國立臺東大學師範學院
休閒事業管理碩士在職專班

碩士論文

指導教授：鄭承昌 博士

以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究

An Electromyographic Analysis of Water Fitness Exercise's Effect on Relieving Muscle Fatigue for Non-Professional Triathletes

研究生：蕭惠丹　撰

中 華 民 國 一 一 〇 年 七 月

國立臺東大學
National Taitung University

國立臺東大學師範學院
休閒事業管理碩士在職專班

碩士論文

以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究

An Electromyographic Analysis of Water Fitness Exercise's Effect on Relieving Muscle Fatigue for Non-Professional Triathletes

研究生：蕭惠丹　撰
指導教授：鄭承昌 博士

中 華 民 國 一 一 〇 年 七 月

國立臺東大學
學位論文考試委員審定書

系所班：休閒事業管理碩士在職專班

本班 蕭惠丹 君

所提之論文以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉狀態影響之研究

業經本委員會通過合於 ■碩士學位論文 條件

論文學位考試委員會：

（學位考試委員會召集人）

（指導教授）

論文學位考試日期：110 年 6 月 19 日

國立臺東大學

附註：本表一式三份經學位考試委員會簽名後，分別送交系所辦公室及註冊組存查。

國立臺東大學
學位論文網路公開授權書

重要事項說明：依著作權法第十五條第二項第三款規定，「依學位授予法撰寫之碩士、博士論文，著作人已取得學位者，推定著作人同意公開發表其著作」。本校圖書資訊館就紙本學位論文之閱覽服務依前開規定，採公開閱覽為原則。如論文涉及專利事項、機密或依法不得提供，需延後公開紙本論文者，請另行填寫本校「學位論文延後公開申請書」。(申請書得自本館網站下載)

本授權書所授權之 ■**學位論文** □**書面報告** □**技術報告** □**專業實務報告** 為本人在

國立臺東大學 師範學院休閒事業管理碩士在職專班 系(所)＿＿＿＿＿＿組

109 學年度第 2 學期取得（ ■**碩士** □**博士** ）學位之論文。

論文名稱：以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究

一、本人具有著作財產權之上列論文之電子全文(含書目、摘要、圖檔、影音資料、附件等)，依著作權法規定，非專屬、無償授權予下列單位得重製、上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

單位	公開上網時程
本人畢業學校	(依據108學年度第一學期第3次行政會議決議：研究生畢業論文延後公開上網時程，至多以三年為原則) ■**立即公開** □一年後公開 □二年後公開 □三年後公開
國家圖書館	■**立即公開** □一年後公開 □二年後公開 □三年後公開
	□不同意公開
與本人畢業學校圖書資訊館簽訂合作協議之資料庫業者	■**立即公開** □一年後公開 □二年後公開 □三年後公開
	□不同意公開

二、本人（■**同意** □不同意）本人畢業學校圖書資訊館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。**上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同同意授權。**

學　　號：3710826　　(務必填寫)

研 究 生簽名：蕭惠丹　　(親筆正楷)

指導教授簽名：鄭承昌　　(親筆簽名)

日　　期：中華民國　110 年　7 月　14 日

本授權書(得自本校圖書資訊館網站下載)，請勿自行變更本授權書內容及格式，並以黑色字體撰寫後複印裝訂於審定書之次頁；

誌謝

讀碩士班不在我人生規劃的清單，但我也一腳踏入了這深淵，工作與讀書蠟燭兩頭燒，每天都是充實的一天，不知不覺兩年的磨練已過去了，在此特別感謝我的指導教授鄭承昌老師，還好有認識老師並藉以老師的專才，才得已讓我的論文事半功倍，感謝老師陪伴著我一點一滴地完成論文寫作，也感謝師母每次都會陪伴著我們並準備我需要的蛋白質。

感謝我的好友小茜，每次我遇到困難時總是會向妳求救，而妳總是盡妳所能的幫助我，也感謝我的戰友們，芬芬律師事務所的芬芬律師、來一卷的老闆如如，為了備賽，大家吃盡苦頭，挑戰了我們人生的第一場 226 公里鐵人賽，備賽的 8 個月裡，汗水與淚水交織，讓我感受到一個人的堅持很辛苦，一群人的堅持很給力，感謝妳們願意當我的實驗對象，讓我的論文如期完成，也感謝讚哥總是當我的翻譯官，藉由你的才能我的作業才能夠順利完成，讚哥與芬芬賢伉儷真是我的貴人。

最後感謝我最親愛的家人，你們總說那麼老了才要讀碩班，你可以嗎？雖然看似不怎麼支持，但我知道你們看到我繼續追求自己想要的目標你們必會在心裡默默的支持我，也感謝最後重要時刻陪伴著我的暉，有你真好。最後謝謝你們大家的鼓勵與支持，我會銘記在心，未來仍會在學習的路上繼續努力。

2021 年 7 月

以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究

作者：蕭惠丹 鄭承昌

國立臺東大學文化資源與休閒產業學系

國立臺東大學教育學系

摘　要

鐵人三項於台灣蓬勃發展有數以萬計的業餘選手參賽，但因為鐵人三項容易造成運動傷害，因此透過水適能運動的介入可以預防運動傷害與減輕運動後的疲累，並快速恢復肌肉的活性，這對於休閒運動的選手來說是相當重要的一環。本研究以肌電儀測量肌肉的肌電頻譜並採視覺分析法來探討肌電現象。研究對象為 2020 年普悠瑪鐵人三項 226 公里的 2 位女性業餘選手，於賽後進行連續五天的水適能課程，每天每次 50 分鐘，研究者於賽前蒐集研究對象肌電頻譜為基線期，水適能介入後蒐集肌電頻譜為介入期，撤回水適能之後一周再次測量肌電頻譜為維持期，並進行視覺分析。研究結果為：一、選手於賽後肌電頻譜有降檔現象以及數個低頻峰值，代表肌肉處於疲累狀態。二、水適能介入後肌電頻譜有升檔的趨勢，從低頻往中低頻、高頻移動。三、

撤掉水適能第一週後肌電頻譜峰值與賽前幾乎一樣,可慢慢恢復運動，撤掉水適能第二週後可恢復高強度訓練。因此，本研究的結論是選手於 226 公里鐵人三項高強度賽事後，大約一週後即可恢復訓練，並可於賽後透過水適能運動來放鬆肌肉，使肌肉快速恢復彈性，以及預防運動傷害的發生。

關鍵詞：鐵人三項、水適能、肌電儀、功率頻譜、傅利葉分析

National Taitung University

An Electromyographic Analysis of Water Fitness Exercise's Effect on Relieving Muscle Fatigue for Non-Professional Triathletes

Hui-Tan Hsiao,Cheng-Chang Jeng

Abstract

With the growing popularity of triathlons in Taiwan, tens of thousands of non-professional triathletes take part in this sport and injuries do frequently occur. By the adaption of Water Fitness Exercises which can significantly prevent injuries, relieve muscle fatigue and rapidly restore muscle activity can be crucial for non-professional triathletes.

This research is based on the muscle power spectrum recorded on the Electromyography (EMG) followed by a Visual Analysis of the Electromyogram. The subjects of this research are two female non-professional triathletes whom took part in the 2020 Puyuma full distance triathlon (226km). After the race, they have done 50 minutes of Water Fitness Exercises for five consecutive days. This research conducts a Visual Analysis of the power spectrum recorded on the Electromyography before the race as a base line and compares it to the Intervention stage's power spectrum of the Water Fitness Exercises period and the Maintenance stage's power spectrum recorded a week after ending the Water Fitness Exercises.

This research shows that 1. the EMG power spectrum of the triathletes after the race displays a downshifting and several low-frequency peaks which represent the status of the fatigued muscles. 2. After the Intervention of the Water Fitness Exercises there has been an obvious upshift on the EMG power spectrum which displays a movement form low-frequency to mid-frequency or high-frequency. 3. A week after ending the Water Fitness Exercises the EMG power spectrum recorded has become almost identical to the pre-race state which allows the athletes to restart

their training. Two weeks after the Water Fitness Exercises the athletes could already perform high-intensity training. Therefore, the conclusion of this research proves that the Intervention of Water Fitness Exercises can relax and reactivate fatigue muscles and prevent sports injuries which will allow the athletes to restart their training around a week after high-intensity races such as a full distance triathlon (226km).

