

足球模擬比賽對女子足球員腿後腓肌群和股四頭肌群肌力比率之影響

謝忠展¹、周台英^{2*}

摘 要

目的：探討足球模擬比賽對女子足球員腿後腓肌（hamstrings, H）和股四頭肌（quadriceps, Q）的向心肌力（HQ）比率的影響，以及HQ比率是否受到肌肉損傷的影響。**方法：**招募20名現役大專一級女子足球員為受試者，並隨機分派至實驗組及控制組（10位／組）。實驗組進行一場90分鐘羅浮堡間歇性折返跑測驗（Loughborough Intermittent Shuttle Test, LIST）作為足球模擬比賽，且於LIST前、後第2、24、48、72、96、120小時測量Q和H向心肌力、HQ比率、Q和H肌肉痠痛、血漿肌酸激酶活性（creatine kinase, CK），控制組則不進行任何LIST，僅以每間隔24小時，連續4天觀察所有依變項。**結果：**控制組所有依變項無明顯變化（ $p > .05$ ）。而實驗組在完成LIST後所有依變項，與前測和控制組均達顯著變化（ $p < .05$ ）。此外，LIST後的HQ比率與肌肉損傷指標之間有顯著相關（ $p < .05$ ）。**結論：**女子足球員進行足球模擬比賽後，隨著引起肌肉損傷時，也會造成HQ比率下降。因此，HQ比率變化可能可以更了解足球員的疲勞恢復情況。

關鍵詞：羅浮堡間歇性折返跑測驗、HQ 比率、肌肉痠痛、血液肌酸激酶

Submitted for publication: October 5, 2022; Accepted for publication: February 7, 2023.

DOI: 10.53106/1815638X2022060034003

¹ 國立臺灣師範大學體育與運動科學系。

² 國立臺灣師範大學運動競技學系。

* Corresponding author: 周台英 Email: ty52@ntnu.edu.tw



元照出版提供
請勿公開散布

Effect of Simulated Soccer Matches on Changes in Hamstrings and Quadriceps Concentric Strength Ratio in Adult Women Soccer Players

Chung-Chan Hsieh¹, Tai-Ying Chou²

Abstract

Purpose: The present study investigated the effect of simulated soccer matches on changes in hamstrings (H) and quadriceps (Q) concentric strength ratio in adult women soccer players, and the effect of muscle damage on HQ ratio. **Methods:** Twenty adult women soccer players were recruited in the study, and then were randomly assigned into control (Con, $n = 10$) or experimental (Exp, $n = 10$) groups. Exp performed the Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST) daily for three consecutive days, while Con did not perform the LIST. H and Q concentric strength, HQ ratio, muscle soreness (SOR) of the H and Q, CK were taken before LIST, and 24, 48, 72, 96 and 120 hours after LIST for Exp. The aforementioned variables were measured for the Con group before 24, 48, 72, 96 and 120 hours post-exercise. **Results:** No significant ($p > .05$) changes in all variables were observed over time for Con. Changes in variables after LIST for Exp were significantly greater ($p < .05$) compared to baseline and Con. HQ ratio had significantly ($p < .05$) negatively correlated with muscle damage markers after LIST. **Conclusions:** These results showed that LIST induced muscle damage, and HQ ratio were significantly reduced after LIST in adult women soccer players. HQ ratio may possibly be used as an effective monitoring index for recovery from soccer match.

Keywords: Loughborough Intermittent Shuttle Test, HQ ratio, muscle soreness, creatine kinase

¹ Department of Physical Education and Sports Science, National Taiwan Normal University.

² Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University.

1. 問題背景

足球是目前全球最熱門、最受歡迎的一項運動，也是影響力最大的運動之一。由於足球絢麗的個人技巧、複雜的技戰術配合、節奏緊湊的攻守轉換等等內容，都是讓足球迷深深被吸引的原因 (1)。根據國際足球總會 (FIFA) 公布的女子足球世界排名，中華臺北 (我國) 排名第40名 (fifa.com)。在2018年亞洲運動會足球比賽中，中華臺北女子足球隊贏得第四名的好成績，隨著近年來中華臺北在國際足球賽事屢創佳績，因此逐漸受到政府相關當局與國人的關注。

足球選手須具備能勝任一場90分鐘以上的有氧能力外，還需要時常在比賽過程中執行短距離突然快速起動或衝刺的動作、突然改變方向或切入動作、前後左右連續快速往返與移動能力、與對方身體碰撞、跳躍爭頂和鏟球等之綜合性的運動能力 (2)。這些動作都涉及到離心收縮運動，進而容易在足球比賽後引起肌肉損傷與延遲性肌肉酸痛 (delayed onset muscle soreness, DOMS) 的現象 (2-5)。

