

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032914

人不知我、我獨知人~空手道對打時反應時間的
探討

學校名稱：臺北市立中正國民中學

作者： 國二 林芸希	指導老師： 黃升梅
---------------	--------------

關鍵詞：空手道、反應時間、凝視位置

摘要

本研究使用兩台普通攝影機，加上電腦影像處理軟體繪聲繪影和 After Effects、文書軟體 Excel、免費運動軌跡追蹤軟體 Tracker，成功收集到空手道社團中，15 名國中學生及 1 名教練對打時攻擊動作的相關運動數據。接著製作情境模擬影片，測量空手道社團國中生 15 名、非空手道社團國中生 15 名的反應時間進行探討。實驗中發現，可以經由平日的空手道訓練課程、模擬情境影片的加強訓練、以臉部為凝視的重點位置等方法，縮短對打時防衛的反應時間；攻擊時則要強化速度、減少上下方向晃動，才能讓對手來不及反應。本研究可提供給一般學校及運動社團做為參考，作為基本的運動動作分析及訓練輔助的方法。

壹、研究動機

去年的亞運，空手道項目得到了很好的成績，令人熱血沸騰！自己平日參加了空手道社團，也參加了幾次校外的比賽，希望能變強、希望用科學方法驗證自己在空手道練習的體會，找出缺點並改進；如何攻擊於無形、如何識破對手的攻擊，達到「人不知我、我獨知人」的目的？所以設計了這個研究！

作品與教材相關性：康軒版國中自然科，七上 5-1 神經系統、八上 4-4 光學儀器、九上 1-3 速率與速度、九上 1-4 加速度與等加速度

貳、研究目的

在空手道對打時，希望能一眼看出對手的攻擊意圖，即時的防衛和閃避；也希望自己的攻擊能在對方不及發現時，打到對手措手不及！所以本研究的目的包括：

一、使用一般的攝影器材及筆電，記錄及分析空手道對打攻擊時，身體移動的軌跡、各種運動相關數據，找出個別的差異。

二、製作對打的情境模擬影片，測試不同學生的反應時間，並探討此法作為訓練工具的可能

性。

三、研究對打時，縮短反應時間的方法；並探討注視對手的「凝視位置」不同，是否會影響反應時間，希望找出最好的備戰模式。

四、分析攻擊移動的數據和受測學生反應時間的關係，希望找出最好的進攻模式。

參、研究設備及器材

一、數位攝影機兩台（本實驗使用 SONY AXP55 及 GOPRO 7 運動攝影機，都以 1920*1080，60FPS 拍攝），如圖一。

二、攝影腳架兩座。

三、筆記型電腦（含外接的小型數字鍵盤），如圖二。

四、免費運動軌跡追蹤軟體 Tracker 5.06（from Open Source Physics），如圖三。

五、影像處理軟體繪聲繪影（Corel VideoStudio X10）及 Adobe After Effects CC 2018。

六、文書處理軟體 Microsoft Office Excel 2010。

七、投影機（連接筆電使用），支援 Full HD 1080P60 影片，更新頻率 60 Hz。



圖一 數位攝影機



圖二 筆記型電腦及外接的小型數字鍵盤



圖三 運動軌跡追蹤軟體 Tracker

肆、研究過程

一、實驗一 空手道對打時運動軌跡及相關數據的收集和分析

(一) 實驗目的

空手道對打和高手過招時，常常迅雷不及掩耳地就被打中了，這種身形的移動，到底有什麼特點呢？所以我們從對打時撞擊動作的分析開始研究；此外，搜尋文獻（林永祥〔1〕），發現運動相關的研究，都要使用專業的貴重儀器，不是一般的學校或社團能擁有的，這次實驗有一個重點就是探討使用一般設備從事運動研究的可行性。

(二) 實驗方法

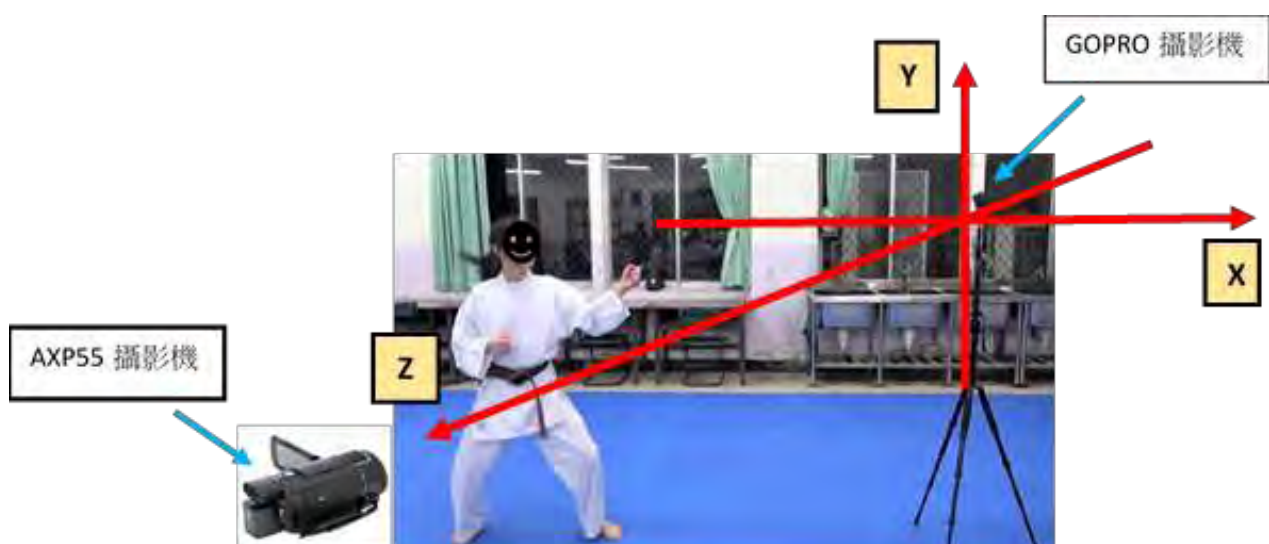
1. 本實驗採用空手道對打中，常用的撞擊動作（左拳）作研究，如圖四：學生擺出空手道的戰鬥準備動作並上下跳動，左手在前，選定時機向前一步並出左拳，打擊對手、完成撞擊。



圖四 空手道左拳撞擊動作

2. 調整攝影機腳架，使 GOPRO 攝影機鏡頭位於離地面 150 公分處（國中女生平均身高約 160 cm，此高度約為眼睛高度），架設在攻擊路線上，當作假想對手並錄影。另於學員右手側，與撞擊路線垂直的方向上另外架設一台攝影機（SONY AXP55），從另一個方向記錄全部撞擊過程。

3. 本實驗共 16 人參與：包括學生 15 人（ P1 ~ P15，年齡 12 ~ 14 歲，男生 7 人、女生 8 人；空手道學習時間 < 2 年：5 人，空手道學習時間 2-4 年：6 人，空手道學習時間 > 4 年：4 人）及教練 1 人（ P16）。
4. 受測者以左拳撞擊，對假想對手（ GOPRO 攝影機）進行攻擊，同時間由上述不同方向的兩部攝影機進行錄影。
5. 將兩部攝影機的影片，在電腦上以 After Effects 軟體進行處理，選用和攝影機影片相同格式的選項（ 1920*1080，60FPS ），用插入時間碼（ Timecode ）的功能，在每個影格上插入影格編碼。
6. 將兩部擁有影格編碼的影片，在電腦上以繪聲繪影軟體，多機拍攝的同步功能完成同步作業（可精準到影格程度），配合上述的影格編碼，便可得到兩部影片每個影格間的對應關係。再使用 Tracker 軟體，作兩部影片中撞擊動作的分析。因為使用 60FPS 拍攝及製作影片，所以一畫格 = 1/60 秒，化為小數，取小數點後三位（使用計算機或 Tracker 內自動轉換）。
7. Tracker 軟體分析時，以 GOPRO 攝影機鏡頭作為空間座標的原點；選定身體中軸一個定點及左拳進行追蹤，畫出撞擊時身體移動及左拳移動的軌跡。 Sony 攝影機側拍的影片，以前進撞擊方向為 X 軸正向，向上為 Y 軸正向； GOPRO 攝影機正面拍的影片，以學員右側為 Z 軸正向，如圖五。



圖五 兩台攝影機的架設位置及空間中 XYZ 軸的定位方向

8. 正面拍攝影片中的 Z 軸，因為受到身體接近鏡頭的影響，會有放大的效果，所以需要依 X 軸的數值（靠近鏡頭的距離）加以校正，才能換算成實際的 Z 軸數值：實際 t 秒時的 Z 軸數值 = $Z_t * X_t / X_0$ (Z_t 為 t 秒時的 Z 軸座標， X_t 為 t 秒時的 X 軸座標， X_0 為 0 秒時的 X 軸座標)，這部分的換算，是把數據從 Tracker 輸出，再輸入 Excel 中計算完成。
9. 本實驗以 Tracker 內建功能，可記錄各時間點的空間座標、速度及加速度；並以 X 軸的數值連續增加、參考 X 軸正方向速度、加速度的上升來綜合判斷，決定撞擊發動的時間點（記下畫格編碼）。

