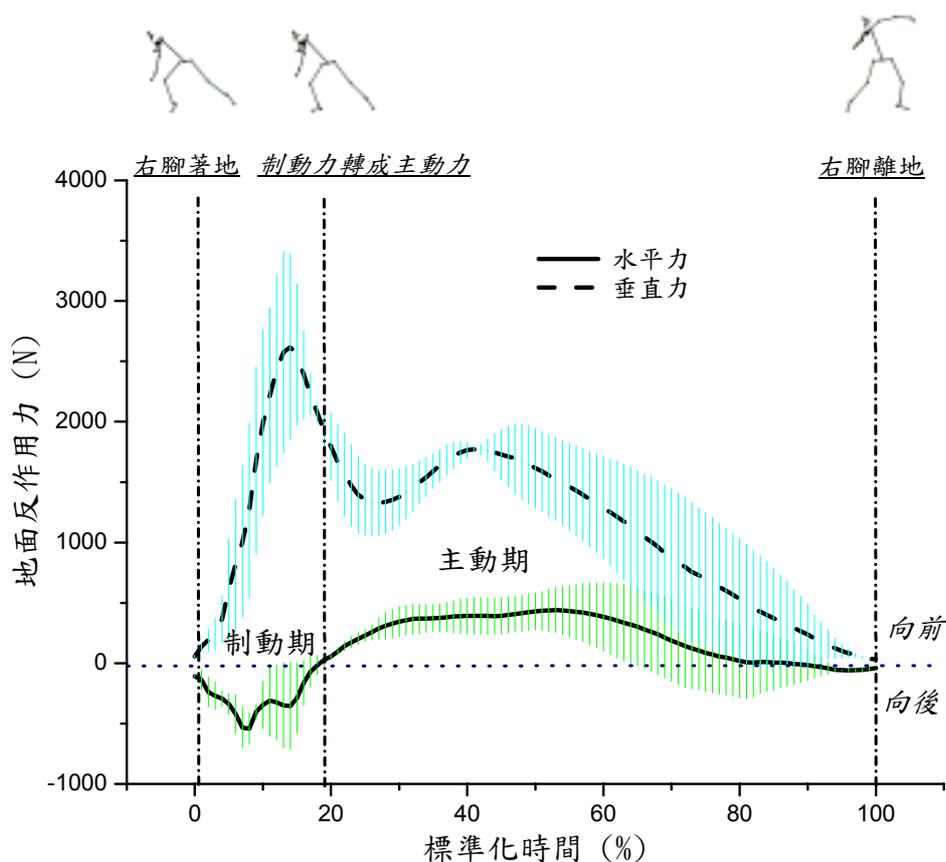


圖 4-5-1: 背向滑步式投擲右腳地面反作用力(N=9)

表 4-5-1: 背向滑步式右腳地面反作用力與發力率之平均數與標準差 (N=9)

	平均數	標準差
投擲距離(m)	12.88	0.92
右腳最大垂直力(N)	2340.6	545.4
右腳最大垂直力標準化值(%BW)	219.9	54.3
右腳最大垂直力產生時間-離右腳著地後(s)	0.064	0.027
右腳最大水平主動力(N)	494.0	109.5
右腳最大水平主動力標準化值(%BW)	46.0	9.2
右腳最大水平主動力產生時間-離右腳著地後(s)	0.167	0.028
右腳最大水平制動力(N)	614.2	209.3
右腳最大水平制動力標準化值(%BW)	57.9	20.7
右腳最大水平制動力產生時間-離右腳著地後(s)	0.029	0.005
右腳最大垂直力發力率(N/s)	44220.6	25484.1
右腳最大水平主動力發力率(N/s)	4695.3	1630

表 4-5-2：背向滑步式右腳各分期衝量與時間之平均數與標準差 (N=19)

	平均數	標準差
右腳制動期水平力衝量(Ns)	14.5 *	5.6
右腳主動期水平力衝量(Ns)	61.8	15.4
右腳制動期垂直力衝量(Ns)	64.1	27.8
右腳主動期垂直力衝量(Ns)	265.7	48.0
右腳制動期時間(s)	0.057	0.010
右腳主動期時間(s)	0.189	0.022
右腳垂直總衝量(Ns)	345.4	33.2
右腳水平總衝量(Ns)	39.4	22.3
右腳地面反作用力總時間(s)	0.332	0.040

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=.05$)

圖 4-5-2 為背向滑步式投擲左腳地面反作用力曲線圖，顯示左腳著地後均是做制動作用。本研究的左腳最大垂直力、左腳最大水平制動力分別約為體重的 1.7 倍及 0.7 倍，與成績表現並未達到統計上的顯著相關。

相較於右腳，見表 4-5-3，左腳的最大水平制動力及水平制動衝量均大於右腳，而最大垂直力及垂直衝量則均小於右腳，此外，左腳的最大垂直力發力率小於右腳，顯然地左腳主要是制動的功能，右腳主要是主動推蹬的功能。

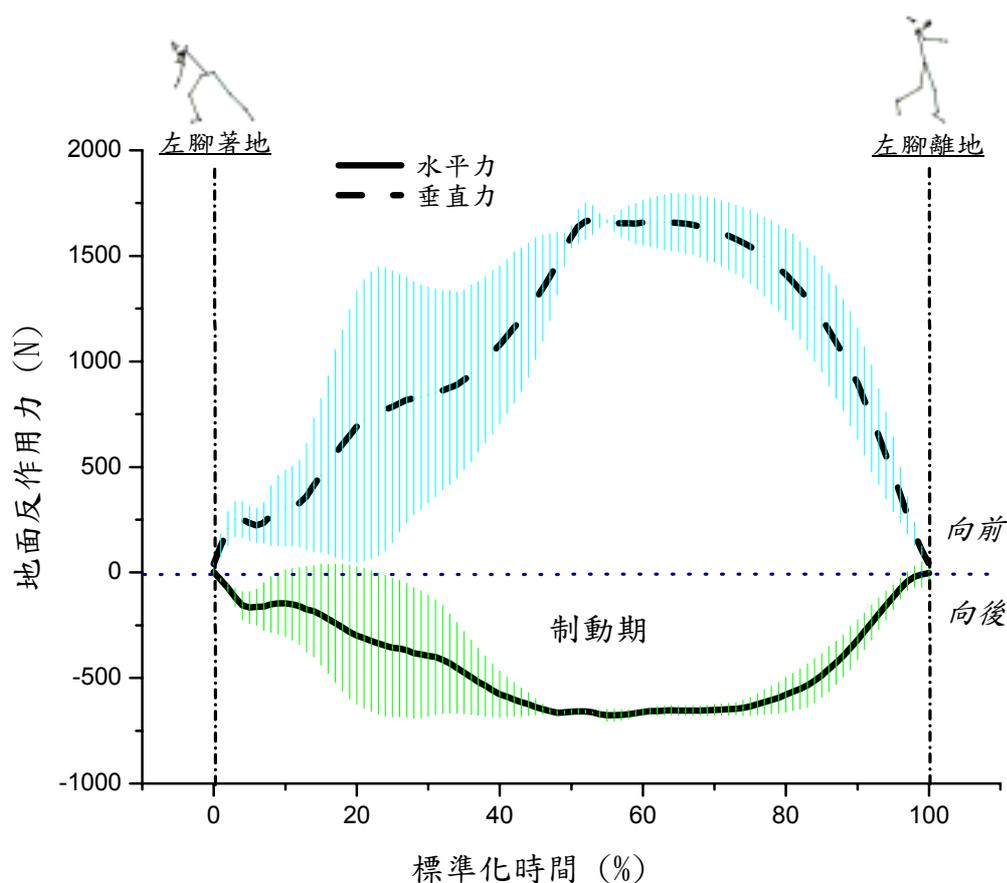


圖 4-5-2: 背向滑步式投擲左腳地面反作用力(N=9)

表 4-5-3: 背向滑步式左腳地面反作用力、發力率、衝量與時間之平均數與標準差 (N=9)

	平均數	標準差
投擲距離(m)	12.88	0.92
左腳最大垂直力(N)	1793.8	173.6
左腳最大垂直力標準化值(%BW)	167.8	14
左腳最大垂直力產生時間-離左腳著地後(s)	0.195 *	0.041
左腳最大水平制動力(N)	714.6	86.5
左腳最大水平制動力標準化值(%BW)	66.8	7.3
左腳最大水平制動力產生時間-離左腳著地後(s)	0.161	0.04
左腳最大垂直力發力率(N/s)	9523.6	1985.1
左腳垂直總衝量(Ns)	297.4	18.9
左腳水平總衝量(Ns)	-125.8	10.1
左腳地面反作用力總時間(s)	0.288	0.042

* 與成績表現之相關達統計上的顯著水準 ($\alpha=0.05$)

表 4-5-4 顯示與成績表現之相關係數，其中僅右腳制動期水平力衝量、左腳最大垂直力產生時間-離左腳著地後達統計上顯著水準 $\alpha=.05$ 。成績表現與右腳制動期水平力衝量有顯著的正相關存在；成績表現與左腳最大垂直力產生時間-離左腳著地後有顯著的負相關存在。

表 4-5-4：背向滑步式左腳動力學參數與成績表現之相關 (N=9)

	相關係數 r
右腳制動期水平力衝量(Ns)	0.541
左腳最大垂直力產生時間-離左腳著地後(s)	-0.719

圖 4-5-3 為 G1 背向滑步式投擲雙腳地面反作用力曲線圖，此圖依運動學上傳遞期及最後用力期之分期，觀察地面反作用力之作用情形，傳遞期總衝量僅是右腳之部分衝量，最後分期總衝量是右腳部分衝量及左腳衝量之總合。其中，見表 4-5-5，傳遞期與最後用力期之水平總衝量均為負值，即指制動作用，其中最後用力期的制動作用大於傳遞期的制動作用，此外，最後用力期垂直總衝量也大於傳遞期垂直總衝量，其結果均與旋轉式投擲相同。