Hughes等發現，女子足球員在踢完一場正規90分鐘足球比賽後，會誘發肌肉損傷 (如：肌力下降)、延遲性肌肉酸痛、急性疲勞與傷害等症狀，但該研究發現在足球賽後第7天，女子足球選手DOMS與血液肌酸激酶 (creatine kinase, CK) 活性，還無法完全恢復至比賽前的水準 (6)。最近，Chou等發現，在單次LIST後觀察到肌肉損傷和運動表現指標 (垂直跳、敏捷、平衡能力等) 的顯著變化，並且直到LIST後第4-5天，所有指標都沒有恢復到前測值 (7)。

肌力是運動成績成功的關鍵因素之一，也是運動員損傷康復效果的重要評估指標之一。許多文獻 (8-9) 建議，最大等長收縮肌力 (maximal voluntary isometric contraction, MVC) 和等速向心肌力 (concentric contraction, CON) 都是作為評估人體進行運動引起肌肉損傷的最佳間接評估指標，DOMS和血液CK活性則是常見作為評估肌肉損傷的評估指標之一。

文獻也顯示 (10)，足球員應具備較高的膝伸肌和膝屈肌力量，以支持運動表現和膝關節穩定性。足球選手常會出現肌力不平衡的問題，且容易在漫長的足球聯賽中，發生或增加運動傷害的風險。而肌力不平衡一般是指腿後腓肌群與股四頭肌群肌力 (hamstrings and quadriceps concentric strength ratio, 簡稱HQ比率) 之間的比率差異，分成：傳統 (traditional：HQ都以向心肌力作為評估) 與功能性 (functional：HQ分別以離心和向心肌力作為評估) 的評估方式 (11)。其中，傳統HQ比率的正常值被定義須要達到0.60。就我們所知，目前文獻僅有三篇研究，雖曾探討單場足球模擬比賽對HQ比率之影響 (12-14)；這三篇研究發現，單場足球模擬比賽後5分鐘內，不論業餘和職業男子足球選手HQ比率，均會顯著下降。由於這三篇研究僅在足球比賽前與比賽後立即等兩個時間點，進行HQ比率的觀察而已。根據Chou等研究發現，女子足球選手在單場足球比賽後，引起肌肉損傷的症狀，大約會持續四天之久 (7)。此外，先前文獻也顯示，足球比賽與激烈運動之後引起肌力下降，主要是因為急性疲勞所致，並非完成是肌肉損傷所引起的。基此，上述探討女子足球員進行單場比賽的HQ比率的結果 (12-14)，無法反映出實驗足球比賽引起肌肉損傷恢復期間的HQ比率變化之結果。因此，在足球比賽引起肌肉損傷期間，HQ比率是否會隨著肌肉損傷評估指標的變化而變化，進而可能會因此而增加後續繼續出賽時，增加受傷的風險呢？還是不會受到肌肉損傷評估指標的變化而受到影響呢？這是一個值得探討的研究問題。

由於過去探討足球比賽對HQ比率影響的文獻，都是以男子選手為對象，故不清楚單場足球比賽對女子選手HQ比率之影響會有多大，且能持續影響多長的影響持續時間。因此，本研究針對「足球模擬比賽對女子足球員HQ比率之影響，以及HQ比率是否會受到肌肉損傷的影響」進行探討。本研究假設為：進行單場LIST之後，會降低女子足球選手HQ比率。

2. 方 法

2.1 研究對象

本研究招募20名現役大專一級女子足球員（年齡： 20.1 ± 1.1 歲、身高： 160.2 ± 4.8 公分、體重： 56.8 ± 6.3 公斤、MVC： 164.1 ± 29.5 Nm）作為研究對象，她們在過去6個月無下肢重大傷害（例如：骨折、肌肉拉傷等）紀錄。實驗正式開始前，向所有受試者說明本研究目的、實驗流程、參與實驗須知及配合事項、可能產生的風險與好處，並徵求其同意簽署「受試者須知及同意書」。所有實驗處理是依據赫爾辛基宣言訂定，受試者在實驗前一週及實驗期間除接受本實驗測驗之外，並無參與其他身體運動、保持規律生活、無飲酒、無補充營養增補劑或接受處理（如冰敷）。測驗前確認參與之受試者健康狀態良好，為避免影響訓練和比賽，利用休賽期進行測驗。

2.2 實驗設計與流程

20名研究對象以慣用側膝伸肌群進行前測最大等長收縮肌力值（maximal voluntary isometric contraction, MVC）之後，再以隨機分派方式分成：控制組和實驗組（10人／組）。控制組（年齡： 20.0 ± 1.0 歲、身高： 159.8 ± 5.2 公分、體重： 55.2 ± 4.7 公斤、MVC： 162.5 ± 24.0 Nm）和實驗組（年齡： 20.2 ± 1.3 歲、身高： 160.6 ± 4.5 公分、體重： 58.6 ± 7.7 公斤、MVC： 164.8 ± 29.1 Nm）之間的基本資料，都無組別的差異（ $p > .05$ ）。

