

第肆章 結果

本章將透過 Motion 動作分析系統和 AMTI 測力系統所蒐集的運動學資料和地面反作用力資料，來分析在兩種不同預備站姿（預蹲站姿和跳動站姿）跆拳道跳後踢中端及上端踢擊動作的運動生物力學特徵及差異。因此，本章首先就跆拳道跳後踢的動作特徵，按照七個關鍵時相 (Events) 來說明跆拳道跳後踢動作過程中各階段運動生物力學的特徵。在運動學方面，包括各階段時間、重心位移、重心速度、攻擊腳及支撐腳腕、膝、踝關節的角運動學參數，以及軀幹的角運動學參數。在動力學方面，針對垂直方向及前後方向的地面反作用力及衝量進行分析。此外，藉由衝量定理計算出踢靶的踢擊力量。從跆拳道比賽規則對勝負的判定來看，影響跆拳道跳後踢攻擊效果的參數主要是動作速度的快慢及踢擊力量的大小，因此，本章除了對跳後踢的運動學及動力學進行分析外，更進一步對動作速度及攻擊腳踢擊力量的參數進行進一步的探討。本章將分下列八個部份：(一) 各階段時間分析；(二) 重心位移及重心速度分析；(三) 準備起跳期攻擊腿各關節角運動學分析；(四) 軀幹及攻擊腳各關節角運動學分析；(五) 攻擊腳各關節點速度及足跟速度分析；(六) 動作速度與踢擊力量；(七) 攻擊腳及支撐腳之地面反作用力分析；(八) 運動學和動力學參數與踢擊表現之間的相關。

第一節 各階段時間分析

表 4-1 各階段時間之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
下蹲期 (sec)	中端	0.208±0.027	0.232±0.026	
	上端	0.227±0.029	0.246±0.021	
蹬伸期 (sec)	中端	0.180±0.016	0.159±0.015	*
	上端	0.177±0.019	0.158±0.018	*
準備起跳期 (sec)	中端	0.388±0.032	0.390±0.036	
	上端	0.404±0.039	0.404±0.034	
旋轉期 (sec)	中端	0.073±0.022	0.083±0.014	
	上端	0.114±0.021	0.102±0.021	
攻擊期 (sec)	中端	0.067±0.009	0.068±0.008	
	上端	0.076±0.017	0.078±0.012	
騰空踢擊期 (sec)	中端	0.140±0.019	0.190±0.012	
	上端	0.151±0.013	0.180±0.019	
全程時間 (sec)	中端	0.528±0.032	0.541±0.035	
	上端	0.594±0.041	0.584±0.026	
下蹲時間比 (%)	中端	39.34±3.60	42.73±2.51	*
	上端	38.05±2.923	42.11±2.02	*
蹬伸時間比 (%)	中端	34.10±3.17	29.83±2.64	*
	上端	29.33±2.21	26.98±2.75	
支撐時間比 (%)	中端	73.44±3.56	72.06±2.93	
	上端	67.88±2.70	69.08±3.66	
旋轉時間比 (%)	中端	13.85±4.08	15.41±2.76	
	上端	19.31±3.91	17.52±3.75	
攻擊時間比 (%)	中端	12.71±1.61	12.53±1.72	
	上端	12.82±2.70	13.40±2.19	

* $p < .05$ 註：下蹲時間比=下蹲時間/全程時間；蹬伸時間比=蹬伸時間/全程時間

支撐時間比=準備起跳時間/全程時間；旋轉時間比=旋轉時間/全程時間

攻擊時間比=攻擊時間/全程時間

表 4-1 所呈現為四種跳後踢動作型態各階段時間的分析資料。包括準備起跳期的下蹲時間和蹬伸時間、騰空踢擊期的旋轉時間和攻擊時間，以及全程時間。在下蹲時間方面，其平均值介於 0.208 ~ 0.246sec 之間。在蹬伸期方面，其平均值介於 0.159 ~ 0.180 sec 之間，「預蹲中端」顯著大於「跳動中端」($p < .05$)，顯示跳動站姿有較快的蹬伸時間在旋轉時間方面，其平均值介於 0.073 ~ 0.114 sec 之間。在攻擊時

間方面，其平均值介於 0.067 ~ 0.078 sec 之間。在全程時間方面，平均值介於 0.528 ~ 0.594 sec 之間。

第一節 重心位移及重心速度

由於身體重心代表整個身體的運動情形，有助於瞭解運動過程中身體在攻擊過程中可能產生的移動方向及速度路徑等參數，可提供教練及選手在模擬對手攻擊時技、戰術運用上之參考，故本節將針對不同階段之重心運動學參數進行分析。

一、重心位移

圖 4-1~圖 4-4 為受試者 A 四種型態踢擊動作過程中重心位移---時間變化圖。在本研究中，「預蹲站姿」跳後踢及「跳動站姿」跳後踢的重心軌跡圖大都有著相同的特徵，表 4-2 所呈現為本研究四種跳後踢動作型態在準備起跳期之重心位移比較，結果顯示在起始重心高度方面，「跳動中端」、「跳動上端」分別顯著大於「預蹲中端」、「預蹲上端」 ($p < .05$)；在重心最低高度方面，「跳動上端」顯著大於「預蹲上端」 ($p < .05$)；在重心下降幅度方面，「跳動中端」、「跳動上端」皆分別顯著大於「預蹲中端」、「預蹲上端」 ($p < .05$)。

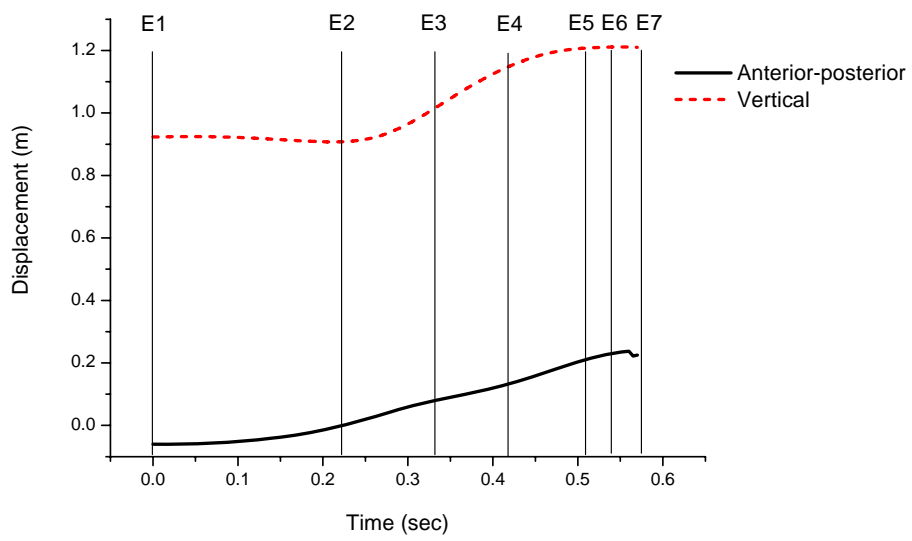


圖 4-1 受試者 A 「預蹲中端」跳後踢重心位移—時間變化圖

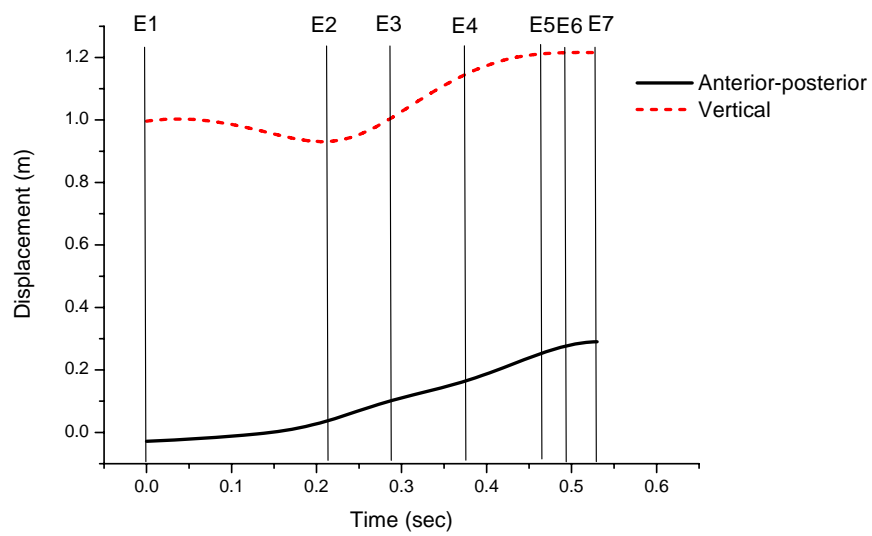


圖 4-2 受試者 A 「跳動中端」跳後踢重心位移---時間變化圖

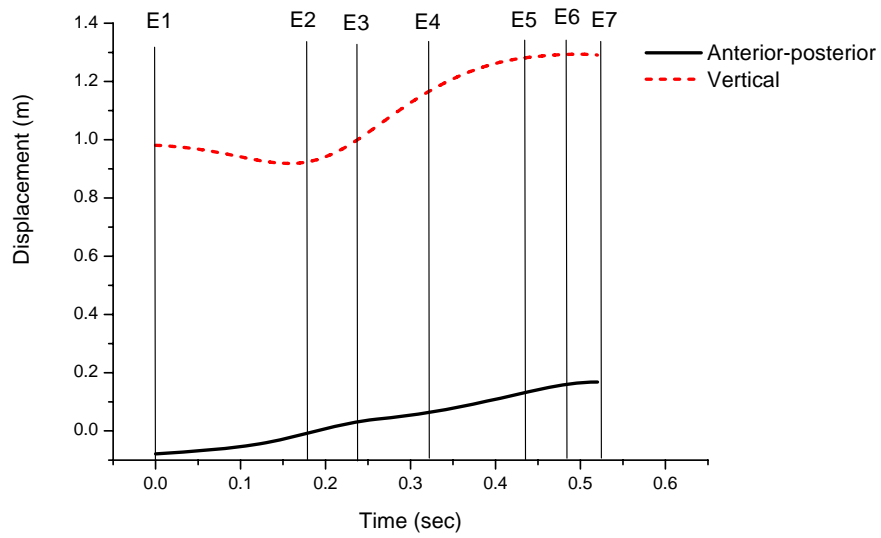


圖 4-3 受試者 A 「預蹲上端」跳後踢重心位移—時間變化圖

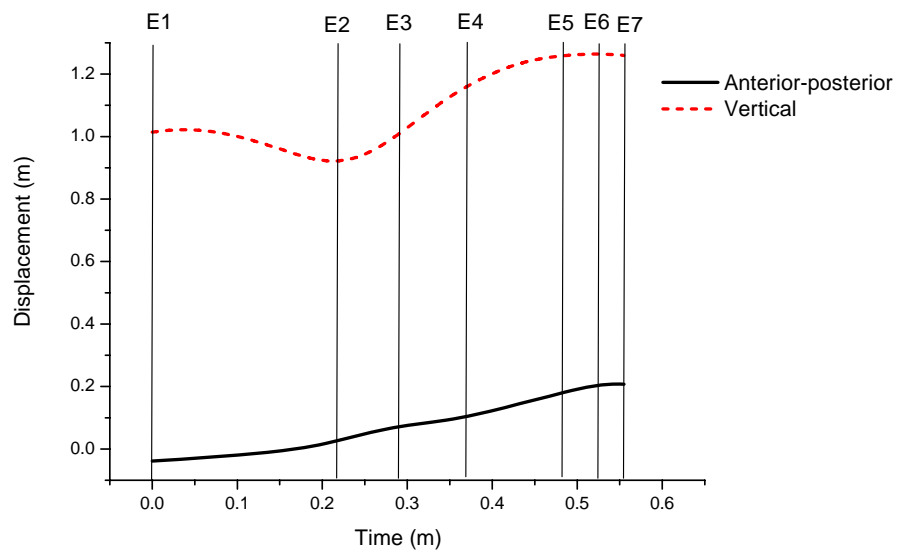


圖 4-4 受試者 A 「跳動上端」跳後踢重心位移---時間變化圖

表 4-2 準備起跳期之重心位移與時間參數比較 (N=10)