二、實驗二 空手道對打時反應時間的探討

（一）實驗目的

空手道對打時必須全神灌注，能在第一時間發現對手的攻擊，才能及時的防衛或閃避；所以記錄不同學生們發現對手發動攻勢的反應時間，分析比較，並試著找出縮短反應時間的可能性。此外相關文獻（林正常〔2〕、陳淑卿等〔3〕）指出，「練習」是增強反應的方法之一，所以也設計實驗探討。

(二) 實驗方法

1. 本實驗的反應時間，是指發現對手發動攻擊，到受測學生採取反應動作前的時間間距。
2. 首先剪輯 GOPRO 攝影機正面拍攝學生（及老師）撞擊的影片（P1 ~ P16），隨機排列成情境模擬的測驗影片（每個攻擊情境皆重複三次，隨機排列，所以影片中有 16 種模擬情境，共 48 題），從筆電經投影機播放，如圖六。



圖六 撞擊情境模擬測驗影片

3. 本實驗共 30 人參與，包括空手道社團學生 15 人（T1 ~ T15，年齡 12 ~ 14 歲，男生 7 人、女生 8 人），非空手道社團學生 15 人（T16 ~ T30，年齡 12 ~ 14 歲，男生 7 人、女生 8 人），受測時手持外接的小鍵盤、面向布幕觀看模擬影片，當發現影片中對手發起攻擊時，按下手中鍵盤設定之暫停鍵，記下時間點（畫格編碼）。學生受測時，同步以 SONY AXP55 攝影機錄下學生手部按鍵的動作。
4. 暫停的時間點減去撞擊發動的時間點，所得到的時間差就是「反應 - 動作時間」（發現對手發動攻擊到採取動作前的時間，加上動手按鍵暫停影片的時間）。
5. 於繪聲繪影軟體上，逐格檢視手部按鍵動作的影片，從手部開始動作至影片真正暫停的時間差，就是「動作時間」。
6. 「反應 - 動作時間」減去「動作時間」，就得到了真正的「反應時間」；比較不同學員間反應時間的差異。

7. 另外選空手道社團學生五人 (T1、T3、T5、T7、T9)，在首次的測驗後，以每日的間隔，進行第二次、第三次的測驗，每次測驗中間，進行兩次情境模擬影片的練習 (同上面的實驗方法操作)；比較三次的反應時間。三次受測影片以及練習影片當中的模擬情境順序皆有改變，以避免產生記憶的效應。

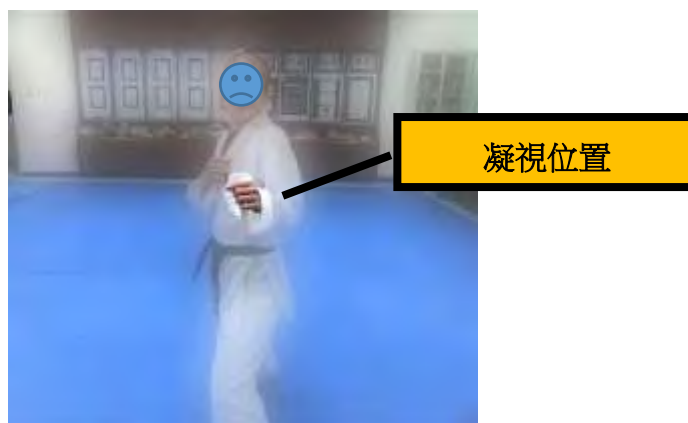
三、實驗三 空手道對打時凝視位置與反應時間相關性的探討

(一) 實驗目的

空手道對打時必須目不轉睛的注意對手一舉一動，那麼盯著那裡看最能夠快速反應呢？搜尋文獻發現 (陳彥文 [4])，不同層級的選手，對打時的「凝視位置」的確有所不同。所以設計下面的實驗。

(二) 實驗方法

1. 選擇 P16 (教練) 的撞擊情境模擬影片，使用繪聲繪影軟體的遮罩及柔焦功能做影像處理，讓影像的特定部位清楚，其他部位模糊，可以使觀看者的目光集中在特定部位，成為「凝視位置」；分別製作凝視位置為臉部、身體 (胸部)、手部 (左拳)、及不限制 (即原始影像) 等四種模擬情境影片，如圖七，再隨機排列成測驗影片 (每種凝視位置皆重複三次，隨機排列)。
2. 同實驗二的實驗方法，記錄不同凝視位置的反應時間，加以比較。



圖七 凝視位置清楚，其他部位模糊化的情境模擬影片，此圖為指定手部的影片

四、實驗四 空手道對打時各項運動數據與對手反應時間相關性的探討

(一) 實驗目的

空手道對打時，希望以最短的反應時間發現對手的攻擊；如果自己是進攻的一方，怎樣的攻擊動作，最能打得對方措手不及呢（就是反應時間較長）？所以進行下面研究。

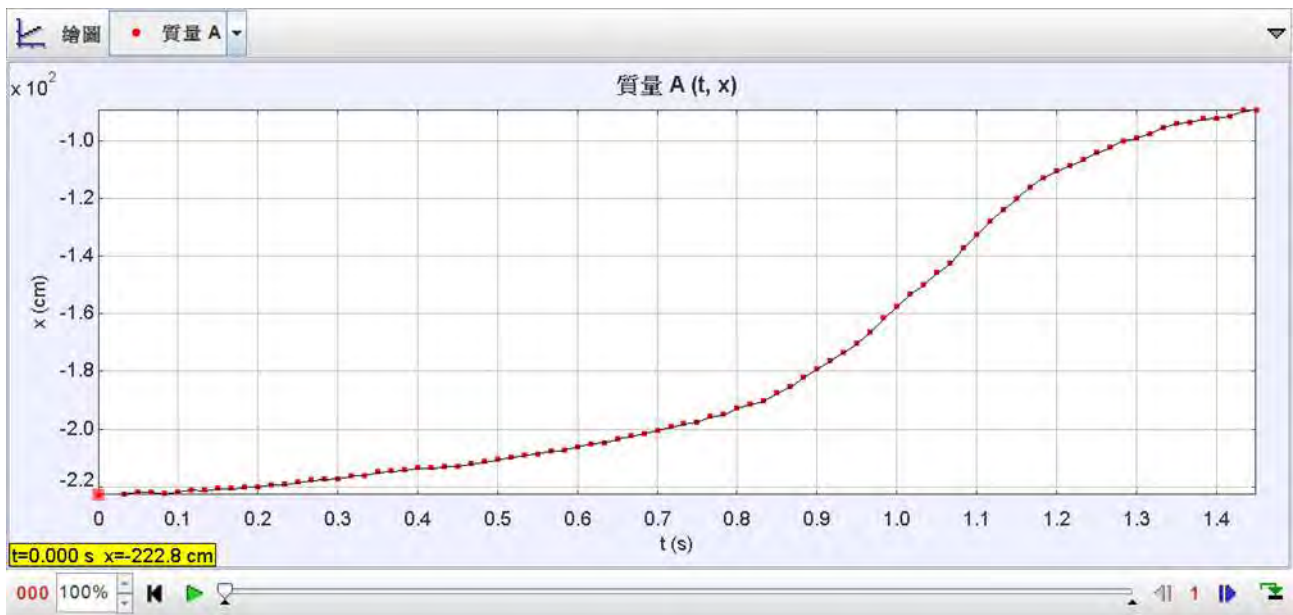
(二) 實驗方法

1. 從實驗二的實驗結果，可以知道模擬影片中 16 人的「對手平均反應時間」（此為 30 名受測者的平均值），對手反應時間越長，表示攻擊越不易被發現；依照此時間，分為四組：A 組： > 0.5 秒、B 組： $0.4 \sim 0.5$ 秒、C 組： $0.3 \sim 0.4$ 秒、D 組： < 0.3 秒。
2. 從實驗一的實驗結果，算出各組運動數據的平均值，找出與分組有相關性的數據。

伍、研究結果

一、實驗一 空手道對打時運動軌跡及相關數據的收集和分析

- (一) 本實驗模擬真實對打的情境，分析各個學生的撞擊影片，可發現攻擊的過程分為幾個部分：1. 攻擊前的動態準備動作 - 戰鬥姿勢、原地上下跳動。2. 第一階段攻擊 - 向前跳躍一步，進入短兵相接的攻擊範圍，此時尚未出拳。3. 第二階段攻擊 - 真正的撞擊發動，身體進一步向前並出左拳、擊中目標。當中有三位空手道資歷較淺的學生(P2、P6、P10)，沒有第一階段的動作，直接發動第二階段的攻擊。
- (二) 使用 Tracker 軟體，可以成功紀錄到運動的軌跡，以 P9 為例，圖八顯示出 X 軸方向，隨時間的位移變化。



圖八 P9 學生撞擊動作，X 軸數值與時間關係圖

(三)P1 ~ P16 每個人的運動相關數據,如表一;其中上下及左右的移動幅度 (ΔY , ΔZ), 是指運動期間,身體在 Y 軸及 Z 軸座標中,最大值和最小值的差,表示身體在這兩個方向的穩定程度。總逆擊距離指身體移動的距離,加上出拳增加的距離。