Keywords:Triathlon,Water Fitness Exercise,Electromyography(EMG), Power Spectrum,Fourier Transform Analysis

國立臺東大學
National Taitung University

目次

中文 摘要 i

英文 摘要 iii

目次 v

表目次 vii

圖目次 viii

第一章　緒論 1

第一節 研究背景與動機 1

第二節 研究目的 3

第三節 研究問題 3

第四節 名詞釋義 3

第二章　文獻探討 5

第一節 鐵人三項運動介紹及運動傷害 5

第二節 肌電儀相關研究 6

第三節 水適能相關研究 9

第三章　研究方法與步驟 13

第一節　研究架構 13

第二節　研究對象 14

第三節　研究實施程序 16
第四節　研究工具 17
第五節　資料處理與分析 17
第四章　研究結果與討論 18
第一節　受試者的完賽成績與過程 18
第二節　研究對象賽前賽後肌電圖分析 20
第三節　水適能肌電圖分析 25
第四節　水適能疼痛指數的成效 36
第五章　結論與建議 40
第一節　結論 40
第二節　研究限制 41
第三節　建議 41
參考文獻 42
附錄一 43
附錄二 43
附錄三 43

表目次

表 2-1 肌電儀之相關研究摘要表 8

表 2-2 水適能之相關研究摘要表 11

表 3-1 研究架構表 13

表 3-2 研究參與者的背景資料整理表 15

國立臺東大學 National Taitung University

圖目次

圖 2-1 修正劉俊慶（2017）JASA 圖 7

圖 4-1 如如賽前股直肌肌電施測 20

圖 4-2 如如賽前肌電的功率頻譜圖 21

圖 4-3 如如賽後股直肌肌電施測 21

圖 4-4 如如賽後肌電的功率頻譜圖 22

圖 4-5 芬芬賽前股直肌肌電施測 23

圖 4-6 芬芬賽前肌電的功率頻譜圖 24

圖 4-7 芬芬賽後股直肌肌電施測 24

圖 4-8 芬芬賽後肌電的功率頻譜圖 25

圖 4-9 如如賽後第一天水適能結束後股直肌肌電施測 26

圖 4-10 如如賽後第一天肌電的功率頻譜圖 26

圖 4-11 如如賽後第二天肌電的功率頻譜圖 27

圖 4-12 如如賽後第三天肌電的功率頻譜圖 27

圖 4-13 如如賽後第四天肌電的功率頻譜圖 28

圖 4-14 如如賽後第五天肌電的功率頻譜圖 29

圖 4-15 如如撤掉水適能後第一週肌電的功率頻譜圖 30

圖 4-16 如如撤掉水適能後第二週肌電的功率頻譜圖 30

圖 4-17 芬芬賽後第一天水適能結束後股直肌肌電施測.....31

圖 4-18 芬芬賽後第一天肌電的功率頻譜圖.....32

圖 4-19 芬芬賽後第二天肌電的功率頻譜圖.....32

圖 4-20 芬芬賽後第三天肌電的功率頻譜圖.....33

圖 4-21 芬芬賽後第四天肌電的功率頻譜圖.....34

圖 4-22 芬芬賽後第五天肌電的功率頻譜圖.....34

圖 4-23 芬芬撤掉水適能後第一週肌電的功率頻譜圖.....35

圖 4-24 芬芬撤掉水適能後第二週肌電的功率頻譜圖.....36

圖 4-25 如如賽前賽後疼痛指數.....37

圖 4-26 芬芬賽前賽後疼痛指數.....38

圖 4-27 如如與芬芬疼痛指數對照圖.....38

National Taitung University

第一章　緒論

本研究主要目的在探討水適能運動對鐵人三項運動選手賽後肌肉疲累之影響。本章分為五節，第一節為研究背景與動機；第二節為研究目的；第三節為研究問題；第四節為名詞釋義。以下分別說明。

第一節 研究背景與動機

一、研究背景

中華民國鐵人三項運動協會於 1994 年成立，宗旨主要為推廣國內的鐵人三項運動，並希望可以普及化運動人口，厚植國內選手的實力，並增加國際競賽交流的機會。協會成立以來，致力鐵人三項運動推廣，極力培養國家隊選手，參與人數與日俱增，也成為國內最熱門的戶外運動之一。1992 年最早期的統一盃，到各單項運動委員會所辦理的鐵人賽，早期 1 年只有一場鐵人賽，直到後來又有各縣市成立地方協會與台灣鐵人三項公司於 2010 年引進台灣第一場國際鐵人三項賽事 Ironman 70.3，這是台灣第一次以企業型態去經營鐵人三項運動比賽的公司（周庭竹，2016） 因而促使整個台灣鐵人三鐵運動的蓬勃發展。

2012 年國內鐵人三項運動賽事一覽表，共有 12 場鐵人三項賽，每一場參賽人數都破千人，尤其是宜蘭國華人壽 ITU 洲際盃鐵人三項錦標賽（梅花湖）共有 3860 人參賽（張仁傑，2014）。（潘政宏，2009）指出有 48.8 ％的受試對象會在宜蘭停留一夜，且每年約有 1~2 次以參加運動比賽為目的的旅行。參與賽會的運動觀光客，多數人會自行開車前往，而將近有 50％的運動觀光客願意入住在比賽當地的旅館及民宿。依據統計，2013 年全臺共舉辦 27 場鐵人賽，然而賽事的品質也一直不斷再升級，歐洲國家舉辦鐵人賽事的高知名品牌 Challenge Family 也在 2013 年來臺舉辦了一場高規格的 226 公里超級鐵人賽，然而台灣一年有三場 226 公里的超級鐵人賽事，可知台灣鐵人三項已蓬勃發展 （徐國峰，2014）。從一般路跑、馬拉松、自行車賽至鐵人三項，引發這幾年國人對休閒運動的熱愛。而最讓人熱血沸騰的鐵人三項，不但是全民想參與的運動，更是多數人「一輩子一定要體驗過一次」的熱血項目與人生必須完成的清單之一！鐵人三項是獨立自主的比賽項目因此只要完賽就是勝利者，也藉此勝利來肯定自我的價值，並為社會風氣積極帶來正面的能量。如此龐大的休閒運動產業不僅為社會帶來正面的能量，還促進了觀光運動產業的盛行，也使地方帶來不少的經濟刺激。

鐵人三項是由三種不同的運動項目所組合成的，依序則是游泳、自行車、跑步，而比賽距離則是有分，推廣距離半程 25.75 公里 （游泳 750 公尺、騎單車 20 公里、跑步 5 公里），奧運標準距離 51.5 公里（游泳 1.5 公里、騎單車 40 公里、跑步 10 公里），半超鐵 113 公里（游泳 1.9 公里、騎單車 90 公里、跑步 21.1 公里，IRONMAN70.3 英里相當 113.137 公里），超級鐵人 226 公里 （游泳 3.8 公里、騎

單車 180 公里、跑步 42.2 公里）。然而每年在夏威夷 KONA 舉辦的 IRONMAN 世界錦標賽則是鐵人三項賽業餘選手們夢想的最高殿堂。

鐵人三項是一種複合式運動，進行的順序是先游泳、自行車、跑步，而游泳的地點幾乎是採開放式水域，會因為比賽地點不同而有不同的場地，例如：湖泊、水庫、運河、海邊，這些勾不著邊的開放式場地較容易發生溺水事件。長距離的超級鐵人賽，容易發生運動性肌肉疲勞（exercise-induced muscle fatigue），這是指運動時所引起肌肉產生最大收縮力量時暫時性下降的生理變化現象，而這疲勞則是伴隨著整個運動過程，當肌肉沒有辦法持續一定的抗阻能力時，肌肉疲勞達到極限，稱為耗竭 （鄧樹勳、王健，2004）。而 180 公里自由車段，大部分長距離的選手都會選擇三鐵車來騎乘，三鐵車是採趴騎的動作，因此可以降低風阻，而前一項的 3.8 公里游泳已導致肌肉的疲勞，在自由車段上還要長時間的趴騎，肌肉的疲累更容易造成頸部、腰椎、臀腿的傷害，而最後的 42 公里路跑段身體的疲累已經達到最巔峰，身體與心理的煎熬更是不言而喻，這時的肌肉已達耗竭狀態，此時身體就更容易產生代償作用，會導致肌肉拉傷、扭傷、膝關節與腿部的運動傷害。運動傷害分為急性運動傷害與慢性運動傷害，慢性運動傷害大部分是因為過度使用或者肌肉疲勞產生的累積性傷害，有些運動後的痠痛不一定是急性肌肉痠痛或是延遲性肌肉痠痛，往後的數日裡持續存在疼痛有可能也是一種受傷的警訊 （王子銨，2019）。

研究者本身參加鐵人三項多年，也因慢性運動傷害而中斷運動兩年之久，運動傷害不會因為中斷運動後進而痊癒，最新的運動傷害在較新的觀念上，不能因為受傷後就休息不運動，適度的運動是必要的（健康，2018）因此本研究者積極的尋求與傷共存的模式，除了復健科運動傷害的治療以外，還努力尋找運動傷害後還能持續維持運動的方式，以及找尋預防運動傷害的方法。

2018 年於暑假時研究者參與老人水中運動活動，在教學過程中意外發現水中運動有助於減輕自身下肢疼痛與達到活化肌肉效果。然而全台灣一年至少有 20 場鐵人三項運動的比賽，而造成鐵人三項運動常見的傷害以拉傷與下肢扭傷居多，下肢則是以膝部的問題、脛骨與足底為主 （傅正思，2016）。雖然是休閒式的運動，但每個鐵人總是想追求卓越，因此容易因為長時間的訓練造成肌肉的疲勞，再加上無法支撐高強度的運動時就容易造成肌肉骨骼的傷害，而透過運動科學的儀器-肌電儀 EMG （electromyography） ，可以判斷肌肉疲勞的狀態（王信寰，2018），透過肌電儀的測量後，可以從肌電圖上觀察到肌肉疲勞前後的差別，而王信寰一文指出經疲勞後肌電活化會下降 26 %。適度的刺激肌肉與運動會活化肌肉，但過度訓練肌肉使其疲勞會使肌肉活化能力下降。

綜合以上論述，全台灣一年有上萬人參與比賽，而大部分都是業餘選手，然而鐵人三項的訓練容易造成運動傷害，透過水適能運動的介入，可以降低與預防運動傷害的發生，而目前在台灣水適能類似的研究並沒有科學的數據佐證，大部分都採質性研究或以體適能檢測項目的方式來評量，因此，本研究以 2020 年臺東

