

不同動態熱身運動對足球員運動後心率變異度之比較

蔡毓章¹ 陳永盛^{1*} 洪慶懷² 邱奕文²

¹ 臺北市立大學

² 輔仁大學

*通訊作者：陳永盛

通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號

E-mail: yschen@utaippei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.201906_28(1).0002

投稿日期：2017 年 12 月 接受日期：2018 年 5 月

摘 要

FIFA 11+ 為足球專項運動熱身運動，能夠有效減少比賽中運動傷害發生率，並且能對足球員生理上產生熱身效益。本研究主要探討 FIFA 11+ 專項熱身運動與一般動態熱身運動對足球員熱身運動後心率變異度調控之影響。以 22 名大專男子足球員為研究對象，參與者以隨機的方式分配至 FIFA 11+ 組 (年齡 20 ± 1.6 歲；身高 171.3 ± 3.7 公分；體重 67.3 ± 6.4 公斤) 或一般動態熱身運動的控制組 (年齡 18.9 ± 0.3 歲；身高 171.8 ± 5 公分；體重 64.3 ± 6.6 公斤)。透過 Polar RS800CX 心率傳感器測量心率變異度，於熱身運動前 15 分鐘以及熱身運動後 30 分鐘記錄臥姿安靜心變化。同時於熱身運動前與熱身運動後，測量血乳酸濃度與 Borg 自覺量表。研究結果顯示，心率變異度指標中熱身運動後 FIFA 11+ 組在具有副交感神經活化的指標 rMSSD、pNN50、TP、HFP、SD1 數值皆小於控制組，尤其在運動後 21 ~ 30 分鐘期間二組之間變化量 (熱身運動後數值 - 熱身運動前數值) 差異明顯。本研究結論為 FIFA 11+ 對熱身運動後對副交感神經功能活化有減緩增強的效果。

關鍵詞：交感神經、副交感神經、自律神經系統、Yo-Yo 間歇恢復測試、反覆衝刺

壹、緒論

國際足球總會 (Fédération Internationale de Football Association, FIFA) 於 2006 年針對業餘足球運動員需求，發展的結構式熱身運動 FIFA 11+，此熱身運動操作簡單，包含動態伸展、跳躍運動、平衡、反應、核心運動與低中強度的跑步運動。研究結果顯示，長期於訓練與比賽前實施 FIFA 11+ 熱身運動，能夠有效地減少約 30 ~ 72% 下肢運動傷害發生的機率 (Bizzini & Dvorak, 2015)，此結果可能與 FIFA 11+ 所提升彈跳、敏捷與短距離衝刺等運動能力的熱身效益有所關聯。Bizzini et al. (2013) 研究結果發現，在執行 FIFA 11+ 熱身運動後，身體核心溫度上升約 1°C，20 公尺短距離直線衝刺、垂直跳、T 型敏捷、彈跳能力皆有提升。另外，Marshall, Cross, and Lovell (2015) 研究報告指出，執行改良式的 FIFA 11+ 熱身運動後大腿股外側肌肌肉溫度提升 3.2°C，並且股四頭肌最大發力率於熱身運動後增強至 30%。

在運動訓練中，記錄心跳率的變化可以提供短期與長期訓練中心血管功能適應性的參考訊息。心跳率改變的生理機轉主要來自於自律神經系統 (autonomic nervous system, ANS) 中交感神經與副交感神經相互調控的機制影響，自律神經系統包含交感神經及副交感神經，兩者間會相互拮抗，調控竇房結 (SA node) 放電頻率造成心跳間隔 (R-R interval) 的變化，此心跳間隔的變化稱為心率變異度 (heart rate variability, HRV)。從心電圖記錄心跳週期 (cardiac cycle) 心率波形振幅與頻率上的訊號，分

析時間區段中各個 R 波訊號之間時距的變化，即為心率變異度時域分析方法。另外，將 R-R 波間期經由快速傅立葉轉換 (fast Fourier transform, FFT)，可獲得功率頻譜訊號，即為心率變異度頻域分析方法。頻譜分析中訊號頻率介於 0.04 ~ 0.15 Hz 之間列為低頻功率，主要受末梢血管縮張力的律動影響，並與體溫調節有關，此部分反應交感神經、腎素與血管收縮素的活性作用；訊號頻率介於 0.15 ~ 0.40 Hz 之間為高頻功率，此部分與呼吸調節有關，反應副交感神經活性 (陳高揚、郭正典、駱惠銘，2008)。此外，透過低頻功率與高頻功率比值，可以明顯地分析出交感神經活性與副交感神經活性調降的效應。而透過 R-R 波間期時間序列與幾何測量，計算心率數據時間序列不同的嵌入維數，即為心率變異度非線性分析方法。