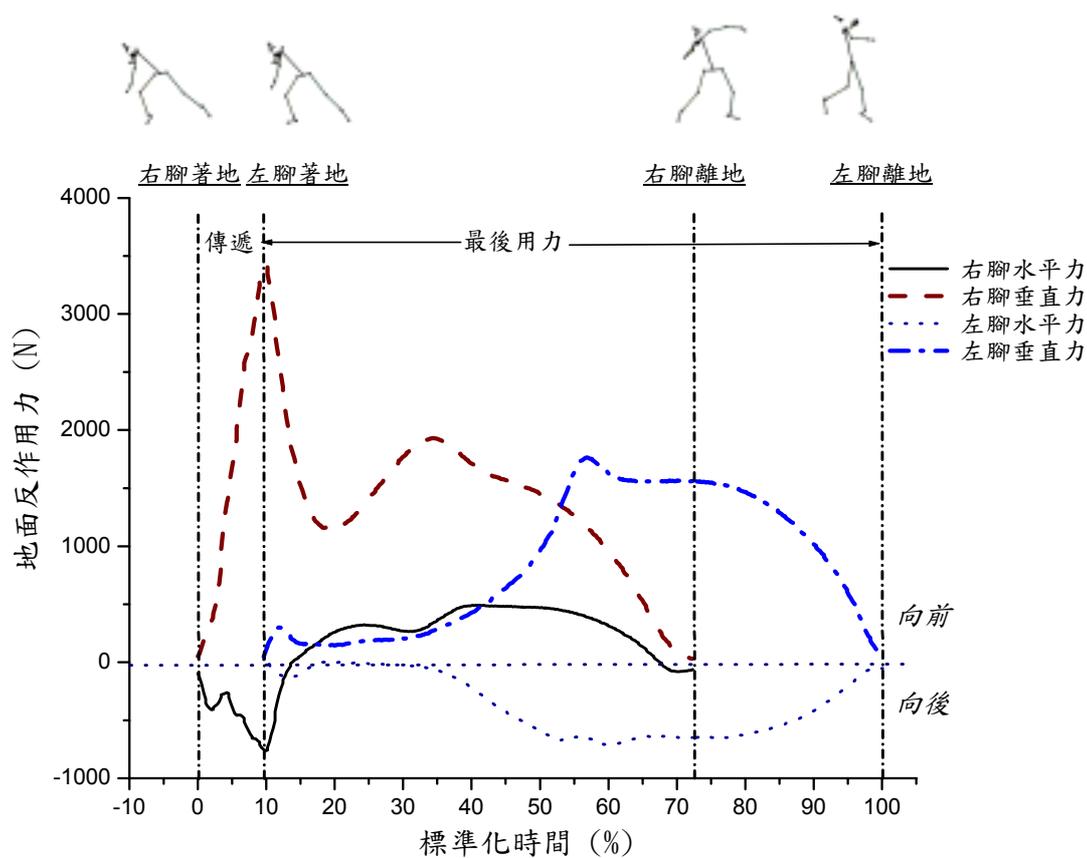


圖 4-5-3 : G1 (14.82 m) 背向滑步式投擲雙腳地面反作用力

表 4-5-5 : 背向滑步式各分期總衝量之平均數與標準差 (N=9)

	平均數	標準差
傳遞期水平總衝量(Ns)	-0.4	11.7
傳遞期垂直總衝量(Ns)	144.9	61.9
最後用力期水平總衝量(Ns)	-86.0	21.3
最後用力期垂直總衝量(Ns)	497.0	50.4

第六節、旋轉式鉛球投擲之下肢關節力矩、功率分析

本研究之關節力矩值均以單位-Nm 呈現，以正負值辨認主要力矩作用的方向，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 (Jacobs & Ingen Schenau, 1992 ; Mann, 1981)，並以關節肌肉作功率正負值判斷關節肌群功率為產生或吸收能，正值是指產生功率為產生能；負值是指吸收功率為吸收能 (Stefanyshyn & Nigg, 1998 ; Winter, 1983 ; Winter, 1990)。由於本研究實驗器材、關節標誌點、手動數位化以及人體關節自由度的限制，因此，本研究僅呈現踝、膝、髖關節 X 軸向力矩（矢狀面）及髖關節 Y 軸向力矩（額狀面）的結果。

一、右腳力矩、功率分析

圖 4-6-1 為旋轉式右踝關節力矩、功率曲線圖，右踝關節力矩的作用模式，在右腳著地支撐期間，都是右踝關節蹠屈力矩，並且在接近制動力轉成主動力前（約於 50%標準化時間），達到蹠屈力矩最大值。右踝關節功率模式，在右腳著地時，右踝關節功率為吸收功率，並且約於 20%標準化時間達到最大值，然後在制動力轉成主動力前（約於 50%標準化時間），轉為產生功率，直到右腳離地，約於 75%標準化時間達到最大值。

圖 4-6-2 為旋轉式右膝關節力矩、功率曲線圖，右腳著地後，右膝關節先有一短暫的屈曲力矩，約於 12%標準化時間，達到屈曲力矩最大值，但接著很快地約於 20%標準化時間，轉換成伸展力矩，並且約於制動力轉

成主動力時達到最大值（約於 55%標準化時間）。右膝關節功率模式，在右腳著地時，右膝關節功率為產生功率，約於 12%標準化時間達到最大值，作用時間相當地短，很快地約於 20%標準化時間轉換為吸收功率，約於 42%標準化時間達到最大值，然後，又於制動力轉成主動力不久（約於 60%標準化時間），轉換為產生功率，約於 75%標準化時間達到最大值，右腳著地支撐期間，右膝關節功率經過了兩次轉換。

圖 4-6-3 為旋轉式右髖關節力矩、功率曲線圖，在右腳著地支撐過程中，均為右髖關節伸展力矩，在制動力轉主動力前，約於 42%標準化時間達到最大值。圖 4-6-4 為旋轉式髖關節 Y 軸向力矩，右腳著地後，右髖關節有一短暫的外展力矩，約於 10%標準化時間達到最大值，隨即約於 25%標準化時間轉換成內收力矩，約在於 78%標準化時間達到最大值。右髖關節功率模式，在右腳著地時，右髖關節功率為產生功率，但作用時間相當地短，很快地約於 12%標準化時間轉換為吸收功率，約於 25%標準化時間達到最大值，然後，又約於 37%標準化時間，轉換為產生功率，並且約於 70%標準化時間達到最大值，右腳著地支撐期間，右髖和右膝關節功率一樣，經過了兩次轉換。

表 4-6-1 顯示旋轉式投擲動作髖關節最大力矩值，其中右髖關節伸展力矩最大值（457.4 Nm）明顯地大於其他的力矩最大值許多。

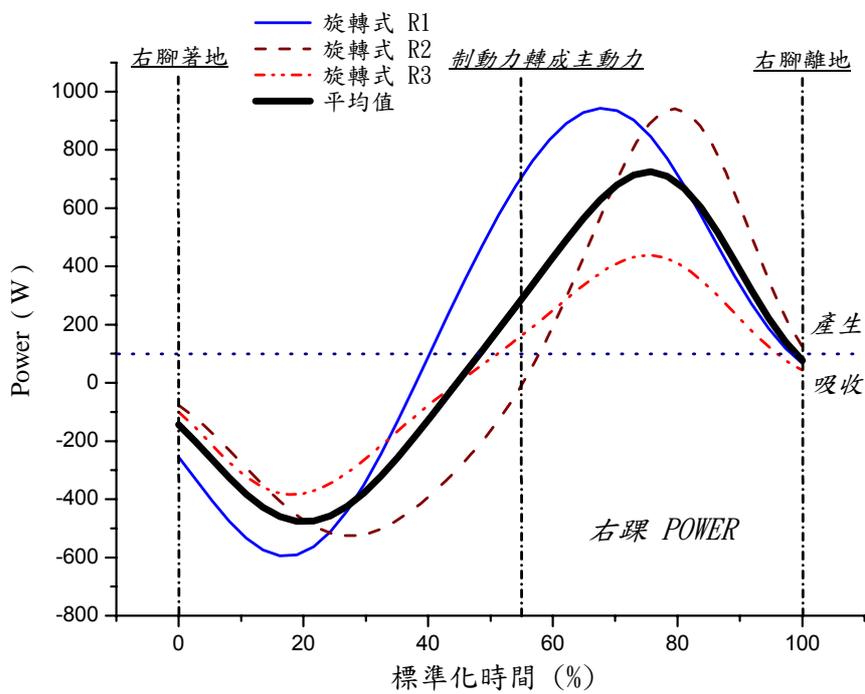
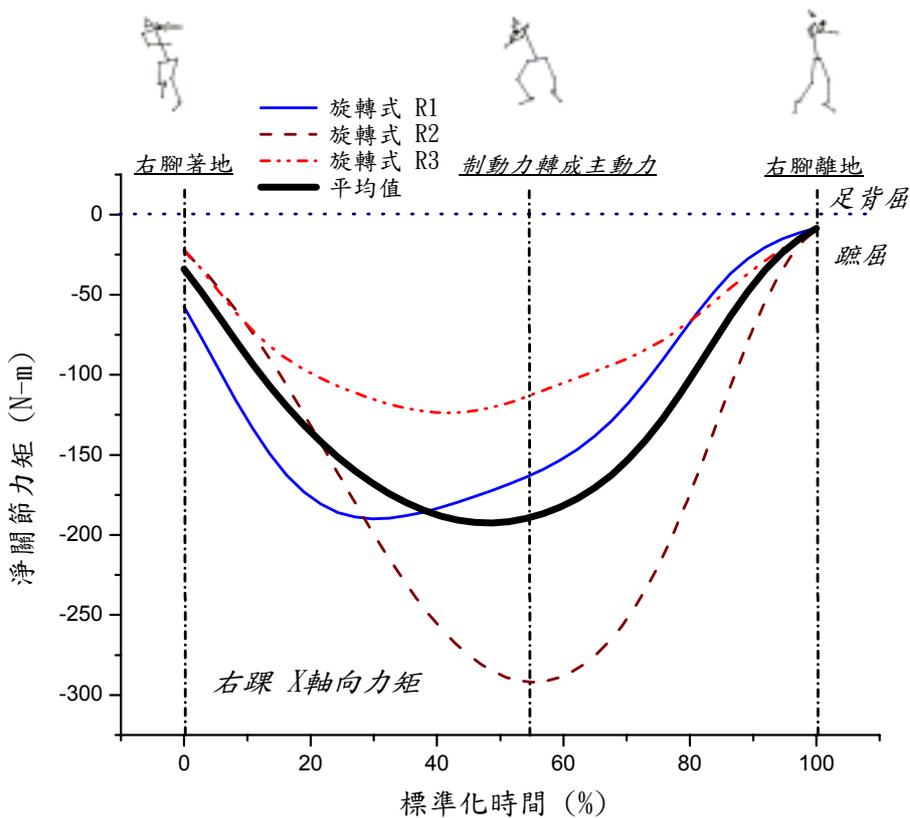