普悠瑪鐵人三項選手賽後透過肌電儀測量選手的肌電訊號後以水適能運動的介入，瞭解水適能運動對減輕選手的疲累狀態，以及減輕運動傷害的負擔。此乃是本研究的主要研究動機。

第二節 研究目的

以上的研究背景與動機，本論文的主要研究目的如下：

一、比較鐵人三項選手賽前賽後 EMG 的肌電狀態之差異。

二、探討選手經水適能活動後 EMG 的肌電狀態與運動前後之差異。

三、分析肌肉疲累減輕之成效。

第三節 研究問題

根據研究目的，本研究所要探討的問題如下：

1-1 比較鐵人三項選手賽前賽後 EMG 的肌電狀態之差異？

2-1 探討選手經水適能活動後 EMG 的肌電狀態與運動前後之差異？

3-1 分析肌肉疲累減輕之成效為何？

第四節 名詞釋義

本節將說明本研究所涉及的重要名詞：「226 公里超級鐵人三項」、「水適能」、「延遲性肌肉痠痛」。

一、226 公里超級鐵人三項：必須一個人獨自完成 3.8 公里游泳、180 公里自行車、42.2 公里跑步，並於 17 小時內完成。

本研究之對象係指 2020 年普悠瑪鐵人三項參賽選手的三位臺東縣民業餘選手。

二、水適能：是一種在水中裡健身、水中有氧，頭部不需要浸到水裡的一種心肺與肌力的運動。本研究中所指水適能係指 TAFA-PT 水中體適能指導證照課程，從各種不同的基本動作（走路、跑步、跳躍、剪刀步、踢腿）根據 S.W.E.A.T 方程式，使動作變化來設計水適能課程，以下說明之。

(一)「S」：改變速度(Speed)與受力面積（Surface area），這兩點會改變阻力的大小使其運動強度而不同，受力面積越大阻力越強。

(二)「W」：是利用不一樣的動作姿態（Working positions），包括跳躍、中位、懸浮。動作姿態的不同可增加或減少並控制地心引力對人體的影響，只要動作姿態不同就會改變運動強度。

(三)「E」：加大（Enlarge）動作，可增加形狀拖曳力、運動強度，同時也可增加柔軟度。

（四）「A」：動作包括身體連接關節的不同方向（Around the body or joint），使用關節不同的方向，前後、左右、斜前後方，會促使肌肉可以更均衡的發展，也達到可以刺激神經肌肉，誘發更多的肌纖維做動作，進而提升肌耐力與肌力。

（五）「T」：移位（Travel）動作，身體在水中移動，進而產生阻力，可以有效提升運動強度。

三、延遲性肌肉酸痛：過度的訓練或於長時間的運動，導致肌肉損傷有痠痛感，通常痠痛感於運動後 24～72 小時最為明顯。

國立臺東大學 National Taitung University

第二章　文獻探討

此研究的主要目的在探討水適能運動對 226 公里鐵人三項運動賽後肌肉活化之影響。本章節分為三部分，第一節為鐵人三項運動介紹及運動傷害；第二節為肌電儀相關研究；第三節為水適能相關研究。以下分別說明之。

第一節 鐵人三項運動介紹及運動傷害

鐵人三項運動（triathlon）是起源於 70 年代早期的聖地牙哥路跑俱樂部（黃詩雯，2020），在 1972 年有一群海軍軍官在夏威夷的酒吧，大家爭論著世界上到底是哪一項運動項目是最具有刺激與挑戰性，並且又能考驗人的意志力及體能，經過大家的熱烈討論後，是由美國司令官約翰．克林斯（John Collins）提出，誰能在 24 小時之內在海邊游泳 3.8 公里，然後騎自行車環夏威夷島 180 公里，最後跑全程馬拉松 42.195 公里，能完賽者就可以得到鐵人（Ironman）的稱號。這場比賽共有 15 人參加，14 位男性選手，一名女性選手，最後有 14 位完成比賽（王美桂，2014）。夏威夷鐵人三項賽發展至今，也漸漸成為了鐵人三項選手最想挑戰的目標。

臺灣首次舉辦鐵人三項賽則是在 1989 年在高雄市舉辦的第一屆高雄市體育季鐵人三項比賽，其比賽距離為游泳 1 公里、自行車 24 公里以及路跑 6 公里，170 位選手參加，比賽共分 6 組（黃詩雯，2010）。1992 年統一盃鐵人三項國際錦標賽是臺灣首次舉辦國際標準賽 51.5 公里比賽（黃詩雯，2010）。

在臺東東之美鐵人三項比賽自 2000 年在臺東舉辦的國際賽事已經邁入第 21 個年頭，臺東因為森林公園活水湖的水質及沿路風景，吸引荷蘭 Challenge Family 自 2012 年引進臺灣今年將邁入第 8 年，美國 IRONMAN 自 2016 年將台灣賽事移師至臺東比賽今年已經 5 年，代表臺灣越來越多人重視鐵人三項運動。

我國的鐵人三項運動協會從 1994 年成立以來，努力的推展鐵人三項運動，鐵人三項近年來已是非常盛行的休閒運動。每一場參賽的選手數百人至上千人，大部份參賽的選手也不是專業的運動員（江明宗，2012），很多參與的選手幾乎都是沒有運動背景，溫怡英（1997）指出鐵人三項的運動傷害有許多，如游泳在水中與人碰撞容易因為緊張而嗆到水，造成肌肉僵硬往下沉甚至溺水，或因天氣不好，導致水溫低而造成抽筋、身體不適等，自行車方面則有腰部、背部、臀部、膝蓋疼痛或是與一般民眾產生意外事故，跑步時也常因腿部的關節、肌肉拉傷或是熱衰竭、熱中暑傷害等。邱彥成（1996）認為鐵人三項除了各個單一項目運動所造成的傷害外，在項目轉換的過程中不同的肌肉運動型式更是容易受傷，最常發生的有大小腿肌肉輪流抽筋、雙腳不聽使喚導致跌倒受傷、脫水。傅正思（2016）指出鐵人三項運動常見的運動傷害類型，大都以拉傷為主，然而下肢的傷害，又以膝部與扭傷較多。若從事長時間高強度的耐力運動，較容易對肌肉造成損傷，因此很多的訓練模式與運動傷害的觀念都是不夠健全的，所以常常造成運動傷害後不知

所措，甚至治療後效果不彰，仍然無法正常運動。吳定中（2017）指出髂脛束症候群（ITBS）是跑步者最常見的損傷之一，當膝蓋無法以 45 度的角度彎曲，就是髂脛束，大腿外側從臀部到脛骨的韌帶發生不斷磨擦或發炎會產生疼痛現象，最顯著的症狀是膝蓋外側腫脹和疼痛。李科宏（2012）指出是膝蓋彎曲時內側軟組織群的強度與穩定度必須擔任抗衡外側拉力之關鍵，一旦肌力減退將造成髕骨外翻。對長距離跑步者來說肌力退化會造成肌肉的疲勞，訓練量增加，在加上疲勞無法恢復的情況之下，從最初的肌肉拉傷、扭傷、踝關節傷害到髂脛束摩擦症候群，足底筋膜炎、阿基里斯腱炎、至最嚴重的疲勞性骨折 （何承諫，2014），多數的運動員訓練時都會覺得一點點不舒服沒什麼，撐過去就好，又或者一定要照表操課，必須完成今天的運動課表，因此就算是拖著疲累的身軀也要完成，在肌肉疲累不穩定的狀態下訓練，訓練的品質是屬於比較差的，疲累不穩定的肌肉會讓其他部位代償，甚至會造成更加嚴重的傷害，運動傷害的因素往往是連鎖反應，環環相扣的。Vleck 等學者（2010）更指出鐵人三項膝關節傷害有 44%是來自長跑訓練，33 %是來自於自行車訓練，而自行車訓練的膝關節傷害症狀多以前側、外側部位的疼痛及髕股骨疼痛居多。Sasaki, Horio, Wakasa, Uemura, and Osawa（2008）的研究發現，股四頭肌的疲勞會增加下背的負荷，動作能力控制降低，更加深運動傷害的發生，除了運動傷害之外每次高強度的訓練以及比賽後，多數的選手都會有延遲性肌肉痠痛現象，大多發生在訓練後以及賽後 24~72 小時達到疼痛感的最高峰（周裕凱，2015），陳竑廷（2011）一文指出已有多數理論及學說可證實造成延遲性肌肉痠痛的主要原因則是離心運動所引起的肌肉傷害，而鐵人三項的自由車與跑步項目的肌肉動作多數都是離心運動，長時間或激烈運動都會使肌纖維或結締組織輕微撕裂傷，而撕裂傷所引發的一連串發炎就會成為延遲性肌肉痠痛。

綜合以上論述鐵人三項屬於高強度全身運動，於訓練或比賽時容易造成運動傷害與累積運動傷害的誘發，而僵硬沒有彈性的肌肉更容易使肌纖維斷裂，導致肌肉受傷以致於無法保護軟組織，然而長時間的離心運動會造成延遲性肌肉痠痛。因此適當的放鬆肌肉與在高強度訓練後的肌肉放鬆就顯得特別重要，訓練後的肌肉放鬆可以使肌肉有其彈性以負荷下一次訓練時的強度，然而一般的肌肉放鬆大多都是拉筋、熱敷、按摩、使用筋膜滾筒，但是高強度的運動會使肌肉發炎，發炎疼痛的肌肉不適合再用外力刺激肌肉使肌肉更加疼痛，而歐書誠、陳冠廷、許聖宗、劉錦謀、劉于詮（2018）一文指出劇烈的運動後使用按摩滾筒放鬆是無法改善運動表現，因此按摩滾筒放鬆的方式不適用有延遲性肌肉痠痛的恢復，而水適能是透過水的拍打與水的特性來放鬆肌肉，因此選擇水適能來放鬆肌肉比較適合。

第二節 肌電儀相關研究

肌電儀 EMG（electromyography）是一種運動科學儀器，本研究是利用表面電

極貼片收取肌電訊號，貼片可貼在要收取肌肉訊號的肌腹上，他可以透過儀器利用肌電訊號收取肌肉活化現象與肌肉疲憊狀態，這樣的儀器被廣泛運用在運動科學上，主要是透過儀器可以更科學化的來檢測當肌肉疲勞時肌肉的活化狀態是增加還是減少。王信寰（2018）指出當肌肉疲勞時肌肉活化會減少、肌電延遲會增加，當肌肉疲勞時會影響中樞神經，肌肉神經傳導速度會變慢。

