

# 科技部補助專題研究計畫報告

## 震動結合不穩定表面訓練對競技體操選手空翻和高台落地運動 表現之生物力學分析

報告類別：精簡報告  
計畫類別：個別型計畫  
計畫編號：MOST 109-2410-H-003-070-  
執行期間：109年08月01日至110年07月31日  
執行單位：國立臺灣師範大學體育與運動科學系

計畫主持人：黃長福

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：張育安  
博士班研究生-兼任助理：高裕軒  
博士班研究生-兼任助理：陳伯穎

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關  
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)  
本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

中華民國 110 年 10 月 30 日

中文摘要：早期發展體操動作時，除了需要依賴下肢能力以外，首要發展的就是團身前、後空翻。然而，如何辨別空翻動作的好壞，競技體操運動屬主觀性評分，以空翻高度、翻轉流暢性、空中體態與落地穩定性，為評量與評分標準。震動結合不穩定表面訓練（結合訓練）已證實能有效改善下肢的運動表現以及活化神經肌肉水準，且已得知兩者訓練的結合會比單獨實施一種訓練的效果還要好。目的：探討立即性、4週、8週結合訓練介入後對於競技體操選手空翻和高台落地運動表現之影響。方法：招募16名大專競技體操選手，會隨機配對分成結合訓練組和震動訓練組，進行8週訓練。受試者們在訓練前、第一次訓練後（立即性）、4週後、8週後會使用測力板擷取前空翻、後空翻、1m高台落地、2m高台落地測驗之動力學數據，並同步以Delsys無線肌電儀來收集脛前肌（tibialis anterior, TA）、內側腓腸肌（gastrocnemius medial, GM）、外側腓腸肌（gastrocnemius lateral, GL）、股內側肌（vastus medialis, VM）、股外側肌（vastus lateralis, VL）、股直肌（rectus femoris, RF）的肌電訊號。實驗數據以混合設計二因子變異數統計分析，比較前空翻、後空翻、1m高台落地、2m高台落地表現之差異，顯著水準設為 $\alpha = .05$ 。結果：動力學分析發現後空翻，結合訓練組經4週、8週訓練後，起跳力量、空翻高度優於前測，空翻高度優於震動訓練組。前空翻，結合訓練組經4週訓練後，起跳力量、衝量、空翻高度優於前測，空翻高度優於震動訓練組，結合訓練組經8週訓練後，起跳力量、衝量、空翻高度優於前測，起跳力量、空翻高度優於震動訓練組。高台落地，動力學數據都未有顯著差異。肌肉活化分析發現後空翻，結合訓練組經4週訓練後，TA和VL顯著大於前測，TA、GM、VM顯著大於震動訓練組，8週訓練後，結合訓練組的TA、GM、VM、VL顯著大於前測，TA、GM、VM顯著大於震動訓練組。前空翻，結合訓練組經4週訓練後，TA和VL顯著大於震動訓練組，經8週訓練後，VM和VL顯著大於前測，VL顯著大於震動訓練組。1m高台落地，肌肉活化程度經4週訓練後，結合訓練組TA、VM顯著大於前測，並在TA、GL、VM顯著大於震動訓練組；8週訓練後，結合訓練組GM、VM、VL顯著大於前測，VM顯著大於震動訓練組。2m高台落地，肌肉活化程度經4週訓練後，結合訓練組TA、GM顯著大於前測，TA、GM、GL、VM顯著大於震動訓練組；8週訓練後，結合訓練組TA、GM、VM、VL顯著大於前測，GM、VM、VL顯著大於震動訓練組。結論：4週和8週的震動結合不穩定表面訓練能有效提高體操選手下肢神經肌肉活化程度，有利提升前空翻和後空翻之運動表現。

中文關鍵詞：前空翻、後空翻、落地、地面反作用力、肌肉活化

英文摘要：Purpose: To investigate the effects of the gymnast on somersaults and high landing performances immediately after training interventions of 8 weeks. Methods: Sixteen collegiate gymnasts were recruited and randomly paired into a combined training group (CT) and vibration training group (VT) for 8 weeks of training. After the first training session, after 4 weeks and after 8 weeks, participants will use dynamometers to collect kinetic data for the forward somersault, backward somersault, 1-meter and 2-meter