在研究上，記錄運動前與運動後 ANS 對心臟迷走神經 (cardiac vagal) 與交感神經活性的調控方式，可以瞭解運動員心血管功能對運動訓練的適應性與長期訓練中運動疲勞的監控 (Buchheit et al., 2013; Oliveira, Leicht, Bishop, Barbero-Álvarez, & Nakamura, 2013)。先前研究指出，有氧訓練後運動員副交感神經的活性增強伴隨著降低的安靜心跳率 (Sloan et al., 2011; Sloan et al., 2009)；經過二週中強度無氧閾值持續訓練也能提高副交感神經活性與葡萄糖代謝功能 (徐欣億、李文志、何正峰、羅仁駿，2009)。比較業餘足球員與坐姿形態者安靜時的心率變異度，發現 60 分鐘臥姿休息後，業餘足球員迷走神經活性

增強，同時交感神經的活性減少，顯示心率變異的活性變化與運動習慣有相關聯性 (Lu, Chen, & Kuo, 2015)。

運動後心率變異度調控方式與運動強度、運動型態、運動員體能狀況有關 (Makivić, Nikić, & Willis, 2013)，舉例來說，運動後 1 小時內高頻功率在持續運動後較間歇運動後高。同時與持續運動比較，間歇運動後副交感神經的調控需要較長的時間恢復活性。雖然 FIFA 11+ 屬於結構式的熱身運動，容易操作，適合廣泛地推廣，也能夠有效地減少下肢運動傷害發生的機率，但在運動員熱身後運動表現的部分，目前只有相關文獻探討肌力、平衡、敏捷等神經肌肉功能上的運動表現 (Bizzini et al., 2013; Marshall et al., 2015)，但較少研究著墨對心率變異度的效益。現階段許多教練依舊使用動靜態伸展活動為訓練或比賽前例行性的熱身方式，若 FIFA 11+ 熱身運動能達到提升心血管功能效益，勢必能鼓勵更多教練與運動員使用 FIFA 11+ 熱身運動，同時兼顧提升運動表現與減少運動傷害發生的雙重效益。因此，本研究主要探討 FIFA 11+ 熱身運動與常態性的動靜態伸展熱身運動對足球員心率變異度調控之影響。因 FIFA 11+ 熱身運動包含平衡、肌力與增強式運動，運動強度高於控制組所進行的熱身運動。本研究假設 FIFA 11+ 熱身運動後有較強的交感神經活性與較低的副交感神經活性。同時，FIFA 11+ 與控制組熱身運動在立即停止後，兩組之間心率變異度調控方式有所差異。

貳、方法

一、研究對象

本研究招募 22 名大專男子足球員，參與者每週維持至少二次足球專項訓練。符合條件參與者以隨機的方式分配，11 名參與者分配至 FIFA 11+ 組 (年齡 20 ± 1.6 歲；身高 171.3 ± 3.7 公分；體重 67.3 ± 6.4 公斤)；另 11 名參與者分配至一般動態熱身組 (控制組，年齡 18.9 ± 0.3 歲；身高 171.8 ± 5 公分；體重 64.3 ± 6.6 公斤)。所有參與者填寫參與同意書以及活動與身體健康問卷，確認無任何身體條件不適與健康風險等問題後，研究人員介紹實驗操作方式，同時讓參與者熟練檢測動作與實驗流程，並測量身高、體重等特徵。所有參與者皆被告知於實驗前 24 小時避免激烈運動，實驗前 2 小時避免飲用含有咖啡因成分之飲料。本研究通過臺北市立大學人體研究倫理委員會 IRB-2015-017 同意執行。

二、研究步驟

試驗前參與者於胸前配置心率監測器 (RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finland)，然後於運動按摩室內進行 15 分鐘臥姿安靜心跳記錄，隨後測量熱身運動前血乳酸濃度。FIFA 11+ 或動靜態熱身運動時皆由研究人員引導操作方式，熱身運動皆於室內進行。熱身運動後參與者立即回到運動按摩室記錄運動後 30 分鐘臥姿安靜心跳。參與者實驗時穿著合適的運動服裝與運動鞋。為避免實驗過程中，周遭環境噪音對安靜心跳與血壓的潛在影響，參與者於臥姿時全程配置隔音耳罩 (1427, 3M, Taipei, Taiwan)。

三、熱身運動模式

(一) FIFA 11+ 熱身運動

FIFA 11+ 熱身活動 (表 1) 分為三個階段，第一階段為六種低強度的動態伸展與跑步動作，第二階段為肌力、增強式運動、核心肌群、反應與平衡等複合性運動，第三階段為三種中強度的敏捷跑，本研究第二階段動作使用入門級別。整個熱身運動所需時間為 20 ~ 25 分鐘 (Bizzini et al., 2013)。