本研究足球模擬比賽統一採用英國學者針對模擬足球比賽，所研發出來的LIST方式（15）。在正式足球模擬比賽前一週，讓所有研究對象進行一次熟悉期，熟悉與練習本實驗所有依變項測驗動作與流程。在正式實驗開始前5天，引用Chou等測最大攝氧量方式，依最大攝氧量相對跑步55%和95%強度，作為設定LIST的跑步強度的依據（7）。

實驗組進行一場LIST，控制組則不進行任何運動介入，實驗組與控制組於LIST前、後第24、48、72、

96、120小時，各接受一次測量股四頭肌群向心肌力、腿後腓肌群向心肌力、HQ比率、股四頭肌群肌肉痠痛、腿後腓肌群肌肉痠痛、血液CK活性。但是，在LIST後第2小時，加測股四頭肌群向心肌力、腿後腓肌群向心肌力、HQ比率（7）。最大肌力大約在運動後0-24小時之間即出現最低值（16），因此採用第24小時肌力數值進行相關分析。

在進行實驗的當週與前一週，參與者被要求不能進行任何訓練、比賽、任何會造成肌肉疲勞的身體活動，且維持相同的飲食習慣，避免額外的維他命等增補劑的攝取，以及任何的恢復治療（如：冷水浴、滾筒按摩、筋膜放鬆等）（7）。

2.3 最大攝氧量測量

參與者於熟悉期前1-3天，在跑步機（Quasar-Med, h/p/Cosmos, Minnetonka, MN）上，以開放式自動氣體分析系統（Metalyzer 3B, Cortex, Leipzig, Germany）進行一次最大攝氧量測量。先統一以每小時3公里及4公里的速度，各進行3分鐘的熱身。之後，進入正式測驗時的起始速度為每小時5公里（跑步機斜度固定： $+1\%$ ），每2分鐘增加1公里，跑到衰竭才停止測驗（7）。參與者在最大攝氧量的運動測驗中，達到下列兩項，才能判定是運動衰竭：（一）心跳率（heart rate, HR）達到每分鐘最大預測HR的15下之內（ $220 - \text{年齡} = \text{預測最大HR} \pm 15$ ）、（二）Borg自覺強度量表（rating of perceived exertion, RPE）達到 ≥ 18 、（三）呼吸交換率（respiratory exchange ratio，簡稱R值） > 1.1 以上（7, 17）。

2.4 LIST

參與者於室內體育館中，選取固定20公尺距離進行測驗。參與者跑步速度以每位選手前測最大攝氧量相對應之下的55%和95%跑步速度，作為進行LIST時的運動強度。LIST測驗內容包含Part A與Part B；其中，Part A進行3趟 \times 20公尺步行；之後，進行1趟 \times 20公尺最大衝刺速度（Part A）；接著給予4秒鐘的休息；最

後，進行3趟×20公尺55%和3趟×20公尺95%最大攝氧量跑步速度。以上述三個方式反覆進行五個循環（每一個階段，須要連續進行15分鐘），共計進行5次，每個循環之間給予3分鐘的休息時間。Part A第五次結束後，先休息3分鐘進行之後，再進行Part B。進行Part B時，以55%和95%最大攝氧量跑步速度，交替進行直到無法維持95%最大攝氧量跑步速度為止，才算是達到衰竭 (7, 15)。

在進行LIST測驗時，全程配戴Polar心率錶（Polar M430, Electro, Finland）作為監控心跳率與完成的移動距離，並在每個循環測量之前、後，各進行伯格運動疲勞自覺量表（Borg Rate of Perceived Exertion Scale, RPE）(18) 評估主觀疲勞程度 (7)。

2.5 依變項

本研究所測量之依變項，包括：股四頭肌群向心力、腿後腓肌群向心力、HQ比率、股四頭肌群肌肉痠痛、腿後腓肌群肌肉痠痛、血液CK活性。依變項測驗時間點與前面「實驗設計與流程」所述一樣。

2.5.1 股四頭肌群／腿後腓肌群向心力

本研究以Biodex等速肌力儀器（Biodex System 3 Pro, Biodex, Shirley, NY）作為評估每位受試者慣用側股四頭肌群／腿後腓肌群最大等速向心力，受試者慣用腳在角速度每秒60度之下，各進行連續5次最大自主的股四頭肌群／腿後腓肌群收縮測試。