圖 4-6-1：旋轉式右蹠關節力矩、功率

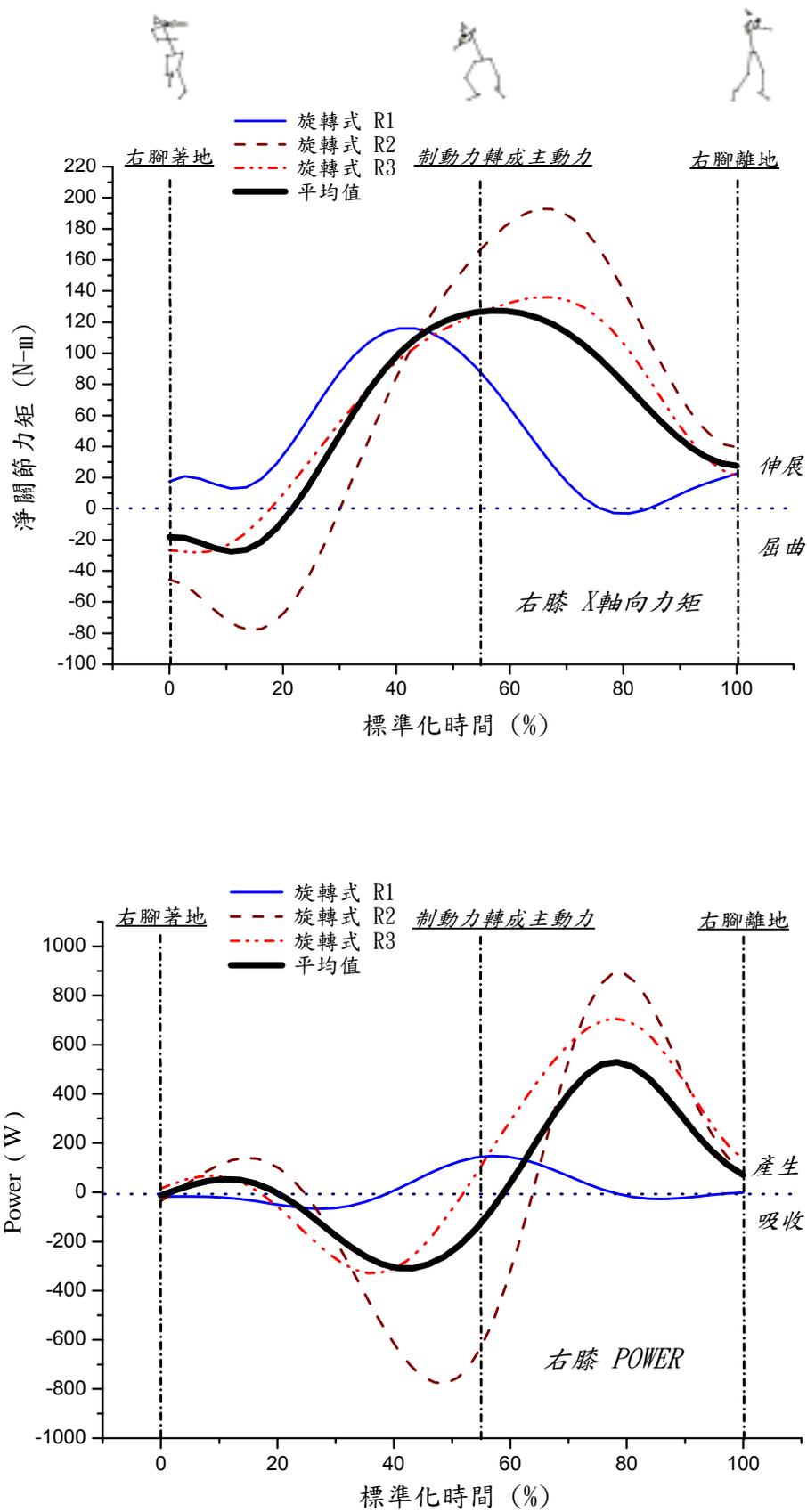


圖 4-6-2：旋轉式右膝關節力矩、Power

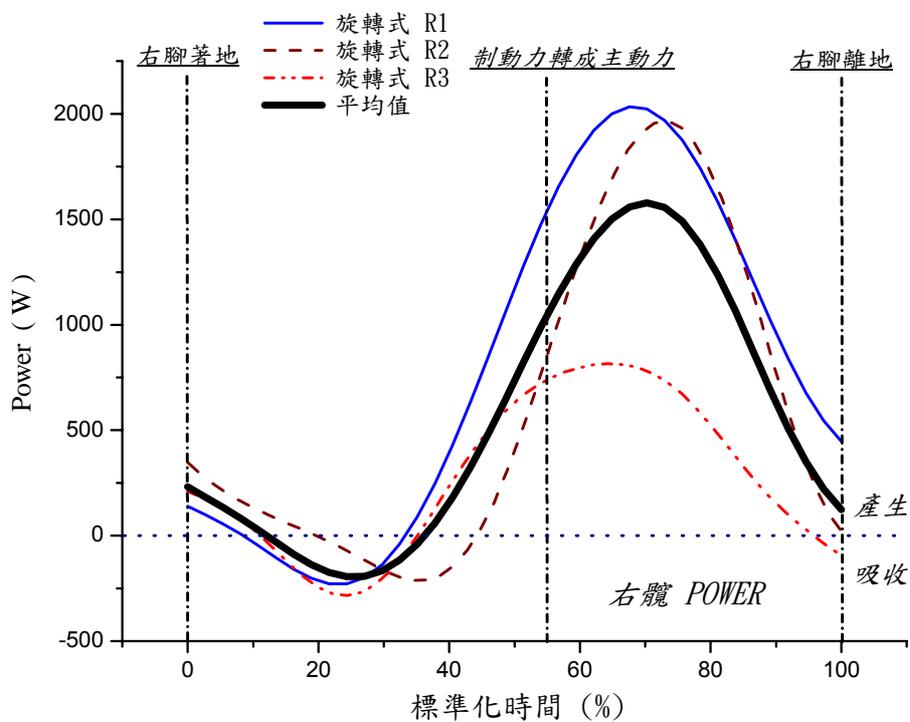
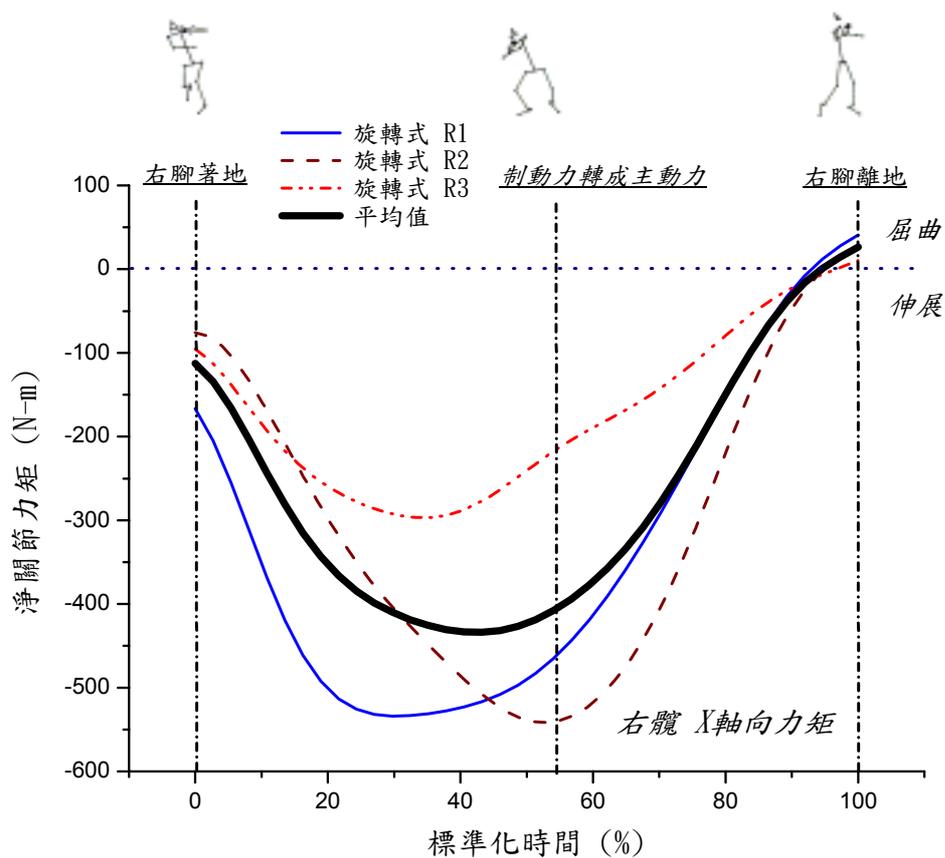


圖 4-6-3：旋轉式右腕關節力矩、功率

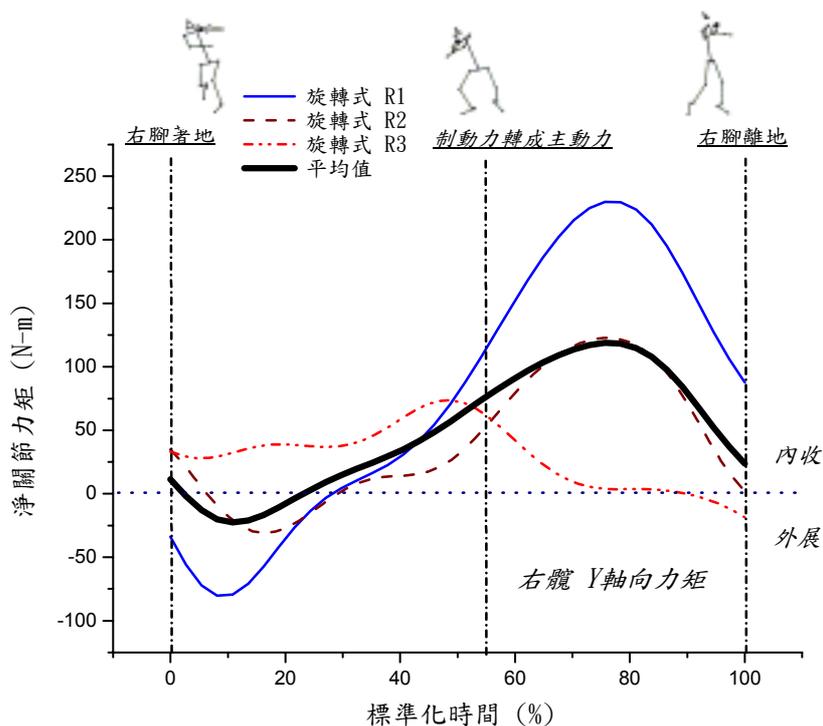


圖 4-6-4：旋轉式右腕關節 Y 軸向力矩

表 4-6-1：旋轉式投擲動作右腳各關節最大力矩

	R1	R2	R3	平均值	標準差
右踝關節蹠屈力矩(N-m)	190.0	291.9	123.7	201.9	84.7
標準化(%BW-BH)	7.5	13.3	10.6	10.5	2.9
產生時間,離出手前(s)	0.32	0.27	0.30	0.30	0.02
右膝關節伸展力矩(N-m)	116.0	192.7	136.0	148.3	39.8
標準化(%BW-BH)	4.6	8.8	11.7	8.3	3.6
產生時間,離出手前(s)	0.28	0.23	0.21	0.24	0.04
右膝關節屈曲力矩(N-m)	3.0	78.0	28.0	36.4	38.2
標準化(%BW-BH)	0.1	3.6	2.4	2.0	1.8
產生時間,離出手前(s)	0.17	0.43	0.43	0.34	0.15
右腕關節伸展力矩(N-m)	534.1	541.6	296.6	457.4	139.3
標準化(%BW-BH)	21.1	24.7	25.4	23.7	2.3
產生時間,離出手前(s)	0.32	0.28	0.33	0.31	0.03
右腕關節內收力矩(N-m)	229.9	122.7	73.7	142.1	79.9
標準化(%BW-BH)	9.1	5.6	6.3	7.0	1.8
產生時間,離出手前(s)	0.18	0.19	0.27	0.22	0.05
右腕關節外展力矩(N-m)	80.4	30.9	18.5	43.3	32.7
標準化(%BW-BH)	3.2	1.4	1.6	2.1	1.0
產生時間,離出手前(s)	0.38	0.42	0.09	0.30	0.18