(二) 一般動態熱身運動

動態熱身運動為自主的方式先進行 3 分鐘慢跑，然後依序操作控制組熱身動作。每種熱身活動操作 10 公尺的距離，每種動態動作操作 1 組；然後再操作靜態伸展，每種伸展活動操作 30 秒，所有動作共操作 2 組。動態熱身運動包含慢跑 (jog)、直膝向外轉腿 (hop out)、直膝向內轉腿 (hop in)、扶地前走 (tow walk)、腳跟前走 (heel walk)、前跨步 (lunge walk)、提腿碰胸 (knee to chest)、腳跟碰臀 (heel to glute)、擺腿 (leg swing)；靜態熱身運動包含抱腿碰胸 (glute stretch)、股內收肌伸展 (adductor stretch)、直膝壓腿 (single leg hamstring)、坐姿前彎 (sit-and-reach)、站姿肱四肌伸展 (standing quadriceps)、站姿後小腿肌伸展 (standing calf)。

四、研究工具

(一) 心率變異度

參與者於胸前配置無線心跳監測器 (Polar RS800CX, Polar Electro, Kempele,

Finland)，記錄熱身運動前 15 分鐘以及熱身運動後 30 分鐘臥姿安靜心率變化，記錄頻率設定為每秒紀錄一次。並透過 Polar Pro Trainer 5 軟體進行異位性心跳 (ectopic beats) 自動修正，隨後轉換成 TXT 檔，若異位性心跳修正超過整體記錄心跳間隔的 3%，則不列入統計分析。最後 R-R 波間隔數列使用 Kubios HRV version 2.2 (University of Kuopio, Kuopio, Finland) 進行時域分析、頻域分析與非線性分析。本研究心率變異度分析方法依照本研究團隊先前所呈現的方式進行 (陳書芸、呂昱賢、賴威霖、陳永盛，2017)。

依照時域分析參數包括平均心跳 (mean heart rate, MeanHR)、兩個相鄰正常心跳的 R-R 波間距 (mean R-R intervals, MeanRR)、正常心跳間期的標準差 (standard deviation of the NN intervals, SDNN)、正常心跳的標準差 (standard deviation of heart rate, SDHR)、相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的比例 (percentage of successive RR intervals that differ by more than 50 ms, pNN50)、相鄰正常心跳間期差值平方和的均方根 (root mean square different of successive normal R-R intervals, rMSSD)。

頻域分析參數包括總功率 (total power, TP)、低頻功率 (low-frequency power, LFP)、高頻功率 (high-frequency power, HFP)、低頻功率比 (normalization of low-frequency power)、高頻功率比 (normalization of high-frequency power) 與高低頻功率比 (LF/HF ratio, LHR)。頻域分析透過快速傅立葉轉

表 1 FIFA 11+ 熱身運動

FIFA 11 + 熱身運動	組數	次數與時間	階段時間
第一部分：跑步運動	2		8 分鐘
1. 抬頭向前 (straight ahead)			
2. 髖部外繞 (hip out)			
3. 髖部外繞 (hip in)			
4. 環繞隊友 (circling partner)			
5. 肩膀碰觸 (shoulder contact)			
6. 快速前後跑 (quick forward & backwards)			
第二部分：肌力、增強式與平衡運動			10 分鐘
7. 正面撐體 (the bench)：	3		
靜態動作 (static)		20 ~ 30 秒	
雙腳重疊 (alternate legs)		40 ~ 60 秒	
單腳支撐 (one leg lift and hold)		20 ~ 30 秒	
8. 側面撐體 (sideway bench)：	3	20 ~ 30 秒	
靜態動作 (static)			
骨盆提升 (raise and lower hip)			
腳部上舉 (with leg lift)			
9. 後腿肌 (hamstring)：北歐式運動 (nordic exercise)	1	3 ~ 15 次	
10. 單腳平衡 (single-leg balance)：	2	30 秒	
雙手持球 (hold the ball)			
擲向隊友 (throwing ball with partner)			
測試隊友 (test your partner)			
11. 深蹲 (squats)：	2		
提跟深蹲 (with toe raise)		30 秒	
跨步 (walking lunges)		10 次	
單腳深蹲 (one-leg squats)		10 次	
12. 跳躍 (jumping)：	2	30 秒	
垂直跳 (vertical jumps)			
外側跳 (lateral jumps)			
格子跳 (box jumps)			
第三部分：跑步運動	2		2 分鐘
13. 橫跨球場 (across the pitch)			
14. 蹦跳 (bounding)			
15. 切換方向 (plant and cut)			

資料來源：本研究自行整理。

換，Welch's 週期圖法設定為窗寬 (window width) 256 秒與窗重疊 (window overlap) 50%，頻率區分為極低頻功率 (0 ~ 0.04 Hz)、低頻功率 (0.04 ~ 0.15 Hz)、高頻功率 (0.15 ~ 0.4 Hz)。低頻功率比為交感神經與副交感神經相互作用指標；高頻功率比為副交感神經興奮性的指標；高低頻功率比用來瞭解交感與副交感神經活性平衡的程度。