測驗前先請受試者熱身及暖身10分鐘，受試者起始姿勢為膝關節屈曲90度，髖關節屈曲85度，測驗進行前受試者不可有預先出力的行為，在測驗開始時盡最快速度且盡最大用力程度來進行，並以無彈性的皮帶將參與者的軀幹、大腿固定，測驗進行時，參與者雙手抱胸，頭、背部、臀部緊靠於椅墊上，非測驗腿（非慣用腿）則全程保持自然下垂。收縮方式從膝關節彎曲90度至膝關節完全伸直0度，立即從膝關節完全伸直0度全力收縮返回至膝關節彎曲90度，以此方式在角速度60度／秒連續做五個循環，取5次中的峰值作為

分析值，作為等速向心力值 (7)。

2.5.2 HQ比率

將Biodex等速肌力儀器所測得之腿後腓肌群向心力值除以股四頭肌群向心力值所得之比率作為本研究HQ比率 (12-14)。

2.5.3 股四頭肌群／腿後腓肌群肌肉痠痛

以0-100mm主觀自覺痠痛量表（visual analog scale, VAS）作為評估球員肌肉痠痛（SOR）的方法 (7)。VAS量表最左端（0mm）代表完全不會痠痛，最右端（100mm）代表非常非常的痠痛。在每個時間點進行肌肉痠痛評估時，先請女子足球選手先進行一趟來回5公尺走路之後，請球員依照自己在走路過程中，在VAS上，分別針對H與Q感受最明顯痠痛程度進行評量，以作為本研究評估DOMS的方式 (7)。

2.5.4 血液CK活性

本研究針對研究對象在LIST前、後第24、48、72、96、120小時進行一次採血，作為檢驗CK血液生化指標，採血位置於研究對象慣用手肘前靜脈，採取約5毫升的血液。本研究血漿CK活性使用自動臨床化學分析儀（model 7080; Hitachi, Co. Ltd., Tokyo, Japan）以分光光度計（spectrophotometrically）和診斷試劑（Sigma Diagnostics, St. Louis, MO）進行分析 (7)。

2.6 統計方法

以獨立樣本t考驗，針對控制組與實驗組的依變項在前測值之間進行差異分析；以相依樣本單因子變異數分析，針對依變項在時間因子的比較。也以二因子混合設計變異數分析，分析每個依變項在組別和時間之間，是否有交互作用的效果；若變異數分析出現交互作用時，再以杜凱氏法進行事後分析。由於肌肉損傷會在24小時最為顯著，因此只使用第24小時的實驗數據進行相關分析。皮爾遜積差相關係數（Pearson's product-moment correlation）分析CK峰值、股四頭肌群DOMS峰值、腿後腓肌群DOMS峰值、LIST後第24小時

股四頭肌群向心力、LIST後第24小時腿後腱肌群向心力、LIST後第24小時HQ比率之相關性；本研究顯著水準設定為 $\alpha = .05$ 。

3. 結果

3.1 向心力測驗表現

本研究每一個向心力測驗的前測值，在不同兩組之間無統計差異（ $p < .05$ ；圖1）。控制組向心力測驗結果，在整個實驗不同時間點的觀察時，與前測值相比之下，都無產生明顯的變化（ $p > .05$ ）。

實驗組股四頭肌群向心力在進行單場LIST後第2、24、48、72小時比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖1A），此外，實驗組在LIST對股四頭肌群向心力引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第2、24、48、72小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖1A）。

實驗組腿後腱肌群向心力在進行單場LIST後第2、24、48、72、96、120小時都比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖1B），此外，實驗組在LIST對腿後腱肌群向心力引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第2、24、48、72、96、120小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖1B）。

實驗組HQ比率在進行單場LIST後第2、24、48、72、96小時比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖1C），此外，實驗組在LIST對HQ比率引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第2、24、48、72、96小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖1C）。

3.2 肌肉痠痛測驗表現

本研究每一個肌肉痠痛的前測值，在不同兩組之間無統計差異（ $p < .05$ ；圖2）。控制組肌肉痠痛測驗結果，在整個實驗不同時間點的觀察時，與前測值相比之下，都無產生明顯的變化（ $p > .05$ ）。

實驗組股四頭肌群腿肌肉痠痛在進行單場LIST後第24、48、72、96小時比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖2A），此外，實驗組在LIST對股四頭肌群腿肌肉痠痛測驗引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第24、48、72、96小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖2A）。

實驗組腿後腱肌群肌肉痠痛在進行單場LIST後第24、48、72、96、120小時都比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖2B），此外，實驗組在LIST對股四頭肌群腿肌肉痠痛測驗引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第24、48、72、96、120小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖2B）。