platform landing tests, and Delsys wireless electromyographs to collect data on the tibialis anterior (TA)、gastrocnemius medial (GM)、gastrocnemius lateral (GL)、vastus medialis (VM)、vastus lateralis (VL) and rectus femoris (RF) muscles were identified. Experimental data were analyzed using a Two-way ANOVA, mixed design with a mixed design, with the significance level set at  $\alpha = .05$ . Results: Backward somersaults, CT after 4 weeks and 8 weeks of training, the take-off strength and the height of the somersault were better than pre-test, and the height of the somersault was better than that of the VT. Forward somersaults, after 4 weeks of training in the CT, the take-off strength, impulse, and somersault height are better than pre-test, and the height of somersaults is better than that of the VT. After 8 weeks of training in the CT, the strength, impulse, and somersault height are better than pre-test, and the take-off strength and the height of somersaults were better than VT. There is no significant difference in the kinetic data when landing on the high platform. Muscle activation analysis found that after 4 weeks of training in the CT, TA and VL were significantly greater than the pre-test, TA, GM, and VM were significantly greater than VT. After 8 weeks of training, CT's TA, GM, VM, VL was significantly greater than the pre-test, TA, GM, and VM were significantly greater than the VT. Forward somersaults, CT after 4 weeks of training, TA and VL were significantly greater than the VT, after 8 weeks of training, VM and VL were significantly greater than the pre-test, VL was significantly greater than the VT. After landing on a 1m high platform, the degree of muscle activation after 4 weeks of training, the CT group TA and VM were significantly greater than the pre-test, and TA, GL, VM were significantly greater than the VT; after 8 weeks of training, CT group GM, VM, VL Significantly larger than the pre-test, VM is significantly larger than the VT. Landing on a 2m high platform. After 4 weeks of training, the CT group's TA and GM were significantly greater than the pre-test, and TA, GM, GL, and VM were significantly greater than the VT; after 8 weeks of training, the CT group's TA, GM, VM and VL is significantly larger than the pre-test, GM, VM, VL are significantly larger than the VT. Conclusion: 4 and 8 weeks of vibration combined with unstable surface training can effectively improve the neuromuscular activation of the lower limbs of gymnasts, and help improve the performance of forward and backward somersaults.

英文關鍵詞： forward somersault、backward somersault、landing、ground

reaction force、muscle activation

## 研究結果

### 第一節 動力學分析

後空翻結果數據經統計分析後發現，起跳力量、和空翻高度在不同訓練方式和訓練時間因子得到交互作用達顯著效果，因此，分別對這兩項數據進行訓練方式和訓練時間的單純主要效果分析比較，在起跳力量上，不同訓練方式因子都未呈現顯著差異 ( $p > .05$ )。而訓練時間因子上，結合訓練組的起跳力量數值皆於4週和8週訓練後顯著優於前測 ( $p < .05$ )，震動訓練組則都未達顯著差異。且後空翻高度數值於不同訓練方式因子上，於4週和8週訓練後皆達顯著優於震動訓練組 ( $p < .05$ )，在訓練時間因子上，結合訓練組的空翻高度於4週和8週訓練後顯著優於前測 ( $p < .05$ )。在後空翻的起跳衝量和起跳時間上，無論交互作用和主要效果比較後都呈未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 6 後空翻動力學分析

		前測	立即性	四週	八週
起跳力量 (BW)	結合訓練組	2.93 ± 0.35	3.01 ± 0.37	3.12 ± 0.42*	3.43 ± 0.34*
	震動訓練組	2.95 ± 0.41	3.03 ± 0.47	3.00 ± 0.48	3.03 ± 0.43
起跳衝量 (N·s)	結合訓練組	748.11 ± 157.89	746.25 ± 145.63	790.74 ± 92.00	800.22 ± 127.37
	震動訓練組	791.30 ± 173.49	761.18 ± 141.94	792.31 ± 113.73	775.77 ± 99.11
起跳時間 (S)	結合訓練組	0.88 ± 0.16	0.88 ± 0.12	0.95 ± 0.06	0.97 ± 0.10
	震動訓練組	0.91 ± 0.17	0.95 ± 0.12	0.94 ± 0.07	0.91 ± 0.06
空翻高度 (CM)	結合訓練組	41.74 ± 4.19	42.75 ± 4.19	47.05 ± 2.36 *†	47.91 ± 2.30 *†
	震動訓練組	41.87 ± 4.06	42.06 ± 4.15	41.79 ± 3.46	41.05 ± 3.78