HRV 非線性分析包括 Poincaré plot analysis SD1、SD2、近似熵 (approximate entropy, ApEn) 與樣本熵 (sample entropy, SampEn)。運用兩個標準差的幾何平均值得到 SD1 與 SD2，SD1 為鑑定線垂直的標準差分布，稱為短期變異度 (short-term variability)，代表副交感神經調控；SD2 為沿著鑑定線的標準差分布，稱為長期變異度 (long-term variability)，代表交感神經與副交感神經同時調控。SD1 與 SD2 鑑定線交叉處為 Mean RR 的平均值所在位置。近似熵為計算 Mean RR 非線性發展高值與線性發展低值，是非線性測量時間序列中複雜度的定量描述，數值低的近似熵代表數據為定率的方式發展；數值高的近似熵代表數據為隨機的方式發展。樣本熵是定量描述非線性時間序列的一個重要參數，樣本熵計算比較相配個數時不包含自身，樣本熵具較短的時間序列資料，所以數據較為一致與獨立性。

(二) 血乳酸

本研究從參與者右手手指採取血乳酸樣本，參與者於熱身前與熱身後由研究人員立即採取血乳酸樣本。先使用酒精棉片

擦拭手指採樣部位，隨後使用採血針與血乳酸試紙取出血液樣本 (cos14827-01, h/p/Cosmos Sirius, Leipzig, Germany)，再用血乳酸測試儀測量血乳酸濃度 (h/p/Cosmos Sirius, Leipzig, Germany)。

(三) 運動自覺量表

本研究使用傳統 6 ~ 20 計算方式的 Borg 自覺量表評估熱身前後參與者的自覺程度 (Borg, 1982)。

五、統計方法

本研究以 Sigmaplot version 13 for Windows (Systat Software Inc., CA, USA) 進行統計分析，參與者基本資料與研究數據以平均數與標準差的方式呈現 (mean \pm SD)。熱身運動前 15 分鐘與熱身運動後 30 分鐘以及運動後每 5 分鐘心率變異度變化量比較以配對 *t* 檢定進行分析，組間比對則以獨立樣本 *t* 檢定比較。變化量比較以 (熱身運動後 - 熱身運動前的差異值來比較)。統計顯著水準設定為 $p < .05$ 。

參、結果

一、熱身運動前與熱身運動後心率變異度

在熱身運動前和熱身運動後比較，FIFA 11+ 組與控制組在 MeanRR 熱身運動前數值明顯高於熱身運動後數值 ($p < .001$)。兩組在 MeanHR 參數皆發現熱身運動前數值低於熱身運動後數值 ($p < .001$)。另外，控制組 HFP 參數熱身運動後顯著高

於熱身運動前 ($p < .005$)，其餘參數皆未達顯著差異。在組間比較方面，熱身運動前數據發現，控制組在 rMSSD、pNN50、TP 和 SD1 明顯高於 FIFA 11+ 組 ($p < .005$)。而在熱身運動後，控制組在 SDNN、rMSSD、pNN50、HFP、TP、SD1、SD2 等參數明顯大於 FIFA 11+ 組 ($p < .001$) (表 2)。

二、熱身運動後每五分鐘心率變異度變化量

在時域分析方面，在熱身運動後 21 ~

25 分鐘 rMSSD 與 pNN50、熱身運動後 26 ~ 30 分鐘 rMSSD 與 pNN50 控制組顯著高於 FIFA 11+ 組 (圖 1)。在頻域分析方面，在熱身運動後 16 ~ 20 分鐘 HFP、熱身運動後 21 ~ 25 分鐘 HFP、熱身運動後 26 ~ 30 分鐘 HFP 控制組數值顯著高於 FIFA 11+ 組數值 (圖 2)。在非線性分析方面，熱身運動後 21 ~ 25 分鐘 SD1 和熱身運動後 26 ~ 30 分鐘 SD1 控制組顯著高於 FIFA 11+ 組 (圖 3)。

表 2 熱身運動前 15 分鐘和熱身運動後 30 分鐘的心率變異度

參數	熱身前		熱身後	
	控制組	FIFA11+ 組	控制組	FIFA11+ 組
時域分析				
MeanRR (ms)	1077.8 ± 165.7	1070.3 ± 152.9	925.4 ± 177.4**	838.8 ± 132.3**
SDNN (ms)	31.1 ± 3.5	27.1 ± 5.7	38.1 ± 14.4	27.3 ± 14.3††
MeanHR (bpm)	57.4 ± 10.1	57.5 ± 8.6	67.5 ± 12.1*	73.9 ± 11.2**
SDHR (bpm)	2.6 ± 1.0	2.4 ± 0.9	3.1 ± 0.5	3.0 ± 0.9
rMSSD (ms)	32.3 ± 6.5	25.6 ± 6.5†	44.5 ± 23.3	26.1 ± 18.2††
pNN50 (%)	13.0 ± 6.8	7.1 ± 5.2†	23.2 ± 19.5	7.6 ± 14.0††
頻域分析				
TP (ms ²)	909.7 ± 170.6	681.1 ± 280.9†	1525.2 ± 1270.4	864.1 ± 1071.5†
LFP (ms ²)	499.0 ± 182.8	356.9 ± 231.2	714.5 ± 612.0	460.0 ± 558.3
HFP (ms ²)	323.8 ± 113.9	256.9 ± 177.4	727.2 ± 666.4*	323.1 ± 443.0††
LFPnu (nu)	59.5 ± 13.9	56.9 ± 22.1	49.8 ± 12.4	59.3 ± 12.0
HFPnu (nu)	40.5 ± 13.9	43.4 ± 22.1	50.1 ± 12.4	40.6 ± 11.9
LHR	1.8 ± 1.2	2.3 ± 2.6	1.1 ± 0.5	1.7 ± 1.1
非線性分析				
SD1	22.8 ± 4.6	18.1 ± 4.6†	31.9 ± 16.5	18.5 ± 12.9††
SD2	37.3 ± 4.9	33.5 ± 7.9	43.3 ± 13.4	33.6 ± 16†
Apen	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
Sampen	1.7 ± 0.3	1.5 ± 0.3	1.7 ± 0.3	1.7 ± 0.2