中位頻（Median Frequency, MF）最常用來測量肌肉疲憊指標的參考指數，用於分析肌肉疲勞上，頻譜-振幅合併分析（JASA, joint analysis of EMG spectrum and amplitude）。

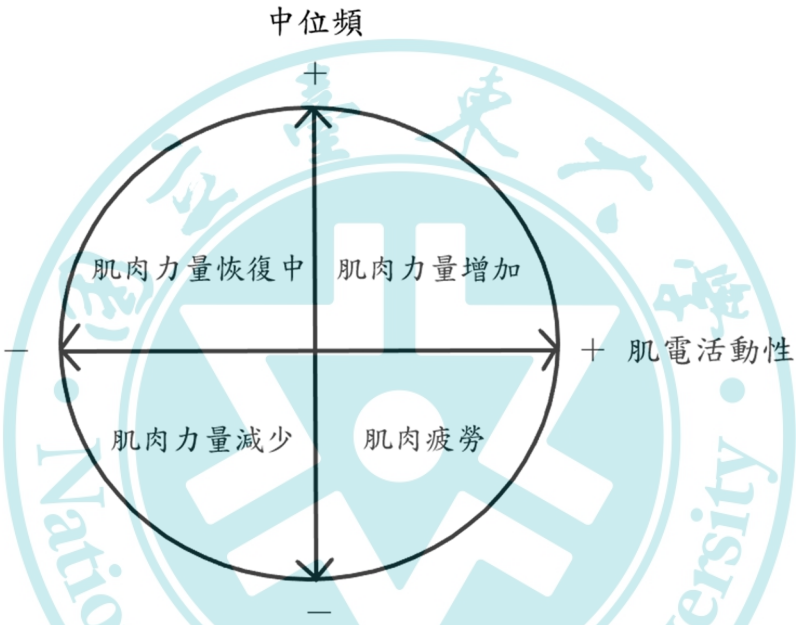


圖 2-1 修正劉俊慶（2017）JASA 圖

頻譜的方式主要重點在於將受施測肌群的肌電訊號及波動振幅的不同一併納入考量，所考量的最主要數據包括肌電圖肌電的訊號（Electrical activity, EA）及中位頻（median frequency, MF）。頻譜圖是以 EA 為橫軸，以 MF 為縱軸，在橫軸與縱軸的平面交會構成四個象限，第一的象限是肌電活性及中位頻同時處於正向，表示肌肉的力量為增加的;第二的象限是肌電活性是負向，且中位頻為正向，表示肌肉力量正在恢復中;第三象限則是肌電活性及中位頻同時是負向，代表肌肉的力量是下降的;第四的象限為肌電活性是正向，且中位頻是負向，表示肌肉正處疲勞狀態中。

張景翔（2020）利用肌電訊號測量穿戴壓縮機能小腿套可以降低肌肉疲勞的狀態。陳家昇等人（2012）利用肌電訊號測量肌內效貼紮可以有效減輕其疲勞。杜育霖(2011)利用肌電訊號量測模組施策 15 位受測者的上肢肌群的肌電訊號，在

工業環境下上肢作業的方向設 90 度角、距離是手臂的長度並且高於作業面 15 公分的作業方法，疲憊人數是最多數的。劉俊慶（2017）探討振動頻率坐姿、與平衡的影響也是利用肌電訊號來判斷肌肉負荷程度與肌肉的疲勞，也透過頻譜振幅合併分析法判別肌肉處於疲勞狀態。鄭承昌（2020）自製肌電儀探究肌肉疲勞時肌電功率頻譜的特性之個案研究，休息時股直肌靜態肌電強度顯著高於疲勞時的肌電強度，以及休息時股直肌靜態肌電功率頻譜會有單一峰值出現，當主要的快速肌疲累時，會發生降檔現象，慢速肌會被喚起，因此疲勞時會出現數個低頻峰值，這也是最容易產生運動傷害的時刻，因此肌肉疲勞時進行靜態的測量會有肌電強度的衰減現象與頻譜的降頻現象。而黃勝裕（2000）一文指出神經性疲勞主要是因為神經衝動無法經由周圍神經運動終板傳至肌纖維，因此理論上肌電活性應該會下降，而衰竭性運動中的疲勞，因為用盡了運動單元，所以才會導致肌電訊號的振幅會因為疲勞而下降。吳慧君（1993）一文指出 EMG 頻率與運動性肌肉的疲勞，當肌肉疲勞時肌纖維動作電位傳導慢，因此EMG的頻譜向低頻方向轉移，同時平均功率頻率持續減小。

綜觀以上文獻確實可以利用肌電儀來取得肌肉活化與疲勞現象，而當肌肉處於疲憊的狀態之下，因為神經傳導速度變慢，因此肌電頻譜訊號是下降的，當肌肉慢慢恢復活力的時候，肌電頻譜訊號會有升檔現象，雖然此數據客觀，但為求實驗嚴謹本研究會加入疼痛量表來輔助資料分析。

表 2-1 肌電儀之相關研究摘要表

研究者（年份）	研究對象	研究主題	研究結果
杜育霖(2011)	15 位受測者	不同作業方向及作業面的高度對於上肢重複性作業之疲勞影響	利用肌電訊號量測模組收集 15 位受測者上肢肌群肌電訊號，在工業環境下上肢作業方向設為 90 度角、距離為手臂的長度且高於作業面15公分的作業方法，疲憊人數為最多人。
陳家昇、林俊達、林宗慶、陳家祥、涂瑞洪（2012）	以6位之男性運動員為實驗參與者	肌內效貼紮對肌肉疲勞之影響	利用肌電訊號測量肌內效貼紮可有效減緩疲勞
劉俊慶(2017)	20 名健康男性參與測試	坐姿全身振動暴露頻率與姿勢對腰背肌群之影	利用肌電訊號來判斷坐姿振動高頻(40Hz)振動對直立坐姿、扭轉坐姿有顯著影響，並在腰部肌肉（腹直肌、腹外斜肌）

表 2-1（續）

研究者（年份）	研究對象	研究主題	研究結果
		響探討	活化的程度較高。也透過頻譜振幅合併分析法判別其肌肉處於疲勞狀態
鄭承昌(2020)	單一受試者 38 歲女性	創客精神融入體育之示例-自製 IoT 肌電儀探究肌肉疲勞時肌電功率頻譜的特性之個案研究	休息時股直肌靜態肌電強度顯著高於疲勞時的肌電強度，休息時股直肌靜態肌電功率頻譜會有一個峰值，而疲勞時會出現三個峰值，並且肌電功率頻譜會發生降檔現象

第三節 水適能相關研究

對於肌肉的疲勞大部分的人會尋求解決方式或輕減其疲憊，因此深層按摩、拉筋、滾筒放鬆成為熱門的選項之一，鐵人三項激烈運動後的肌肉屬於發炎狀態，不適合再給肌肉造成負擔，因此水適能可透水的特性來處理這樣的狀態。

水適能(water fitness)運動是有別於一般的游泳運動，頭部是不需要沒入水中，水適能運動頭部主要是保持在水面上，而身體姿勢自然垂直於水中的運動，而水適能的運動水位高度可分為淺水位以及深水位;淺水位的深度在肚臍和胸骨之間，深水位的深度則在頸部以上。運用水的特性，包括水的浮力、水的阻力、水深的壓力、溫度、作用力、反作用力，用沒有流線型的身體動作製造較大的阻力，以製造更多的運動強度來達到訓練的效果，使身體產生較多的運動強度。

謝霖芬（2001）指出水的特性有以下四點：

1. 浮力：在水中因為浮力的關係，人體不須要完全承擔自己身體的重量，藉由浮力可以減少對膝關節的壓迫，然而在陸地上不太容易做到的動作，在水中是可以輕易地做出來。例如：水中跳躍，因為浮力的關係，可以藉由水的浮力來保護並減少關節與肌肉的壓力，也可利用浮力產生助力協助運動。
2. 阻力：人體在水中運動時，身體的姿勢與水產生摩擦而產生較多的阻力，而水裡阻力是三度空間的，水裡的阻力大約是陸上的 12-15 倍，可以利用阻力進而訓練下肢肌力，三度空間的阻力可讓主動肌群和頡抗肌群均衡發展。

3. 水壓：是液體分子對沉浸的物體其整個表面積的推力，水愈深，抵抗身體的淨水壓也會增加，有助於靜脈血液循環，減少下肢水腫，促進新陳代謝，水對於肌肉的拍打擠壓有按摩效果，可使肌肉降低疲勞。

4. 溫度：一般來說在水裡運動時，水溫的溫度會低於體溫，身體的本能機制為了維持身體的恆溫會促使脂肪大量的被燃燒，體內的熱量產生加速，意思就說只要待在水裡，就會加速熱量的消耗。

由於水的浮力物理特性，可減輕人體關節負荷，進行淺水位可使關節負荷可以減少 50-72 %之間（Harrison, Hillman, & Bulstrode, 1992），深水位則可使關節負荷減少達到 90 %（Cole, Eagleston, Moschetti & Sinnett, 1994）。除此之外，水中阻力方向為三度空間，因此可使肌力訓練效果更有效率；而其淨水壓的特性，對肌肉具有按摩之效果，更有助於周邊血液回流至心臟，減少下肢水腫現象，水壓可以將乳酸從細胞中更有效率地運送至肝臟，減少運動後肌肉造成的痠痛。