運動參數 \ 團員代號		P1	P2	P3	P4	P5	P6
階段一	身體前進距離 S1 (cm)	15.3	x	9.6	21.2	31.2	x
	佔全過程百分比 (%)	(21%)		(17%)	(24%)	(30%)	
	時間 T1 (sec)	0.300	x	0.200	0.283	0.350	x
	佔全過程百分比 (%)	(44%)		(38%)	(46%)	(47%)	
	平均速度 V1 (cm/sec)	51.0	x	48.0	74.6	87.4	x
上下移動幅度 $\Delta Y1$ (cm)	12.7	x	8.5	9.3	12.1	x	
左右移動幅度 $\Delta Z1$ (cm)	7.7	x	1.3	2.1	3.5	x	
階段二	身體前進距離 S2 (cm)	58.7	48.2	47.2	67.7	74.3	53.1
	佔全過程百分比 (%)	(79%)	(100%)	(83%)	(76%)	(70%)	(100%)
	時間 T2 (sec)	0.383	0.500	0.333	0.333	0.400	0.283
	佔全過程百分比 (%)	(56%)	(100%)	(62%)	(54%)	(53%)	(100%)
	平均速度 V2 (cm/sec)	153.3	96.4	141.7	203.3	182.1	187.6
	上下移動幅度 $\Delta Y2$ (cm)	8.6	9.6	14.9	12.2	9.7	11.4
	左右移動幅度 $\Delta Z2$ (cm)	8.5	19.0	18.5	6.9	14.2	8.8
平均拳速 Vf (cm/sec)	236.1	234.8	280.0	230.0	231.7	236.0	
瞬間最快拳速 Vf-max (cm/sec)	529.0	485.0	595.5	401.1	351.0	400.0	
全撞擊過程	身體前進距離 S (cm)	74.0	48.2	56.8	88.9	105.5	53.1
	時間 T (sec)	0.683	0.500	0.533	0.616	0.750	0.283
	平均速度 V (cm/sec)	108.3	96.4	106.6	144.3	137.9	187.6
	總逆擊距離 (cm)	125.2	102.6	121.4	148.0	151.7	98.3
	上下移動幅度 ΔY (cm)	21.3	9.6	17.4	14.0	16.8	11.4
	左右移動幅度 ΔZ (cm)	7.7	19.0	18.5	6.9	14.9	8.8

運動參數 \ 團員代號	P7	P8	P9	P10	P11
-------------	----	----	----	-----	-----

階段一	身體前進距離 S1 (cm)	17.4	15.0	18.6	x	19.8
	佔全過程百分比 (%)	(20%)	(21%)	(22%)		(23%)
	時間 T1 (sec)	0.333	0.367	0.383	x	0.350
	佔全過程百分比 (%)	(47%)	(55%)	(51%)		(49%)
	平均速度 V1 (cm/sec)	52.3	40.9	48.6	x	56.6
階段二	上下移動幅度 $\Delta Y1$ (cm)	8.7	13.4	12.8	x	10.6
	左右移動幅度 $\Delta Z1$ (cm)	2.7	2.5	2.5	x	2.6
	身體前進距離 S2 (cm)	67.7	54.8	67.7	65.4	67.9
	佔全過程百分比 (%)	(80%)	(79%)	(78%)	(100%)	(77%)
	時間 T2 (sec)	0.383	0.300	0.367	0.517	0.367
	佔全過程百分比 (%)	(53%)	(45%)	(49%)	(100%)	(51%)
	平均速度 V2 (cm/sec)	176.8	184.7	184.5	126.5	185.0
全階段撞擊	上下移動幅度 $\Delta Y2$ (cm)	8.0	5.3	5.9	16.2	8.9
	左右移動幅度 $\Delta Z2$ (cm)	17.6	14.3	13.3	9.0	11.8
	平均拳速 Vf (cm/sec)	273.0	213.2	339.5	256.4	279.2
	瞬間最快拳速 Vf-max (cm/sec)	492.0	434.0	680.7	676.0	502.1
	身體前進距離 S (cm)	85.1	69.8	86.3	65.4	87.7
	時間 T (sec)	0.716	0.667	0.750	0.517	0.717
全階段撞擊	平均速度 V (cm/sec)	118.9	104.6	115.1	126.5	122.3
	總逆擊距離 (cm)	144.2	136.2	149.3	133.5	149.6
	上下移動幅度 ΔY (cm)	16.7	18.7	18.7	16.2	16.3
	左右移動幅度 ΔZ (cm)	20.3	14.3	13.3	9.0	14.3

運動參數 \ 團員代號		P12	P13	P14	P15	P16
階	身體前進距離 S1 (cm)	14.5	25.4	20.3	11.0	22.0

段一	佔全過程百分比 (%)	(23%)	(27%)	(26%)	(18%)	(25%)
	時間 T1 (sec)	0.300	0.383	0.367	0.217	0.350
	佔全過程百分比 (%)	(45%)	(52%)	(55%)	(39%)	(54%)
	平均速度 V1 (cm/sec)	48.3	66.3	55.3	50.7	62.9
	上下移動幅度 $\Delta Y1$ (cm)	9.7	11.5	10.4	11.3	9.7
	左右移動幅度 $\Delta Z1$ (cm)	5.1	3.5	2.2	3.9	4.9
階段二	身體前進距離 S2 (cm)	53.5	68.0	57.5	49.7	64.8
	佔全過程百分比 (%)	(77%)	(73%)	(74%)	(82%)	(75%)
	時間 T2 (sec)	0.367	0.350	0.300	0.333	0.300
	佔全過程百分比 (%)	(55%)	(48%)	(45%)	(61%)	(46%)
	平均速度 V2 (cm/sec)	145.8	194.3	191.7	149.2	216.0
	上下移動幅度 $\Delta Y2$ (cm)	13.3	7.0	8.1	10.3	4.7
	左右移動幅度 $\Delta Z2$ (cm)	14.4	13.4	14.0	12.6	12.3
	平均拳速 Vf (cm/sec)	232.0	352.5	216.8	295.1	293.0
瞬間最快拳速 Vf-max (cm/sec)	513.4	601.3	434.5	592.1	597.0	
全階段撞擊	身體前進距離 S (cm)	68.0	93.4	77.8	60.7	86.8
	時間 T (sec)	0.667	0.733	0.667	0.550	0.650
	平均速度 V (cm/sec)	101.9	127.4	116.6	110.4	133.5
	總逆擊距離 (cm)	120.1	157.0	142.7	125.5	154.2
	上下移動幅度 ΔY (cm)	18.9	17.2	16.7	19.9	14.2
	左右移動幅度 ΔZ (cm)	12.6	13.5	13.7	13.6	12.3

表一 P1 ~ P16 個人運動相關數據

二、實驗二 空手道對打時反應時間的探討

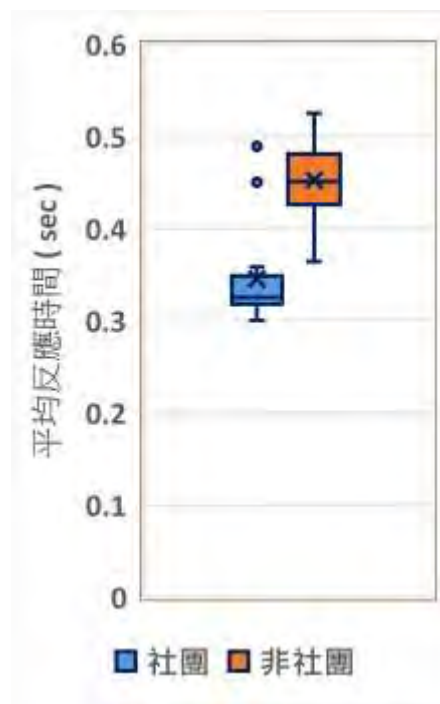
(一) 表二是接受模擬情境影片(含 P1~P16 共 16 種情境)測驗時,空手道社團學生 (T1 ~ T15), 及非社團學生 (T16 ~ T30) 的個人反應時間平均值; 模擬情境影片順序隨機安排, 每人、每種情境题目的反應時間, 至少都是三次實驗的平均結果。可見 16 種模擬情境的反應時間, 空手道社團學生的總平均優於非社團學生。

受測學生	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
平均反應時間(sec)	0.489	0.350	0.450	0.347	0.317	0.300	0.358	0.328
受測學生	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	總平均

平均反應時間(sec)	0.320	0.322	0.313	0.325	0.319	0.340	0.301	0.345
受測學生	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23
平均反應時間(sec)	0.503	0.364	0.439	0.472	0.522	0.392	0.456	0.481
受測學生	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	總平均
平均反應時間(sec)	0.525	0.426	0.432	0.451	0.418	0.437	0.467	0.452

表二 空手道社團學生 (T1~T16) 及非社團學生 (T16~T30)，情境模擬影片 (含 16 種情境) 的個人反應時間平均值

(二) 將社團學生和非社團學生的反應時間以盒鬚圖表現，如圖九，也看到了空手道社團學生的反應時間優於非社團學生；不過社團學生中，有兩位學生 (T1、T3) 的反應時間特別長 (在盒鬚圖中顯示成異常值)，如果不計算這兩位，社團學生的反應時間總平均降為 0.326 秒，和非社團學生的差異更大。



圖九 空手道社團學生 (T1~T15) 及非社團學生 (T16~T30)，情境模擬影片 (二) 個人平均反應時間盒鬚圖，圖中打叉記號是該組的平均值 時間平均。在單一種模擬情境的平均反應時間中，空手道社團學生也優於非社團學生。