3.3 血液CK活性表現

本研究血液CK活性的前測值，在不同兩組之間無統計差異（ $p < .05$ ；圖3）。控制組血液CK活性，在整個實驗不同時間點的觀察時，與前測值相比之下，都無產生明顯的變化（ $p > .05$ ）。實驗組血液CK活性在進行單場LIST後第24、48、72、96小時比前測值產生明顯的變化（ $p < .05$ ；圖3）。此外，實驗組在LIST對血液CK活性引起的變化程度也明顯（交互作用： $p < .05$ ）比控制組來得大，經事後比較發現兩組在第24、48、72、96小時達顯著差異（ $p < .05$ ；圖3）。

3.4 LIST測驗結果相關性

由於肌肉損傷會在24小時最為顯著，因此只使用第24小時的實驗數據進行相關分析。本研究LIST後引起不同評估指標之間的變化，進行相關分析之後（表1），發現：（一）CK峰值與股四頭肌群DOMS峰值（ $r = 0.873$ ）、腿後腱肌群DOMS峰值（ $r = 0.740$ ）、LIST後第24小時股四頭肌群向心力（ $r = -0.614$ ）、LIST後第24小時腿後腱肌群向心力（ $r = -0.802$ ）、LIST後第24小時HQ比率（ $r = -0.861$ ）之間，具有高相關（ $p < .05$ ）。（二）股四頭肌群DOMS峰值與腿後腱肌群DOMS峰值（ $r = 0.786$ ）、LIST後第24小時股四頭

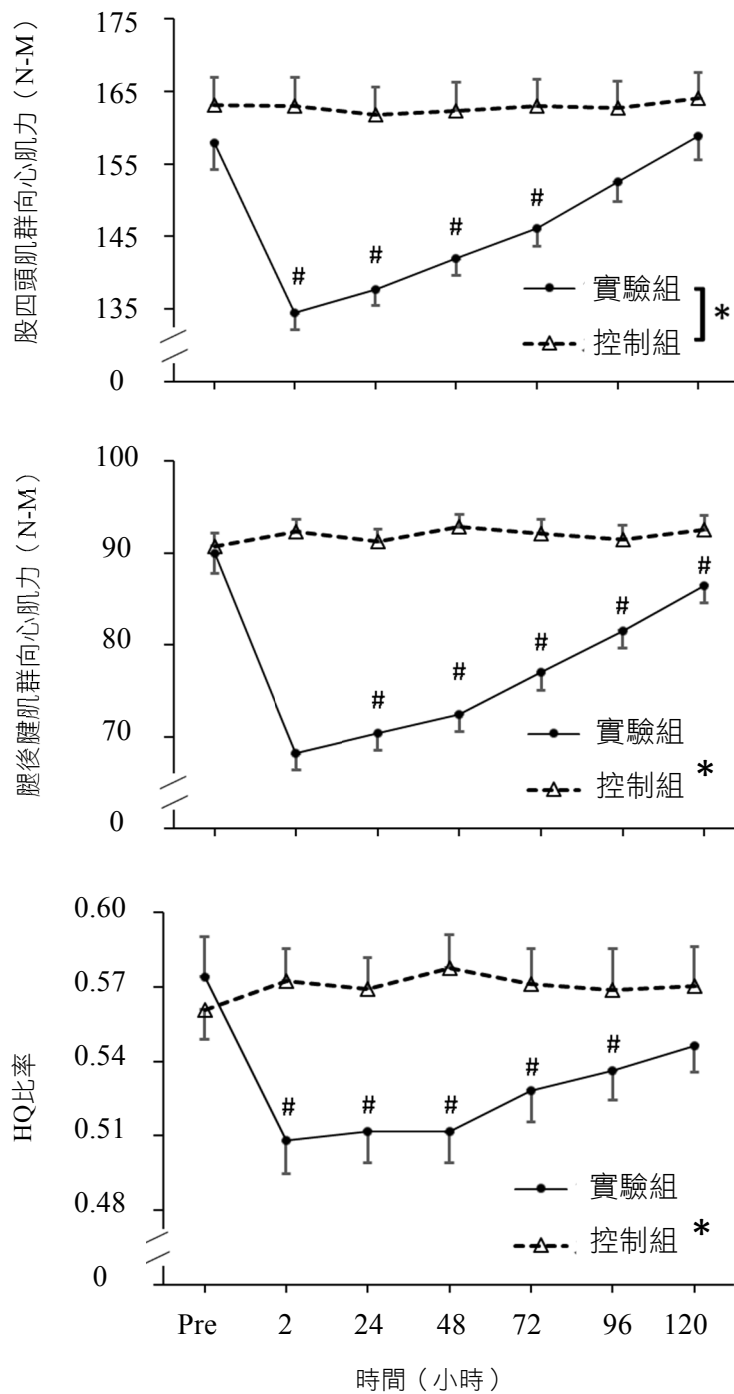


圖1. 控制組與實驗組進行LIST前 (pre) 及後第2、24、48、72、96、120小時股四頭肌群向心肌力 (A)、腿後腓肌群向心肌力 (B)、HQ比率 (C) 的變化情形。