目前台灣水適能的現況,於2003年起專門推動水中運動的民間社團,而於2004年正式的成立台灣水適能協會，英文：「Taiwan Aqua Fitness Association」簡稱：TAFA，主要提倡全民健康的生活，並且透過國內國外的學術研討會，建立水中運動專業證照的課程並提共可學習進修的管道，以及努力的培訓水中體適能運動指導師資，目前人數已達千人。台灣水適能協會積極培訓水適能教練並推動水適能在健康上的效益，讓不喜歡流汗又想運動或者膝關節無法承受身體重量但卻想運動的人一個方針，一般來說在陸地上運動是要對抗地心引力，藉由離心力收縮、向心收縮、等長收縮來達到肌肉訓練的效果，大部分造成肌肉延遲性痠痛都是離心收縮，離心收縮會造成運動後隔天肌肉的痠痛，使其運動表現下降；而在水中運動是要對抗浮力，因此需要更多向下的力量，而水中運動大部分的肌力訓練是利用向心收縮，剛好與在陸地上的運動完全相反，然而在水中運動造成的乳酸堆積會因為水壓的關係而減少，水中運動的向心收縮比較不容易造成肌肉延遲性的痠痛。水適能有分心肺訓練與肌力訓練動作，借物操作分上肢與下肢，上肢以蛙掌手套為主，借物操作的動作會因物體面積大，所以水的阻力更大，因此更可增進肌力訓練，水越深地心引力越小，當水位置在乳腺時重量減少 85%，雙手雙腿比較能夠以不負重的狀態做出較快、較大的動作既能有效地訓練心肺與肌耐力，也不會造成腿部關節的運動傷害。

然而目前有更多數的人則是利用水適能來當作老年人的復健，大多數的老年人因為肌力不足而導致膝關節的問題，或者下背疼痛，因此會利用水適能來訓練老年人的肌力與心肺功能，錢桂玉、甘乃文、林雅麗（2012）研究證實水適能課程的訓練可以改善代謝症候群的問題、並且增進心肺功能與肌力、能提升控制情緒及改善生活品質等效益。Neiva, Fa'il, Izquierdo,與Marinho（2018）一文研究結果指出老年人為期12週每週2次的水中有氧運動可以降低體指率百分比，意思就是增加肌肉量。水中運動對骨關節炎有很多益處，在水中因有浮力可以減少身體承重，緩解疼痛與降低關節僵硬症狀；且可以也提供良好的有氧運動，提高血液循環功

能，提升身體功能，生活品質和肌肉力量等。鄭俊雄、王宏宗（2013）在水中肌力訓練及協助肌肉放鬆對高爾夫擊球穩定度表現之探討研究結果利用水中運動的輔助讓肌肉得到放鬆，以增加肌肉的彈性及延展空間讓揮桿的動作更順暢，以提升擊球的穩定性，並減少運動傷害的產生。陳佳瑜（2018）水中體適能課程的介入導致肌肉放鬆因此對於視覺障礙的學生柔軟度有其立即成效。林秀茜（2011）樂在水中教學模式對患有自閉症學生有效提高柔軟度與身體組成。

綜觀以上論述，透過水適能運動因為淨水壓的特性可以適度放鬆肌肉，讓靜脈血液循環減少肌肉的疲累與腫脹，以及降低膝關節的傷害，並增加柔軟度、肌肉量以預防軟組織的損傷，適合於鐵人三項高強度訓練後適度放鬆肌肉的方法。

表 2-2 水適能之相關研究摘要表

研究者（年份）	研究對象	研究主題	研究結果
林秀茜（2011）	2 位受測者	樂在水中教學模式對自閉症學生體適能及社會互動影響之研究	發現水中運動有效提高柔軟度與身體組成。
錢桂玉、甘乃文、林雅麗（2012）		水中運動對老年人健康效益	研究證實水適能課程訓練可改善代謝症候群問題、並增進心肺效能與體適能、提升控制情緒及改善生活品質等效益。
鄭俊雄、王宏宗（2013）		在水中肌力訓練及協助肌肉放鬆對高爾夫擊球穩定度表現之探討	研究結果利用水中運動的輔助讓肌肉得到放鬆，以增加肌肉的彈性及延展空間讓揮桿的動作更順暢，以提升擊球的穩定性，並減少運動傷害的產生。
Kutzner,Richter, Gordt,Dymke, Damm, & Duda (2017)	12 位老人，6 位膝關節、6 位髖關節	Does aquatic exercise reduce hip and knee joint loading? *In vivo* load measurements with	這項研究證實了負重和動態鍛煉過程中水的減負作用。但是，高阻力會導致關節接觸力增加，並顯示更大的肌肉活動。通過選擇活動，運動速度和阻力裝置，可以在康復或預防性治療過程中分

表 2-2(續)

研究者（年份）	研究對象	研究主題	研究結果
		instrumented implants	別調節關節力。
陳佳瑜（2018）	3 位高職部視覺障礙學生	建構視覺障礙學生水中體適能課程並檢視其成效	水中體適能活動的介入導致肌肉放鬆因此對視覺障礙學生的柔軟度有立即成效。
Neiva,Fa'il, Izquierdo,Marinho（2018）	實驗組 13 位女性、2 位男性。對照組 6 位女性、2 位男性	The effect of 12 weeks of water-aerobics on health status and physical fitness: An ecological approach	研究結果降低體脂百分比，降低了收縮壓，改變身體組成，水中有氧運動適合高血壓的老年人參與。

National Taitung University

第三章　研究方法與步驟

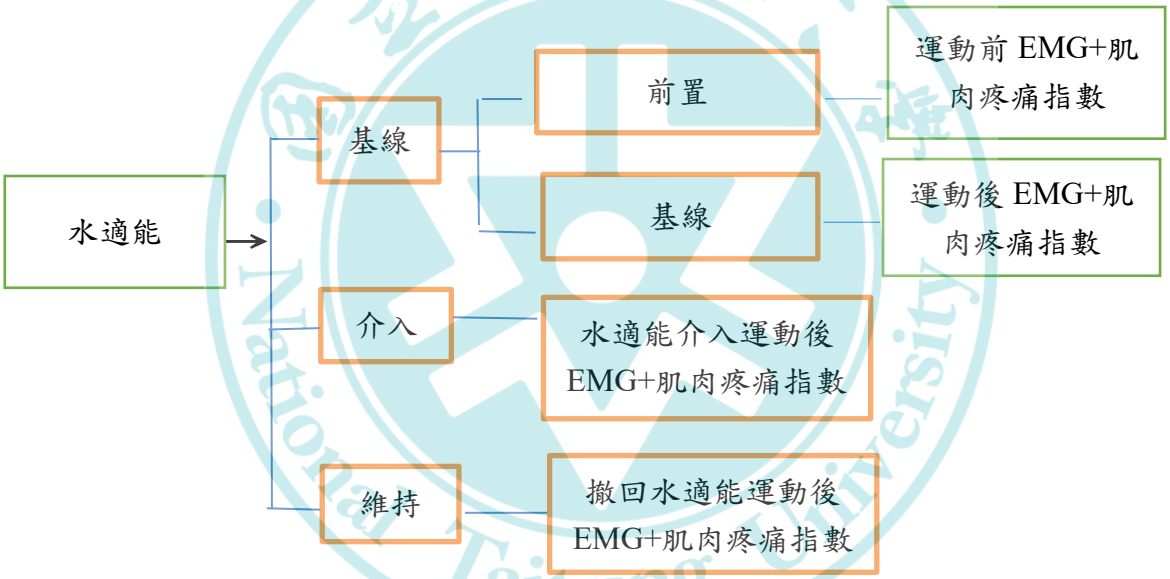
本研究主要目的在探討水適能運動對鐵人三項運動選手賽後肌肉疲累的影響。本章分為五部分，第一節為研究架構；第二節為研究對象；第三節為研究實施程序；第四節為研究工具；第五節為資料處理與分析。以下分別說明之。

第一節　研究架構

一、研究架構

本研究旨在探討水適能運動對鐵人三項運動選手賽後肌肉疲累的影響，以 1 週 5 次探討水適能運動之介入來進行實驗的研究。研究架構設計如表 3-1，且說明如下：

表 3-1 研究架構表



（一）自變項

此研究的自變項為研究參與者接受 1 週共 5 次，每次一節課 50 分鐘的水適能運動。

（二）依變項

此研究是藉由水適能運動，欲研究之依變項施測大腿肌電訊號，其肌肉活化程度。

本研究探討水適能運動訓練對 226 公里鐵人三項運動員賽後肌肉疲累的狀態影響，總共分基線期、介入期與維持期三個階段的測量。研究參與者共有 2 位，由檢測者以實際測量到的訊號數據，並且按照目視分析法的順序繪製折線圖、各目標訊號趨勢圖，最後呈現研究參與者在介入時處理階段的改變情況。

二、實驗設計

女性參與 226 公里鐵人三項運動比率不高且完成比賽不多，採取多數樣本研究具有一定的難度及限制。所以對於女性參賽不多時不適用多樣本研究，因此採用個案研究來探討水適能運動訓練對於 226 公里鐵人三項運動員賽後肌肉疲累的狀態是否有一定明顯的影響。

主要實驗的設計總共分成三個時期，不同時期的處理方法分別以下說明：

（一）基線期：蒐集研究參與者在賽前測量 EMG+肌肉疼痛指數，於比賽後隔天再次測量 EMG+肌肉疼痛指數。

（二）介入期：比賽後隔天實施水適能介入階段，結束後，實施測量 EMG+肌肉疼痛指數的測量，共進行 5 次測量，主要目的在蒐集研究參與者測量的肌電訊號以及疼痛指數，以當作評估水適能介入成效的主客觀數據。

（三）維持期：介入期結束後 1 週，實施測量 EMG+肌肉疼痛指數的測量，2 週每週進行 1 次施測，共進行 2 次施測，測量結果作為研究參與者是否能維持水適能介入成效的主客觀依據。