表三 不同模擬情境 (P1~P16)，空手道社團學生 (T1~T15) 及非社團學生 (T16~T30) 整體反應時間平均值

模擬影片情境 \ 受測學生	社團學生 T1~T15 整體平均反應時間 (sec)	非社團學生 T16~T30 整體平均反應時間 (sec)	全部學生 平均反應時間 (sec)
P1	0.272	0.369	0.321
P2	0.207	0.339	0.273
P3	0.316	0.437	0.377
P4	0.373	0.446	0.410
P5	0.445	0.638	0.541
P6	0.134	0.174	0.154
P7	0.380	0.561	0.471
P8	0.446	0.547	0.497
P9	0.592	0.641	0.617
P10	0.212	0.236	0.224
P11	0.372	0.447	0.410
P12	0.284	0.344	0.314
P13	0.431	0.619	0.525
P14	0.371	0.468	0.429
P15	0.267	0.382	0.325
P16	0.450	0.579	0.515

(三) 若針對反應時間加強訓練，能更進一步縮短時間，如表四，T1、T3、T5、T7、T9 五名學生，經過練習之後，反應時間都縮短了（第三次與第一次的比較）。當中 T1、T3 兩位學生在第一次受測時平均反應時間較其他社團學生長，訓練後都得到了約 10% 的進步。

受測時機 \ 受測學生	團員 T1 平均反應時間 (sec)	團員 T3 平均反應時間 (sec)	團員 T5 平均反應時間 (sec)	團員 T7 平均反應時間 (sec)	團員 T9 平均反應時間 (sec)
第一次受測	0.489	0.450	0.317	0.358	0.320
第二次受測	0.452	0.413	0.317	0.346	0.318
第三次受測	0.444	0.403	0.301	0.316	0.314
縮短的時間 (sec)	0.045	0.047	0.016	0.042	0.006

進步的比率 (%)	9.2%	10.4%	5.1 %	11.7 %	1.9 %
-----------	------	-------	-------	--------	-------

表四 三次受測時機，五位學生平均反應時間的比較

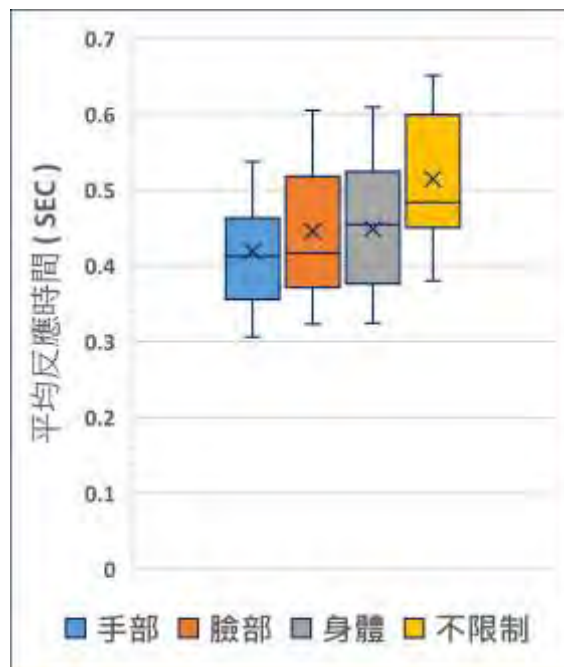
(四) 反應時間的計算，是「反應 - 動作時間」減去「動作時間」，本實驗中發現，受測學生的動作時間，分布於 0.050 ~ 0.067 秒之間（4 ~ 5 個畫格），個別的差異很小。

三、實驗三 空手道對打時凝視位置與反應時間相關性的探討

(一) 如實驗二的實驗方法，使用指定凝視位置的影片做測試，結果如表五。社團、非社團、及全體學生的反應時間平均值，都是手部 < 臉部 < 身體 < 不限制。圖十用盒鬚圖來觀察，也發現相同的趨勢。

凝視位置 \ 受測學生	社團學生 T1~T15 反應時間平均值 (sec)	非社團學生 T16~T30 反應時間平均值 (sec)	全部學生 反應時間平均值 (sec)
手部 (左手)	0.369	0.469	0.419
臉部	0.380	0.507	0.444
身體 (胸部)	0.391	0.511	0.451
不限制	0.450	0.579	0.515

表五 不同凝視位置，空手道社團學生(T1~T15)、非社團學生(T16~T30)、及全部學生 (T1~T30) 反應時間平均值比較



圖十 全部學生 (T1~T30)，不同凝視位置的模擬影片下，平均反應時間盒鬚圖，圖中打叉記號是該組的平均值

(二) 圖十可見各組的數據有許多重疊，所以使用每個人自我比較的排序法再次檢視：臉部、手部、身體、不限制四個項目中，給予加權積分，反應時間最長項目算 4 分積分，依次是 3 分、2 分、1 分，若兩項目時間一樣，則所得積分平均，結果如表六。

受測學生 凝視部位	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	平均
臉部	2	1	2	1.5	3	3	1	2	3	2	1	1.5	2	2	1	1.87
手部	1	3	1	4	1	2	2	1	1	3	2	1.5	1	1	2	1.73
身體	3	2	3	3	2	1	3	3	2	1	3	3	3	3	3	2.53
不限制	4	4	4	1.5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.83

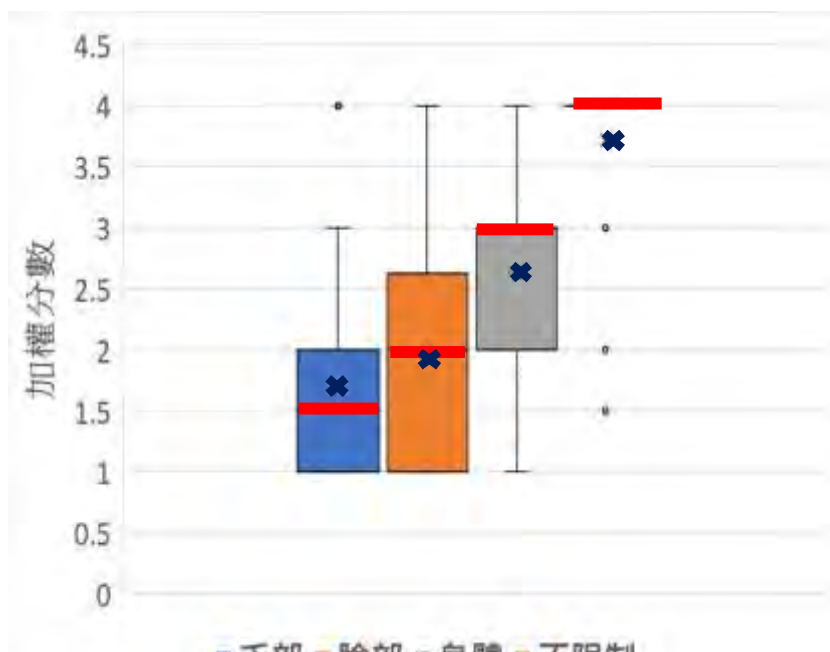
受測學生 凝視部位	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	平均
臉部	4	1	2	3	1	2.5	3	1	4	1	2	1.5	1	2	2	2.07
手部	1	2	1	1	3	2.5	2	2	1	2	1	1.5	2	1	1	1.60
身體	3	3	3	4	2	1	1	3	2	3	3	3	3	4	3	2.73
不限制	2	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3.60

表六 不同凝視部位，T1~T30 每位受測學生的加權積分表

(三) 以個人自我比較排序後，反應時間加權積分的平均值來看，不管社團、非社團、或全體學生，都是手部 < 臉部 < 身體 < 不限制，呈現出相同的趨勢，如表七。從全部學生反應時間排序加權積分的盒鬚圖 (圖十一) 來看，不限制凝視位置組，除了幾個異常值之外，加權積分都是 4 分，有限制凝視位置的組別，反應時間明顯比不限制的組別短；而凝視位置在手部和臉部的組別，反應時間又明顯比位置在身體的組別短。

表七 不同凝視位置，社團、非社團、及全部學生反應時間排序加權積分平均值

受測學生 凝視位置	社團學生 T1~T15 加權積分平均值	非社團學生 T16~T30 加權積分平均值	全部學生 T1~T30 加權積分平均值
手部 (左手)	1.73	1.60	1.67
臉部	1.87	2.07	1.97
身體 (胸部)	2.53	2.73	2.63
不限制	3.83	3.60	3.72



四、實驗

圖十一 不同凝視位置，全部學生反應時間排序加權積分盒鬚圖，紅色線是各項目的中位數，打叉點為各項目的平均值

四 空手道對打時各項運動數據與對手反應時間相關性的探討

(一) 以平均對手的反應時間做標準，將拍攝模擬影片的 16 人分組，如表八；對手反應時間越長，表示攻擊動作較不容易被發現，A 組表現最優；而沒有第一階段，直接以第二階段發動撞擊的三位學生，全落在 D 組。