		預 蹲		顯著性
起始重心高度 (m)	中端	0.99±0.05	1.06±0.05	*
	上端	1.00±0.06	1.07±0.05	*
最低重心高度 (m)	中端	0.92±0.03	0.92±0.03	
	上端	0.89±0.03	0.92±0.04	
支撐腳離地時 重心高度 (m)	中端	1.13±0.03	1.18±0.04	
	上端	1.12±0.02	1.16±0.04	*
重心下降幅度 (m)	中端	0.06±0.03	0.14±0.04	*
	上端	0.10±0.04	0.16±0.03	*
重心上升幅度 (m)	中端	0.21±0.04	0.20±0.02	
	上端	0.28±0.42	0.25±0.04	*

*p < .05

表 4-3 所示為動作期的重心位移比較，結果發現垂直及前後方向位移大於左右位移，顯示出跳後踢動作中，身體主要是垂直及前後方向的運動。根據重心位移數值大小來看，重心前後位移平均值介於 0.13 ~ 0.17 m 之間，中端動作大於上端動作；重心垂直位移平均值介於 0.21 ~ 0.29 m 之間，上端動作大於中端動作。重心前後位移方面，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」(p < .05)。

表 4-3 動作期之重心位移比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
重心前後位移 (m)	中端	0.15±0.03	0.17±0.03	*
	上端	0.13±0.03	0.14±0.03	
重心垂直位移 (m)	中端	0.21±0.04	0.22±0.04	
	上端	0.29±0.03	0.29±0.04	
重心合位移 (m)	中端	0.22±0.04	0.23±0.04	
	上端	0.30±0.03	0.29±0.03	

* p < .05 註：動作期重心位移係指攻擊腳離地至踢中靶瞬時之重心位移變化

二、重心速度

圖 4-5~ 圖 4-8 為受試者 A 四種型態踢擊動作過程中重心速度變化曲線圖。

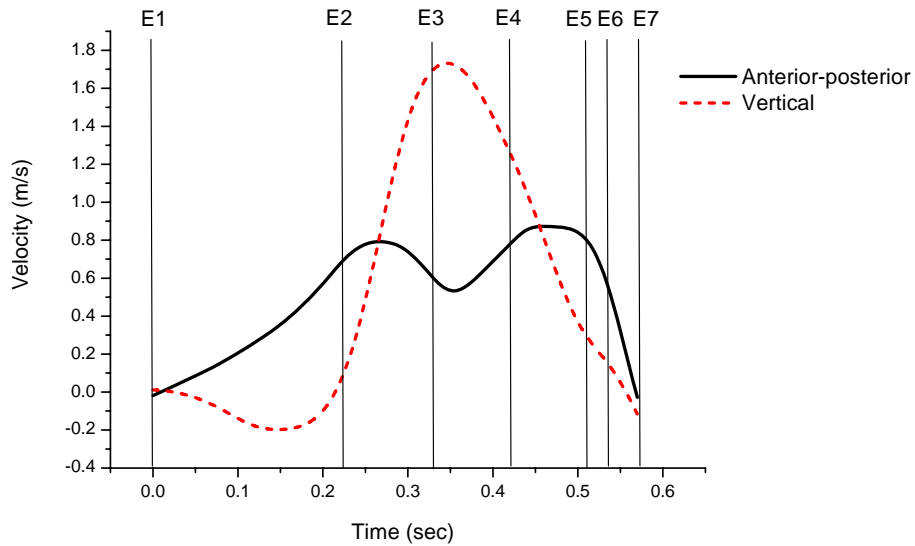


圖 4-5 受試者 A 「預蹲中端」跳後踢重心速度變化圖

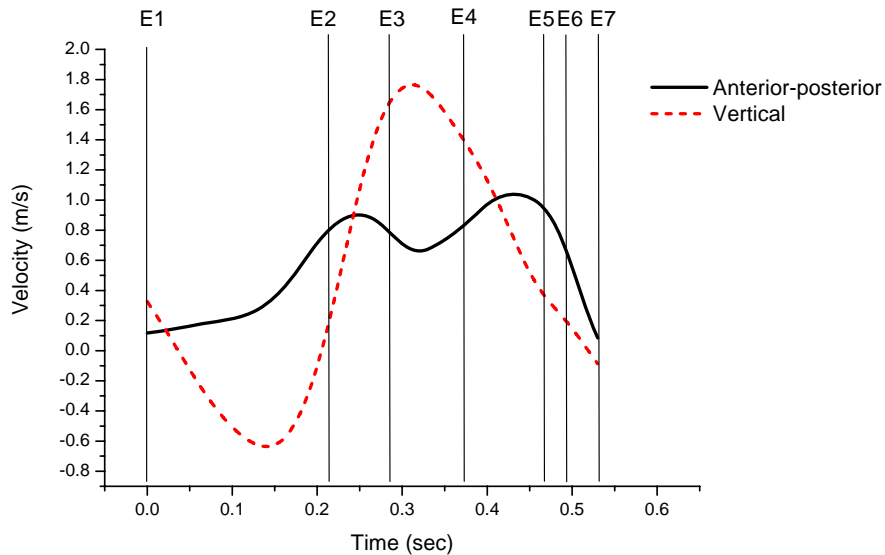


圖 4-6 受試者 A 「跳動中端」跳後踢重心速度變化圖

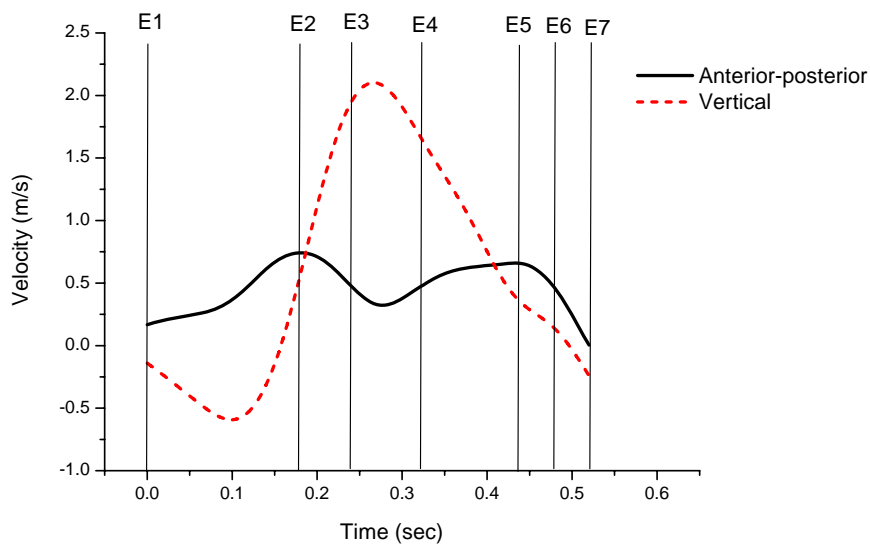


圖 4-7 受試者 A 「預蹲上端」跳後踢重心速度變化圖

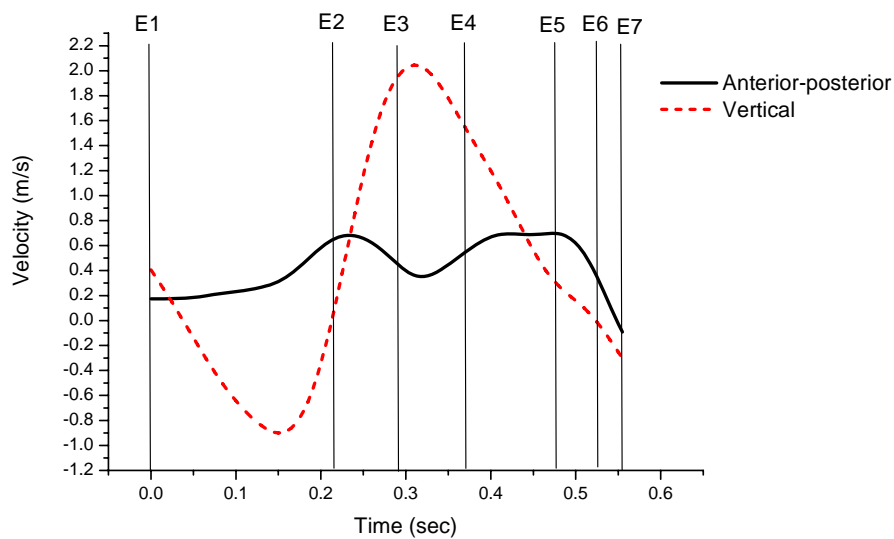


圖 4-8 受試者 A 「跳動上端」跳後踢重心速度變化圖

表 4-4 為動作期攻擊腳離地瞬時 (E3)、支撐腳離地瞬時 (E4) 和攻擊腳中靶瞬時 (E6) 之重心速度及重心速度峰值和出現時機的比較。攻擊腳離地瞬時之重心前後速度，其平均值介於 0.509~0.754 m/s 之間，「跳動中端」的重心前後速度顯著大「預蹲中端」 ($p < .05$)；