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

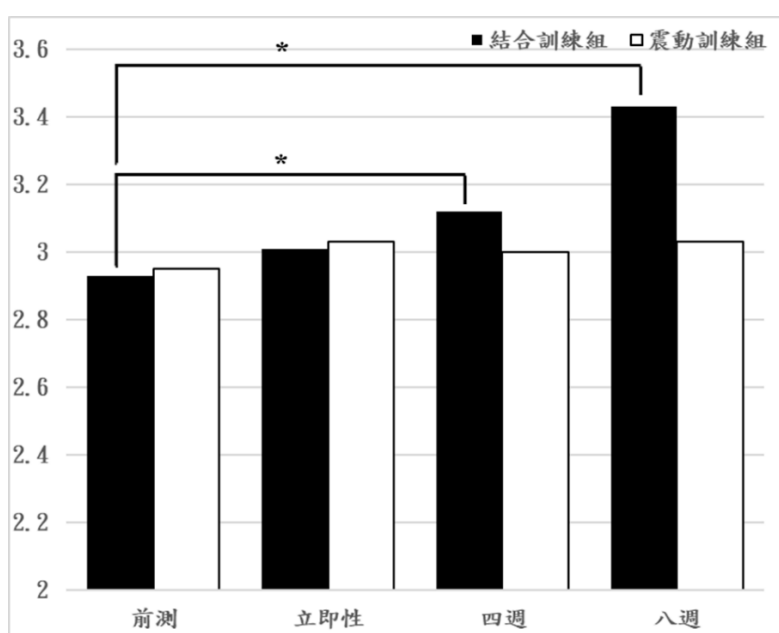


圖 19 起跳力量結果比較

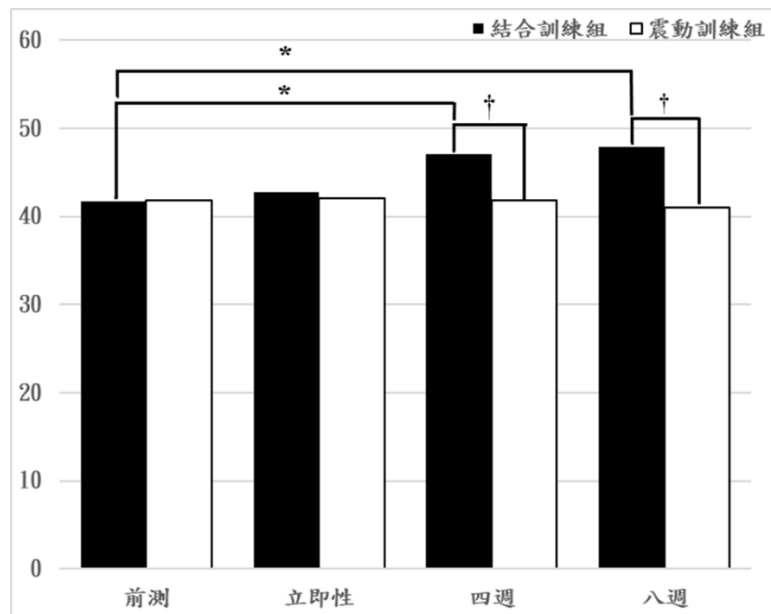


圖20 空翻高度結果比較

前空翻結果數據經統計分析後發現，起跳力量、起跳衝量和空翻高度，在不同訓練方式和訓練時間因子得到交互作用達顯著效果，因此，分別對這三項數據進行訓練方式和訓練時間的單純主要效果分析比較，在起跳力量和空翻高度的數據發現不同訓練方式因子達顯著差異 ( $p < .05$ )，從表 7 得知起跳力量數據為結合訓練組於 8 週訓練後顯著優於震動訓練組，而在空翻高度為結合訓練組在 4 週和 8 週訓練後顯著優於震動訓練組。訓練時間因子分析後發現結合訓練組的起跳力量、起跳衝量和空翻高度數值皆是於 4 週和 8 週訓練後顯著優於前測 ( $p < .05$ )。

表 7 前空翻動力學分析

		前測	立即性	四週	八週
起跳力量 (BW)	結合訓練組	5.54 ± 0.30	6.01 ± 1.12	5.94 ± 0.45 *	6.13 ± 1.02 *†
	震動訓練組	5.28 ± 1.07	5.18 ± 1.11	5.21 ± 0.82	5.17 ± 0.64
起跳衝量 (N·s)	結合訓練組	521.88 ± 119.12	561.60 ± 93.03	599.91 ± 97.19*	585.29 ± 101.00*
	震動訓練組	506.87 ± 77.76	513.06 ± 85.26	502.91 ± 111.78	500.62 ± 81.68
起跳時間 (S)	結合訓練組	0.60 ± 0.15	0.67 ± 0.10	0.64 ± 0.28	0.72 ± 0.10
	震動訓練組	0.59 ± 0.08	0.60 ± 0.08	0.58 ± 0.13	0.59 ± 0.07
空翻高度 (CM)	結合訓練組	29.97 ± 2.85	30.79 ± 2.29	33.60 ± 1.61 *†	33.89 ± 1.64 *†
	震動訓練組	29.03 ± 1.94	28.57 ± 2.36	29.57 ± 2.45	29.27 ± 2.34