註：控制組無進行任何LIST運動，實驗組在完成單場LIST後股四頭肌群腿向心肌力、腿後腓肌群向心肌力、HQ比率變化程度大於控制組 ($p < .05$)。*表示明顯比控制組產生差異的效果 ($p < .05$)；#表示明顯比前測產生差異的效果 ($p < .05$)。

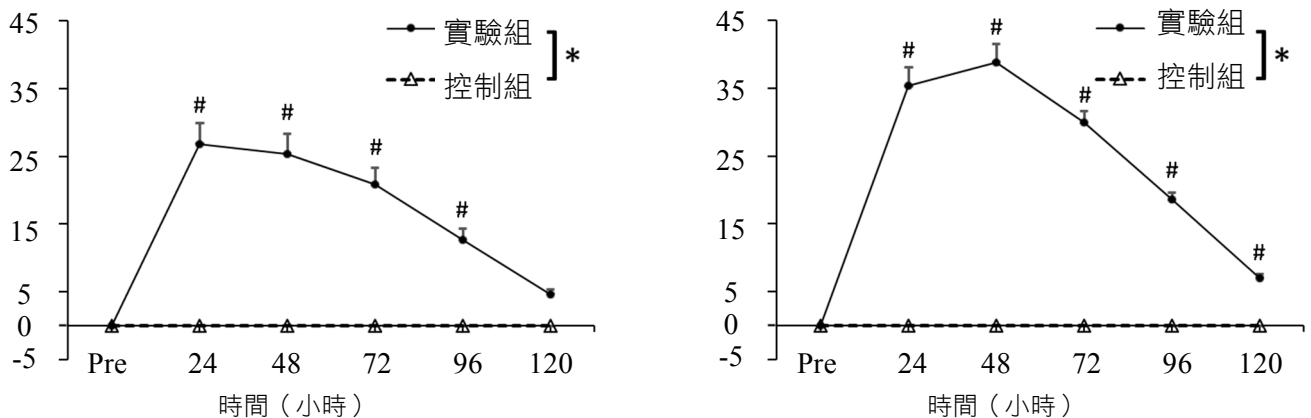


圖2. 控制組與實驗組進行LIST模擬足球比賽前 (pre) 及後第24、48、72、96、120小時股四頭肌群腿肌肉痠痛 (A)、腿後腱肌群肌肉痠痛 (B) 的變化情形。

註：控制組無進行任何LIST運動，實驗組在完成單場LIST後股四頭肌群腿肌肉痠痛、腿後腱肌群肌肉痠痛變化程度大於控制組 ($p < .05$)。*表示明顯比控制組產生差異的效果 ($p < .05$)；#表示明顯比前測產生差異的效果 ($p < .05$)。

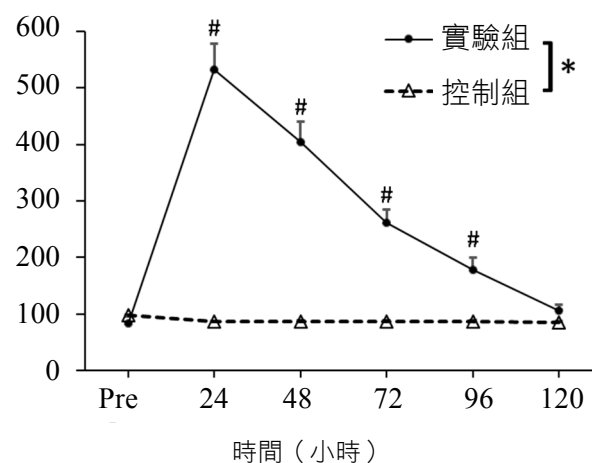


圖3. 控制組與實驗組進行LIST模擬足球比賽前 (pre) 及後第24、48、72、96、120小時肌酸激酶活性的變化情形。

註：控制組無進行任何LIST運動，實驗組在完成單場LIST後肌酸激酶活性變化程度大於控制組 ($p < .05$)。*表示明顯比控制組產生差異的效果 ($p < .05$)；#表示明顯比前測產生差異的效果 ($p < .05$)。

肌群向心肌力 ($r = -0.575$)、LIST後第24小時腿後腱肌群向心肌力 ($r = -0.808$)、LIST後第24小時HQ比率 ($r = -0.850$) 之間具有相關 ($p < .05$)。 (三) LIST後第24小時股四頭肌群與腿後腱肌群向心肌力 ($r =$