重心垂直速度之平均值介於 1.66~2.22 m/s 之間；在支撐腳離地瞬時，重心前後速度平均值介於 0.47~0.84 m/s 之間；重心垂直速度平均值介於 1.21~1.64 m/s 之間，「跳動上端」顯著大於「預蹲上端」(p < .05)；在攻擊踢中靶瞬時，重心前後速度平均值介於 0.38~0.71 m/s 之間。整體而言，「預蹲中端」、「跳動中端」有較大的重心前後速度，「跳動上端」則有較大的重心垂直速度。

表 4-4 動作期之重心速度比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
攻擊腿離地瞬時 (E3)				
重心前後速度 (m/s)	中端	0.59±0.27	0.75±0.18	*
	上端	0.51±0.19	0.51±0.14	
重心垂直速度 (m/s)	中端	1.66±0.27	1.75±0.20	
	上端	2.22±0.13	2.15±0.19	
重心合速度 (m/s)	中端	1.93±0.73	1.77±0.19	
	上端	2.23±0.15	2.13±0.17	
支撐腳離地瞬時 (E4)				
重心前後速度 (m/s)	中端	0.80±0.03	0.84±0.15	
	上端	0.47±0.14	0.58±0.20	
重心垂直速度 (m/s)	中端	1.21±0.31	1.31±0.21	*
	上端	1.46±0.72	1.64±0.16	
重心合速度 (m/s)	中端	1.26±0.26	1.36±0.23	
	上端	1.69±0.19	1.63±0.14	
攻擊中靶瞬時 (E6)				
重心前後速度 (m/s)	中端	0.70±0.32	0.71±0.15	
	上端	0.38±0.24	0.42±0.18	
重心垂直速度 (m/s)	中端	0.37±0.42	0.30±0.17	
	上端	0.15±0.18	0.22±0.24	
重心合速度 (m/s)	中端	0.48±0.39	0.43±0.19	
	上端	0.27±0.23	0.27±0.28	
重心前後速度峰值 (m/s)	中端	0.93±0.15	1.03±0.18	*
	上端	0.77±0.10	0.83±0.14	
重心合速度峰值 (m/s)	中端	1.72±0.28	1.81±0.22	
	上端	2.26±0.16	2.18±0.19	
重心前後速度峰值 出現時間 (sec)	中端	0.066±0.067	0.052±0.011	*
	上端	0.067±0.019	0.067±0.020	
重心合速度峰值 出現時間 (sec)	中端	0.174±0.021	0.174±0.018	
	上端	0.217±0.0012	0.205±0.012	

*p < .05

第三節 攻擊腳與支撐腳各關節角位移

圖 4-9~圖 4-12 呈現攻擊腳各關節角度變化，兩種預備站姿雙腳各關節角度變化曲線皆有類似的型態。攻擊腳在離地後，不論是髖、膝、踝關節角度皆急遽下降，膝關節在攻擊期首先伸展，而大部份受試者髖、踝關節則在踢靶離開攻擊腳之後才開始伸展。

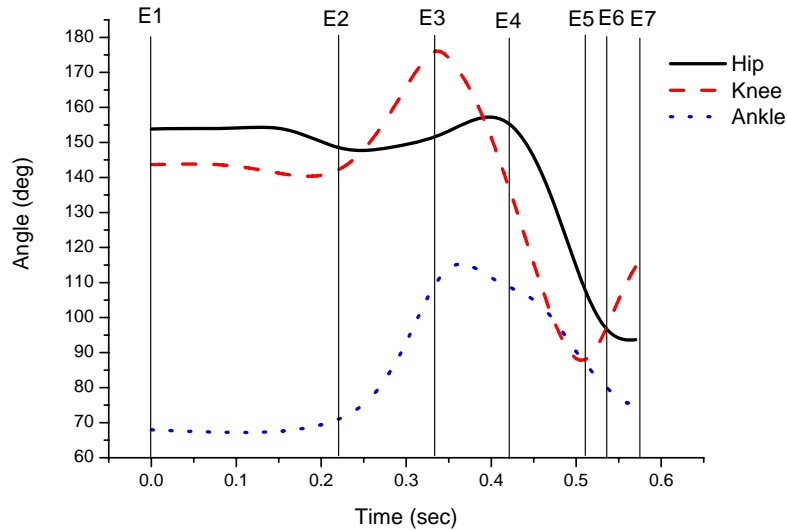


圖 4-9 受試者 A 「預蹲中端」跳後踢攻擊腳各關節角度變化圖

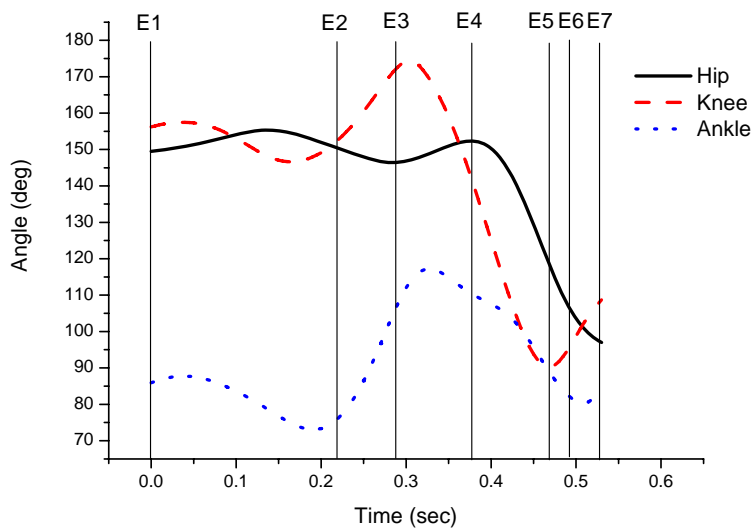


圖 4-10 受試者 A 「跳動中端」跳後踢攻擊腳各關節角度變化圖

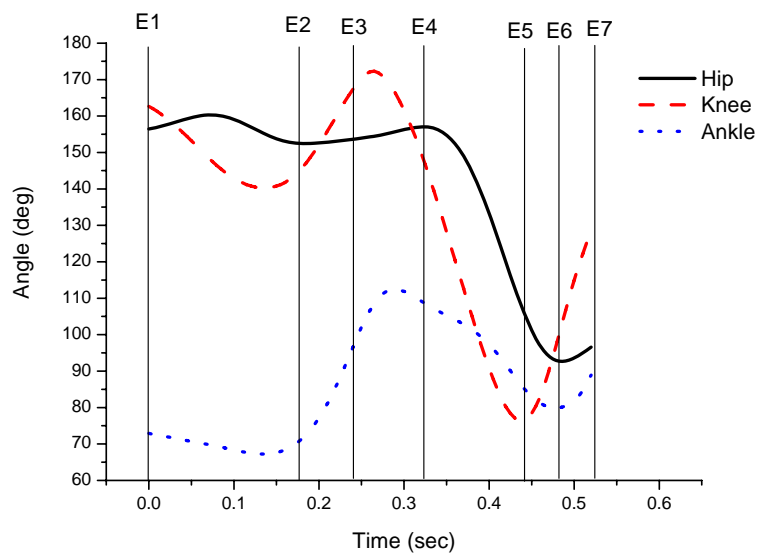


圖 4-11 受試者 A 「預蹲上端」跳後踢攻擊腳各關節角度變化圖

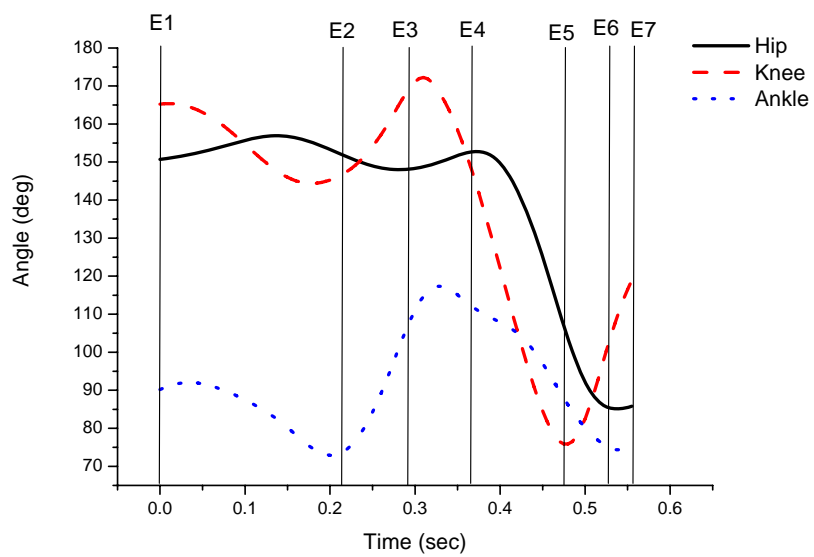


圖 4-12 受試者 A 「跳動上端」跳後踢攻擊腳各關節角度變化圖

表 4-5 攻擊腳之角位移參數比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
下蹲期 (E1~E2)				
髖關節角位移 (deg)	中端	-9.8±4.1	-3.7±3.3	*
	上端	-11.4±7.2	-4.1±5.6	*
膝關節角位移 (deg)	中端	-12.4±9.4	-21.2±7.2	*
	上端	-22.4±12.2	-26.3±5.3	
踝關節角位移 (deg)	中端	-2.2±5.9	-25.4±7.8	*
	上端	-5.3±7.1	-28.1±8.1	*
蹬伸期 (E2~E3)				
髖關節角位移 (deg)	中端	1.9±3.9	-5.1±4.4	*
	上端	7.4±6.4	0.5±3.7	*
膝關節角位移 (deg)	中端	26.2±7.5	24.0±3.5	
	上端	37.0±5.2	28.2±4.8	*
踝關節角位移 (deg)	中端	34.4±5.0	34.4±3.3	
	上端	40.6±6.8	38.4±4.6	
旋轉期 (E4~E5)				
髖關節角位移 (deg)	中端	-19.8±12.1	-20.2±6.6	
	上端	-42.4±10.9	-38.6±11.3	
膝關節角位移 (deg)	中端	-40.3±20.7	-52.8±12.9	
	上端	-71.8±10.9	-66.7±18.2	
踝關節角位移 (deg)	中端	-14.5±8.3	-18.1±7.8	*
	上端	-22.8±5.6	-21.5±8.7	
攻擊期 (E5~E7)				
髖關節角位移 (deg)	中端	-9.0±11.3	-9.6±9.5	
	上端	-9.1±11.2	-8.2±12.4	
膝關節角位移 (deg)	中端	28.7±8.1	28.7±13.5	
	上端	47.5±15.9	47.5±15.9	
踝關節角位移 (deg)	中端	-9.8±7.0	-10.1±8.4	
	上端	-8.3±11.5	-7.1±16.3	