二、左腳力矩、功率分析

圖 4-6-5：旋轉式左踝關節力矩、功率曲線圖，可看出左踝關節力矩的模式和右腳相似，在左腳著地期間，也都是蹠屈力矩，同樣約於 50% 標準化時間，達到蹠屈力矩最大值，然而右踝的蹠屈力矩最大值大於左踝（表 4-6-1、表 4-6-2）。左踝關節功率模式，在左腳著地時，左踝關節功率先為吸收功率，約於 15% 標準化時間達到最大值，但此吸收功率作用時間相當地短，約於 30% 標準化時間轉換為產生功率，約於 85% 標準化時間達到最大值，除此之外，左踝關節產生功率值較吸收功率大許多。

圖 4-6-6 為旋轉式左膝關節力矩、功率曲線圖，左膝關節在左腳著地瞬間，即是左膝關節伸展力矩，並且約於 35% 標準化時間達到最大值。左膝關節功率模式，在左腳著地支撐期間，左膝關節功率均為產生功率，約於 40% 標準化時間達到最大值。左膝關節和右膝關節同樣都是伸展力矩，但是左膝的伸展力矩最大值大於右膝伸展力矩最大值（表 4-6-1、表 4-6-2）。

圖 4-6-7 為旋轉式左髖關節力矩、功率曲線圖，顯示左髖關節力矩於左腳著地時，即是屈曲力矩的最大值，之後逐漸減小，在左腳著地支撐期間均是左髖關節屈曲力矩。圖 4-6-8 為旋轉式髖關節 Y 軸向力矩，左髖關節在左腳著地支撐期間，則均是外展力矩，約於 65% 標準化時間達到最大值。左髖關節功率模式，在左腳著地後，左髖關節功率為吸收功率，然後，

約於 55%標準化時間，轉換為產生功率。

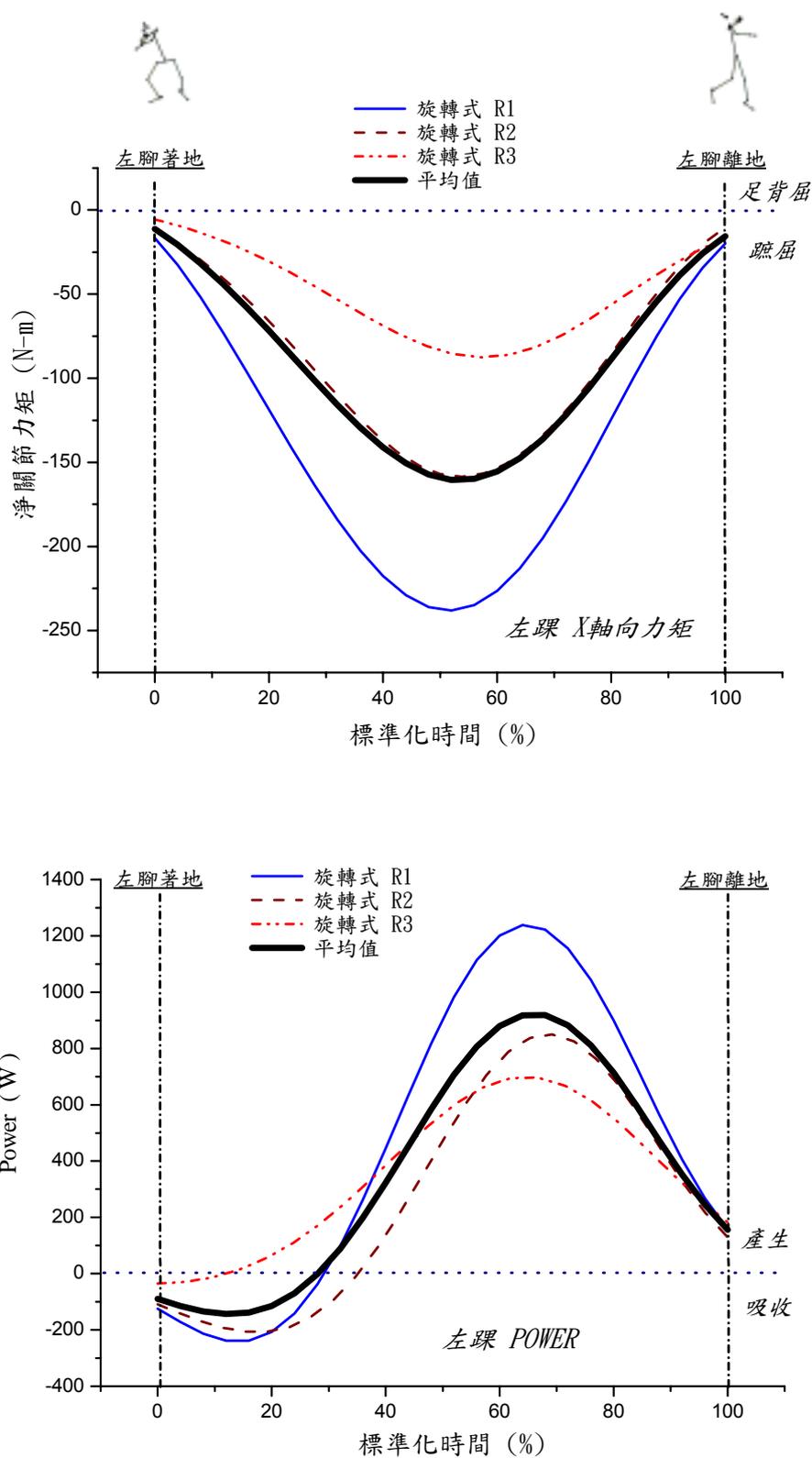


圖 4-6-5：旋轉式左踝關節力矩、功率

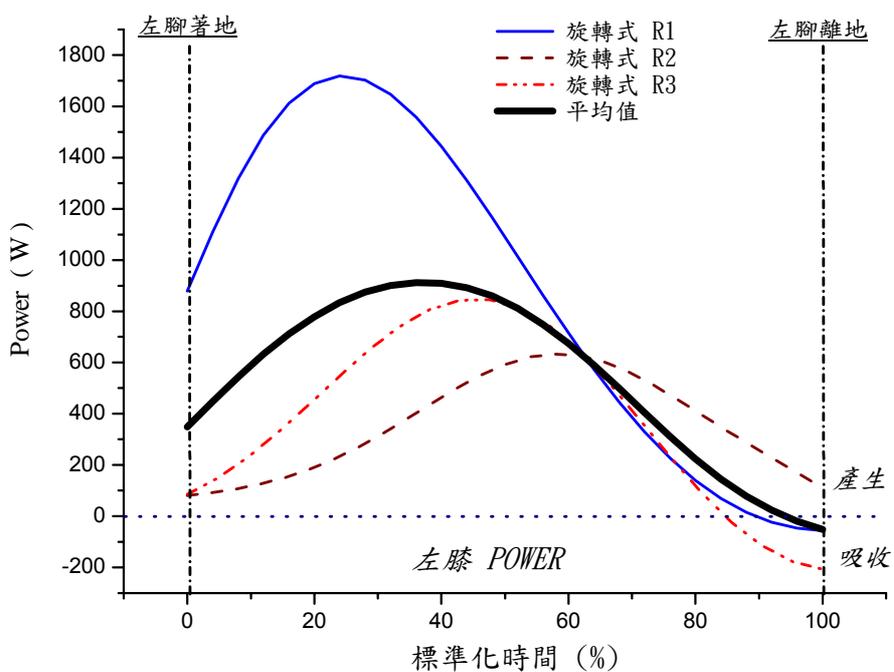
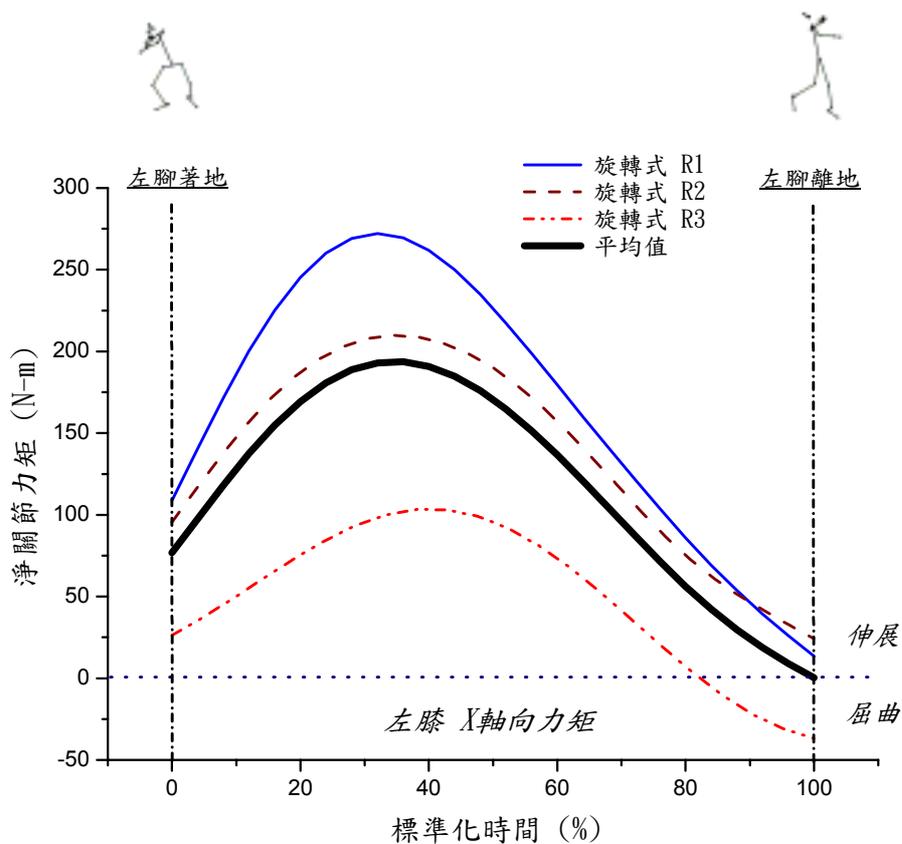