第二節　研究對象

此節針對參與研究的參與者進行背景的描述，主要依研究參與者、教學者、研究者及檢測者一一分別敘述。

一、研究參與者

此研究對象為 2020 年普悠瑪鐵人三項參賽選手。

（一）如如（化名）的背景資料概述

主要工作為餐飲業，從前不運動的人，因為認識了一群愛運動的朋友，開始踏入鐵人三項的休閒運動，從此愛上與朋友一起參與鐵人三項比賽，本研究參與者有 3 年的鐵人三項比賽經驗，曾參與過 4 場 51.5 標準賽、3 場 113 公里半超鐵，目前無受傷，強項是自行車與路跑，平時訓練量大約是中高強度，每次參與比賽都是名列前茅的選手。

（二）芬芬（化名）的背景資料概述

主要工作為法律相關行業，出社會後因為朋友關係接觸鐵人三項運動，而成為與朋友一起參與的休閒運動，本研究參與者有 8 年的鐵人三項比賽經驗，曾參與過 2 場 25.75 半程賽，5 場 51.5 標準賽、5 場 113 公里的半超鐵，目前無受傷，強項是自行車項目，平時訓練量大約是中等強度，三項均有訓練到。

表 3-2 研究參與者的背景資料整理表

研究對象 項目	如如	芬芬
年齡	39	45
性別	女	女
身高	164	170
體重	46	59
運動強度	高	中
運動量	高	中
受傷情況	無	無

二、教學者

此研究中教學者也是研究者具有 TAFA-PT 水中體適能教練證、中華民國游泳協會 B 級游泳教練證照及中華民國水中運動協會水上安全教練證照。

三、研究者

（一）研究者的背景

研究者畢業於國立臺東大學體育學系，並持有國民小學教師證照，目前於文化資源與休閒產業學系師範學院休閒事業管理碩士班進修。

（二）研究者在研究中主要的角色

研究者在研究中主要的角色有三：第一為課程設計者，第二是訪談者，第三為檢測者，分別敘述如下：

1. 課程設計者

此研究參與者是 226 鐵人三項參賽選手，目的在研究瞭解探討水適能運動訓練對鐵人三項運動賽後肌肉活化的狀態之影響，因為鐵人三項賽後以下肢疲勞居多，因此在水適能設計課程時，主要是以下肢的活動為主，水適能的課程活動設計如附錄一。

2. 訪談者

訪談的主要目的在瞭解研究參與者實施水適能結束的主觀感受，作為本研究的輔助說明，此研究訪談項目是由研究者本人自己擔任。

3 檢測者

研究者本身直接參與 2020 年普悠瑪鐵人三項比賽，因此比賽當天賽後商請一位具有運動休閒學位的教師擔任檢測，其餘的每一次檢測都是由研究者來施測。

四、檢測者

本研究商請一位具有運動休閒學位的教師擔任賽後檢測。

第三節　研究實施程序

此節說明教學時間與實施地點，並且詳細介紹水適能活動課程的實施順序。

一、教學時程與地點

（一）研究地點

1. 在台東縣體育場

109 年 10 月 17 日下午 6 點實施參與者的測量，測量 EMG+肌肉疼痛指數。

2. 在台東活水湖

(1)109 年 10 月 17 日早上 6 點於台東活水湖參加比賽。

(2)109 年 10 月 17 日，完成比賽馬上到休息區進行 15 分鐘的測量 EMG+肌肉疼痛指數。

3. 在台東市那魯灣大飯店銀河別館的 SPA 游泳池，為主要的研究場地。場地介紹：大池水道為 10 公尺、深為 1.2 公尺、水的溫度大約 19~22 度，有樓梯方便人員進出入泳池；中池為水道 7.4 公尺，深度約 1 公尺、水溫大約 32 度，有救生人員在旁邊，池邊周圍都有鋪設止滑的設備，相對來說場地安全性較高。

（二）水適能課程時間

109 年 10 月 18-22 日下午 7 點-9 點於那魯灣游泳池實施水適能運動與測量 EMG+肌肉疼痛指數。

（三）水適能運動設計

本研究旨在探討水適能運動對鐵人三項運動選手常見的疼痛傷害之影響，以下分別就水適能運動設計進行說明。（課程活動設計詳案如附錄三）

1. 剪刀步：腳前後滑步、彈跳，左右開合，雙手兩側搖櫓，耳朵、肩膀、髖部、身體保持一直線。
2. 搖擺步：身體與腳左右搖擺，雙手左右撥水，不同手不同腳，邊做動作邊移動，手往右撥水就往右移動，以增加阻力。
3. 跳躍：腳往上跳躍，跳高一點跳低一點，膝蓋往外開跳躍，雙手往下壓水，跳躍左右移動。
4. 搖櫓動作：運動過程身體保持一直線，持續前進跑步在水中最重要的基本穩定平衡方式：。
5. 踢腿：小腿往前踢、往後勾腿。
6. 臀大肌：在陸地上運動是對抗地心引力，在水裡則是要對抗浮力，因此腳要往前伸直用力下壓反覆多次以訓練到臀大肌。

第四節　研究工具

此研究的研究工具主要為取得研究參與者的同意書如附錄一，確定研究對象可以參與研究的進行，根據研究目的及設計，本研究主要使用的工具，分為二個部分，第一個部份以鄭承昌教授（2020）設計之「肌電記錄儀」來測量並記錄研究參與者的肌電訊號；第二個部分是以楊淑雅、馬素華、許光宏、吳基銓（2001）發展之「膝部骨性關節炎醫療照護成效量表之疼痛次量表」觀察表來記錄研究參與者的賽後疼痛指數，茲分述如下：

疲憊中的肌肉透過水適能的介入藉由 EMG 測量肌肉的活化程度之影響與水適能是否能減輕肌肉痠痛。

第五節　資料處理與分析

本研究為深入瞭解水適能運動對鐵人三項運動選手賽後肌肉疲累之影響，根據本研究目的，將每次蒐集之評量結果，包括「疼痛指數」、「肌電訊號」，採用視覺分析（杜正治，2006），再以訪談資料為輔助。

研究者將基線期、介入期和維持期所測量到的資料繪製成折線圖後，進行視覺分析。

一、研究參與者的賽後疼痛指數分析

本研究的賽後疼痛，以「膝部骨性關節炎醫療照護成效量表之疼痛次量表」的數據為依據，如連續站多久會痠痛、依您自己走路速度，在平地連續走路多久會痠痛、上下 2~3 階台階或樓梯疼痛、晚上睡覺時疼痛、坐下時疼痛、從椅子上站起來疼痛。探討水適能運動對鐵人三項運動選手常見的疼痛傷害，分基準線、介入期及維持期等三個階段的測量。研究參與者有 2 位，以研究參與者實際測量得到的數據變化，並利用折線圖的方法來加以比較解析。

二、研究參與者的肌電訊號分析

探討水適能運動對 226 公里鐵人三項運動員賽後肌肉疲累的狀態，分基準線、介入期與維持期等三個測量階段。研究參與者有 2 位，由研究者以實際測量到的肌電訊號，以視覺分析的方法加以比較解析。

三、視覺分析

本研究所採集的主要肌電訊號依據不同階段的變化加以繪製成折線圖，對這些折線圖進行視覺解析的要點在於關注：(1)資料間的變異與一致性；(2)不同時間階段折線的趨勢其變異與一致性；(3)以及相鄰時間階段的變異情形（杜正治，2006）。

第四章　研究結果與討論

本章共分四節進行討論，第一節為參賽者的完賽成績與過程;第二節為研究對象賽前賽後肌電圖分析;第三節為水適能介入後肌電功率頻譜的分析;第四節為水適能疼痛指數的成效。

第一節　受試者的完賽成績與過程

本節說明受試者的賽前經驗，比賽的過程與結果及當日賽後的生理狀況。

一、如如：

（一）賽前經驗

2020 年臺東普悠瑪鐵人三項是如如第二次參加 226 公里鐵人三項比賽，繼上次花了太多時間在轉換區換裝與補給，以及路跑配速不夠穩定，有了之前第一次的參賽經驗後這次更知道如何去配速三項運動的時間，游騎跑裡游泳是如如感到最弱的項目，回想當初三年前如如還是一位細皮嫩肉的文弱書生，剛接觸鐵人三項只會拿著浮板在活水湖茫然練習踢水，不確定自己是否真的能夠獨立完成鐵人三項的她，經過不斷的努力練習，鐵人前輩們的指導，遇到挫折，停滯期，她都能夠堅持下去，一年四季，活水湖就像她的家幾乎天天報到，已花了一年的時間備賽，正當如如感覺一切都調整的很好時，在賽前一個半月時於訓練時發生車禍，身上多處擦傷，左手臂無法抬起來，而被救護車送去醫院的她還在擔心是否無法參賽了，因為受傷而完全休息了 2 週的她感到有些氣餒，比賽在即竟然無法訓練，但積極努力復健的她於賽前 2 週終於慢慢恢復運動了，此時的她只告訴自己盡力就好，可能是休息了好長一段時間，如如覺得不管是肌肉、還是精神狀態，都比之前好很多。