資料來源：本研究整理。

* 熱身運動前後達顯著差異 ($p < .05$)；** 熱身運動前後達顯著差異 ($p < .01$)；† 控制組和 FIFA 11+ 組達顯著差異 ($p < .05$)；†† 控制組和 FIFA 11+ 組達顯著差異 ($p < .01$)。

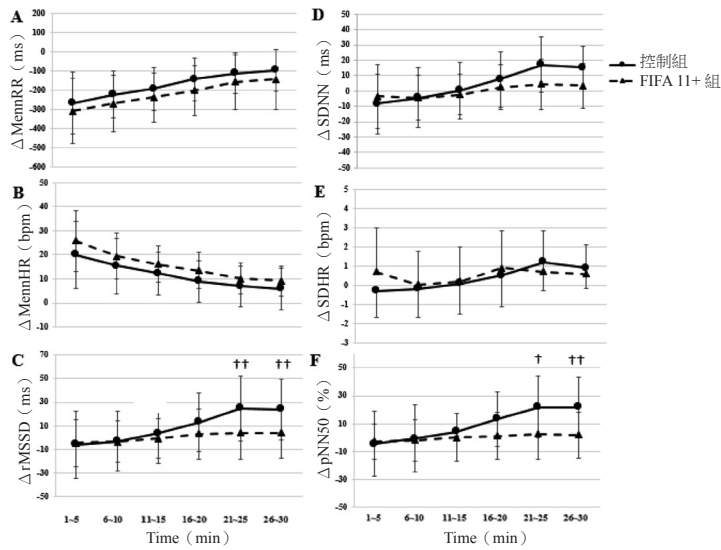


圖 1 熱身運動後每 5 分鐘時域分析心率變異度變化量

資料來源：本研究整理。

註：MeanRR：mean R-R intervals (兩個相鄰正常心跳的 R-R 波間距)；MeanHR：mean heart rate (平均心跳)；rMSSD：root mean square different of successive normal R-R intervals (相鄰正常心跳間期差值平方和的均方根)；SDNN：standard deviation of the NN intervals (正常心跳間期的標準差)；SDHR：standard deviation of heart rate (正常心跳的標準差)；pNN50：percentage of successive RR intervals that differ by more than 50ms (相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的比例)。

† 控制組和 FIFA 11+ 組達顯著差異 ($p < .05$)；†† 控制組和 FIFA 組達顯著差異 ($p < .01$)。

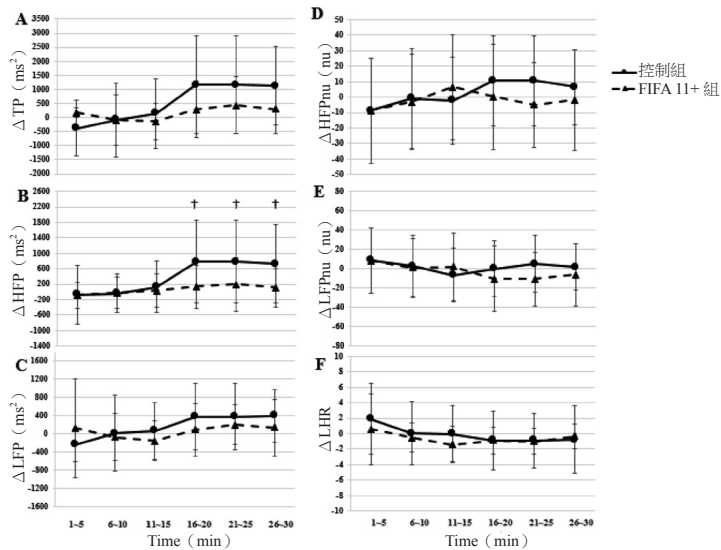


圖 2 熱身運動後每 5 分鐘頻域分析心率變異度變化量

資料來源：本研究整理。

註：TP：total power (總功率)；HFP：high-frequency power (高頻功率)；LFP：low-frequency power (低頻功率)；HFnu：high frequency in normalized unit (高頻功率比)；LFnu：low frequency in normalized unit (低頻功率比)；LHR：LF/HR ratio (高低頻功率比)。