圖 4-6-6：旋轉式左膝關節力矩、功率

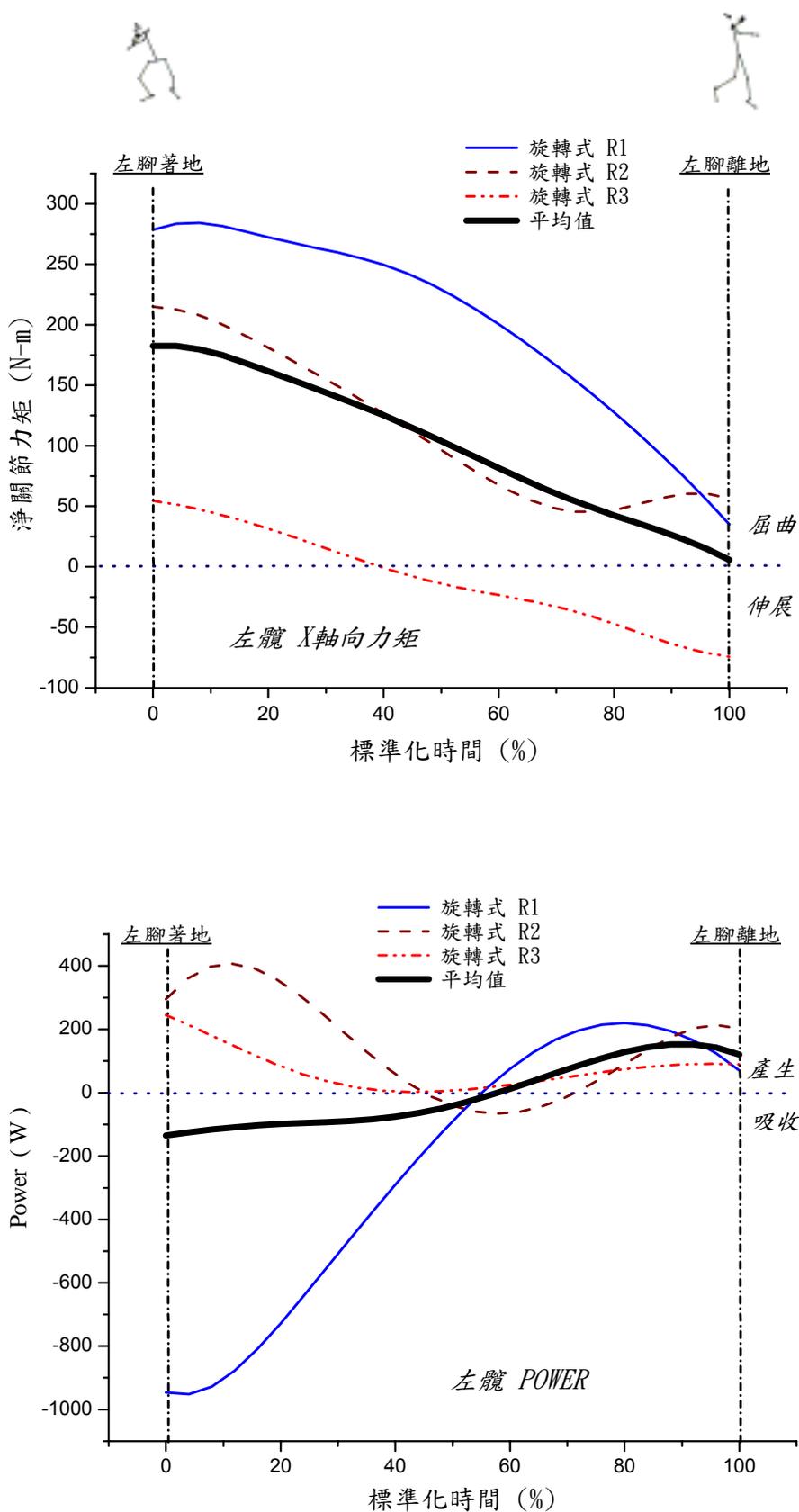


圖 4-6-7：旋轉式左腕關節力矩、功率

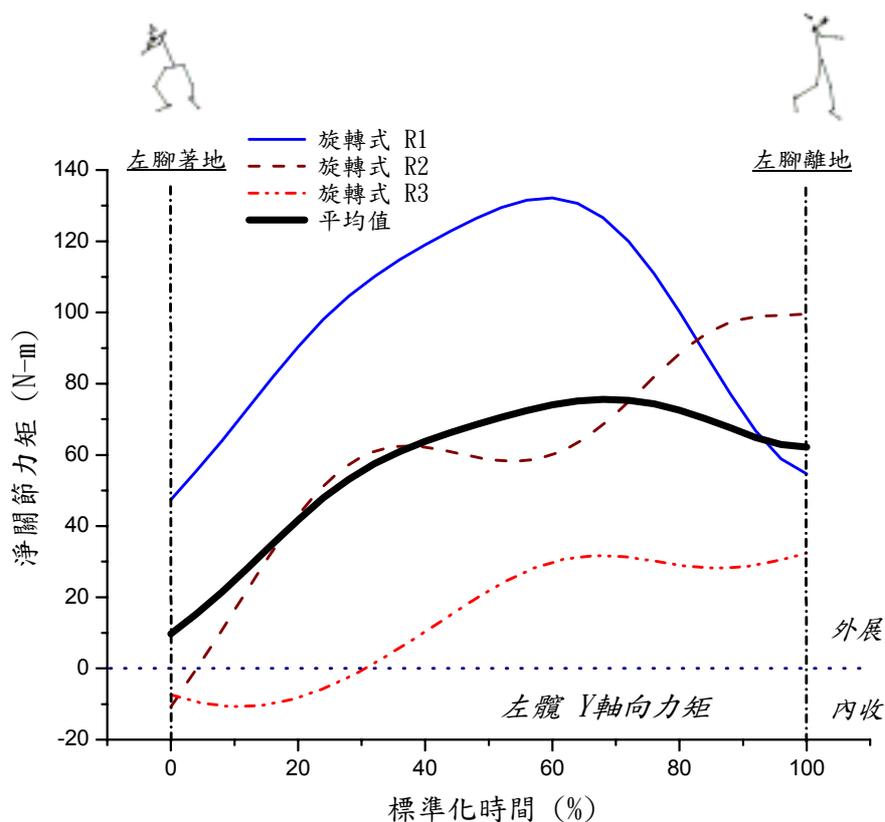


圖 4-6-8：旋轉式左腕關節 Y 軸向力矩

表 4-6-2：旋轉式投擲動作左腳各關節最大力矩

	R1	R2	R3	平均值	標準差
左踝關節蹠屈力矩(N-m)	238.2	158.6	87.5	161.4	75.4
標準化(%BW-BH)	9.4	7.2	7.5	8.0	1.2
產生時間,離出手前(s)	0.18	0.16	0.13	0.15	0.02
左膝關節伸展力矩(N-m)	272.1	209.8	103.4	195.1	85.4
標準化(%BW-BH)	10.7	9.6	8.9	9.7	1.0
產生時間,離出手前(s)	0.22	0.20	0.16	0.19	0.03
左腕關節屈曲力矩(N-m)	284.2	215.0	54.5	184.6	117.8
標準化(%BW-BH)	11.2	9.8	4.7	8.6	3.4
產生時間,離出手前(s)	0.26	0.27	0.22	0.25	0.03
左腕關節外展力矩(N-m)	132.2	99.6	32.4	88.0	50.9
標準化(%BW-BH)	5.2	4.5	2.8	4.2	1.3
產生時間,離出手前(s)	0.16	0.06	0.06	0.09	0.06

三、小結

- (一) 旋轉式右腳著地期間，右踝關節主要為蹠屈力矩，並先呈現吸收功率，然後呈現產生功率；右膝關節肌肉先主要為屈曲力矩，呈現產生功率，然後為伸展力矩，並先呈現吸收功率再呈現產生功率；右髖關節主要為伸展力矩，額狀面為先短暫的外展力矩，後為較長的內收力矩，並先呈現產生功率，再呈現吸收功率，然後又再呈現產生功率。
- (二) 旋轉式左腳著地期間，左踝關節主要為蹠屈力矩，並先呈現吸收功率，然後呈現產生功率；左膝關節肌肉作用均為伸展力矩，並呈現產生功率；左髖關節均為屈曲力矩，額狀面均為外展力矩，並先呈現吸收功率，然後再呈現產生功率。

第七節、背向滑步式鉛球投擲之下肢關節力矩、功率分析

背向滑步式鉛球投擲之下肢關節力矩、功率分析，以及其資料呈現方式，均與前一節相同。

一、右腳力矩、功率分析

圖 4-7-1 為背向滑步式右踝關節力矩、功率曲線圖，右腳著地期間，均為右踝關節蹠屈力矩，約於 30%標準化時間達到最大值。右踝關節功率模式，右腳著地為吸收功率，在制動力轉成主動力前，約於 15%標準化時間達到最大值，然後在制動力轉成主動力後不久(約於 30%標準化時間)，轉換為產生功率，並約於 55%標準化時間達到最大值。

圖 4-7-2 為背向滑步式右膝關節力矩、功率曲線圖，右腳著地時，為右膝關節伸展力矩，在制動力轉成主動力後，約於 30%標準化時間達到最大值，之後伸展力矩減小，並約於 65%標準化時間，轉換成屈曲力矩，約於 80%標準化時間達到最大值。右膝關節功率模式，右腳著地時，右膝關節為吸收功率，大約在制動力轉成主動力時(約於 22%標準化時間)，轉換成產生功率，約於 45%標準化時間達到最大值，然後，又約於 65%標準化時間轉換為吸收功率，約於 80%標準化時間達到最大值，右腳著地支撐期間，右膝關節功率經歷了兩次的轉換。