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

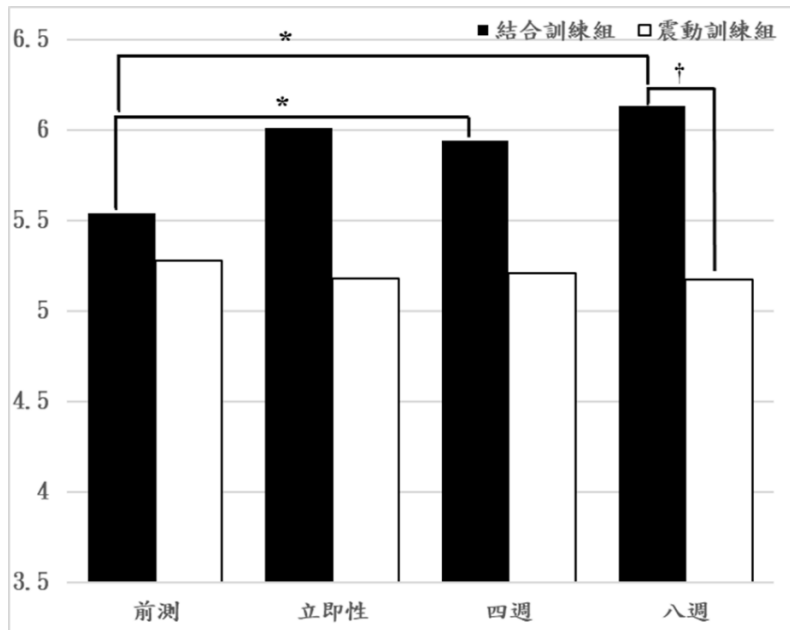


圖 21 起跳力量結果比較

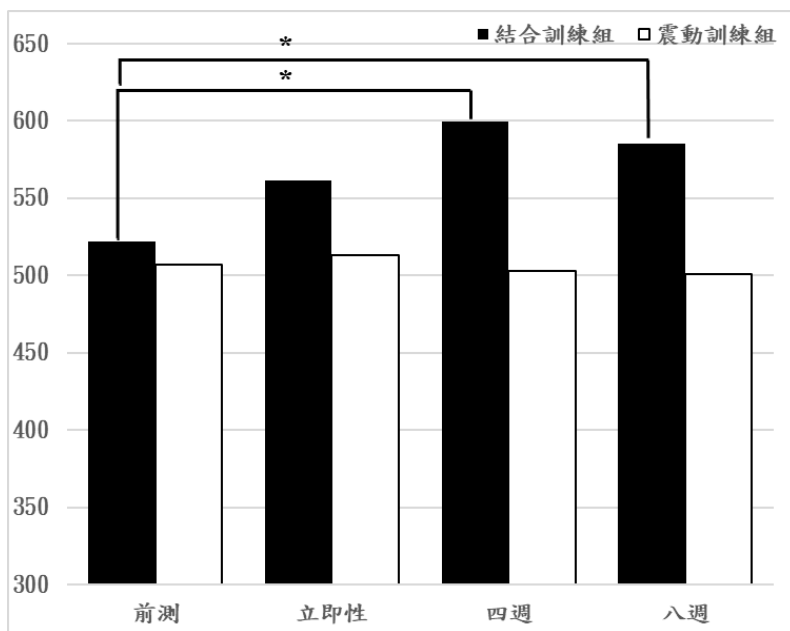


圖 22 起跳衝量結果比較

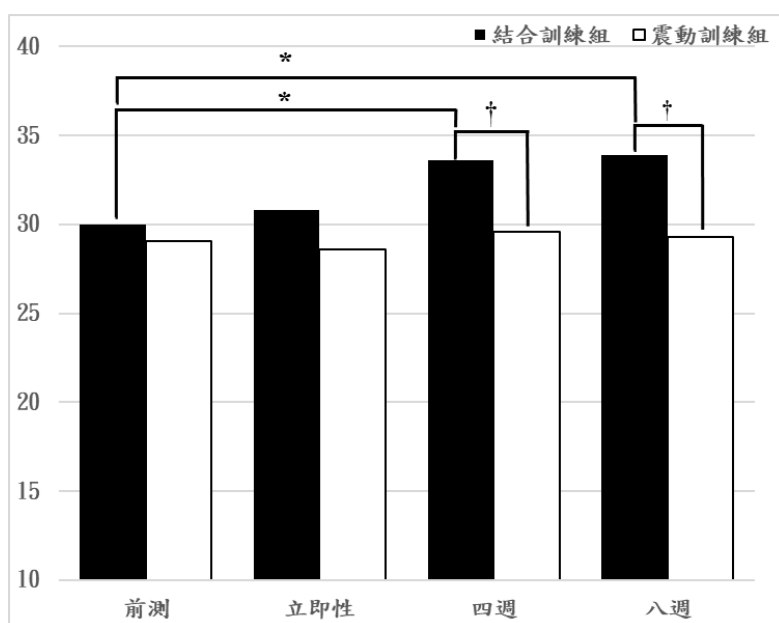


圖 23 空翻高度結果比較

1m高台落地結果數據經統計分析後發現，動力學數據在不同訓練方式和訓練時間因子在交互作用上未達顯著效果，因此，分別對這四項數據進行主要效果分析比較，在落地力量、最高衝量、50衝量和100衝量的數據分析發現不同訓練方式和訓練時間因子都未呈現顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 8 1m 高台落地動力學分析

		前測	立即性	四週	八週
落地力量 (BW)	結合訓練組	6.56 ± 0.73	6.58 ± 0.91	6.11 ± 0.70	6.40 ± 0.57
	震動訓練組	6.68 ± 0.42	6.24 ± 0.45	6.43 ± 0.46	6.04 ± 0.41
最高衝量 (N·s)	結合訓練組	92.15 ± 4.44	91.72 ± 9.57	89.43 ± 11.81	88.01 ± 12.65
	震動訓練組	95.31 ± 19.45	84.95 ± 11.17	86.35 ± 11.07	84.32 ± 14.48
50 衝量 (N·s)	結合訓練組	136.55 ± 21.97	134.41 ± 30.56	129.32 ± 25.28	130.88 ± 23.14
	震動訓練組	133.28 ± 22.53	134.59 ± 22.38	134.16 ± 21.19	126.04 ± 21.98
100 衝量 (N·s)	結合訓練組	211.22 ± 15.71	208.41 ± 17.43	204.28 ± 22.49	204.24 ± 18.74
	震動訓練組	198.35 ± 23.04	194.08 ± 19.77	197.13 ± 18.58	192.77 ± 24.41