* $p < .05$

表 4-5 呈現攻擊腳髖、膝、踝關節在各階段的角位移參數。在下蹲期髖關節角位移平均值介於 3.7~11.4 deg 之間，「預蹲中端」、「預蹲上端」分別顯著大於「跳動中端」、「跳動上端」 ($p < .05$)，顯示預蹲站姿的髖關節角位移皆大於跳動站姿；膝關節位移平均值介於 12.4~22.4 deg 之間，「預蹲中端」顯著小於「跳動中端」 ($p < .05$)；踝關節角位移平均值介於 2.2~28.1 deg 之間，「跳動中端」、「跳動上端」分別顯著大於「預蹲中端」、「預蹲上端」 ($p < .05$)，顯示預蹲站

姿之踝關節角位移小於跳動站姿。在蹬伸期之髖關節角位移方面，「預蹲上端」顯著大於「跳動上端」 ($p < .05$)，同時「預蹲中端」亦顯著大於「跳動中端」 ($p < .05$)，結果顯示除了跳動中端之髖關節角位移為負值外，其他三種動作皆呈現出伸髖之現象；膝關節角位移平均值介於 24.0~37.0 deg 之間，「預蹲上端」顯著大於「跳動上端」 ($p < .05$)；踝關節角位移平均值介於 34.4~40.6 deg 之間。

旋轉期之髖關節、膝關節角位移有類似的現象，踝關節角位移平均值介於-14.6~22.9 deg 之間，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)。攻擊期之髖關節角位移和踝關節角位移皆未達顯著差異 ($p > .05$)；膝關節角位移平均值介於 28.7~47.6 deg 之間，結果顯示上端動作有較大的膝關節角位移。

表 4-6 支撐腳各關節角位移比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
下蹲期 (E1~E2)				
髖關節角位移 (deg)	中端	2.9±6.2	-0.2±5.4	
	上端	-5.9±8.2	-4.7±7.1	
膝關節角位移 (deg)	中端	-29.5±8.8	-31.1±4.0	
	上端	-29.7±9.0	-30.2±3.6	
踝關節角位移 (deg)	中端	-14.0±8.5	-29.2±11.8	*
	上端	-15.9±7.7	-31.9±10.6	*
蹬伸期 (E2~E3)				
髖關節角位移 (deg)	中端	10.8±9.6	10.2±11.1	
	上端	24.2±9.4	17.7±7.3	*
膝關節角位移 (deg)	中端	38.3±5.9	33.1±4.6	*
	上端	38.3±5.3	35.5±5.5	*
踝關節角位移 (deg)	中端	38.3±5.7	35.9±7.3	
	上端	44.5±5.3	43.0±7.6	

* $p < .05$

表 4-6 呈現支撐腳各關節角位移，在下蹲期時髖關節角位移除了「預蹲中端」為正值外，其他三種動作皆為負值，結果顯示上端動作有較大的髖關節角位移；踝關節平均值介於 14.0~31.9 deg 之間，「跳動中端」、「跳動上端」分別顯著大於「預蹲中端」、「預蹲上端」 (p

< .05)，結果顯示跳動站姿有較大的踝關節角位移。在蹬伸期時，髌關節角位移和踝關節角位移有相同的情形，顯示上端動作有較大的髌、踝關節角位移；膝關節角位移平均值介於 33.1~38.3 deg 之間，「預蹲中端」顯著大於「跳動中端」 ($p < .05$)，「預蹲上端」亦顯著大於「跳動上端」，顯示預蹲站姿有較大的膝關節角位移。

第四節 軀幹旋轉角速度與攻擊腳各關節角速度

四種型態踢擊動作過程中肩軸（上軀幹）及髖軸（下軀幹）角速度變化曲線有類似的型態，但其肩軸與髖軸騰空踢擊期的互動則呈現出兩種不同的類型，因此以圖 4-13 圖 4-14 呈現不同肩、髖軸互動模式的角速度變化圖。

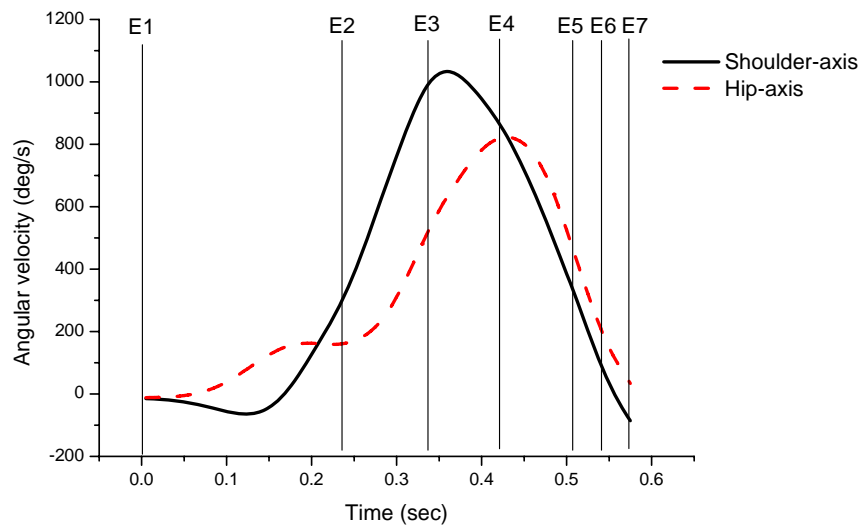


圖 4-13 試者 A 「預蹲中端」跳後踢軀幹角速度變化圖

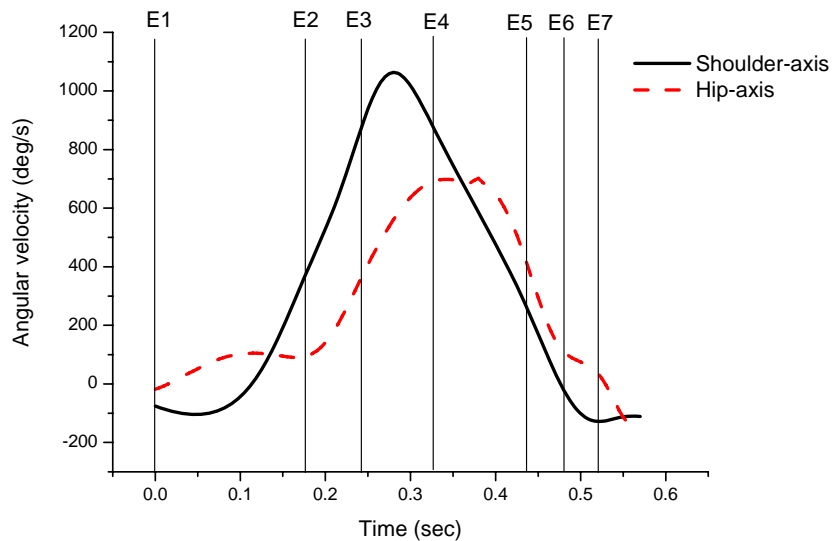


圖 4-14 試者 A 「預蹲上端」跳後踢軀幹角速度變化圖

表 4-7 為動作過程中攻擊腳離地瞬時 (E3)、支撐腳離地瞬時 (E4)、攻擊腳踢中靶瞬時 (E6) 和踢靶離開攻擊腳瞬時 (E7) 之肩、腕軸角速度比較。

表 4-7 肩、腕軸旋轉角速度比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
攻擊腳離地瞬時 (E3)				
肩軸角速度 (deg/s)	中端	932.4±147.5	993.2±145.4	*
	上端	861.2±137.2	940.9±167.2	*
腕軸角速度 (deg/s)	中端	593.5±95.4	660.7±135.5	*
	上端	573.2±162.7	610.2±136.4	
支撐腳離地瞬時 (E4)				
肩軸角速度 (deg/s)	中端	680.1±120.9	747.6±147.6	
	上端	787.8±103.7	767.8±137.3	
腕軸角速度 (deg/s)	中端	786.4±137.3	745.8±62.9	
	上端	735.8±67.6	720.6±52.8	
攻擊腳中靶瞬時 (E6)				
肩軸角速度 (deg/s)	中端	109.3±68.8	95.1±83.8	
	上端	-19.8±70.0	-21.6±48.6	
腕軸角速度 (deg/s)	中端	160.2±70.8	148.7±67.3	
	上端	47.0±86.7	78.1±90.7	
踢靶離開瞬時 (E7)				
肩軸角速度 (deg/s)	中端	-39.6±118.8	-53.2±113.6	
	上端	-114.6±94.3	-107.8±97.0	
腕軸角速度 (deg/s)	中端	10.8±81.4	-3.2±78.4	
	上端	-22.1±79.9	-27.2±72.7	
肩軸角速度峰值 (deg/s)	中端	958.9±143.0	1016.6±143.6	*
	上端	905.0±123.0	971.4±157.7	*
腕軸角速度峰值 (deg/s)	中端	770.6±55.6	780.2±49.6	
	上端	751.4±79.8	752.3±80.2	
肩軸最大角速度 出現時間 (sec)	中端	0.171±0.020	0.179±0.009	
	上端	0.206±0.020	0.210±0.158	
腕軸最大角速度 出現時間 (sec)	中端	0.124±0.023	0.126±0.031	
	上端	0.156±0.029	0.158±0.025	

* p< .05

結果發現，在肩軸角速度方面，當攻擊腳離地瞬時，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 (p < .05)，而「跳動上端」亦顯著大於「預

蹲上端」 ($p < .05$)；在肩軸角速度峰值方面，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)，而「跳動上端」亦顯著大於「預蹲上端」 ($p < .05$)。

在髖軸角速度方面，當攻擊腳離地瞬時，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)；在踢靶離開攻擊腳瞬時之髖軸角速度和髖軸角速度峰值方面，四種動作型態間皆未達顯著差異 ($p > .05$)。整體而言，「跳動站姿」有較大的肩軸、髖軸角速度；而從最大角速度出現時機來看，肩軸最大角速度出現時機較髖軸為早。

圖 4-15 圖 4-18 各關節角速度變化。藉由圖示可看出，在準備起跳期，髖、膝及踝關節最大角速度皆呈正值，顯示攻擊腳各關節是在蹬伸階段達到最大角速度值，角速度峰值出現的先後依序為膝關節、踝關節和髖關節；在旋轉期 (E4~E5)，髖、膝、踝關節皆呈現角度較小的趨勢（即角速度為負），但如再進一步比較其彎曲程度，可發現同一時間內髖及膝關節屈曲的幅度較大，亦即角速度下降斜率較大，由上述圖中可看出，不論是「預蹲站姿」還是「跳動站姿」在旋轉期踝關節角速度是維持平穩狀態（相較於髖、膝關節的劇烈變化）。然而在攻擊期膝關節急速伸展，在踢中靶瞬時膝關節角速度接近最大值，而髖關節在此階段呈屈曲狀態（亦即角速度為負），踝關節亦維持較為穩定狀態。