圖 4-7-3 為背向滑步式右髖關節力矩、功率曲線圖，在右腳著地支撐期間，右髖關節為伸展力矩，在制動力轉主動力後不久，約於 22%標準化

時間達到最大值。右腕關節功率模式，在右腳著地期支撐間，均為產生功率，並且約於 72%標準化時間達到最大值。

圖 4-7-4 為背向滑步式右腕關節 Y 軸向力矩，右腳著地期間，右腕關節均為內收力矩，並約於 70%標準化時間達到最大值。

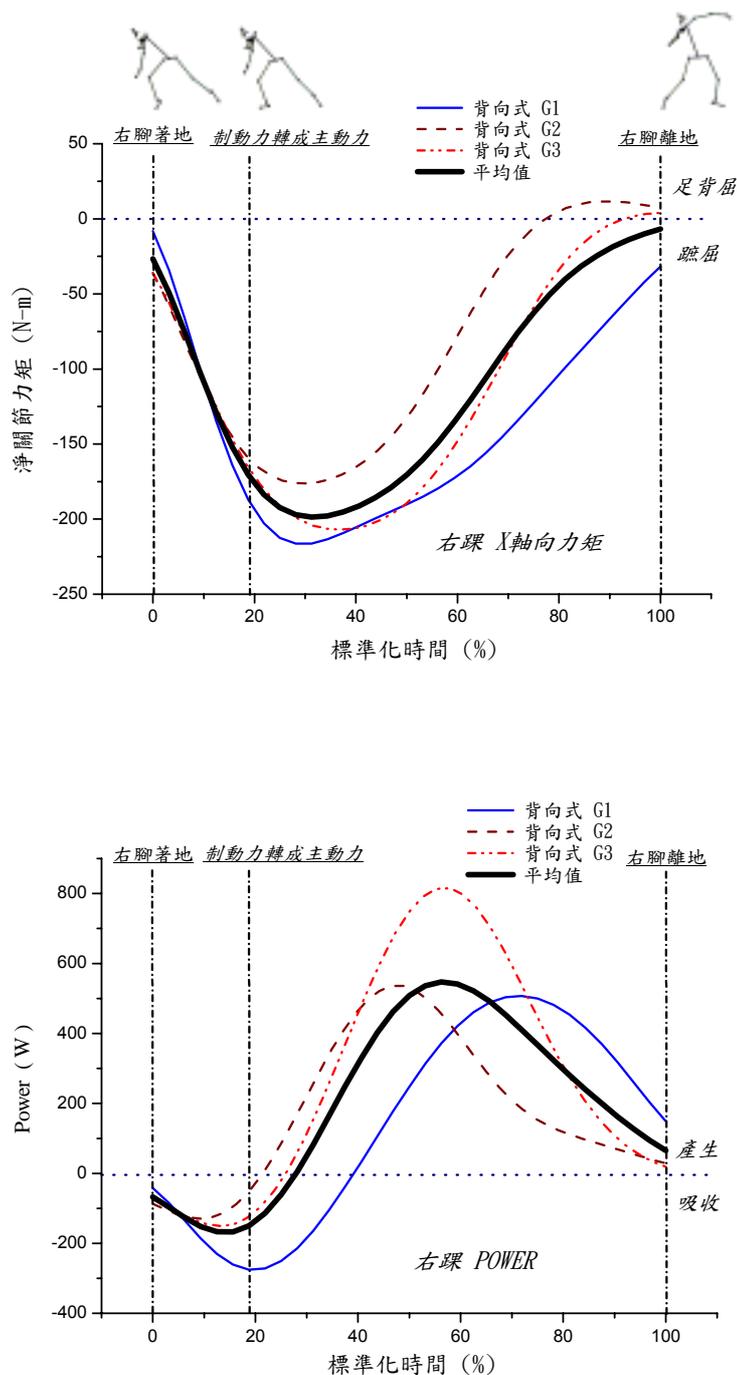


圖 4-7-1：背向滑步式右踝關節力矩、功率

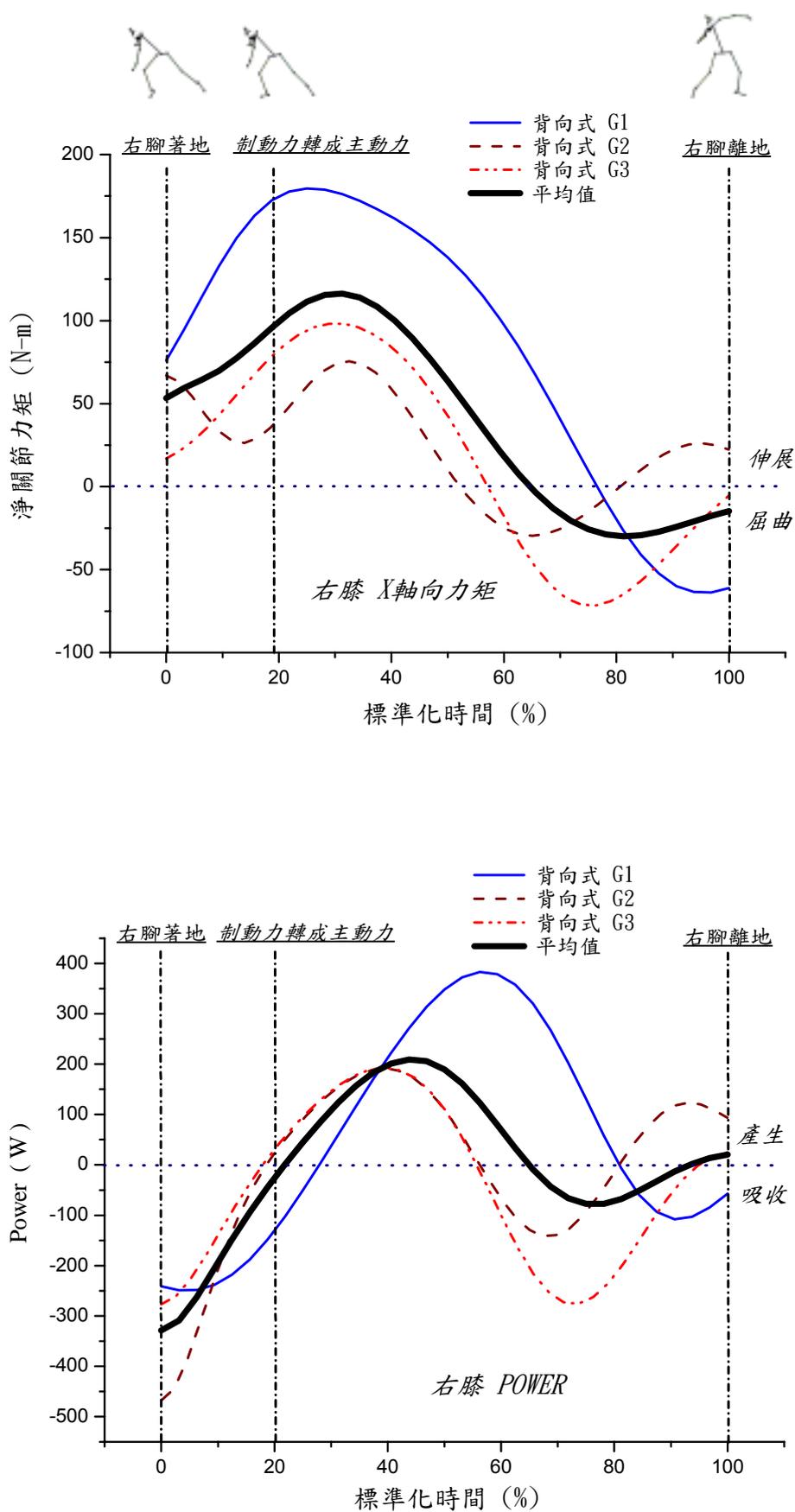


圖 4-7-2：背向滑步式右膝關節力矩、功率

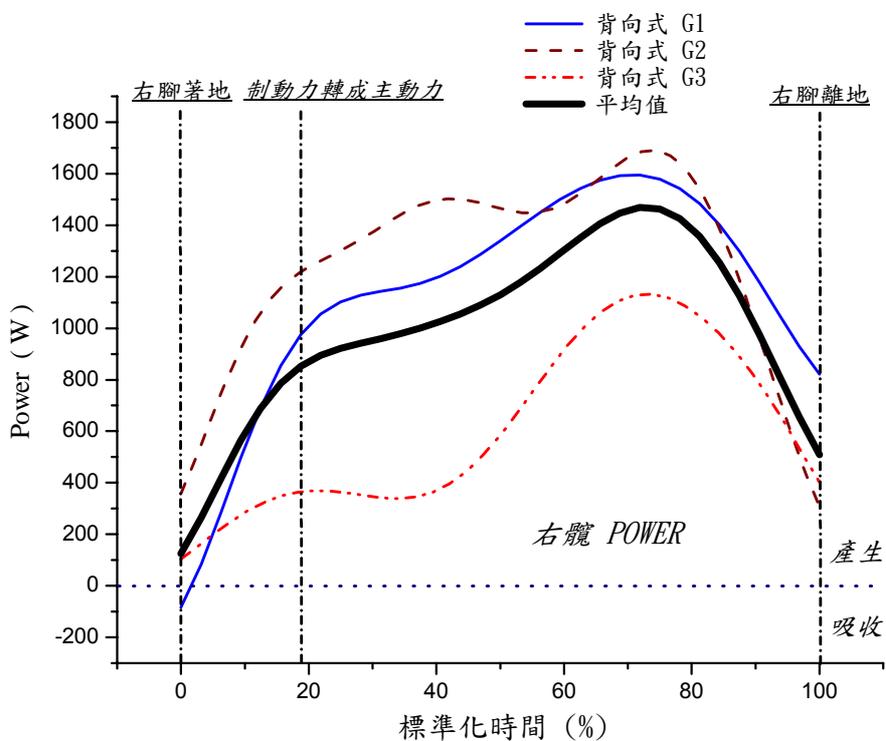
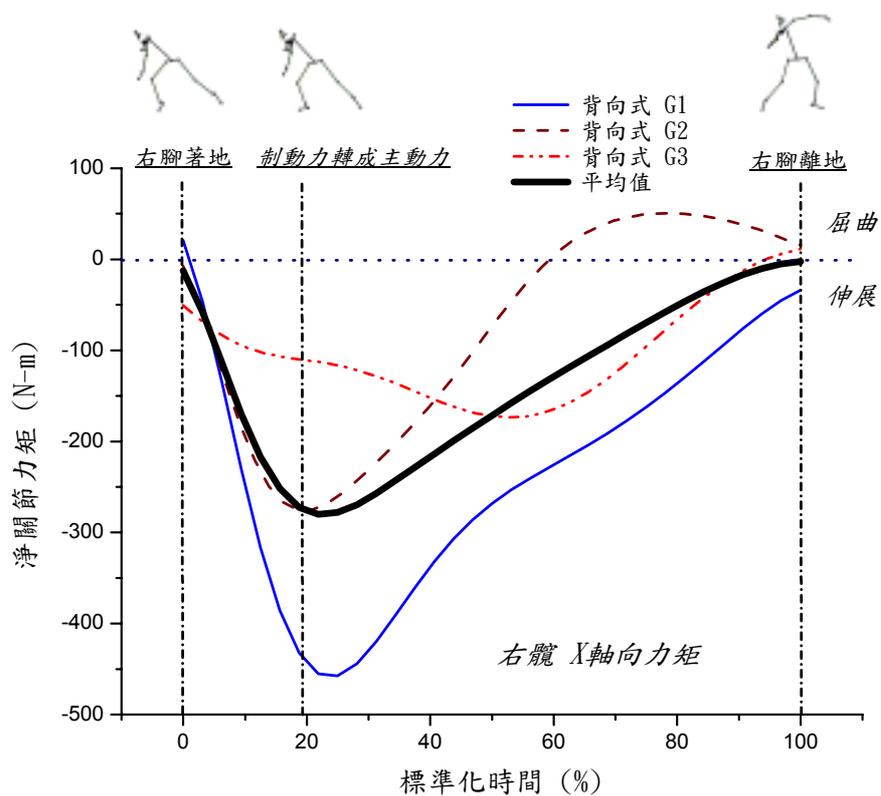