0.856)、LIST後第24小時HQ比率 ($r = 0.803$) 之間具有相關 ($p < .05$)。 (四) LIST後第24小時腿後腱肌群向心肌力與LIST後第24小時HQ比率 ($r = 0.964$) 之間具有相關 ($p < .05$)。

表1. 實驗組CK峰值、股四頭肌群DOMS峰值、腿後腓肌群DOMS峰值、LIST後第24小時股四頭肌群向心肌力、LIST後第24小時腿後腓肌群向心肌力與其他指標之間的相關係數

	peak-Q DOMS	peak-H DOMS	24小時-Q向心肌力	24小時-H向心肌力	24小時-HQ比率
peak-CK	0.873*	0.740*	-0.614*	-0.802*	-0.861*
peak-Q DOMS	N/A	0.786*	-0.575*	-0.808*	-0.850*
peak-H DOMS	N/A	N/A	-0.546*	-0.759*	-0.845*
24小時-Q向心肌力	N/A	N/A	N/A	0.856*	0.803*
24小時-H向心肌力	N/A	N/A	N/A	N/A	0.964*

註：* $p < .05$ 。

4. 討 論

本研究結果顯示：一、控制組在無進行LIST之下，連續接受六天不同時間的觀察，其依變項都無產生顯著的變化（圖1-3）；二、實驗組在進行LIST後的恢復期間，其股四頭肌群向心肌力、腿後腓肌群向心肌力、HQ肌力比率、股四頭肌群腿肌肉痠痛、腿後腓肌群肌肉痠痛和血液CK活性所產生的變化程度，不僅明顯（ $p < .05$ ）大於實驗組前測值，而且也明顯（ $p < .05$ ）比控制組的變化程度來得大（圖1-3）；三、實驗組在LIST後HQ比率與肌肉損傷指標之間，具有高度相關（表1）。這些研究結果支持本研究假設，並顯示進行單場LIST之後，的確會造成女子足球選手HQ比率引起明顯變化且會持續四天之久。因此，LIST造成女子足球員HQ比率引起變化，可能是受到肌肉損傷的影響。

本研究結果（圖1-3）發現LIST後股四頭肌群向心肌力、腿後腓肌群向心肌力、股四頭肌群腿肌肉痠痛、腿後腓肌群肌肉痠痛、肌酸激酶活性不僅比前測值產生明顯改變而已，而且也明顯比控制組變化程度來得大（ $p < .05$ ）。這些結果與先前足球研究結果相似（4-5, 7）。先前研究指出，職業足球選手在進行一場足球比賽後數個小時，就會開始出現肌肉損傷（肌力下降）、DOMS的現象，並且會持續至少三天才會恢復到比賽前水準。Chou等針對女子足球員在單次LIST後觀察到肌肉損傷和運動表現指標的顯著變化，並且直到LIST後第4-5天，所有指標都沒有恢復到前測值，本研究結果支持先前文獻研究結果（7）。

本研究結果（圖1.C）發現LIST後HQ比率不僅比前測值產生明顯改變而已，而且也明顯比控制組變化程度來得大（ $p < .05$ ）。先前研究（12-14）探討單場模擬足球比賽對HQ比率的影響，結果發現HQ比率在單場模擬足球比賽後會明顯降低（ $p < .05$ ），本研究結果支持先前文獻研究結果。值得注意的是，先前研究僅探討單場足球比賽對HQ比率的立即影響，並不了解HQ比率的恢復狀況。而在本研究中，從圖1.C結果可看出，實驗組在LIST後HQ比率不僅立即下降，且會持續至少四天才會恢復到比賽前水準。

實驗組在LIST後HQ比率與肌肉損傷指標之間，具有高度相關（表1）。代表HQ比率可用於評估單場足球比賽造成的肌肉損傷。Delextrat等指出，足球比賽造成的肌肉損傷會使得腿後腓肌群與股四頭肌群肌力降低（12）。由於LIST的運動模式與足球比賽類似，大量的短距離快速起動或衝刺的動作、突然改變方向等，很大程度上依賴於離心收縮，導致肌肉損傷，造成HQ比率降低。

HQ比率已被用於檢查運動期間膝屈肌和膝伸肌之間的功能、膝關節穩定性和肌肉平衡（19），膝屈肌和伸肌產生的力量之間的不平衡已被確定為膝屈肌拉傷以及前十字韌帶（ACL）撕裂的潛在誘發因素（20）。HQ比率可作為賽季中預測膝關節過度使用造成傷害發生率的指標之一（21）。先前研究（19）指出HQ比率範圍為0.5-0.8，且HQ比率接近1.0的運動員可以降低腿後腓肌群拉傷的風險。本研究結果發現，LIST引起肌肉損傷似乎是造成HQ肌力比率產生變化的影響因素之