2m 高台落地結果數據經統計分析後發現，動力學數據不同訓練方式和訓練時間因子在交互作用上未達顯著效果，因此，分別對這四項數據進行主要效果分析。落地力量、最高衝量、50 衝量和 100 衝量的數據分析發現不同訓練方式因子都未呈現顯著差異 ( $p > .05$ )。並從訓練時間因子分析比較也發現皆未有達顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。



表 9 2m 高台落地動力學分析

		前測	立即性	四週	八週
落地力量 (BW)	結合訓練組	9.26 ± 0.57	9.55 ± 1.37	9.47 ± 0.95	9.53 ± 1.14
	震動訓練組	9.67 ± 1.17	9.57 ± 1.49	9.09 ± 1.07	9.41 ± 1.03
最高衝量 (N·s)	結合訓練組	122.12 ± 10.22	121.23 ± 17.81	123.91 ± 18.14	127.95 ± 18.80
	震動訓練組	127.00 ± 22.43	121.14 ± 19.04	117.86 ± 19.44	121.58 ± 18.44
50 衝量 (N·s)	結合訓練組	175.39 ± 18.65	182.61 ± 32.61	178.33 ± 24.74	171.78 ± 22.32
	震動訓練組	189.03 ± 33.72	186.19 ± 35.11	182.63 ± 30.76	183.79 ± 32.40
100 衝量 (N·s)	結合訓練組	253.25 ± 25.31	259.37 ± 28.41	255.59 ± 32.88	256.08 ± 28.06
	震動訓練組	254.72 ± 28.47	248.50 ± 27.48	247.73 ± 31.18	244.96 ± 96.18

## 第二節 肌肉活化分析

後空翻起跳期的肌肉活化分析結果發現，脛前肌和股內側肌在不同訓練方式和訓練時間因子得到交互作用達顯著效果，因此，針對這兩項數據進行單純主要效果分析比較，在脛前肌和股內側肌數據分析得到不同訓練方式皆達顯著差異，比較後發現於 4 週和 8 週訓練後，皆是結合訓練組顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。在訓練時間因子上，結合訓練組的脛前肌活化水準皆於 4 週和 8 週訓練後顯著大於前測 ( $p < .05$ )，而股內側肌則於 8 週訓練後顯著大於前測 ( $p < .05$ )，震動訓練組則都未達顯著差異。另外，內側腓腸肌和股外側肌在不同訓練方式和訓練時間因子未呈現顯著差異情形，因而對這兩項數據進行主要效果分析發現，內側腓腸肌活化水準在不同訓練方式上達顯著差異，經比較後結合訓練組於 4 週和 8 週訓練後皆顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。在訓練時間因子上發現內側腓腸肌和股外側肌達顯著差異，經比較後發現結合訓練組於 4 週訓練後股外側肌顯著大於前測 ( $p < .05$ )，並於 8 週訓練後兩條肌肉皆顯著大於前測 ( $p < .05$ )，則震動訓練組都未達顯著差異。外側腓腸肌和股直肌活化數據分析發現無論交互作用和主要效果比較後都未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 10 後空翻肌電訊號分析

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	66.69 ± 25.68	68.32 ± 29.82	118.63 ± 56.38†*	83.78 ± 22.49†*
	內側腓腸肌	215.69 ± 87.74	205.56 ± 57.79	233.38 ± 68.25†	298.31 ± 69.31†*
	外側腓腸肌	150.64 ± 30.84	188.00 ± 42.73	171.69 ± 55.38	161.83 ± 62.01
	股內側肌	155.37 ± 77.37	118.45 ± 23.48	254.05 ± 143.69†	304.54 ± 95.08†*
	股外側肌	148.00 ± 47.18	122.16 ± 45.52	223.64 ± 108.29*	281.12 ± 104.70*
	股直肌	67.14 ± 79.50	44.56 ± 33.96	79.13 ± 55.50	67.52 ± 22.50
	震動訓練組	脛前肌	52.65 ± 16.15	57.36 ± 20.73	54.38 ± 19.99
內側腓腸肌		162.12 ± 45.10	160.97 ± 54.01	151.72 ± 41.72	188.26 ± 61.42
外側腓腸肌		135.19 ± 29.33	148.42 ± 25.49	136.79 ± 36.58	148.32 ± 47.95
股內側肌		98.74 ± 70.12	100.00 ± 58.09	117.65 ± 52.67	135.46 ± 74.56
股外側肌		133.41 ± 35.32	115.52 ± 70.23	129.20 ± 68.47	171.57 ± 109.37

股直肌	40.94 ± 12.92	56.10 ± 17.59	43.62 ± 21.48	30.68 ± 10.26
-----	---------------	---------------	---------------	---------------