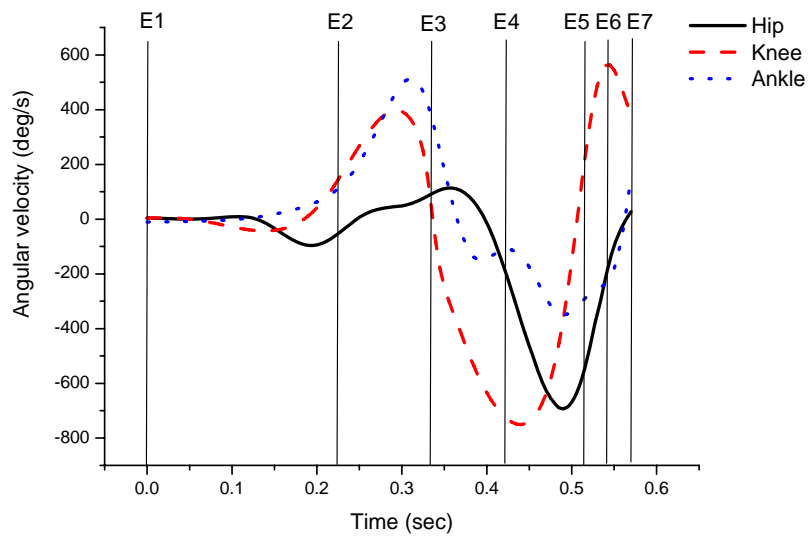


圖 4-15 試者 A 「預蹲中端」跳後踢攻擊腳各關節角速度變化圖

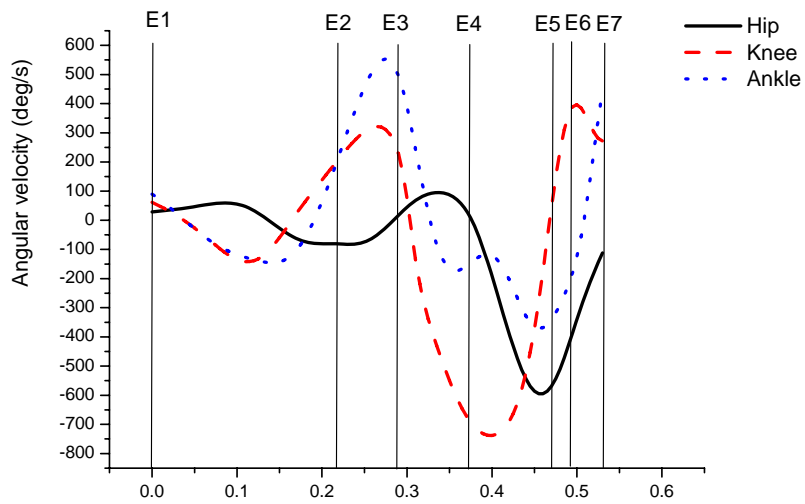


圖 4-16 者 A 「跳動中端」跳後踢攻擊腳各關節角速度變化圖

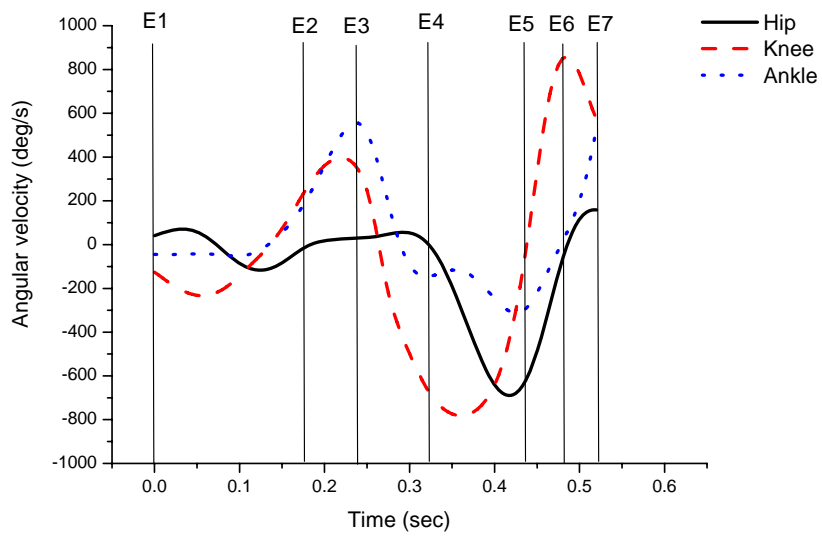


圖 4-17 者 A 「預蹲上端」跳後踢攻擊腳各關節角速度變化圖

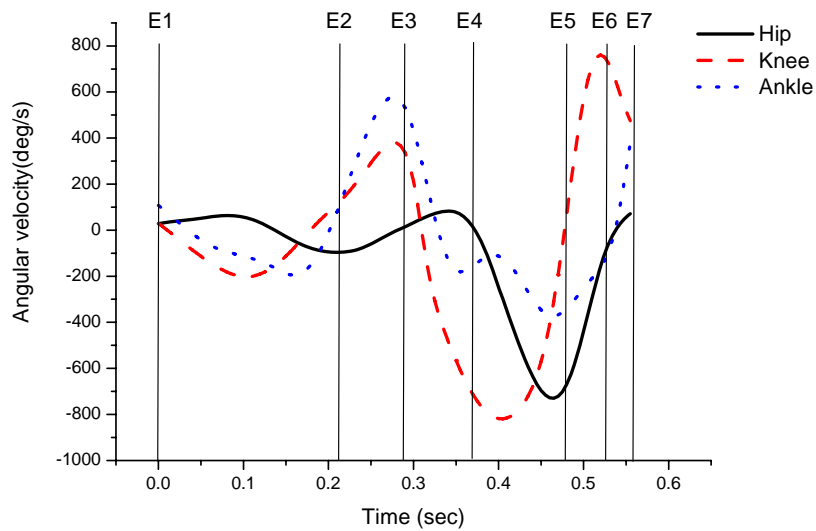


圖 4-18 者 A 「跳動上端」跳後踢攻擊腳各關節角速度變化圖

表 4-8 準備起跳期攻擊腳各關節角速度峰值及出現時機之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
髖關節角速度峰值 (deg/s)	中端	81.7±32.5	94.9±40.1	
	上端	115.5±66.2	91.2±42.5	
膝關節角速度峰值 (deg/s)	中端	431.2±195.5	379.4±95.5	
	上端	504.1±94.7	451.4±116.0	*
踝關節角速度峰值 (deg/s)	中端	484.5±40.1	536.4±33.3	*
	上端	575.4±62.1	583.4±45.0	*
髖關節角速度峰值	中端	54.8±8.7	58.0±10.0	
出現時機 (%)	上端	51.2±6.5	56.4±8.5	*
膝關節角速度峰值	中端	50.3±3.3	49.8±7.3	
出現時機 (%)	上端	50.5±3.5	51.2±2.0	
踝關節角速度峰值	中端	53.8±3.4	51.9±7.1	
出現時機 (%)	上端	52.8±3.3	53.1±2.1	

* p< .05

表 4-9 騰空踢擊期攻擊腳各關節角速度峰值及出現時機之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
旋轉期 (E4~E5)				
髖關節角速度峰值 (deg/s)	中端	-371.6±205.2	-344.3±120.7	
	上端	-550.4±91.9	-561.5±129.1	
膝關節角速度峰值 (deg/s)	中端	-861.3±80.3	-863.3±66.2	
	上端	-883.1±73.7	-893.7±57.2	
踝關節角速度峰值 (deg/s)	中端	-266.6±79.0	-298.7±86.3	
	上端	-296.1±89.8	-282.2±104.4	
髖關節角速度峰值	中端	80.3±3.7	82.2±2.9	
出現時機 (%)	上端	80.6±12.3	82.5±2.4	
膝關節角速度峰值	中端	74.3±3.7	72.2±2.3	
出現時機 (%)	上端	71.4±9.5	72.7±1.8	
踝關節角速度峰值	中端	76.6±7.8	76.8±9.8	
出現時機 (%)	上端	77.0±16.0	79.4±10.6	
攻擊期 (E5~E7)				
膝關節角速度峰值 (deg/s)	中端	614.4±145.9	535.3±149.4	
	上端	814.5±166.4	770.9±221.4	
膝關節角速度峰值	中端	90.3±7.9	94.3±0.8	*
出現時機 (%)	上端	95.5±1.5	94.4±0.8	

* p< .05

第五節 攻擊腳各關節合速度及足跟合速度

圖 4-19 圖 4-20 受試者 A 四種型態踢擊動作過程中攻擊腳在動作過程中攻擊腳下肢各關節合速度的變化曲線圖。兩種預備站姿在膝、踝關節之速度變化曲線有類似的型態，而兩種上端動作之髖關節速度曲線則呈現出較為平滑的現象。