組別	對手平均反應時間範圍(sec)	團員
A	> 0.5	P5, P9, P13, P16

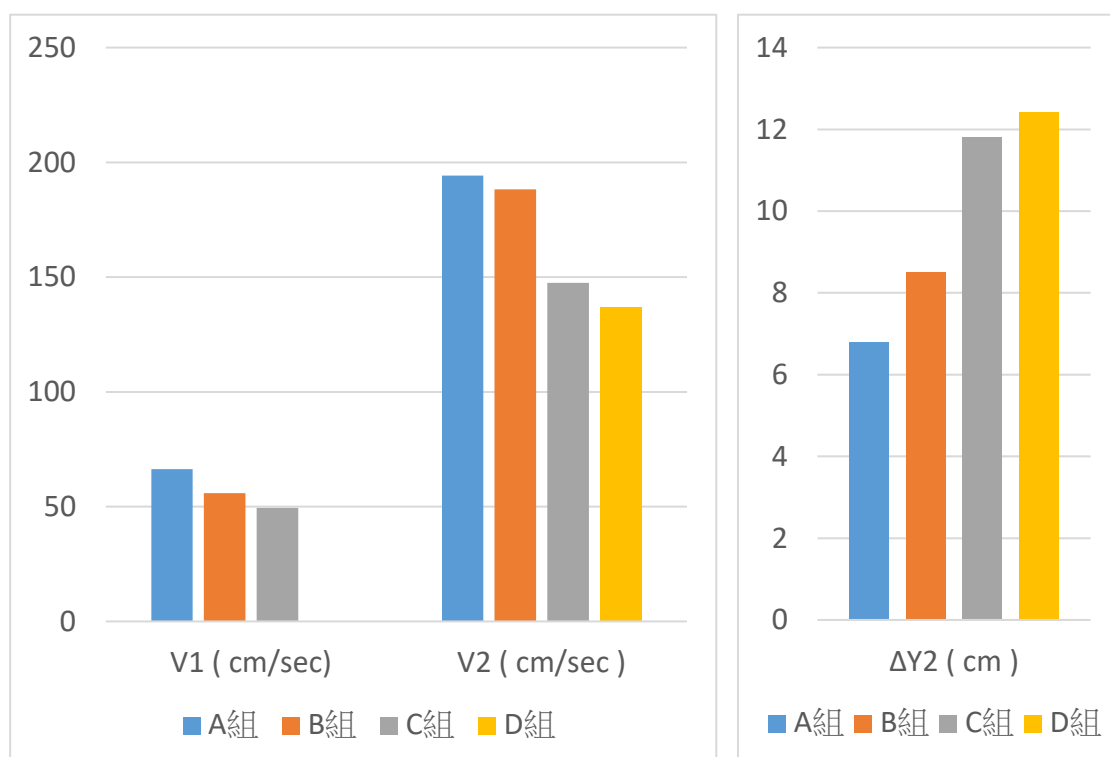
B	0.4 ~ 0.5	P4, P7, P8, P11, P14
C	0.3 ~ 0.4	P1, P3, P12, P15
D	< 0.3	P2, P6, P10

表八 依對手平均反應時間的分組表

(二) 比較各組各項運動數據的平均值，發現最有相關性的項目，是攻擊第一階段平均速度 V1、攻擊第二階段（真正撞擊動作）的平均速度 V2 以及上下移動幅度 $\Delta Y2$ ；對手的平均反應時間和 V1、V2 成正相關，和 $\Delta Y2$ 成負相關，如表九及圖十二。換句話說，平均速度越快、上下移動幅度越小，對手越不易發現。

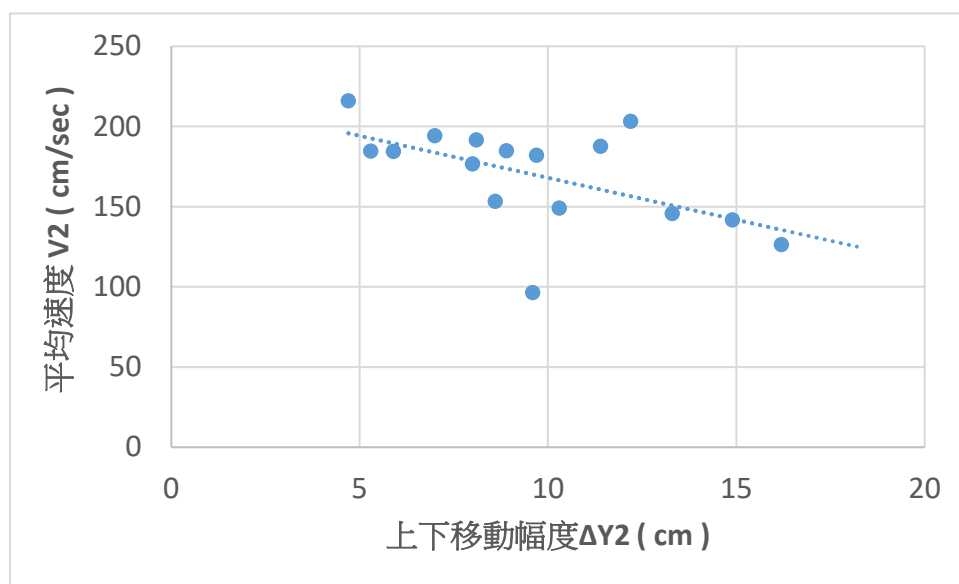
組別	對手平均反應時間 (sec)	第一階段速度 V1 平均值 (cm/sec)	第一階段上下移動幅度 $\Delta Y1$ 平均值 (cm)	第一階段左右移動幅度 $\Delta Z1$ 平均值 (cm)	第二階段速度 V2 平均值 (cm/sec)	第二階段上下移動幅度 $\Delta Y2$ 平均值 (cm)	第二階段左右移動幅度 $\Delta Z2$ 平均值 (cm)	全階段速度 V 平均值 (cm/sec)	全階段上下移動幅度 ΔY 平均值 (cm)	全階段左右移動幅度 ΔZ 平均值 (cm)
A	> 0.5	66.3	11.5	3.6	194.2	6.8	13.3	128.5	16.7	13.5
B	0.4 ~ 0.5	55.9	10.5	2.4	188.3	8.5	12.9	121.3	16.5	13.9
C	0.3 ~ 0.4	49.5	10.6	4.5	147.5	11.8	13.5	106.8	19.4	13.1
D	< 0.3	x	x	x	136.8	12.4	12.3	136.8	12.4	12.3

表九 各組別各項運動數據平均值得比較



圖十二 各組別第一階段平均速度 $V1$ 、第二階段平均速度 $V2$ 及上下移動幅度 $\Delta Y2$ 平均值比較

(三) 第二階段平均速度 $V2$ 和上下移動幅度 $\Delta Y2$ ，是否有相關性呢？圖十三顯示兩者似乎呈現負相關的趨勢，所以 $V2$ 和 $\Delta Y2$ 是獨立的變項，或是因為 $\Delta Y2$ 小，重心穩定所以速度 $V2$ 可以加快？需要後續的研究來證實。



圖十三 第二階段平均速度 $V2$ 和上下移動幅度 $\Delta Y2$ 關係圖

陸、討論

- 一、 這個研究一開始最大的問題，就是可否用一般家用的攝影機、電腦，實現運動動作的記錄和分析？專門的運動分析設備，大多使用高速攝影機、多台攝影、或是特殊可偵測立體景深的機種，再加上特別的軟體（林永祥〔1〕、朱慧銘〔5〕）；但是一開始就決定使用普通設備來實驗，就是希望這種方法是大家可應用在日常的學校及社團活動上。
- 二、 首先是攝影機拍攝速率的選擇，本實驗選擇 60FPS (frame per second, 每秒拍攝的畫格數)，原則上 FPS 越高，越能夠「凍結」動作，清楚的分析動作的變化。這次選擇 60FPS 的原因如下：（一）研究開始前的文獻搜尋（林永祥〔1〕、劉妍秀等〔6〕），這大約是運動相關

研究使用的最低 FPS。(二)目前主流的攝影機及手機,基本上都可拍攝 60FPS 的影片。(三)許多較好的家用攝影機或手機,已經可以拍攝 100FPS 的影片,如果只是拍影片在電腦分析,使用 100FPS 應該更好,但是此次研究還要制作成情境模擬影片,做為後續的實驗及訓練之用,此時螢幕或投影機的更新頻率(Hz,每秒更新次數)就很重要,因為現在的一般播放設備都是 60 Hz,使用 100FPS 的影片每秒並無法有更多影格的播放,反而遺漏某些影格;所以還是選擇可以配合的 60FPS。

三、這個研究最令人擔心的部分就是實驗(反應時間)的準確度,因為都是零點幾秒的極短時間(林正常〔2〕)。在實驗設計初期,曾經想過使用簡易小程序(例如小時鐘或碼錶程式),同步影片播放軟體作為反應時間的測試工具;後來發現,這些簡易程式的程式書寫,1 秒鐘至多 15~20 個循環,也就是說測量的準度頂多到 1/15~1/20 秒,根本不敷本實驗 60 FPS 影片的計時。這時平日幫社團、班級製作活動影片的經驗提供了解決之道! 利用影像處理的方法,在 60 FPS 的影片上,依順序在每個畫格上標上畫格編碼,然後用刷新率 60 Hz (或大於 60 Hz)的螢幕或投影機完整播出(不會遺漏畫格),這時只要由任意兩畫格的編碼相減,就可得知準確的時間差(精準到 1 畫格,即 1/60 秒)!