圖 4-7-3：背向滑步式右腕關節力矩、功率

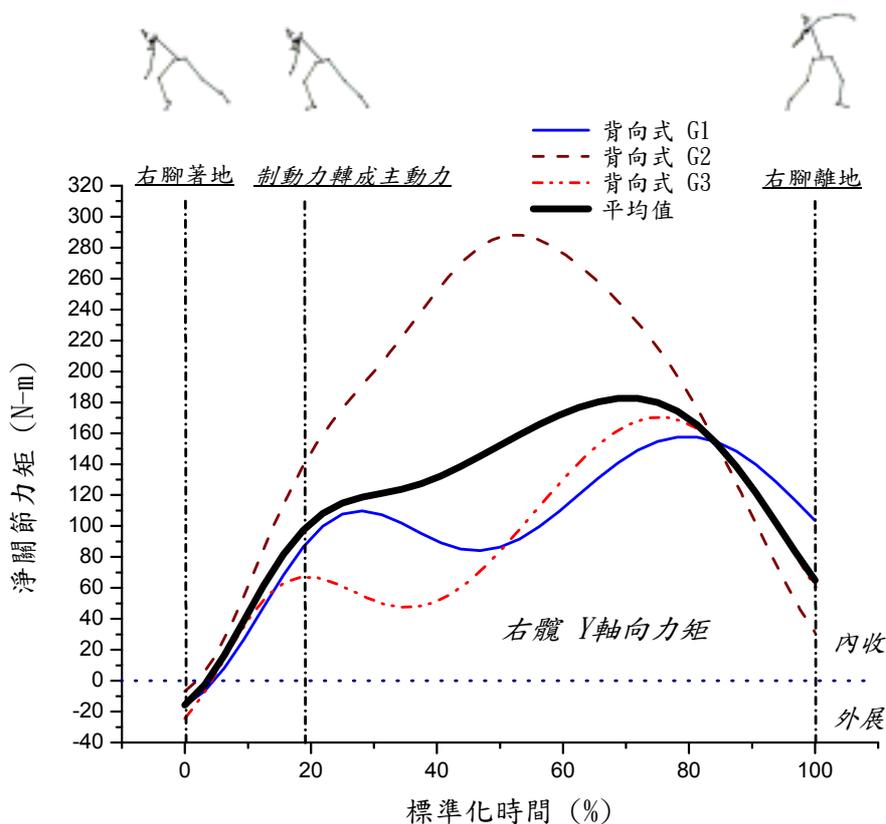


圖 4-7-4：背向滑步式右腕關節 Y 軸向力矩

表 4-7-1：背向滑步式投擲動作右腳各關節最大力矩

	G1	G2	G3	平均值	標準差
右踝關節蹠屈力矩(N-m)	216.3	176.2	207.1	199.9	21.0
標準化(%BW-BH)	11.4	9.9	10.7	10.7	0.7
產生時間,離出手前(s)	0.37	0.34	0.31	0.34	0.03
右膝關節伸展力矩(N-m)	179.7	75.5	98.2	117.8	54.8
標準化(%BW-BH)	9.5	4.3	5.1	6.3	2.8
產生時間,離出手前(s)	0.38	0.33	0.34	0.35	0.03
右膝關節屈曲力矩(N-m)	63.7	29.5	71.6	54.9	22.4
標準化(%BW-BH)	3.4	1.7	3.7	2.9	1.1
產生時間,離出手前(s)	0.19	0.22	0.19	0.20	0.01
右腕關節伸展力矩(N-m)	457.6	275.4	173.7	302.2	143.8
標準化(%BW-BH)	24.1	15.5	9.0	16.2	7.6
產生時間,離出手前(s)	0.38	0.38	0.26	0.34	0.06
右腕關節內收力矩(N-m)	157.5	288.1	170.3	205.3	72.0
標準化(%BW-BH)	8.3	16.2	8.8	11.1	4.5
產生時間,離出手前(s)	0.24	0.26	0.19	0.23	0.03

二、左腳力矩、功率分析

圖 4-7-5 為背向滑步式左踝關節力矩、功率曲線圖，可看出左踝關節均為蹠屈力矩，約於 65%標準化時間達到最大值，左踝關節和右踝關節力矩模式相似，然而右踝的蹠屈力矩最大值大於左踝（表 4-7-1、表 4-7-2）。左踝關節功率模式，在左腳著地時，為吸收功率，約於 30%標準化時間達到最大值，接著約於 40%標準化時間，轉換為產生功率，並約於 70%標準化時間達到最大值。

圖 4-7-6 為背向滑步式左膝關節力矩、功率曲線圖，在左腳著地時，為左膝關節伸展力矩，約於 50%標準化時間達到最大值。左膝關節功率模式，在左腳著地後，為吸收功率，約於 15%標準化時間達到最大值，接著約於 55%標準化時間轉換為產生功率，並約於 65%標準化時間達到最大值。

圖 4-7-7：背向滑步式左髖關節力矩、功率曲線圖，在左腳著地期間，均為左髖關節屈曲力矩，約於 30%標準化時間達到最大值。左髖關節功率模式，在左腳著地時，左髖關節為產生功率，約於 10%標準化時間達到最大值，然後，約於 50%標準化時間轉換為吸收功率，並約於 72%標準化時間達到最大值，之後，約於 88%標準化時間又轉換為產生功率，在左腳著地支撐期間，左髖關節功率經過了兩次的轉換。

圖 4-7-8 為背向滑步式左髖關節 Y 軸向力矩，在左腳著地期間，左髖

關節均為外展力矩，期間產生兩個峰值，第一個峰值，約於 15%標準化時間達到，第二個峰值，約於 70%標準化時間達到。

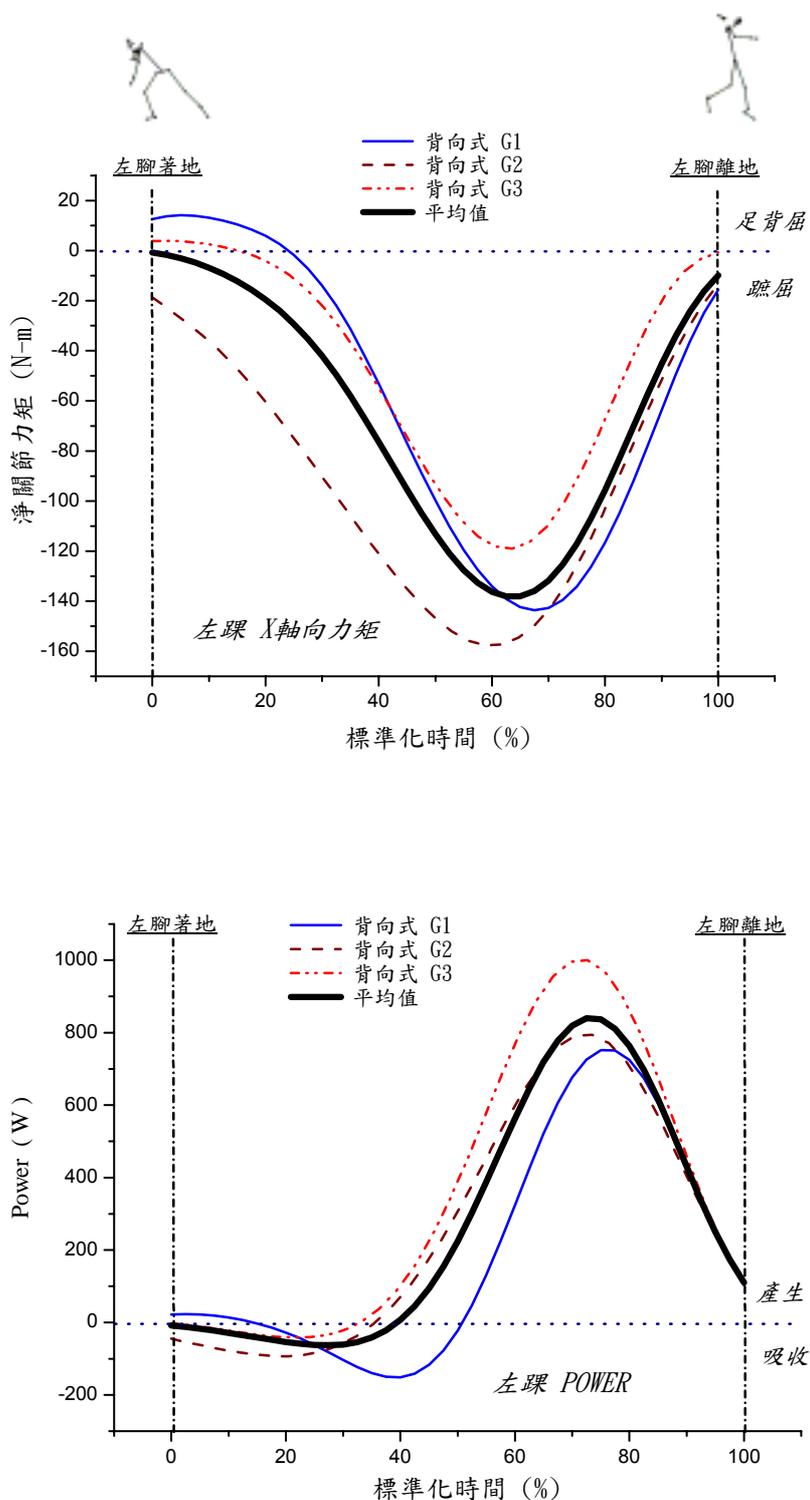


圖 4-7-5：背向滑步式左踝關節力矩、功率

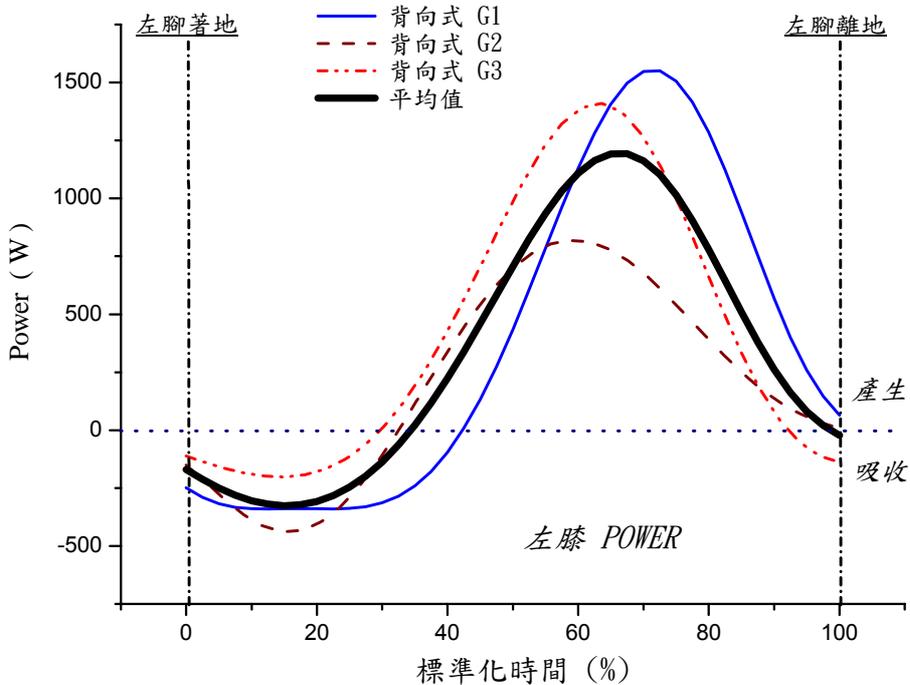
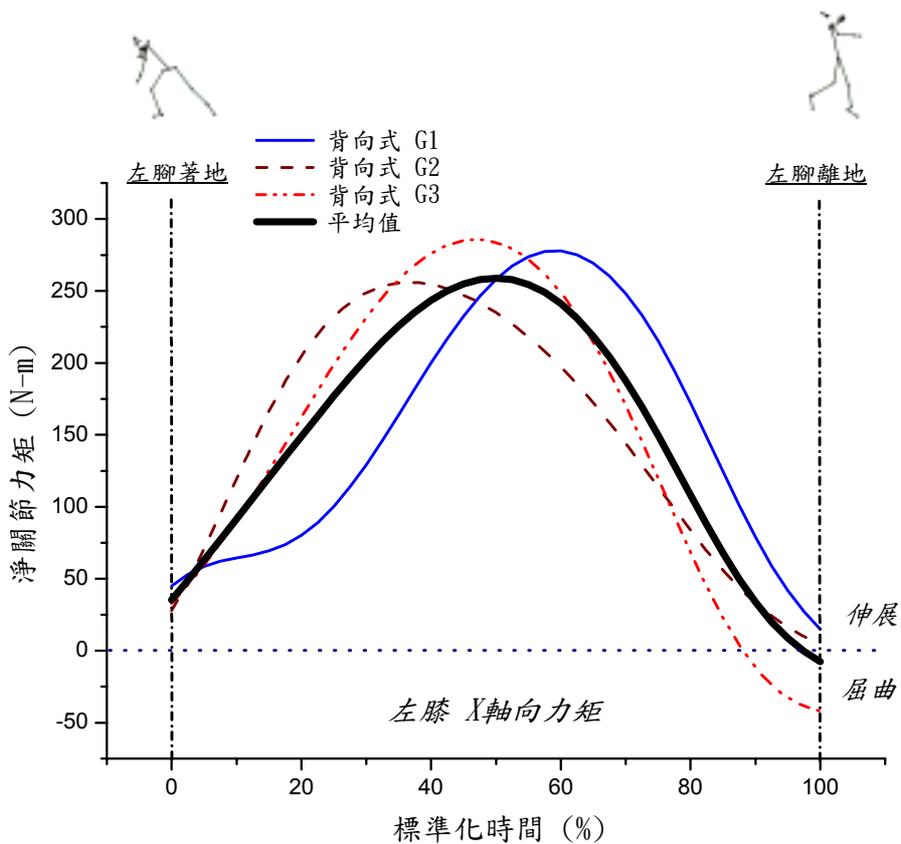