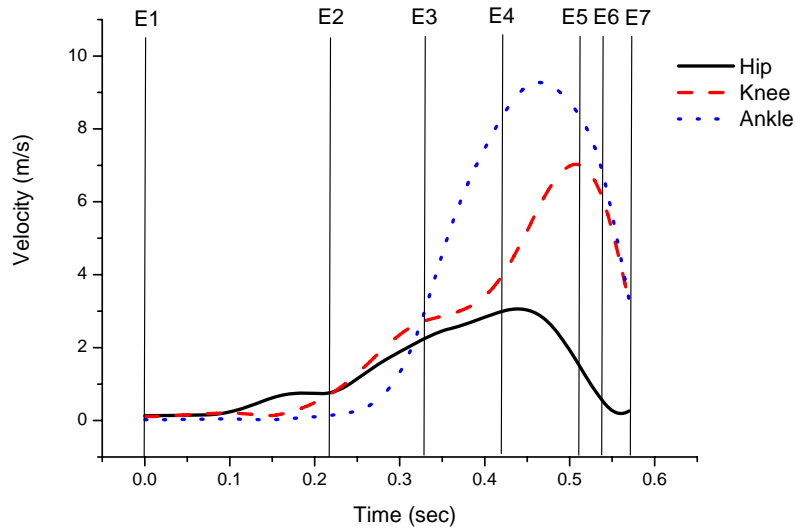


圖 4-19 受試者 A 「預蹲中端」跳後踢攻擊腳各關節速度變化圖

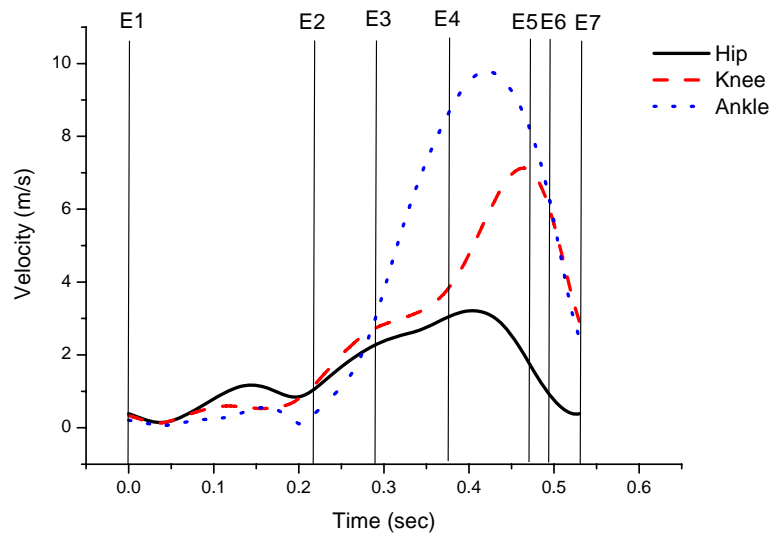


圖 4-20 受試者 A 「跳動中端」跳後踢攻擊腳各關節速度變化圖

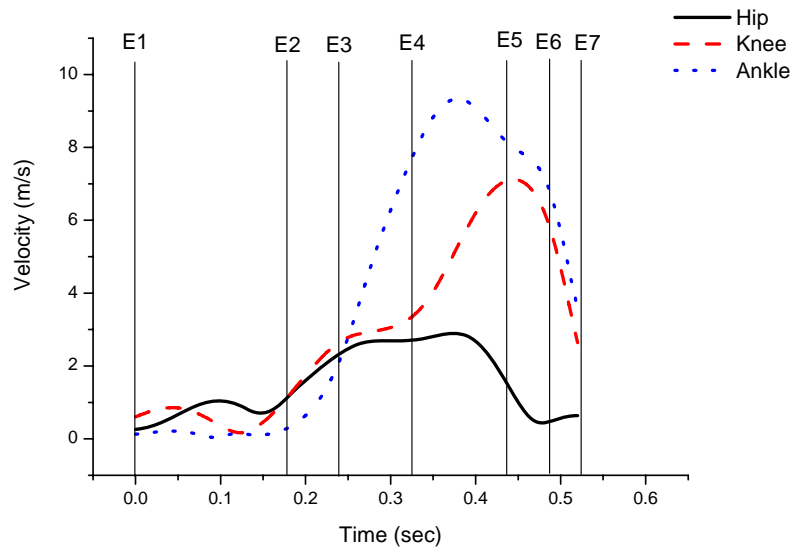


圖 4-21 受試者 A 「預蹲上端」跳後踢攻擊腳各關節速度變化圖

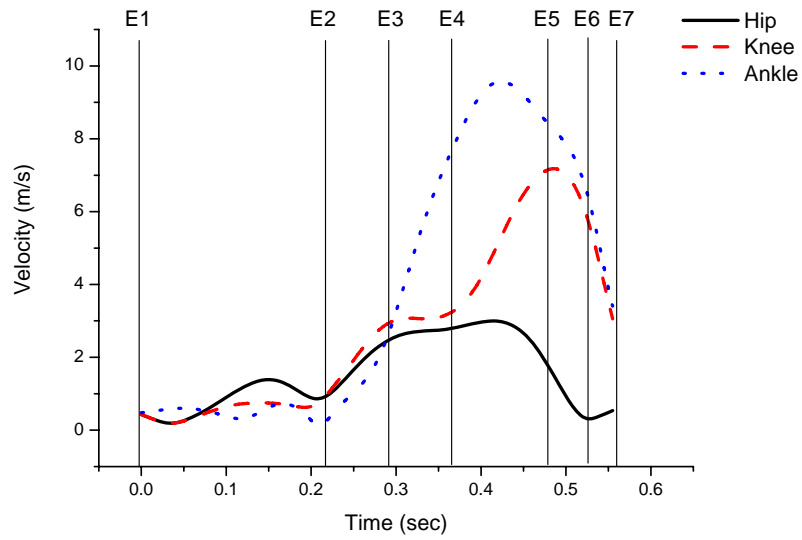


圖 4-22 受試者 A 「跳動上端」跳後踢攻擊腳各關節速度變化圖

表 4-10 顯示各階段下肢各關節線速度比較。當攻擊腳離地瞬時，在髖關節線速度方面，平均值介於 2.63~2.94 m/s 之間，「跳動上端」顯著大於「預蹲上端」 ($p < .05$)，而「跳動中端」亦顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)；在膝關節線速度方面，平均值介於 3.08~3.42 m/s 之間，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)；至於踝關節線速度和足跟線速度方面則無顯著差異 ($p > .05$)。當攻擊腳踢中靶瞬時，各關節線速度方面均無顯著差異 ($p < .05$)。

表 4-10 攻擊腳各關節速度與足跟速度之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
攻擊腳離地 (E3)	中端	2.63±0.33	2.76±0.34	*
	上端	2.90±0.33	2.94±0.26	*
膝關節線速度 (m/s)	中端	3.08±0.39	3.27±0.35	*
	上端	3.38±0.42	3.42±0.37	
踝關節線速度 (m/s)	中端	4.34±0.97	4.46±0.68	
	上端	4.07±0.80	4.07±0.78	
足跟線速度 (m/s)	中端	5.00±1.06	5.14±0.67	
	上端	4.73±0.94	4.76±0.80	
攻擊腳中靶 (E6)	中端	0.47±0.18	0.51±0.17	
	上端	0.54±0.18	0.51±0.13	
膝關節線速度 (m/s)	中端	5.73±0.54	5.62±0.83	
	上端	5.09±0.83	4.52±0.48	
踝關節線速度 (m/s)	中端	6.87±0.47	6.65±0.39	
	上端	6.84±0.67	6.60±0.54	
足跟線速度 (m/s)	中端	6.63±0.46	6.51±0.53	
	上端	6.60±0.54	6.56±0.52	

* $p < .05$

表 4-11 呈現攻擊腳各關節線速度峰值及出現時機，四種動作在髖、踝關節線速度峰值未達顯著差異 ($p < .05$)，髖關節線速度峰值平均值介於 3.08~3.14 m/s 之間；膝關節線速度峰值平均值介於 7.07~7.22 m/s 之間。在踝關節線速度峰值方面，「跳動中端」顯著大於「預蹲中端」 ($p < .05$)，其平均值介於 9.61~10.23 m/s 之間。在攻擊腳各關節線速度峰值出現時機方面，顯示上端動作各關節線速度峰

值出現時機較快；而就髖、膝、踝關節線速度峰值出現時機之比較而言，由表 4-11 可看出髖關節線速度峰值出現的時間最早，接著為踝關節，最後才是膝關節。此外，亦發現四種動作之髖關節線速度峰值出現時間差異較大，而膝、踝關節則差異較小。

表 4-11 攻擊腳各關節線速度峰值及出現時機之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
髖關節線速度峰值 (m/s)	中端	3.14±0.49	3.08±0.24	
	上端	3.07±0.31	3.10±0.28	
膝關節線速度峰值 (m/s)	中端	7.07±0.58	7.22±0.54	
	上端	7.11±0.47	7.16±0.43	
踝關節線速度峰值 (m/s)	中端	9.85±0.49	10.24±0.46	*
	上端	9.61±0.56	9.91±0.53	*
髖關節線速度峰值 出現時機 (%)	中端	35.15±12.69	49.17±56.57	
	上端	16.33±7.66	15.54±5.64	
膝關節線速度峰值 出現時機 (%)	中端	86.60±3.72	85.60±2.65	
	上端	80.40±7.67	82.40±4.38	
踝關節線速度峰值 出現時機 (%)	中端	56.09±5.28	55.80±6.03	
	上端	50.82±4.67	50.47±4.34	

* p< .05

第六節 動作速度與踢擊力量

一、動作速度

表 4-12 動作時間、動作位移與動作速度之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
動作時間 (sec)	中端	0.191±0.011	0.192±0.013	
	上端	0.224±0.011	0.217±0.010	*
動作位移 (m)	中端	1.64±0.15	1.66±0.17	
	上端	1.75±0.18	1.76±0.17	
動作速度 (m/s)	中端	8.57±0.95	8.69±0.97	
	上端	7.80±0.73	8.12±0.85	*

*p < .05

表 4-12 所示為動作時間與動作速度比較，在動作時間方面其平均值介於 0.191~0.224 sec 之間，「預蹲上端」顯著大於「跳動上端」(p < .05)，顯示中端兩種動作型態其動作時間並無差異，而「跳動上端」的動作時間快於「預蹲上端」。在動作位移方面，其平均值介於 1.64~1.76 m 之間，四種動作型態並無差異 (p > .05)，顯示受試者在進行跳後踢動作有其固定的距離。在動作速度方面，其平均值介於 7.80~8.69 m/s 之間，「預蹲上端」顯著小於「跳動上端」(p < .05)，顯示預蹲上端的動作速度最慢。

二、踢擊力量

表 4-13 所示為碰撞時間、踢靶速度改變量和踢擊力量之比較。在碰撞時間方面，其平均值介於 0.028~0.032 sec 之間，顯示「跳動中端」有較長的碰撞時間；在速度改變量方面，其平均值介於 2.69~3.11 m/s 之間，彼此間未達顯著差異；在踢擊力量方面，其平均值介於 1757.4~2117.4 N 之間，「預蹲上端」顯著小於「跳動上端」，顯示「預蹲上端」之踢擊力量最小。

表 4-13 碰撞時間、踢靶速度改變量與踢擊力量之比較 (N=10)

		預 蹲	跳 動	顯著性
碰撞時間 (sec)	中端	0.030±0.004	0.032±0.005	
	上端	0.031±0.004	0.028±0.004	
速度改變量 (m/s)	中端	2.94±0.73	3.11±0.56	
	上端	2.69±0.71	2.98±0.69	
踢擊力量 (N)	中端	1977.8±425.3	1968.5±447.1	
	上端	1757.4±92.8	2117.4±465.1	*