四、雖然沒有專門運動分析用的電腦軟體,實驗一合併使用影像處理軟體「繪聲繪影」、文書軟體「Excel」、以及免費的運動軌跡追蹤軟體「Tracker」,也成功的紀錄到基本的運動相關數據;缺點是沒辦法觀測到重心的變化(專用軟體可以透過複雜運算,估算重心位置),但是本實驗重點在反應時間的分析,不是力學問題的探討,所以只要收集到「外觀上」身體移動的數據就可以了。

五、從圖八撞擊動作中 X 軸與時間的關係圖可見,撞擊是一個先加速、再減速的過程;只看加速部分,乍看之下像極了等加速度運動 $X = 1/2 * a * t^2$ 的曲線;使用 Tracker 內建的功能,可以算出每個時間點的加速度,便可以發現撞擊過程中,加速度是變動的。

六、實驗二使用「反應 - 動作時間」減去「動作時間」,來得到「反應時間」的方法進行實驗。

在真實的對打中，所謂的「動作時間」，就是發現對手發動攻擊後，出手防衛或移動身形所需的動作時間，這是一個耗時較長且個別差異較大的動作；在本研究中，採用簡單的手指按鍵動作，這個動作對學生們來說是不須練習的簡單動作，耗時短且個別差異極小，本實驗中受測者的動作時間，分布於 0.050 ~ 0.067 秒之間（4~5 個畫格），個別的差異很小；所以如果要使用本研究的方法作為訓練之用，只需相對的反應時間比較數據時，簡化的作法就是將這個動作時間設為定值（例如平均值 0.059 秒）、或用「反應 - 動作時間」代替「反應時間」就可以了。

七、從實驗二的結果可知，空手道社團學生的反應時間明顯較非社團學生短，表示平日的訓練加上經驗，的確可加快對打時的反應。那麼還有沒有更進一步的空間呢？社團的五位學生，針對反應時間的測驗多練習幾次，果然能再進一步縮短反應時間！T1、T3 兩位社團學生原本反應時間較長，短時練習便有 10% 左右的進步。這樣的做法，是否可應用在現實的訓練上呢？藉由模擬情境的練習輔助，強化實際對打的表現，應該是以後可以更進一步探討的課題；若是配合現今最流行的 3D 影片或虛擬實境，或許還能更強化訓練效果！

八、從文獻的搜尋發現（陳彥文〔4〕），許多空手道高手，對打時的凝視位置，有較多的時間集中在臉部，有人稱眼睛是靈魂之窗，可以透過眼神了解對手的意圖，提早守備或先發治人！從實驗三我們發現，固定凝視位置的反應時間優於不固定，而且凝視位置選定手部的反應時間最短，臉部次之，再來是身體（胸部）；但是現實對打時，一定是全方位的觀察，凝視位置會隨時有改變，不能漏看任何方向的攻擊，如此反應時間會稍長一點，但卻是最全面的考量；實驗中，凝視手部的確可達到最短的反應時間，但若在實戰中，防衛對手的視野便會太偏向局部，整體來說應該不利；所以高手選定臉部為凝視位置的重點區域，既可縮短反應時間，又利於全面的觀察，應是經驗的累積結果。

九、實驗四進一步分析各項運動數據和對手反應時間的相關性，希望能找出改進攻擊動作的方法。由實驗一可見，攻擊動作分為兩階段：向前躍進一步的階段一以及真正發動撞擊的

階段二；階段一的平均速度 V_1 ，遠低於階段二的平均速度 V_2 ，理論上速度越快、對手越不易反應，略過階段一，直接發動階段二撞擊，不是更有利嗎？本次實驗有三位較資淺的學生（P2、P6、P10）採用這種攻擊法，但分析對手反應時間時，卻都落在 D 組，表示省略階段一，雖然增加了全階段速度 V ，似乎對攻擊的好處不多。以實戰來說，若沒有第一階段，勢必得在距離對手較近的區域內做戰鬥準備（即互相都進入攻擊範圍內），會有較大的風險；另外從影片的分析來說，第一階段的速度雖較慢，但身形類似於攻擊前的準備動作，不一定容易被發現，反倒是第二階段速度雖快，但身形的變化也大，是容易被察覺的；整體考量下，資深者皆是兩階段攻擊，應也是經驗累積的結果。

十、實驗四發現，攻擊第一階段和攻擊第二階段（真正撞擊動作）的平均速度 V_1 、 V_2 越快，以及攻擊第二階段上下移動幅度 ΔY_2 越小，對手反應時間越長、越不易發現我方的攻擊。平均速度 V_1 、 V_2 的加快，有賴於平日的體能及基本動作訓練。另外文獻的搜尋（陳淑貞等〔7〕、陳鴻賓〔8〕）及教練的指導都指出：向前移動或攻擊時重心越穩定（減少晃動），能得到最好的攻擊效果；這裡發現特別是 Y 軸方向（上下）的不必要動作要盡量減少，會讓對手更難發現我方的攻擊。

十一、之前許多反應時間的研究，多採用聲光號誌作為實驗開始的訊號；本研究採用模擬影片的方式，應更貼近實際情況，不過受測者在進行實驗時，是處於靜止的狀態；真正對打時，雙方都處於動態的戰鬥準備動作。日後可以考慮設計方便手持的按鈕，讓受測學生也處於上下跳動的備戰狀態進行實驗，應更能反應實際的對打情境。

十二、本研究以探討反應時間為主，是整個對打攻擊或防守動作的前半部；出拳擊中對手或是出手擋住攻擊才算是完成對打動作。實驗一中收集到的運動數據，有些是和對打動作的後半部有關（如出拳速度、總逆擊距離等）。以後也可以考慮設計以防守動作觸動的按鈕，進一步研究包含防守動作時間的整個逆擊過程，應能夠提供另外的資訊、強化空手道的對打訓練。

柒、結論

平日空手道的鍛鍊包括基本動作、型（套拳）、及對打，相對來說，這個研究在自己的心中，就是「內功心法（基本觀念）」的探討。從使用一般的攝影設備及電腦軟體，收集空手道對打攻擊動作的相關數據開始；進一步製作情境模擬影片，測量空手道社團學生、非社團學生的反應時間進行分析，得知下面結論：

- 一、**勤能補拙、精益求精** ~ 對打時的反應時間，可以經由平日一般空手道課程的訓練縮短（社團學生優於非社團學生）；利用模擬情境的影片加強反應訓練，能更進一步縮短反應時間。
- 二、**觀其眸子，人焉廋哉** ~ 凝視臉部有助於縮短反應時間，所以對打時可以臉部為重點凝視位置，提早發現對手的進攻。
- 三、**迅雷不及掩耳、進退起伏身要穩** ~ 對打發動攻擊時，加快速度、減少身體的上下晃動，都能讓對方不易反應。

此外本研究顯示，使用一般學校可得的設備，加上一些影像處理的技巧，就可以進行基本的運動動作分析及訓練輔助，這一點應可以給許多學校及社團做為參考。

捌、參考資料

1. 林永祥 (2010)。以 SOWT 分析光學式動作擷取系統發展趨勢。2010 第三屆運動科學暨休閒遊憩管理學術研會論文集。(467 - 473 頁)。屏東市：國立屏東教育大學。
2. 林正常 (2000/11/22)。運動體適能 - 反應。2019/04/22，取自運動生理學網站：
<http://www.epsport.net>
3. 陳淑卿、林耀豐 (2010)。學童體育活動反應訓練之探討。2010 第三屆運動科學暨休閒遊憩管理學術研會論文集。(407 - 412 頁)。屏東市：國立屏東教育大學。
4. 陳彥文 (2011)。不同技能水準、性別與凝視位置對空手道選手防守凝視控制之影響。國立東華大學體育與運動科學系碩士論文。
5. 朱慧銘 (2007)。空手道前屈立追擊之生物力學分析。台北市立體育學院運動科學研究所碩士論文。
6. 劉妍秀、謝麗娟、林育田 (2008)。空手道運動之對打逆擊動作在不同重心站立姿勢打擊反應動作時間差異研究。北台灣運動休閒學刊，3，51-60。5.
7. 陳淑貞、陳鴻仁、吳家碧 (2004)。空手道對打反應之探討。運動生物力學研究彙刊(一)。(193-195 頁)。台北市：台灣運動生物力學學會。
8. 陳鴻賓 (2009)。空手道滑步與跨步逆擊時身體質量中心運動之比較。臺北市立體育學院運動技術研究所碩士論文。

【評語】 032914

1. 本研究以攝影機、電腦影像軟體和 After Effects、Tracker 等，分析空手道對打時運動軌跡及反應時間，並探討空手道對打時凝視位置和各種運動數據與反應時間的相關性，最後以模擬影片作訓練，獲致三項重要結論，具實用參考價值。
2. 研究使用的儀器設備簡單(數位相機、筆記型電腦、免費軟體等等)，以相對簡易的設備與軟體，進行分析，值得肯定。如能考慮實驗之誤差，進行分析比較，會更有價值。

摘要

使用兩台普通攝影機，加上影像處理軟體繪聲繪影和 After Effects、軌跡追蹤軟體 Tracker，收集空手道社團 15 名國中生及 1 名教練，對打時攻擊動作的相關數據。接著製作情境模擬影片，測量空手道社團國中生 15 名、非社團國中生 15 名的反應時間進行探討。發現可由平日空手道訓練課程、模擬情境影片的加強訓練、以臉部為凝視的重點位置等方法，縮短對打時防衛的反應時間；攻擊時要強化速度、減少上下晃動，才能讓對手措手不及。本研究可給學校及運動社團參考，作為運動動作分析及訓練輔助的方法。