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

表 11 前空翻肌電訊號分析

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	79.54 ± 30.18	71.33 ± 16.38	106.61 ± 46.30†	86.94 ± 28.53
	內側腓腸肌	159.23 ± 75.34	204.98 ± 156.61	189.15 ± 73.30	235.46 ± 87.20
	外側腓腸肌	108.38 ± 32.82	156.55 ± 28.34	135.12 ± 53.49	171.38 ± 126.65
	股內側肌	165.23 ± 64.74	163.40 ± 71.50	262.18 ± 97.42	307.64 ± 100.96*
	股外側肌	125.19 ± 55.70	142.22 ± 69.40	221.65 ± 61.74†	375.79 ± 145.24†*
	股直肌	148.05 ± 80.39	131.17 ± 50.19	214.71 ± 78.64	195.23 ± 59.10
震動訓練組	脛前肌	60.38 ± 26.46	80.33 ± 40.55	54.20 ± 25.44	72.35 ± 31.22
	內側腓腸肌	148.00 ± 91.46	155.75 ± 104.77	116.70 ± 23.12	131.83 ± 55.40
	外側腓腸肌	117.81 ± 40.69	102.01 ± 33.83	108.22 ± 38.81	120.56 ± 40.24
	股內側肌	151.25 ± 120.69	167.70 ± 96.61	188.48 ± 155.60	186.53 ± 64.91
	股外側肌	141.08 ± 61.53	131.17 ± 70.11	120.68 ± 50.42	167.77 ± 55.50
	股直肌	165.13 ± 219.60	141.00 ± 52.79	103.65 ± 39.39	136.96 ± 51.52

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

前空翻起跳期的肌肉活化分析結果發現，脛前肌和股外側肌在不同訓練方式和訓練時間因子得到交互作用達顯著之情形，因此，針對這兩項數據進行單純主要效果分析比較，在脛前肌和股外側肌得到不同訓練方式因子皆達顯著差異，比較後發現於 4 週訓練後，結合訓練組顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )，8 週訓練後，則是結合訓練組的股外側肌顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。在訓練時間因子上，僅在結合訓練組的股外側肌活化水準於 8 週訓練後顯著大於前測 ( $p < .05$ )，震動訓練組則都未達顯著差異。另外，股內側肌在不同訓練方式和訓練時間因子的交互作用雖未呈現顯著差異情形，但在主要效果分析發現，股內側肌活化水準在訓練時間因子上內達顯著水準，經比較後發現結合訓練組於 8 週訓練後顯著大於前測 ( $p < .05$ )，而震動訓練組都未達顯著差異。內、外側腓腸肌和股直肌活化水準發現無論交互作用和主要效果比較後都未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

1m 高台落地的預先活化階段，分析結果如表 12 所示，從表中可得知在立即性訓練後都未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。而經 4 週訓練後發現結合訓練組的脛前肌活化水準顯著大於前測，並與震動訓練組相比更在脛前肌和外側腓腸肌達顯著差異 ( $p < .05$ )。經 8 週訓練後發現結合訓練組的股內側肌和股外側肌顯著大於前測，並與震動訓練組比較後也在股內側肌和股外側肌達顯著差異 ( $p < .05$ )。

表 12 預先活化階段分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	16.41 ± 6.80	14.70 ± 10.22	31.68 ± 7.46†*	23.38 ± 10.24
	內側腓腸肌	48.19 ± 33.01	66.91 ± 29.10	69.64 ± 29.82	75.73 ± 39.87

	外側腓腸肌	34.59 ± 11.30	55.13 ± 14.31	69.81 ± 44.89†	48.33 ± 20.60
	股內側肌	27.48 ± 6.83	28.09 ± 19.87	46.92 ± 29.43	57.18 ± 30.02†*
	股外側肌	25.90 ± 11.46	18.78 ± 10.99	28.90 ± 12.59	45.51 ± 19.74†*
	股直肌	21.26 ± 11.83	16.06 ± 3.90	26.54 ± 13.34	24.95 ± 8.59
震動訓練組	脛前肌	20.58 ± 17.83	14.79 ± 6.80	13.44 ± 4.96	14.96 ± 7.11
	內側腓腸肌	44.35 ± 21.29	40.14 ± 19.99	38.40 ± 17.48	54.87 ± 30.90
	外側腓腸肌	36.83 ± 14.12	39.17 ± 14.00	29.60 ± 11.12	38.86 ± 16.84
	股內側肌	27.80 ± 12.03	39.44 ± 19.31	25.96 ± 17.78	26.50 ± 15.80
	股外側肌	28.09 ± 11.53	24.99 ± 15.92	29.80 ± 21.79	23.85 ± 15.98
	股直肌	19.60 ± 5.79	26.18 ± 10.30	32.49 ± 25.55	15.41 ± 3.77

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

1m 高台落地的開始衝擊階段，分析結果如表 13 所示，從表中可得知在立即性訓練後都未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。而經 4 週和 8 週訓練後發現結合訓練組的股內側肌活化水準顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。其餘肌肉活化水準都並未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。