*p < .05

第七節 攻擊腳及支撐腳之地面反作用力

圖 4-23 至圖 4-26 為攻擊腳及支撐腳在前後方向與垂直方向之地面反作用力變化曲線圖。

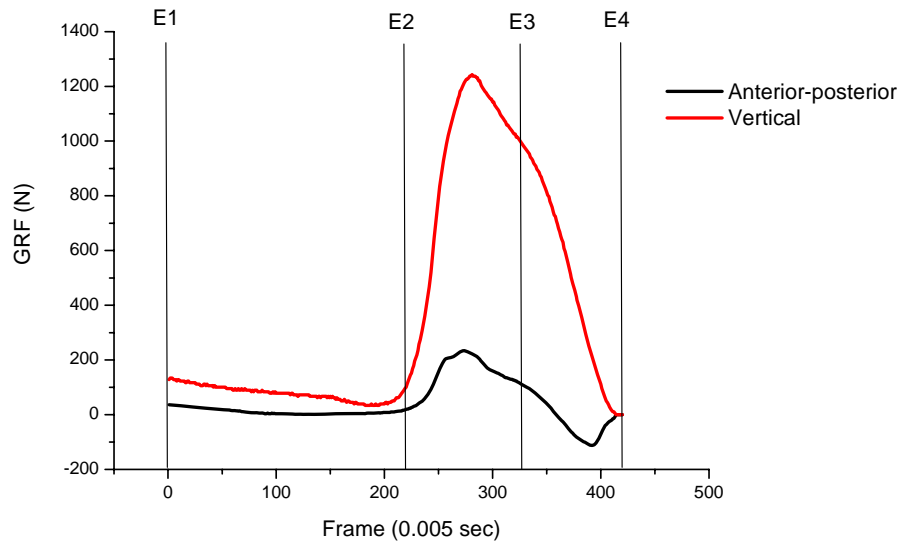
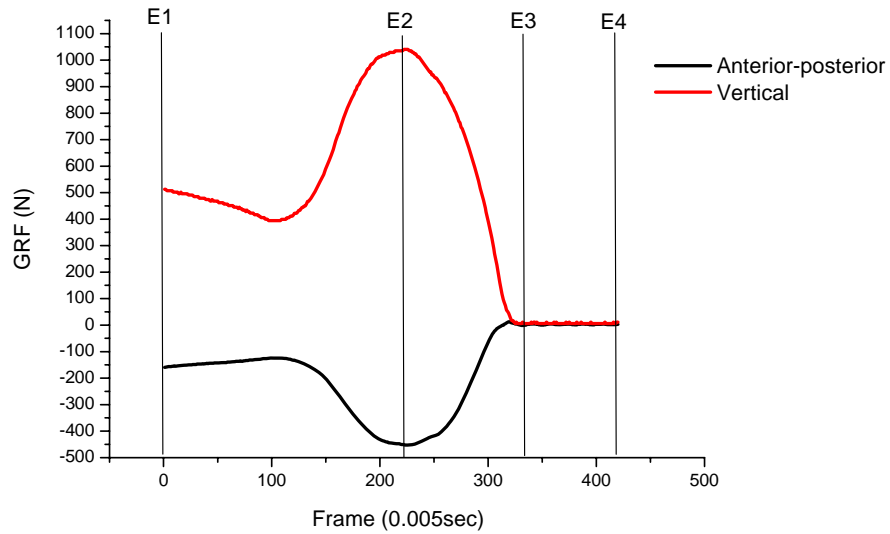


圖 4-23 受試者 A 「預蹲中端」跳後踢地面反作用力變化圖
(上圖為攻擊腳，下圖為支撐腳)

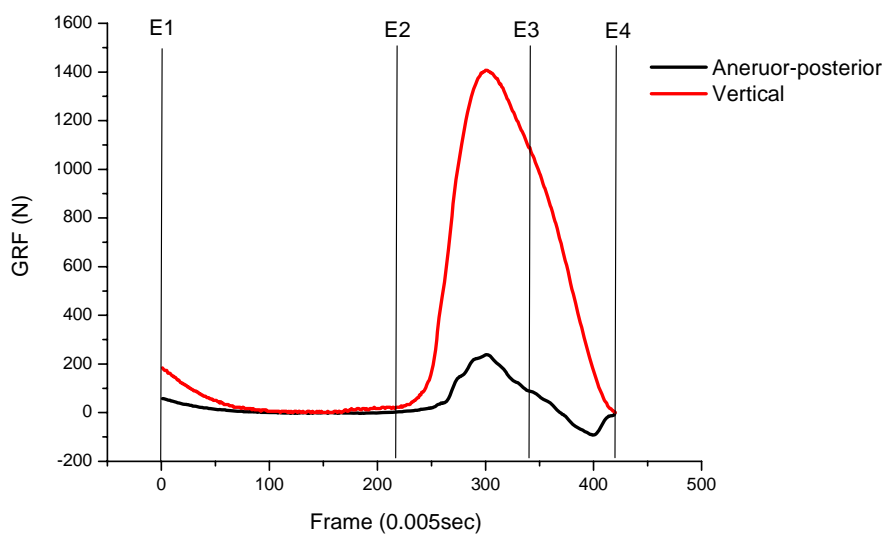
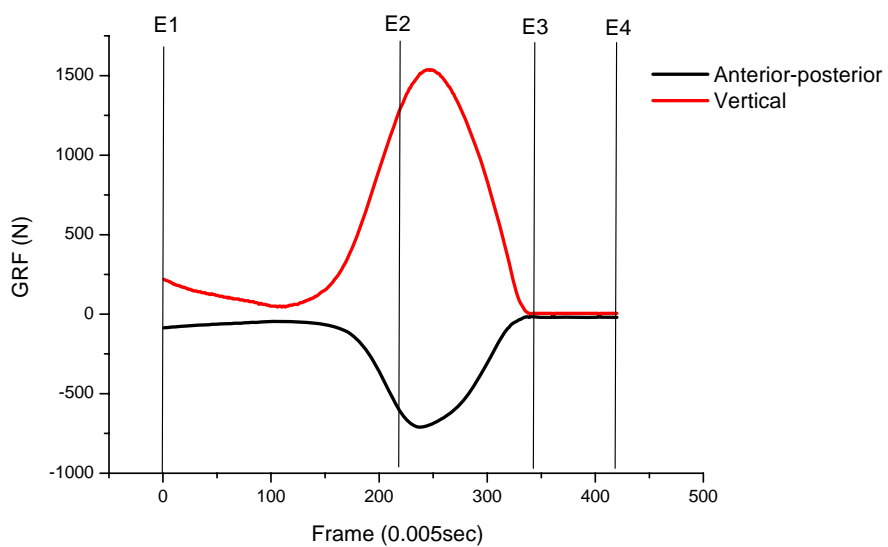


圖 4-24 受試者 A 「跳動中端」跳後踢地面反作用力變化圖
(上圖為攻擊腳，下圖為支撐腳)

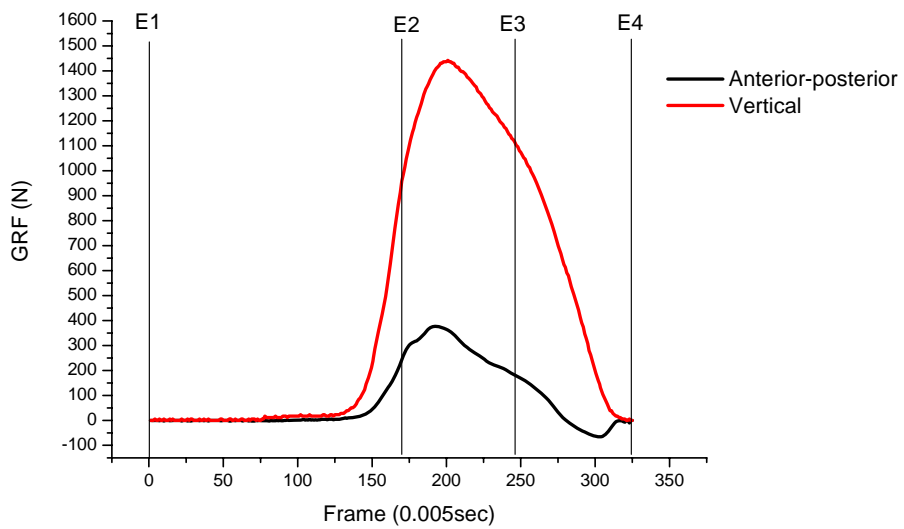
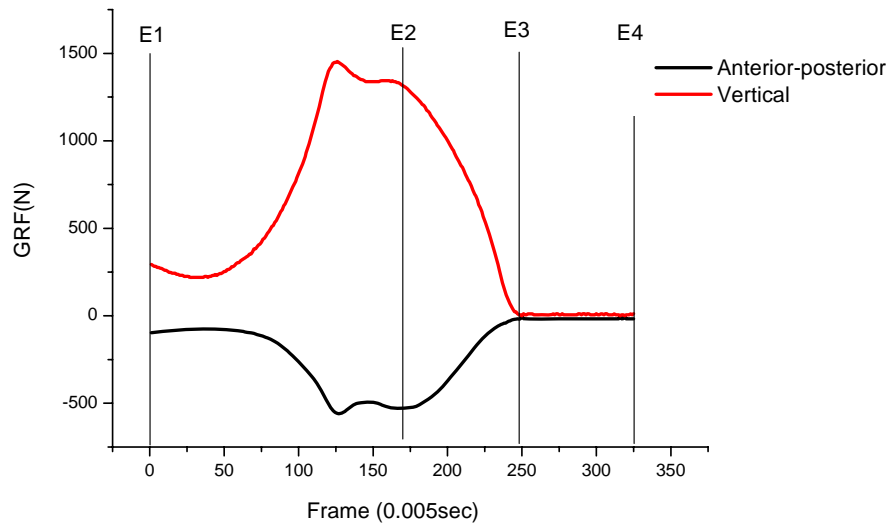


圖 4-25 受試者 A 「預蹲上端」跳後踢地面反作用力變化圖
(上圖為攻擊腳，下圖為支撐腳)