研究動機

去年亞運空手道項目有好成績，令人熱血沸騰！自己參加空手道社團，也參加校外比賽，希望用科學方法驗證空手道的體會，改進缺點，做到「人不知我、我獨知人」！

研究目的

1. 用一般攝影機和程式，分析空手道對打動作，並製作情境模擬影片進行訓練和研究。
2. 找出防衛時縮短反應時間的方法，研究注視對手「凝視位置」的不同的影響。
3. 分析攻擊的運動數據和對手的反應時間，找出最好的攻擊模式。

研究設備及器材

1. 攝影機兩台 (SONY AXP55 及 GOPRO 7, 1920*1080, 60 FPS), 如圖一。
2. 筆記型電腦及外接的小鍵盤, 如圖二。
3. 免費軌跡追蹤軟體 Tracker 5.06 如圖三。
4. 影像處理軟體 Corel VideoStudio X10 (繪聲繪影)、Adobe After Effects、及 Excel。
5. 投影機 (接筆電使用)、攝影腳架兩座。



圖一 攝影機



圖二 筆電及外接小鍵盤



圖三 運動軌跡追蹤軟體 Tracker

研究過程、結果、和討論

實驗一 空手道對打時運動軌跡及相關數據的收集和分析

(一) 實驗方法：

1. 空手道對打的撞擊動作 (左拳), 如圖四。16 人參與：學生 15 人 (P1 ~ P15), 12 ~ 14 歲, 7 男 8 女；教練 1 人 (P16)。
2. GOPRO 攝影機：攻擊路線上當假想對手並錄影。
AXP55 攝影機：學員右側垂直撞擊路線錄影，如圖五。

✧ After Effects → 每個影格插入編碼。

✧ 繪聲繪影 → 同步兩段影片。

3. Tracker：分析影片，追蹤身體中軸定點及左拳 (一畫格 = 1/60 秒，化為小數取小數點後三位)。

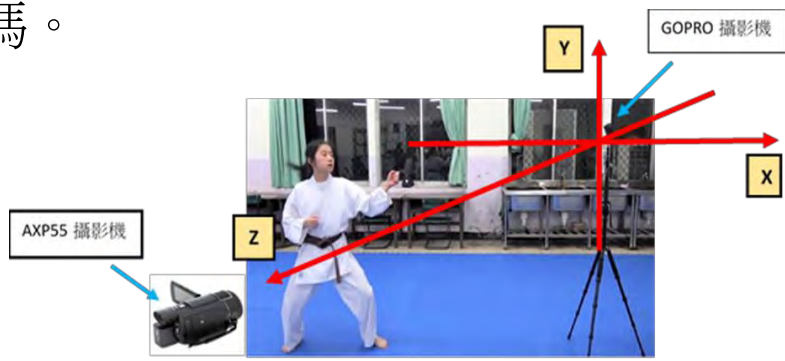
✧ GOPRO 攝影機鏡頭：空間座標原點，XYZ 軸方向如圖五。

✧ Z 軸以靠近鏡頭距離校正。實際 t 秒的 Z 軸數值 = $Z_t * X_t / X_0$ (Z_t 為 t 秒時的 Z 軸座標， X_t 為 t 秒時的 X 軸座標， X_0 為 0 秒時的 X 軸座標)。

4. 記錄各時間點的空間座標、速度及加速度；以 X 軸的數值連續增加、X 軸正方向速度、加速度的上升綜合判斷，決定撞擊發動的時間點 (記下畫格編碼)。

(二) 實驗結果：

1. 撞擊過程：(1) 攻擊前 - 戰鬥姿勢原地上下跳動。(2) 第一階段攻擊 - 向前跳一步進入攻擊範圍，尚未出拳。(3) 第二階段攻擊 - 進一步向前並出左拳。
2. Tracker 軟體記錄到各項運動數據，以 P9 為例，如表一。



圖五 攝影機位置及 XYZ 軸方向



圖四 左拳撞擊動作

階段一		階段二	
身體前進距離 S1 (cm)	18.6	身體前進距離 S2 (cm)	67.7
時間 T1 (sec)	0.383	時間 T2 (sec)	0.367
平均速度 V1 (cm/sec)	48.6	平均速度 V2 (cm/sec)	184.5
上下移動幅度 ΔY1 (cm)	12.8	上下移動幅度 ΔY2 (cm)	5.9
左右移動幅度 ΔZ1 (cm)	2.5	左右移動幅度 ΔZ2 (cm)	13.3
\	\	平均拳速 Vf (cm/sec)	339.5
\	\	瞬間最快拳速 Vf-max (cm/sec)	680.7

表一 P9 撞擊相關運動數據

(三) 討論：

1. 專門運動分析多用高速攝影機加專業軟體；希望可日常應用，所以設計普通設備加影像處理來實驗。
2. 實驗中反應時間準確度的克服：60FPS 影片影像處理，依序在每個畫格上標上編碼，用刷新率 60 Hz 的投影機播出（不會遺漏畫格），任兩畫格編碼相減，就可得知準確時間差（精準到 1 畫格，即 1/60 秒）！

實驗二 空手道對打時反應時間的探討

(一) 實驗方法：

1. 反應時間：發現對手攻擊，到反應動作前的時間差。
2. 情境模擬影片：剪輯 GOPRO 正拍影片，P1~P16 共 16 種情境，各重複三次共 48 題，隨機排列成綜合模擬的測驗影片，如圖七。
3. 共 30 人參與：空手道社團學生 15 人（T1~T15，12~14 歲，7 男 8 女）；非社團 15 人（T16~T30，12~14 歲，7 男 8 女）。
4. 發現影片對手攻擊，按下鍵盤暫停鍵；同步以 AXP55 錄下手部按鍵的動作。
 - ◇ 反應 - 動作時間：暫停時間點減去撞擊發動時間點；動作時間：手部開始動作至影片真正暫停的時間。
 - ◇ 「反應 - 動作時間」減「動作時間」，就得到了真正的「反應時間」。
 - ◇ 社團五人（T1、T3、T5、T7、T9）：首測後以每日間隔行第二、三次測驗，測驗中間進行兩次練習。



圖七 撞擊情境模擬測驗影片

(二) 實驗結果：

1. 表二：綜合模擬情境測驗的反應時間，社團優於非社團學生。
2. 表三：各種單一模擬情境(P1~P16)測驗的反應時間，社團學生也優於非社團。
3. 表四：針對反應時間加強訓練，能進一步縮短時間。
4. 實驗受測學生的動作時間，分布於 0.050 ~ 0.067 秒之間（3~4 個畫格），個別差異很小。

受測學生	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
平均反應時間(sec)	0.489	0.350	0.450	0.347	0.317	0.300	0.358	0.328
受測學生	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	平均
平均反應時間(sec)	0.320	0.322	0.313	0.325	0.319	0.340	0.301	0.345
受測學生	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23
平均反應時間(sec)	0.503	0.364	0.439	0.472	0.522	0.392	0.456	0.481
受測學生	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	平均
平均反應時間(sec)	0.525	0.426	0.432	0.451	0.418	0.437	0.467	0.452

表二 社團(T1~T16) 及非社團學生 (T16~T30)，綜合情境模擬影片反應時間

(三) 討論：

1. 訓練用簡化方法：將動作時間設為定值（如平均值 0.059 秒）、或用「反應 - 動作時間」代替「反應時間」。
2. 表四中，反應時間較長的三位學生，針對反應時間練習，短時間就有約 10% 的進步，應可用在現實訓練上。

表三 → 社團(T1~T16)、非社團(T16~T30)、及全部學生，單一情境模擬影片反應時間

受測學生 模擬影片 情境	T1~T15 (sec)	T16~T30 (sec)	全部 學生 (sec)
P1	0.272	0.369	0.321
P2	0.207	0.339	0.273
P3	0.316	0.437	0.377
P4	0.373	0.446	0.410
P5	0.445	0.638	0.541
P6	0.134	0.174	0.154
P7	0.380	0.561	0.471
P8	0.446	0.547	0.497
P9	0.592	0.641	0.617
P10	0.212	0.236	0.224
P11	0.372	0.447	0.410
P12	0.284	0.344	0.314
P13	0.431	0.619	0.525
P14	0.371	0.468	0.429
P15	0.267	0.382	0.325
P16	0.450	0.579	0.515

表四 → 五位社團學生，三次受測時機反應時間

受測學生 受測時機	T1 (sec)	T3 (sec)	T5 (sec)	T7 (sec)	T9 (sec)
第一次受測	0.489	0.450	0.317	0.358	0.320
第二次受測	0.452	0.413	0.317	0.346	0.318
第三次受測	0.444	0.403	0.301	0.316	0.314
縮短的時間	0.045	0.047	0.016	0.042	0.006
進步比率(%)	9.2%	10.4%	5.1%	11.7%	1.9%