（二）比賽的過程與結果

這次 3800 公尺的游泳項目如如花了 1 小時 34 分，女子組第四位上岸進入轉換區，繼上次的經驗她花了太多時間在轉換區整裝，因此這次改變策略後轉換區總共只花了 9 分鐘，自行車部分是如如的強項，每週假日 100 公里以上不落地的騎乘距離變成為家常便飯，跟著一群男車友們的訓練下每趟騎乘平均時速都落在 30-35 公里，因此賽前評估自己的 180 公里自行車部分後，以 5 小時 29 分完成自行車項目，最後的 42 公里路跑賽，是如如感到最煎熬的時刻，目前排名第一的她只能撐著疲憊的身軀，告訴自己要穩穩地跑，而在旁邊加油的鐵友們不讓如如能夠有一絲絲想偷懶走路的機會，因此在如如經過補給站停下來喝水時，都會催促她趕快跑，身體的疲勞感、後有追兵、排名第一的壓力，如如必須不停的跟自己對話，告訴自己要撐下去，直到進入終點衝線的那一刻，

以 4 小時 02 分完成跑步項目，總時間 11 小時 14 分，拿下女子組總排名第一。

（三）當日賽後生理狀況

賽後如如的心跳一直無法恢復正常，因為比賽而長時間每分鐘的心跳一直維持在 150-160 下，所以就算已經完賽在休息了，每分鐘心跳依然在 100 下以上，再加上肌肉的緊繃酸痛感，不能吃肌肉鬆弛劑的她當晚實在無法安然入眠。隔天更加疲累的如如感到全身痠痛，很辛苦的跟著做水適能，在操作水適能的過程中一直感覺到很冷、腳超酸，而且身體不由自主的顫抖，她說感覺自己的免疫系統下降了，所以很怕冷。

二、芬芬：

（一）賽前經驗

2020 年臺東普悠瑪場是芬芬第一次 226 公里的鐵人三項比賽，芬芬大學是排球校隊因為當時的一部影片決定騎單車環島，2012 年第一次接觸短距離鐵人三項賽，但於 2013 年摔車後就不太騎單車了，2016 年舉家從北部搬遷來台東後又陸續參與短距離鐵人三項賽，芬芬除了游泳不太行之外，其他項目都有底子，也曾參加一日北高自行車賽，會想挑戰 226 公里長距離賽事則是鐵人社團裡有位豪哥，因為去年第一場 226 鐵人賽於自行車段被關門後忿忿不平，因此芬芬決定好召台東所有想參與 226 鐵人賽的夥伴們一起陪豪哥訓練以及完成 226 公里鐵人賽，因此才有了 2020226 的口號，然而芬芬拖到開賽前半年才開始認真訓練，大部分的訓練著重在游泳與騎車，而花最多時間的則是在游泳，甚至還聘請了一位游泳女教練，但芬芬發現成人後再訓練游泳，它的成效與訓練時間是不成正比的，感覺不管怎麼學都游不快，一開始的訓練讓她備感艱辛，因為壓力關係，賽前 3 個月開始吃很少，後來都吃不下，一度懷疑自己是否得了厭食症，而最後 16 週才開始有訓練跑步的計畫，芬芬表示賽前很沮喪是因為不確定是否能完賽，而每天都有這樣的一時情緒，但夥伴們也紛紛彼此互相鼓勵，開賽下水前芬芬情緒是很緊張的，她怕自己游泳太慢會被關門，那這樣就不能繼續下個項目了，但教練提醒可用之前訓練的速度穩穩前進就行。

（二）比賽的過程與結果

在游泳項目中，芬芬以 2 小時 18 分完成，自行車段因為有朋友全程陪騎與幫忙補給，因此輕鬆騎乘花了 7 小時 18 分完成此項目，來到最後一項的路跑，也有另一位專業陪跑員朋友幫忙配速與計算吃補給的時間，但讓她最苦惱的是朋友不準她喝汽水與吃止痛藥，而讓芬芬可以繼續撐下去的最大動力就是龐大的啦啦隊加油團，芬芬說路跑段很煎熬，長時間的運動導致雙腿肌肉很疲憊，一路上都是拖著疲憊的身軀穩定配速的跑跑走走，直到要進終點時心情才開始感到愉悅，最後所有啦啦隊加油

團都陪著她進入終點，總時間 16 小時 21 分完賽，此時此刻她是很開心、難忘的，並說自己盡力全程開啟省電模式，目標就是可以完賽就好。

（三）當日賽後的生理狀況

賽後芬芬表示雖然全程開啟省電模式，但是身體還是超級疲憊，兩條腿不像是自己的，身體的每一處都感到疼痛與痠痛，但是身體的疼痛並沒有完全影響睡眠，當晚的她睡眠品質還算不錯，心跳率在回到家休息的時候就已慢慢恢復正常了。

第二節　研究對象賽前賽後肌電圖分析

本節討論研究參與者賽前與賽後肌電的功率頻譜於不同狀態時肌電頻譜的特性。

一、如如休息狀態與疲勞狀態的肌電功率頻譜分析：

研究參與者賽前休息 3 日未接受任何訓練後，接受肌電儀施測，在靜態且平躺未施力時所測量到的股直肌肌電頻譜，實驗情形如圖 4-1。

圖 4-1 如如賽前股直肌肌電施測

賽前肌電的功率頻譜圖 4-2 中可以發現頻率峰值在 24.55Hz 附近，因神經傳導速度較快，主要肌群快速肌正活躍著。由圖中可發現於頻率 24.55Hz 出現了功率峰值 21.34Hz 以及頻率 24.3Hz 出現了功率峰值 12.08Hz，而在其他的頻率區域中並未出現，此時受試者是完全平躺，股直肌未出力的狀態，仍可測得肌肉出現週期性的肌電訊號。

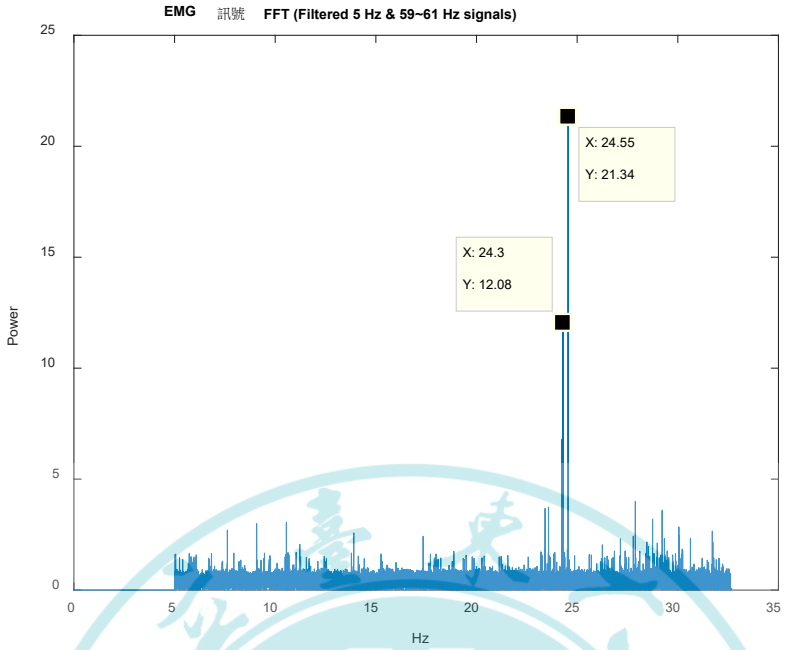


圖 4-2 如如賽前肌電的功率頻譜圖

研究參與者參加 226 公里鐵人三項進終點後，隨即到休息區接受肌電儀施測並取得肌電訊號資料，實驗時靜態平躺未施任何力的狀態之下以量測其股直肌肌電頻譜，測量情境如圖 4-3。

圖 4-3 如如賽後股直肌肌電施測

觀察賽後肌肉疲勞狀態的頻譜峰值，由圖 4-4 中可以發現頻率降檔現象，週期性的同步訊號從 24.55Hz 附近，整個肌電頻譜峰值大幅度下降至 6.793Hz 附近，除了頻譜有降檔現象之外，也可觀察到多數個低頻峰值竄起，尤其是 6.793Hz 附近的頻譜峰值本研究發現的頻率降檔現象與黃勝裕（2000）的論述相近，當肌肉疲勞的時候人體的神經傳導速率會下降，因而肌電頻率會向低頻擠壓。研究參與者在 226 公里鐵人三項過程，伴隨運動時間的增加，與高強度的運動狀態，快速肌不堪負荷下造成嚴重疲累，當快速肌長期使用而導致疲累時，周圍的慢速肌就會被喚起來協助快速肌群，此即為肌肉代償作用之典型。本研究結果驗證鄭承昌（2020）所指出慢速肌具有低頻特徵之發現，但是跟本研究相較之下，本研究低頻特徵更為明顯，研判有可能是受試者所進行活動強度之差異，因而疲勞程度不同，導致功率頻譜的數值發現亦有差異。