表 13 開始衝擊階段分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	43.07 ± 21.10	36.57 ± 22.79	67.82 ± 30.59	39.81 ± 14.83
	內側腓腸肌	32.69 ± 17.12	56.43 ± 43.53	57.11 ± 22.36	64.83 ± 32.00
	外側腓腸肌	41.39 ± 15.78	51.84 ± 19.16	64.45 ± 42.80	66.10 ± 72.03
	股內側肌	93.82 ± 49.47	82.76 ± 79.48	144.43 ± 61.61†	124.95 ± 49.84†
	股外側肌	84.98 ± 49.76	70.31 ± 20.52	83.96 ± 19.70	135.07 ± 109.62
	股直肌	43.12 ± 16.82	40.12 ± 4.56	73.93 ± 37.96	94.57 ± 53.77
震動訓練組	脛前肌	46.29 ± 20.99	33.80 ± 13.54	35.55 ± 12.77	36.13 ± 11.44
	內側腓腸肌	40.39 ± 21.03	39.67 ± 31.92	31.48 ± 17.27	34.93 ± 12.92
	外側腓腸肌	38.39 ± 18.24	38.90 ± 14.24	38.06 ± 22.68	37.74 ± 16.55
	股內側肌	72.89 ± 45.44	90.86 ± 31.93	62.25 ± 30.82	70.16 ± 34.21
	股外側肌	75.27 ± 50.59	74.72 ± 37.83	45.09 ± 22.53	65.13 ± 33.62
	股直肌	42.86 ± 20.84	59.76 ± 21.01	43.52 ± 28.58	47.33 ± 53.51

†表示兩組比較後達顯著差異。

1m 高台落地的結束衝擊階段，分析結果如表 14 所示，從表中可得知在立即性訓練後都未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。而經 4 週訓練後發現結合訓練組的脛前肌和股內側肌活化水準顯著大於前測，並與震動訓練組比較後，也達顯著差異 ( $p < .05$ )。經 8 週訓練後發現結合訓練組的內側腓腸肌顯著大於前測 ( $p < .05$ )，並比較股內側肌活化水準，發現結合訓練組顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。

表 14 結束衝擊階段分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	29.66 ± 15.04	26.47 ± 19.60	63.51 ± 26.11†*	45.69 ± 14.45
	內側腓腸肌	28.09 ± 11.78	33.04 ± 9.69	33.05 ± 10.92	46.55 ± 17.98*
	外側腓腸肌	37.84 ± 16.79	39.04 ± 12.41	42.12 ± 20.62	39.27 ± 17.82
	股內側肌	50.04 ± 19.58	49.42 ± 24.88	75.38 ± 27.42†*	66.86 ± 26.97†
	股外側肌	41.71 ± 23.59	38.44 ± 7.49	45.61 ± 18.77	59.19 ± 39.18
	股直肌	22.75 ± 10.71	24.83 ± 6.43	35.53 ± 11.60	31.87 ± 24.67
震動訓練組	脛前肌	37.88 ± 14.91	35.26 ± 17.63	33.06 ± 7.22	31.58 ± 16.62
	內側腓腸肌	30.56 ± 16.73	28.47 ± 22.42	26.04 ± 9.72	31.43 ± 11.92
	外側腓腸肌	32.88 ± 14.34	37.45 ± 11.14	29.93 ± 12.83	37.80 ± 16.39
	股內側肌	34.01 ± 13.63	41.67 ± 11.96	31.06 ± 10.42	36.94 ± 14.94
	股外側肌	33.12 ± 15.59	34.11 ± 15.04	36.00 ± 12.80	35.22 ± 15.87
	股直肌	28.79 ± 9.36	32.43 ± 12.17	26.35 ± 5.18	23.55 ± 9.32

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

2m 高台落地的預先活化階段，分析結果如表 15 所示，從表中可得知不同訓練方式或是訓練時間都未有達顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。

表 15 預先活化階段肌電分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	18.69 ± 9.08	20.88 ± 15.58	29.65 ± 7.67	24.10 ± 10.92
	內側腓腸肌	78.06 ± 25.30	85.53 ± 16.33	81.89 ± 20.86	86.87 ± 36.53
	外側腓腸肌	49.79 ± 19.18	61.45 ± 8.29	66.96 ± 24.24	56.89 ± 16.75
	股內側肌	45.10 ± 14.49	41.30 ± 21.85	57.16 ± 24.61	63.56 ± 13.21
	股外側肌	34.68 ± 18.83	34.92 ± 10.03	44.48 ± 15.63	45.44 ± 13.85
	股直肌	28.89 ± 17.79	23.72 ± 5.95	32.20 ± 17.03	30.31 ± 13.08
震動訓練組	脛前肌	24.68 ± 18.96	14.94 ± 7.42	21.95 ± 5.94	18.54 ± 7.06
	內側腓腸肌	62.59 ± 17.11	61.74 ± 12.57	62.60 ± 20.78	66.98 ± 23.14
	外側腓腸肌	42.86 ± 17.69	49.28 ± 18.95	43.29 ± 18.02	47.36 ± 18.67
	股內側肌	35.05 ± 13.76	43.20 ± 20.75	38.06 ± 16.91	38.79 ± 14.30
	股外側肌	38.89 ± 18.40	36.94 ± 16.55	38.40 ± 21.63	36.31 ± 16.77
	股直肌	26.87 ± 6.96	33.17 ± 11.76	23.62 ± 12.23	23.54 ± 8.99