† 控制組和 FIFA 11+ 組達顯著差異 ($p < .05$)。

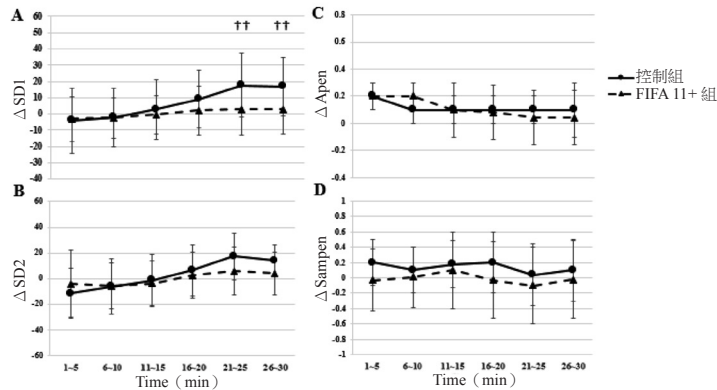


圖 3 熱身運動後每 5 分鐘非線性分析心率變異度變化量

資料來源：本研究整理。

註：ApEn：approximate entropy (近似熵)；SampEn：sample entropy (樣本熵)。

†† 控制組和 FIFA 組達顯著差異 ($p < .01$)。

三、血乳酸與 Borg 自覺量表

在熱身運動前和運動後比較方面，FIFA 11+ 組與控制組皆呈現熱身運動後血乳酸值明顯大於熱身運動前血乳酸值 ($p < .01$)。另外，在組間比較方面，熱身運動前和熱身運動後的血乳酸與 Borg 自覺量表兩組之間未達顯著差異 (表 3)。

肆、討論

本研究比較 FIFA 11+ 熱身運動與一般動態熱身運動對足球員動態熱身運動後心率變異度之影響。研究結果顯示，熱身運動後 FIFA 11+ 組在具有副交感神經活性的指標 rMSSD、pNN50、TP、HFP、SD1

皆小於控制組，尤其在運動後 21 ~ 30 分鐘 rMSSD、pNN50、HFP、SD1 指標兩組之間有顯著差別。本研究結果顯示 FIFA 11+ 熱身運動後副交感神經功能有減緩的效果。

一、心率變異度

本研究結果發現 FIFA 11+ 熱身運動與一般動態熱身運動對大專足球員熱身後自律神經調控的影響有所差別。在熱身運動後 FIFA 11+ 組在 SDNN、rMSSD、pNN50、HFP、TP、SD1 和 SD2 等指標皆小於控制組，表示兩組在熱身運動後的自律神經活性變化並無一致性。心率變異度分析可以用來瞭解記錄時期心跳間值

表 3 熱身運動前與熱身運動停止後的血乳酸與 Borg 自覺量表

參數	熱身運動前		熱身運動後	
	控制組	FIFA11+ 組	控制組	FIFA11+ 組
血乳酸 (mmol)	1.9 ± 0.5	2.1 ± 0.6	5.5 ± 2.9**	7.8 ± 2.3**
Borg 自覺量表	—	—	12.4 ± 1.8	13.0 ± 1.6

資料來源：本研究整理。

** 熱身運動前後達顯著差異 ($p < .01$)。

變異程度與自律神經功能調控的節律性，例如身體姿勢變化對登階運動後交感神經與副交感神經調控的影響（陳書芸等人，2017）。心率變異度分析也可以用來瞭解運動訓練的適應性，Chen, Liao, Lu, & Kuo (2015) 發現在反覆衝刺運動後，五人制足球員交感神經活性較一般足球員與維持運動習慣之大專學生強，代表運動訓練對自律神經活性適應性的影響。在熱身運動前後比較方面，兩組在熱身運動 MeanRR 數值下降與 MeanHR 數值皆上升，表示熱身運動後心跳速度較熱身運動前快速。心跳率的調控主要受到自律神經系統中交感神經與副交感神經的拮抗功能影響（陳高揚等人，2008）。FIFA 11+ 組在幾個常用來代表副交感神經活性的參數指標 SDNN、rMSSD、HFP、SD1 在熱身運動後的比較達到顯著差異，表示 FIFA 11+ 熱身運動可能對心因性副交感神經活化有抑制的效果，而一般動態熱身運動後能使副交感神經活化提升。有趣的是，HFnu 指標未達顯著差異，造成此結果可能是因為運動後 TP 數值上升，此現象無法貿然判斷副交感神經系統活性在動態熱身運動後相較於熱身運動前高 (Soares et al., 2017)。