圖 4-7-6：背向滑步式左膝關節力矩、功率

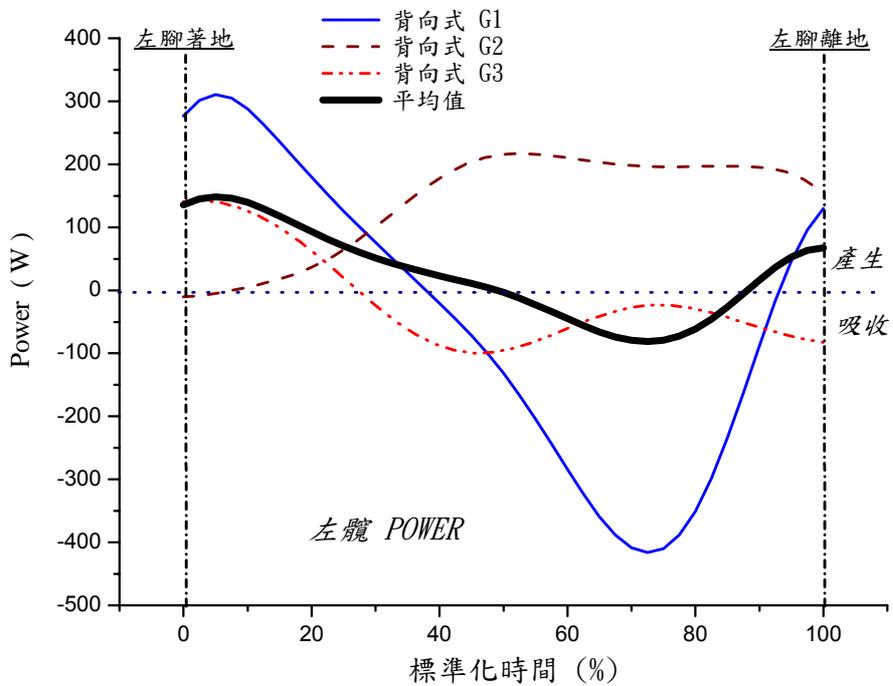
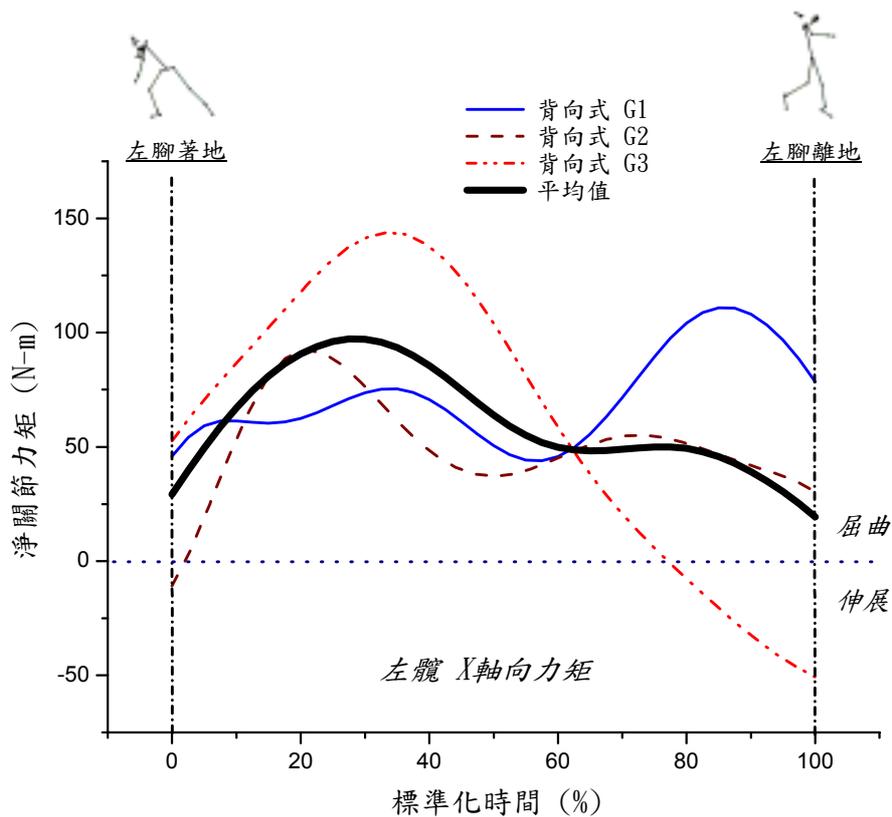


圖 4-7-7：背向滑步式左腕關節力矩、功率

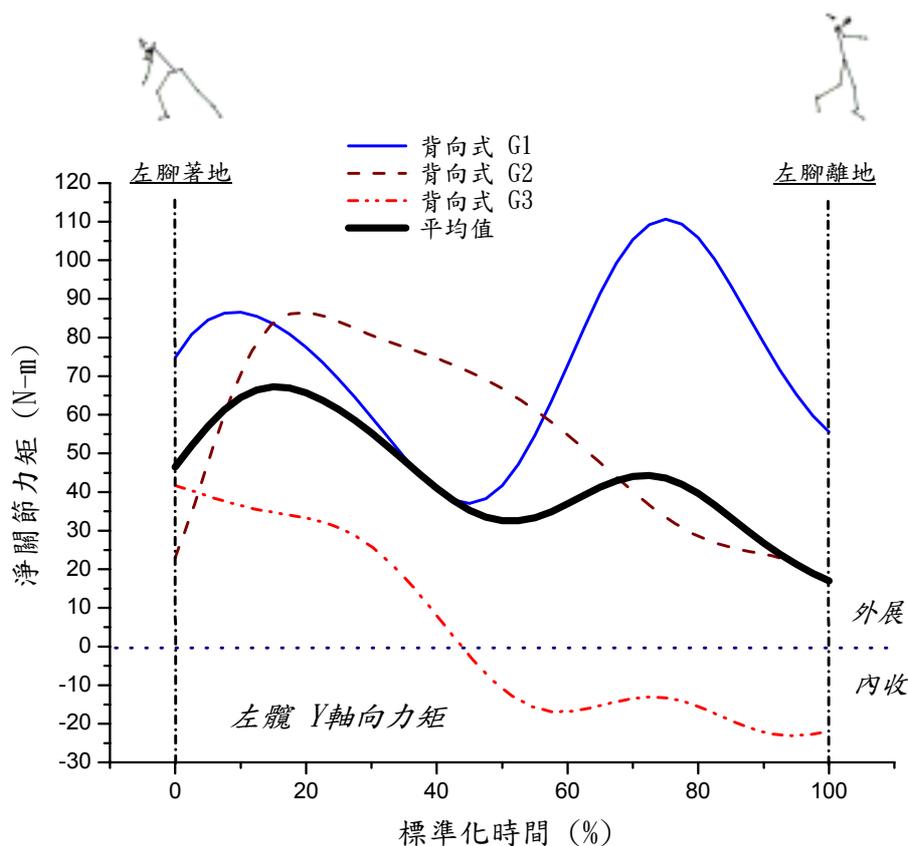


圖 4-7-8：背向滑步式左腕關節 Y 軸向力矩

表 4-7-2：背向滑步式投擲動作左腳各關節最大力矩

	G1	G2	G3	平均值	標準差
左踝關節蹠屈力矩(N-m)	143.6	157.6	119.0	140.1	19.6
標準化(%BW-BH)	7.6	8.9	6.1	7.5	1.4
產生時間,離出手前(s)	0.19	0.16	0.14	0.17	0.02
左膝關節伸展力矩(N-m)	277.8	255.8	285.5	273.0	15.4
標準化(%BW-BH)	14.6	14.4	14.7	14.6	0.2
產生時間,離出手前(s)	0.22	0.22	0.19	0.21	0.02
左腕關節屈曲力矩(N-m)	110.9	92.4	143.9	115.7	26.1
標準化(%BW-BH)	5.9	5.2	7.4	6.2	1.1
產生時間,離出手前(s)	0.14	0.26	0.22	0.21	0.07
左腕關節外展力矩(N-m)	110.6	86.4	41.7	79.6	35.0
標準化(%BW-BH)	5.8	4.9	2.1	4.3	1.9
產生時間,離出手前(s)	0.17	0.26	0.31	0.25	0.07

三、小結

- 一、 背向滑步式投擲右腳著地期間，右踝關節主要為蹠屈力矩，且先呈現吸收功率，然後呈現產生功率；右膝關節肌肉作用先為伸展力矩，並且先呈現吸收功率，然後主要為屈曲力矩，並呈現吸收功率；右髖關節主要為伸展力矩，額狀面為內收力矩，並呈現產生功率。
- 二、 背向滑步式投擲左腳著地期間，左踝關節主要為蹠屈力矩，且先呈現吸收功率，然後呈現產生功率；左膝關節肌肉作用主要為伸展力矩，先呈現吸收功率，再呈現產生功率；左髖關節均主要為屈曲力矩，額狀面均主要為外展力矩，先呈現產生功率，再呈現吸收功率。