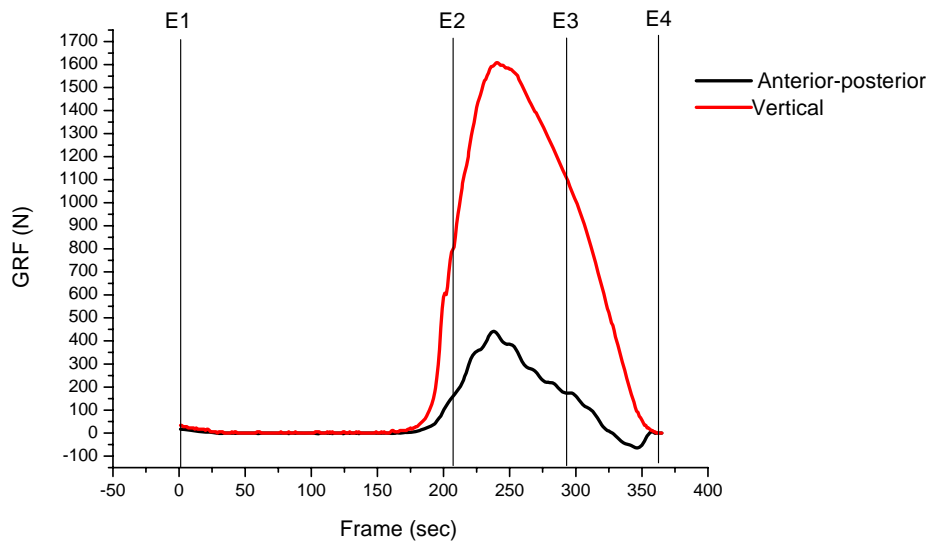
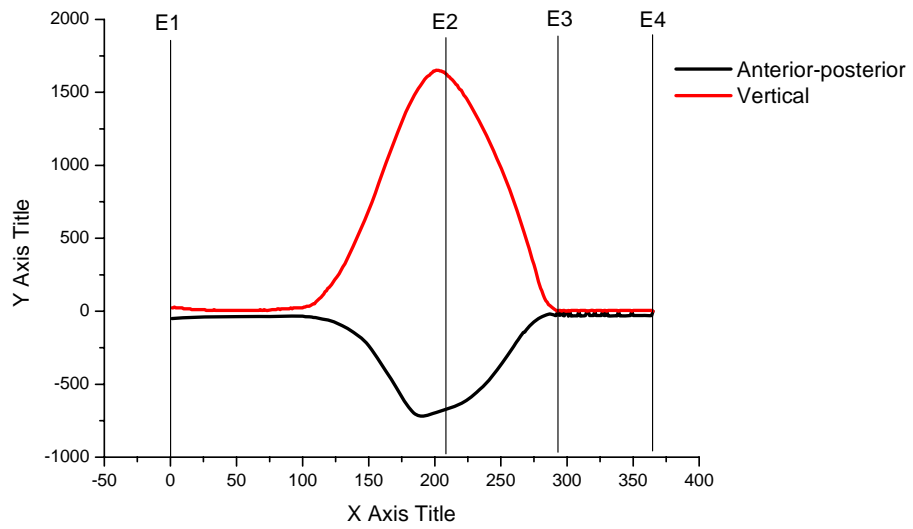


圖 4-26 受試者 A 「跳動上端」跳後踢地面反作用力變化圖
(上圖為攻擊腳，下圖為支撐腳)

表 4-14 攻擊腳地面反作用力及衝量之比較 (N=10)

		預 蹲	跳動	顯著性
前後最大力量 (N)	中端	446.3±44.6	659.1±69.5	*
	上端	440.6±62.9	636.2±104.8	*
前後最大力量 (BW)	中端	0.71±0.09	1.04±0.11	*
	上端	0.70±0.11	1.00±0.17	*
垂直最大力量 (N)	中端	1207.6±104.7	1636.6±158.4	*
	上端	1286.2±199.0	1706.6±185.0	*
垂直最大力量 (BW)	中端	1.90±0.18	2.58±0.22	*
	上端	2.03±0.31	2.69±0.30	*
前後最大力量出現時間 (sec)	中端	0.098±0.013	0.099±0.008	
	上端	0.108±0.013	0.104±0.012	
垂直最大力量出現時間 (sec)	中端	0.101±0.013	0.099±0.008	
	上端	0.114±0.01	0.112±0.014	
前後衝量 (Ns)	中端	44.4±8.3	70.6±20.8	*
	上端	52.3±16.1	70.1±18.5	*
垂直衝量 (Ns)	中端	117.6±20.7	168.0±49.6	*
	上端	149.6±39.0	180.1±42.3	

* p < .05

表 4-14 呈現出四種動作型態之攻擊腳在準備起跳期其前後方向和垂直方向之地面反作用力峰值之比較。攻擊腳前後方向之地面反作用力峰值介於 440.6~659.1 N (0.71~1.04 BW) 之間，而垂直方向之地面反作用力峰值則介於 1207.6~1706.6 N (1.90~2.69 BW) 之間，結果顯示跳動站姿不論在中端與上端之前後方向和垂直方向的地面反作用力峰值和倍體重方面均顯著大於預蹲站姿 (p < .05)。在前後力量峰值出現時間方面，顯示「預蹲上端」在前後力量峰值出現時間最早，而「預蹲中端」則是最慢出現。在衝量方面，前後衝量平均值介於 44.4~70.6 Ns 之間，「跳動中端」、「跳動上端」分別顯著大於「預蹲中端」、「預蹲上端」 (p < .05)，顯示「跳動站姿」在前後方向有較大的推蹬衝量；在垂直衝量方面，其平均值介於 117.6~168.0 Ns 之間，「預蹲中端」顯著小於「跳動中端」 (p < .05)。

表 4-15 為四種動作型態之支撐腳在準備起跳期其前後方向和垂直方向之地面反作用力峰值。支撐腳前後方向之地面反作用力峰值介於 -162.8~-310.8 N (0.26~0.49 BW) 之間，顯示上端動作在前後方向

有較大的制動力量；垂直方向之地面反作用力峰值則介於 1219.4~1436.5 N (1.95~2.27 BW) 之間。在前後力量峰值出現時間方面，其平均值介於 0.134~0.146 sec 之間；垂直力量峰值出現時間方面，其平均值介於 0.132~0.137 sec 之間，四種動作間並無顯著差異 ($p < .05$)。就地面反作用力峰值出現時間方面，呈現出垂直方向早於前後方向。在衝量方面，平均值介於 22.5~46.8 Ns 之間，顯示上端動作在前後方向有較大的制動衝量。

表 4-15 支撐腳地面反作用力及衝量之比較 (N=10)

		預 蹲	跳動	顯著性
前後最大力量 (N)	中端	162.8±64.4	220.6±93.1	
	上端	278.0±58.9	310.8±99.3	
前後最大力量 (BW)	中端	0.26±0.11	0.35±0.16	
	上端	0.44±0.10	0.49±0.17	
垂直最大力量 (N)	中端	1219.4±97.8	1304.3±178.7	
	上端	1315.5±236.9	1436.5±151.7	
垂直最大力量 (BW)	中端	1.95±0.19	2.06±0.33	
	上端	2.07±0.36	2.27±0.26	
前後最大力量出現時間 (sec)	中端	0.139±0.024	0.146±0.015	
	上端	0.134±0.014	0.104±0.030	
垂直最大力量出現時間 (sec)	中端	0.132±0.018	0.137±0.023	
	上端	0.133±0.025	0.137±0.023	
前後衝量 (Ns)	中端	22.5±12.4	25.8±15.0	
	上端	43.3±9.7	46.8±14.9	
垂直衝量 (Ns)	中端	217.8±34.8	2115.7±56.2	
	上端	251.1±36.0	269.3±31.3	

* $p < .05$

第八節 運動學與動力學參數和踢擊表現之相關

跳後踢主要是以軀幹的旋轉及下肢的蹬伸來完成其踢擊動作，本研究根據跆拳道跳後踢的動作特性及先前的研究文獻，選取重心速度最大值、肩軸角速度最大值、髖軸角速度最大值等運動學參數和踢擊表現之間的相關作分析；同時也進一步探討支撐腳地面反作用力與踢擊表現之間相關程度的探討。

一、運動學參數與踢擊表現之相關

表 4-16 運動學參數與動作速度之相關 (N=20)

	重心合速度 峰值(N)	肩軸角速度 峰值(deg/s)	髖軸角速度 峰值(deg/s)
預蹲中端	0.253	0.015	0.357
跳動中端	0.144	-0.419	0.827*
預蹲上端	-0.013	0.451*	-0.365
跳動上端	0.093	0.534*	0.137

* $p < .05$

表 4-17 運動學參數與踢擊力量相關 (N=20)

	重心合速度 峰值(N)	肩軸角速度 峰值(deg/s)	髖軸角速度 峰值(deg/s)
預蹲中端	-0.43	0.115	-0.432
跳動中端	-0.363	0.228	-0.247
預蹲上端	0.068	0.282	0.065
跳動上端	0.163	0.319	-0.184

* $p < .05$ *

表 4-16 和表 4-17 為重心合速度峰值、肩軸角速度峰值和髖軸角速度峰值與踢擊表現之間的相關表。由表 4-16 發現，重心合速度峰值和動作速度與踢擊力量均無顯著相關 ($p > .05$)；肩軸角速度峰值與「預蹲上端」和「跳動上端」之動作速度達顯著正相關 ($p > .05$)；而髖軸角速度；則僅與「跳動中端」之動作速度達顯著正相關 ($p < .05$)。

二、支撐腳地面反作用力參數與踢擊表現之相關

表 4-18 支撐腳地面反作用力與動作速度之相關 (N=20)

	前後地面反作用 力峰值 (N)	垂直地面反作用 力峰值 (N)	前後衝量 (Ns)	垂直衝量 (Ns)
預蹲中端	-0.489*	0.645*	-0.236	-0.041
跳動中端	-0.053	0.376	-0.179	-0.395
預蹲上端	0.269	-0.381	0.381	-0.311
跳動上端	0.361	0.089	0.296	0.160

* $p < .05$ *

表 4-19 支撐腳地面反作用力與踢擊力量之相關 (N=20)

	前後地面反作用 力峰值 (N)	垂直地面反作用 力峰值 (N)	前後衝量 (Ns)	垂直衝量 (Ns)
預蹲中端	-0.074	0.491*	0.175	0.470*
跳動中端	0.038	0.105	0.146	0.476*
預蹲上端	0.261	-0.185	0.484*	0.378
跳動上端	0.260	-0.195	0.494*	0.473*

* $p < .05$

表 4-18 和表 4-19 為攻擊腳前後地面反作用力，垂直地面反作用力，前後衝量和垂直衝量與踢擊表現的相關表。由表 4-18 發現，前

後地面反作用力峰值和「預蹲中端」之動作速度達顯著負相關 ($p < .05$)；垂直地面反作用力峰值和「預蹲中端」之動作速度達顯著相關 ($p < .05$)。另由表 4-19 發現，垂直地面反作用力峰值和「預蹲中端」之踢擊力量達顯著相關 ($p < .05$)；前後衝量和「預蹲上端」與「跳動上端」之踢擊力量達顯著相關 ($p < .05$)；垂直衝量和「預蹲中端」、「跳動中端」與「跳動上端」均達顯著相關 ($p < .05$)。