在熱身運動前，FIFA 11+ 組與控制組在 rMSSD、pNN50、TP 和 SD1 已有顯著差異。為避免基礎值的差別性影響熱身運動後的比較，我們以運動前與運動後差異值來比較兩組於運動後每五分鐘的數值。在運動後 21 ~ 30 分鐘，rMSSD、pNN50、HFP 和 SD1 兩組之間的變化量達顯著差異，FIFA 11+ 熱身運動有較低的指標值。Danieli et al. (2014) 研究發現，運

動前副交感神經活性越強，運動後則有較佳的心率恢復速度，我們推測 FIFA 11+ 熱身運動後 rMSSD、pNN50、HFP 和 SD1 減少的主因受到心血管系統中腎上腺素、兒茶酚胺等荷爾蒙對副交感神經活化的抑制作用。此現象表示 FIFA 11+ 熱身運動對於副交感神經的影響在熱身運動後會持續超過 30 分鐘，但增強的交感神經活性在操作 FIFA 11+ 熱身運動後是否能對於其他神經肌肉功能產生正面性的效益，目前尚未有相關文獻可以支持此論點。例如，Zois, Bishop, and Aughey (2015) 發現 5RM 的腿部推舉運動，對下蹲跳、反應敏捷跑的熱身效果比一般職業賽事足球員例行性熱身運動方式更有增強的效果。另一個造成此研究結果的原因，可能與熱身運動中不同運動操作與動作之間休息時間的差別有所關聯，近期研究發現高強度的間歇運動後立即實施與運動時間相同的休息時間，rMSSD 在 30 秒 /30 秒的間歇運動比 15 秒 /15 秒與 60 秒 /60 秒的高強度間歇運動對心肺功能的壓力有較少的干擾性 (Cipryan, Laursen, & Plews, 2016)。

二、血乳酸及 Borg 自覺量表

本研究結果顯示，在 FIFA 11+ 組及控制組之間，熱身運動前和熱身運動後的血乳酸與熱身運動後 Borg 自覺量表程度沒有統計上的差異，代表參與者對 FIFA 11+ 與一般動態熱身的兩種熱身模式的自覺運動強度是相似的，所以呈現相似的運動強度，代表代謝功能的負荷 FIFA 11+ 與一般動態熱身活動相似。

三、研究限制

- (一) 本研究參與者皆為參與足球運動之大專男子學生，參與大專一級或二級球隊訓練。研究期間其訓練量與身體活動度的差異性並未記錄與監控。
- (二) 控制組與 FIFA 11+ 組之間的年齡有所差異，雖然未達統計上的顯著差異，可能對研究結果存在潛在的影響性。
- (三) 研究控制操作環境無法在相同條件，測試時實驗環境上溫度與濕度的差異可能造成參與者熱身過程中環境壓力對心肺適能上的影響不同。

四、結論與建議

本研究針對 FIFA 11+ 熱身運動後 30 分鐘的自律神經系統活性進行探討，FIFA 11+ 熱身運動具有運動強度高的特性，實施 FIFA 11+ 熱身運動後，能產生立即性副交感神經活性減緩的效益。此副交感神經活性減緩的現象在熱身運動後 21 到 30 分鐘較為顯著。

參考文獻

1. 徐欣億、李文志、何正峰、羅仁駿 (2009)。二週不同強度訓練對代謝適能及自律神經系統之影響。大專體育學刊，**11**(1)，105-116。doi:10.5297/ser.200903_11(1).0008
[Hsu, H.-Y., Lee, W.-C., Ho, C.-F., & Lo, J.-C. (2009). Effect of training intensity on glucose metabolism and autonomic neural activity. *Sports & Exercise Research*, *11*(1), 105-116. doi:10.5297/ser.200903_11(1).0008]
2. 陳書芸、呂昱賢、賴威霖、陳永盛 (2017)。身體姿勢對舞者三分鐘登階運動後心率變異度與血流動力之影響。大專體育學刊，**19**(1)，74-86。doi:10.5297/ser.1901.005
[Chen, S.-Y., Lu, Y.-X., Lai, W.-L., & Chen, Y.-S. (2017). Effects of body positions on heart rate variability and hemodynamics after a 3-min step test in dancers. *Sports & Exercise Research*, *19*(1), 74-86. doi:10.5297/ser.1901.005]
3. 陳高揚、郭正典、駱惠銘 (2008)。心率變異度：原理與應用。中華民國急救加護醫學會雜誌，**11**(2)，47-58。doi: 10.30018/JECCM.200006.0001
[Chen, G.-Y., Kuo, C.-D., & Lo, H.-M. (2008). Heart rate variability: Theory and application. *Journals of Emergency and Critical Care Medicine*, *11*(2), 47-58. doi: 10.30018/JECCM.200006.0001]
4. Bizzini, M., & Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: An effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—A narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(9), 577-579. doi:10.1136/bjsports-2015-094765
5. Bizzini, M., Impellizzeri, F. M., Dvorak, J., Bortolan, L., Schena, F., Modena, R., & Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the “FIFA 11+” (part 1): Is it an appropriate warm-up? *Journal of Sports Sciences*, *31*(13), 1481-1490. doi:10.1080/02640414.2013.802922

6. Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine Science and Sports Exercise*, *14*, 377-381. doi:10.1249/00005768-198205000-00012
7. Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(6), 550-555. doi:10.1016/j.jsams.2012.12.003
8. Chen, Y.-S., Liao, C.-J., Lu, W.-A., & Kuo, C. D. (2015). Sympathetic enhancement in futsal players but not in football players after repeated sprint ability test. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *1*(1), e000049. doi:10.1136/bmjsem-2015-000049
9. Cipryan, L., Laursen, P. B., & Plews, D. J. (2016). Cardiac autonomic response following high-intensity running work-to-rest interval manipulation. *European Journal of Sport Science*, *16*(7), 808-817. doi:10.1080/17461391.2015.1103317
10. Danieli, A., Lusa, L., Potočnik, N., Meglič, B., Grad, A., & Bajrović, F. F. (2014). Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clinical Autonomic Research*, *24*(2), 53-61. doi:10.1007/s10286-014-0225-2
11. Lu, W.-A., Chen, Y.-C., & Kuo, C.-D. (2015). Reduced room for cardiac vagal modulation to increase and cardiac sympathetic modulation to decrease by resting in football players. *Journal of Clinical and Experimental Cardiology*, *6*, 372. doi:10.4172/2155-9880.1000372
12. Makivić, B., Nikić, M. D., & Willis, M. S. (2013). Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology Online*, *16*(3), 103-131.
13. Marshall, P. W. M., Cross, R., & Lovell, R. (2015). Passive heating following the prematch warm up in soccer: Examining the time course of changes in muscle temperature and contractile function. *Physiological Reports*, *3*(12), e12635. doi:10.14814/phy2.12635
14. Oliveira, R. S., Leicht, A. S., Bishop, D., Barbero-Álvarez, J. C., & Nakamura, F. Y. (2013). Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(5), 424-430. doi:10.1055/s-0032-1323720
15. Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S., ... Myers, M. M. (2009). The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *American Journal of Public Health*, *99*(5), 921-928. doi:10.2105/AJPH.2007.133165
16. Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S., ... Myers, M. M. (2011). The impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from challenge. *Psychosomatic Medicine*, *73*(2), 134-141. doi:10.1097/PSY.0b013e31820a1174
17. Soares, A. H. G., Oliveira, T. P., Cavalcante, B. R., Farah, B. Q., Lima, A. H. R. A., Cucato, G. G., ... Ritti-Dias, R. M. (2017). Effects of active recovery on autonomic

- and haemodynamic responses after aerobic exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(1), 62-67. doi:10.1111/cpf.12268
18. Zois, J., Bishop, D., & Aughey, R. (2015). High-intensity warm-ups: Effects during subsequent intermittent exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 498-503. doi:10.1123/ijsp.2014-0338

Comparison of Different Dynamic Warm-Up Exercises on Post-Exercise Heart Rate Variability Modulation in Football Players

Yu-Chang Tsai¹, Yung-Sheng Chen^{1*}, Chin-Hwai Hung², Yi-Wen Chiu²

¹ University of Taipei

² Fu Jen Catholic University

*Corresponding author: Yung-Sheng Chen

Address: No.101, Sec. 2, Zhongcheng Rd., Shilin Dist., Taipei 111, Taiwan (R.O.C)

E-mail: yschen@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.201906_28(1).0002

Received: December, 2017 Accepted: May, 2018

Abstract

FIFA 11+ is a structured warm-up exercise protocol in football. The positive benefits of FIFA 11+ implementation has been shown in injuries prevention and warm-up effects. This study aimed to compare the post-exercise heart rate variability (HRV) modulation after FIFA 11+ and conventional dynamic warm up exercise (control group) in university football players. Twenty-two male university football players voluntarily participated this study. They were randomized allocated into the FIFA 11+ group (age: 20 ± 1.6 years, height: 171.3 ± 3.7 cm, weight: 67.3 ± 6.4 kg) and control group (age: 18.9 ± 0.3 years, height: 171.8 ± 5 cm, weight: 64.3 ± 6.6 kg). Polar RS800CX was used to collect HRV data during the experiments. Pre-exercise 15 min and post-exercise 30 min resting HRV were measured in supine position. Blood lactate concentration and rating perceived excursion (RPE) were recorded prior and immediate after the warm up exercises. The results showed that HRV indexes in post-exercise recorded showed significant differences between the FIFA 11+ and control groups in rMSSD, pNN50, TP, HFP, SD1. The result of rMSSD, pNN50, HFP, SD1 in the FIFA 11+ group significantly decreased, particularly the pre-and-post change values in 21 ~ 30 min of post-exercise duration, compared with the control group. We suggest that implementation of the FIFA 11+ can result in acute post-exercise effect on decreasing parasympathetic activation.

Keywords: sympathetic nerve activation, parasympathetic nerve activation, autonomic nervous system, Yo-Yo intermittent recovery test, repeated sprint