實驗三 空手道對打時凝視位置與反應時間相關性的探討

(一) 實驗方法：

1. P16 (教練) 的撞擊情境模擬影片
 - ◇ 繪聲繪影：特定部位清楚其他模糊，使目光集中成「凝視位置」，如圖九，分手部（左拳）、臉部、身體（胸部）、及不限制（即原始影像）。
2. 記錄不同凝視位置的反應時間。



圖九 不同凝視位置模擬影片

(二) 實驗結果：

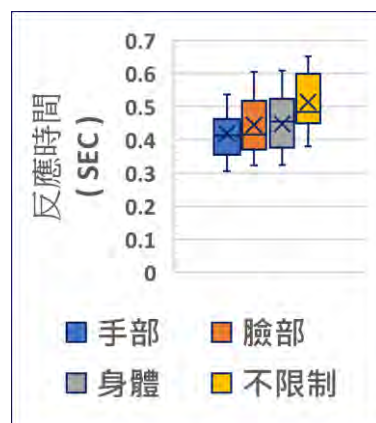
1. 如表五。社團、非社團、及全體學生反應時間平均值，都是 手部 < 臉部 < 身體 < 不限制。圖十用盒鬚圖觀察。
2. 以每個人自我比較的排序法再次檢視：臉部、手部、身體、不限制四個項目，給予加權積分，反應時間最長項目算 4 分，依次是 3、2、1 分，若時間一樣，則積分平均，結果如表六。
3. 加權積分的平均值，社團、非社團、全體學生，都是 手部 < 臉部 < 身體 < 不限制，呈現相同的趨勢，畫成盒鬚圖（圖十一），凝視位置手部略優於臉部，差別不大，但明顯優於身體及不限制的組別。

凝視位置 \ 受測學生	T1~T15 (sec)	T16~T30 (sec)	全部學生 (sec)
手部	0.369	0.469	0.419
臉部	0.380	0.507	0.444
身體	0.391	0.511	0.451
不限	0.450	0.579	0.515

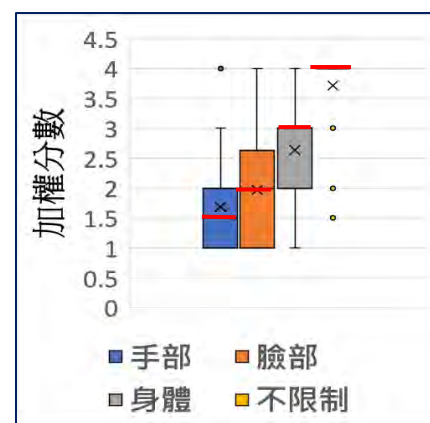
表五 不同凝視位置，社團學生(T1~T15)、非社團學生(T16~T30)、及全部學生(T1~T30)反應時間平均值

凝視位置 \ 受測學生	T1~T15 加權積分平均	T16~T30 加權積分平均	全部學生 加權積分平均值
手部	1.73	1.60	1.67
臉部	1.87	2.07	1.97
身體	2.53	2.73	2.63
不限	3.83	3.60	3.72

表六 不同凝視位置，社團學生(T1~T15)、非社團學生(T16~T30)、及全部學生(T1~T30)反應時間加權積分平均值



圖十 不同凝視位置，反應時間盒鬚圖(打叉是平均值)



圖十一 不同凝視位置，反應時間排序加權積分盒鬚圖(紅色線是中位數，打叉為平均值)

(三) 討論：對打需全方位防守，凝視位置隨時改變，反應時間稍長卻最安全；文獻中高手凝視以臉頻率最高。本實驗凝視手部反應最快，但手目標小移動大不易追蹤，又偏局部；反應時間手臉差別不大，高手選臉為重點，既可縮短時間又利全面備戰。

實驗四 空手道對打時各項運動數據與對手反應時間相關性的探討

(一) 實驗方法

1. 單一情境模擬影片：16人(P1~P16)的「對手平均反應時間」(30名平均值)，依此分為：A組：>0.5秒、B組：0.4~0.5秒、C組：0.3~0.4秒、D組：<0.3秒。
2. 算出各組運動數據平均值，找出有相關的項目。

(二) 實驗結果：

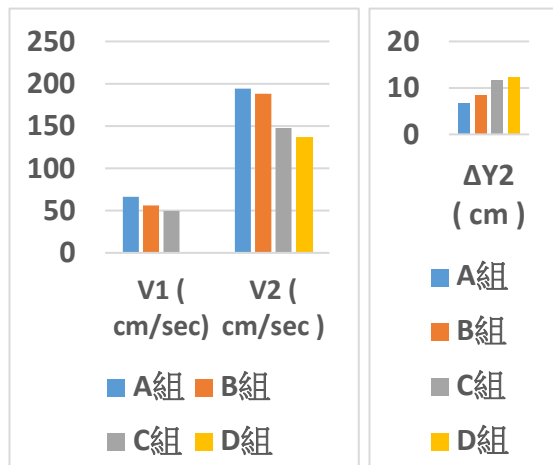
1. 表八及圖十二：對手平均反應時間和V1、V2成正相關，和 $\Delta Y2$ 成負相關。
3. 圖十三，V2和 $\Delta Y2$ 是負相關，V2和 $\Delta Y2$ 是否獨立的變項，需後續的研究。

表七 依對手平均反應時間分組表

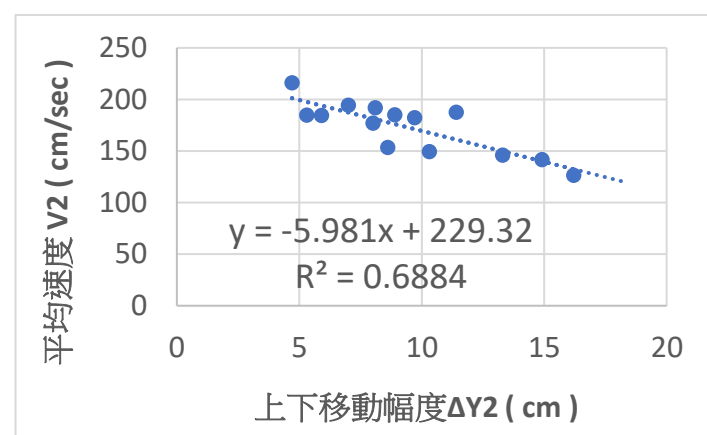
組別	對手平均反應時間(sec)	團員
A	>0.5	P5, P9, P13, P16
B	0.4~0.5	P4, P7, P8, P11, P14
C	0.3~0.4	P1, P3, P12, P15
D	<0.3	P2, P6, P10

組別	對手平均反應時間(sec)	第一階段速度V1平均值(cm/sec)	第二階段速度V2平均值(cm/sec)	第二階段上下移動幅度 $\Delta Y2$ 平均值(cm)
A	>0.5	66.3	194.2	6.8
B	0.4~0.5	55.9	188.3	8.5
C	0.3~0.4	49.5	147.5	11.8
D	<0.3	x	136.8	12.4

表八 各組別各項運動數據平均值比較



圖十二 各組別第一階段平均速度V1、第二階段平均速度V2及上下移動幅度 $\Delta Y2$ 平均值



圖十三 第二階段平均速度V2和上下移動幅度 $\Delta Y2$ 關係圖

- (三) 討論：1. 撞擊兩階段：V1遠低於V2；實戰若無第一階段，得在離對手較近處備戰，互相進入攻擊範圍；第一階段速度雖慢，但身形似準備動作不易發現，第二階段速度快但身形變化大易被察覺；故資深者皆兩階段攻擊。
2. 平均速度V1、V2越快、第二階段上下移動 $\Delta Y2$ 越小，對手不易發現。

結論

平日空手道鍛鍊包括基本動作、型(套拳)、及對打，而這個研究就是「內功心法」：

- 一、**勤能補拙、精益求精** ~ 對打時的反應時間，可經由平日一般空手道的訓練縮短(社團學生優於非社團學生)；利用模擬情境影片特別訓練，能更進一步縮短。
- 二、**觀其眸子，人焉廋哉** ~ 凝視臉部可縮短反應時間，對打時以臉部為重點凝視位置，能提早發現對手進攻，又能全面的防守。
- 三、**迅雷不及掩耳、進退起伏身要穩** ~ 發動攻擊時，加快速度、減少身體上下晃動，都能讓對方不易反應。

使用一般設備加影像處理，就可進行動作分析及訓練輔助，可給學校及社團做參考。

參考資料

1. 林永祥(2010)。以SOWT分析光學式動作擷取系統發展趨勢。2010第三屆運動科學暨休閒遊憩管理學術研會論文集。(467-473頁)。屏東市：國立屏東教育大學。
2. 林正常(2000/11/22)。運動體適能-反應。2019/04/22，取自運動生理學網站：<http://www.epsport.net>
3. 陳淑卿、林耀豐(2010)。學童體育活動反應訓練之探討。2010第三屆運動科學暨休閒遊憩管理學術研會論文集。(407-412頁)。屏東市：國立屏東教育大學。
4. 陳彥文(2011)。不同技能水準、性別與凝視位置對空手道選手防守凝視控制之影響。國立東華大學體育與運動科學系碩士論文。
5. 朱慧銘(2007)。空手道前屈立追擊之生物力學分析。台北市立體育學院運動科學研究所碩士論文。
6. 劉妍秀、謝麗娟、林育田(2008)。空手道運動之對打逆擊動作在不同重心站立姿勢打擊反應動作時間差異研究。北台灣運動休閒學刊，3，51-60。
7. 陳淑貞、陳鴻仁、吳家碧(2004)。空手道對打反應之探討。運動生物力學研究彙刊(一)。(193-195頁)。台北市：台灣運動生物力學學會。
8. 陳鴻賓(2009)。空手道滑步與跨步逆擊時身體質量中心運動之比較。臺北市立體育學院運動技術研究所碩士論文。