表 16 開始衝擊階段肌電分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	64.06 ± 19.62	61.46 ± 23.52	81.00 ± 25.25	65.42 ± 33.69
	內側腓腸肌	51.33 ± 26.03	55.22 ± 24.90	85.81 ± 50.06†*	106.11 ± 40.48†*

	外側腓腸肌	41.49 ± 13.45	47.78 ± 8.58	55.98 ± 16.02†	55.43 ± 16.75
	股內側肌	135.19 ± 47.78	128.76 ± 34.20	183.92 ± 58.58†	208.68 ± 49.03†*
	股外側肌	105.27 ± 64.37	95.76 ± 45.12	121.13 ± 46.01	244.79 ± 157.49†*
	股直肌	75.62 ± 25.96	88.71 ± 59.91	101.30 ± 18.11	123.64 ± 89.55
震動訓練組	脛前肌	54.23 ± 32.03	47.92 ± 22.63	47.84 ± 18.73	43.79 ± 13.11
	內側腓腸肌	40.70 ± 8.78	40.31 ± 13.21	41.19 ± 12.09	47.33 ± 14.63
	外側腓腸肌	38.00 ± 11.70	38.27 ± 11.39	38.39 ± 14.16	40.43 ± 16.33
	股內側肌	116.90 ± 64.53	124.55 ± 38.86	112.09 ± 47.10	116.18 ± 32.55
	股外側肌	88.65 ± 12.25	94.82 ± 34.87	84.19 ± 32.48	90.42 ± 33.18
	股直肌	89.74 ± 67.01	93.56 ± 97.62	90.87 ± 75.46	88.07 ± 69.70

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

2m 高台落地的開始衝擊階段，分析結果如表 16 所示，從表中可得知在立即性訓練後都未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。而經 4 週訓練後發現結合訓練組的內側腓腸肌活化水準顯著大於前測，更在內側腓腸肌和股內側肌達顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。經 8 週訓練後發現結合訓練組的內側腓腸肌、股內側肌和股外側肌達顯著大於前測，同時也達顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。

表 17 結束衝擊階段肌電分析結果

組別	單位：%	前測	立即性	四週	八週
結合訓練組	脛前肌	49.01 ± 21.21	50.07 ± 32.43	79.47 ± 21.28†*	66.93 ± 16.05*
	內側腓腸肌	32.85 ± 13.35	50.33 ± 31.92	62.77 ± 41.33†	64.88 ± 38.20†
	外側腓腸肌	40.80 ± 16.73	44.45 ± 14.54	49.81 ± 26.34	42.63 ± 17.62
	股內側肌	69.88 ± 32.83	59.40 ± 32.63	99.66 ± 56.90†	105.96 ± 35.38†*
	股外側肌	53.66 ± 39.26	48.00 ± 31.82	56.12 ± 29.86	113.40 ± 85.25*
	股直肌	37.80 ± 20.29	35.21 ± 18.59	48.54 ± 18.64	48.89 ± 22.48
	震動訓練組	脛前肌	60.13 ± 21.34	50.54 ± 18.81	54.39 ± 19.90
內側腓腸肌		34.91 ± 13.13	27.56 ± 16.87	24.67 ± 10.06	33.37 ± 11.35
外側腓腸肌		37.70 ± 17.11	39.03 ± 14.70	33.70 ± 18.18	38.08 ± 15.51
股內側肌		44.97 ± 17.69	44.63 ± 15.63	45.41 ± 20.72	49.24 ± 24.91
股外側肌		42.56 ± 12.44	37.40 ± 14.97	40.78 ± 14.48	49.60 ± 24.94
股直肌		58.64 ± 22.28	45.50 ± 22.15	50.87 ± 22.82	36.49 ± 17.44*

\*表示與前測值比較後達顯著差異。†表示兩組比較後達顯著差異。

2m 高台落地的結束衝擊階段，分析結果如表 17 所示，從表中可得知在立即性訓練後都未有顯著差異之情形 ( $p > .05$ )。而經 4 週訓練後發現結合訓練組的脛前肌活化水準顯著大於前測，更在脛前肌、內側腓腸肌和股內側肌達顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )。經 8 週訓練後發現結合訓練組的脛前肌、股內側肌和股外側肌達顯著大於前測 ( $p < .05$ )，以及內側腓腸肌

和股內側肌也達顯著大於震動訓練組 ( $p < .05$ )，並發現震動訓練組的股直肌活化水準顯著低於前測 ( $p < .05$ )。

109年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：黃長福		計畫編號：109-2410-H-003-070-			
計畫名稱：震動結合不穩定表面訓練對競技體操選手空翻和高台落地運動表現之生物力學分析					
成果項目		量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	1		幫忙實驗資料收集和結果分析，收集及閱讀文獻並進行討論
		博士生	2		幫忙實驗資料收集和結果分析，收集及閱讀文獻並進行討論
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					