一。因此，未來建議可以用HQ比率作為評估足球選手賽後疲勞恢復的指標之一。

5. 結 論

本研究的結論為：「女子足球員進行足球模擬比賽引起肌肉損傷時，也會造成HQ肌力比率明顯下降的現象會長達持續四天之久。所以，足球模擬比賽引起肌肉損傷似乎是造成HQ肌力比率產生變化的影響因素之一。因此，在評估女子足球比賽引起疲勞狀況時，建議納入HQ肌力比率的評估，如此能更全面了解足球員的疲勞恢復情況，並能及早提出相關因應對策，做到有效降低後續比賽發生運動傷害的效果」。未來研究建議可針對足球比賽造成HQ肌力比率明顯下降的問題，進行相關機轉的探討。

利益衝突聲明：本研究無任何利益衝突。

參考文獻

- 邱奕文。現代足球立體化訓練過程初探。大專體育 106: 117-122, 2010。doi:10.6162/SRR.2010.106.14
- 陳忠慶。足球運動的體能評估。中華體育季刊 12(4): 105-110, 1999。doi:10.6223/qcpe.1204.199904.1815
- Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garthe I, and Kadi F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: Effects of active recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40(2): 372-380, 2008. doi:10.1249/mss.0b013e31815b8497
- Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, Michailidis Y, Vantarakis A, Taxildaris K, Katrabasas I, Mandalidis D, Kouretas D, and Jamurtas AZ. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24(12): 3278-3286, 2010. doi:10.1519/jsc.0b013e3181b60444
- Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, Margonis K, Chatzinikolaou A, Kalistratos E, Katrabasas I, Alexiou V, and Taxildaris K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine* 18(5): 423-431, 2008. doi:10.1097/JSM.0b013e3181818e0b
- Hughes JD, Denton K, Lloyd RS, Oliver JL, and De Ste Croix, MBA. The impact of soccer match play on the muscle damage response in youth female soccer athletes. *International Journal of Sports Medicine* 39(5): 343-348, 2018. doi:10.1055/s-0044-101147
- Chou TY, Nosaka K, and Chen TC. Muscle damage and performance after single and multiple simulated matches in university elite female soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8): 4134, 2021. doi:10.3390/ijerph18084134
- 陳忠慶。運動引起肌肉損傷的原因之探討。運動生理暨體能學報 創刊號: 19-32, 2004。doi:10.6127/JEPF.2004.01.03
- Hyldahl RD, Chen TC, and Nosaka K. Mechanisms and mediators of the skeletal muscle repeated bout effect. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 45(1): 24-33, 2017. doi:10.1249/JES.0000000000000095
- Bogdanis GC, and Kalapotharakos VI. Knee extension strength and hamstrings-to-quadriceps imbalances in elite soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 37(2): 119-124, 2016. doi:10.1055/s-0035-1559686
- Coombs R, and Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science & Medicine* 1(3): 56, 2002.
- Delextrat A, Gregory J, and Cohen D. The use of the functional H:Q ratio to assess fatigue in soccer. *International Journal of Sports Medicine* 31(3): 192-197, 2010. doi:10.1055/s-0029-1243642
- Greig M. The influence of soccer-specific fatigue on peak isokinetic torque production of the knee flexors and extensors. *The American Journal of Sports Medicine* 36(7): 1403-1409, 2008. doi:10.1177/0363546508314413
- Rahnama N, Reilly T, Lees A, and Graham-Smith P. Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Science* 21(11): 933-942, 2003. doi:10.1080/0264041031000140428
- Nicholas CW, Nuttall FE, and Williams C. The Loughborough Intermittent Shuttle Test: A field test that simulates the activity pattern of soccer. *Journal of Sports Sciences* 18(2): 97-104, 2000. doi:10.1080/026404100365162
- 陳忠慶、謝伸裕。離心收縮對肌肉損傷及適應問題之探討。北體學報 5: 177-188, 1996。
- Chen TC, Nosaka K, Lin MJ, Chen HL, and Wu CJ. Changes in running economy at different intensities following downhill running. *Journal of Sports Sciences* 27(11): 1137-1144, 2009. doi:10.1080/02640410903062027
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 2(2): 92-98, 1970.
- Cheung RT, Smith AW, and Wong DP. H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *Journal of Human Kinetics* 33: 63, 2012. doi:10.2478/v10078-



012-0045-1

20. **Sangnier S, and Tourny-Chollet C.** Comparison of the decrease in strength between hamstrings and quadriceps during isokinetic fatigue testing in semiprofessional soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 28(11): 952-

957, 2007. doi:10.1055/s-2007-964981

21. **Devan MR, Pescatello LS, Faghri P, and Anderson J.** A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *Journal of Athletic Training* 39(3): 263, 2004.