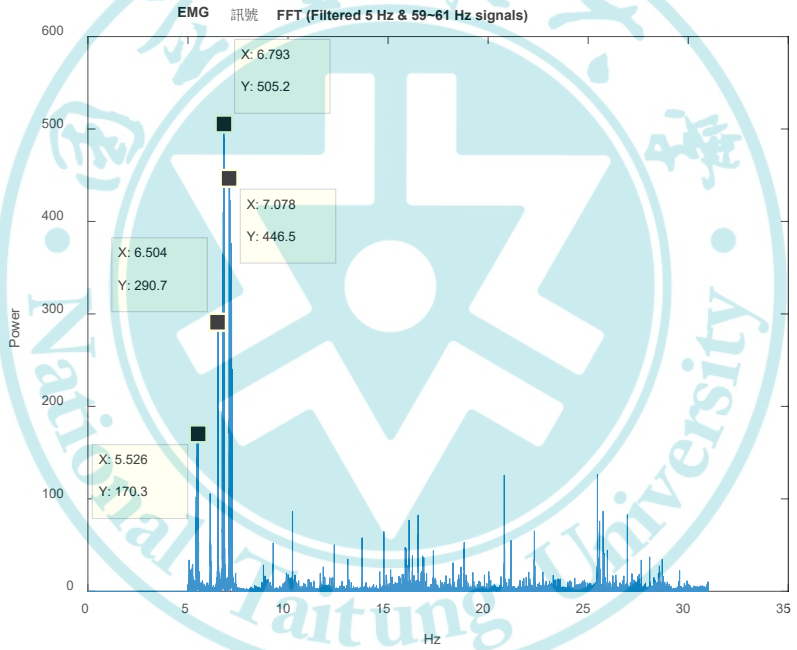


圖 4-4 如如賽後肌電的功率頻譜圖

綜觀以上的討論，研究參與者賽前肌電功率頻譜於 24.55Hz 附近，屬偏高頻現象，與鄭承昌（2020）的休息狀態肌電功率頻譜 28.689Hz 附近，偏高頻現象相似。當肌肉疲勞時會出現肌電降擋現象，肌電頻譜會出現低頻的特徵，而長距離、高強度的賽事會造成肌肉的嚴重疲勞，嚴重疲勞的肌肉透過靜態的測量會有肌電極低頻現象以及多數個低頻峰值竄起，此時代表肌肉處於極疲累狀態，而肌肉過度的疲累容易造成運動傷害的發生，因此藉由水適能其淨水壓的特性，對肌肉具有按摩之效果，更有助於周邊血液回流至心臟，減少下肢水

腫現象，水壓可以將乳酸從細胞中更有效率地運送至肝臟，減少運動後肌肉造成的痠痛。

二、芬芬休息狀態與疲勞狀態的肌電功率頻譜分析：

研究參與者賽前休息 3 日未接受任何訓練後，接受肌電儀施測，在靜態且平躺未施力時所測量到的股直肌肌電頻譜，實驗情形如圖 4-5。

圖 4-5 芬芬賽前股直肌肌電施測

賽前肌電的功率頻譜圖 4-6 中可發現有出現低頻現象 6.705Hz、中頻現象 14.19Hz 以及高頻現象 22.69Hz，賽前的高頻現象偏低，又有出現數個低頻峰值，因此研判研究參與者於賽前過度訓練，休息時間不足，導致賽前肌肉仍然是處於未完全恢復的狀態。

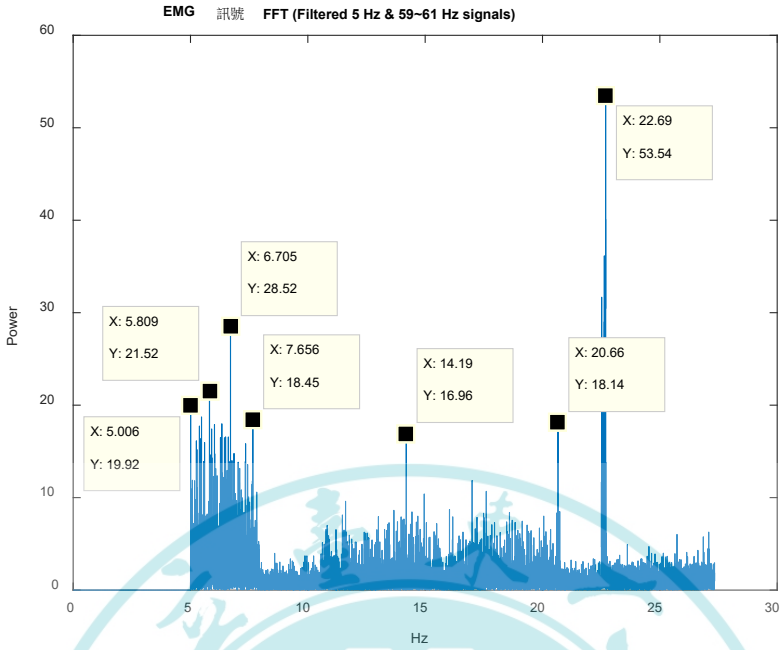


圖 4-6 芬芬賽前肌電的功率頻譜圖

研究參與者參加 226 公里鐵人三項進終點後，隨即到休息區接受肌電儀施測並取得肌電訊號資料，實驗時靜態平躺未施任何力的狀態之下以量測其股直肌肌電頻譜，測量情境如圖 4-7。

圖 4-7 芬芬賽後股直肌肌電施測

觀察賽後肌肉疲勞狀態的頻譜峰值，研究參與者在 226 公里鐵人三項過程，因為伴隨運動時間的增加而產生疲憊導致研究參與者賽事後段跑跑走走，讓肌肉休息了一段時間，而不是一直處於高強度運動狀態中，因此由圖 4-8 可觀察到具有低頻 5.289Hz、中頻 10.42Hz 及高頻 21.86Hz 同時的出現，與鄭承昌(2020)的研究相似，肌肉疲勞時同時會有低、中、高頻率出現的狀況，而研究參與者賽後與賽前的頻譜峰值圖 4-6 相較之下沒太大的差異，然而 2 位受試者所進行活動強度之差異，因而疲勞程度不同，導致功率頻譜的數值發現亦有所差異。

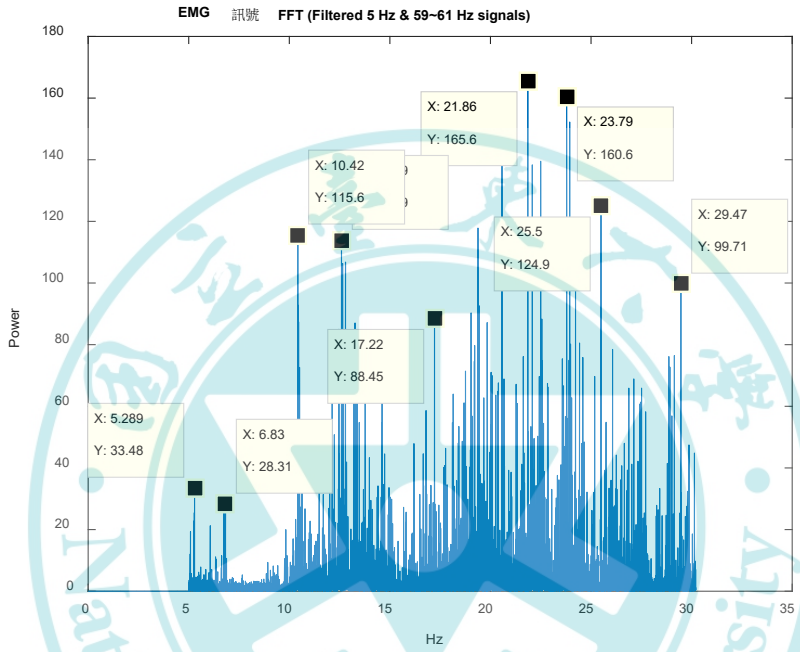


圖 4-8 芬芬賽後肌電的功率頻譜圖

第三節　水適能肌電圖分析

本節討論研究參與者賽後透過水適能課程的介入，第一天至第五天以及撤掉水適能第一週與第二週後的肌電功率頻譜於不同狀態時肌電頻譜的特性。

一、如如賽後水適能肌電功率頻譜分析：

受試者於賽後第一天做完 50 分鐘的水適能後，在靜止狀態下平躺並未施任何力量所測量到的股直肌肌電頻譜，施測情境如圖 4-9。

圖 4-9 如如賽後第一天水適能結束後股直肌肌電施測

由圖 4-10 觀察到頻譜峰值為 11.46Hz，跟昨天賽後的低頻峰值 6.793Hz 相較之下有升檔現象，且低頻峰值正往中頻峰值移動，頻譜有升高的趨勢，但其他的肌電活性不活躍，肌電活性降低，中位頻有升高趨勢這點與劉俊慶(2017)頻譜-振幅合併分析吻合，正處於第二象限肌肉恢復中的狀態。

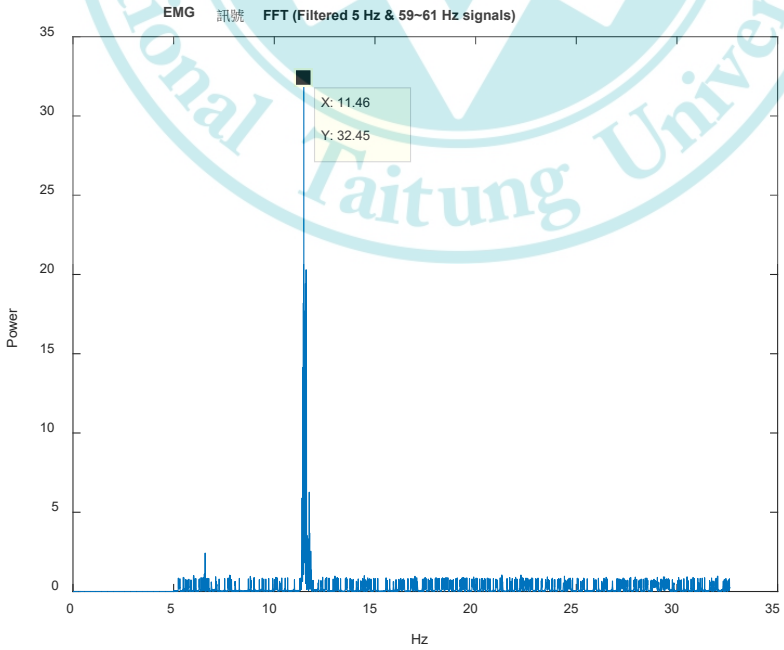


圖 4-10 如如賽後第一天肌電的功率頻譜圖

賽後第二天、第三天水適能課程持續介入，水適能經過水的拍打有放鬆快速肌的效用，由圖 4-11、4-12 可以觀察到頻譜峰值正處於混亂狀態，慢速肌與快速肌都被喚起來工作了，但頻譜峰值仍然處在低中頻。

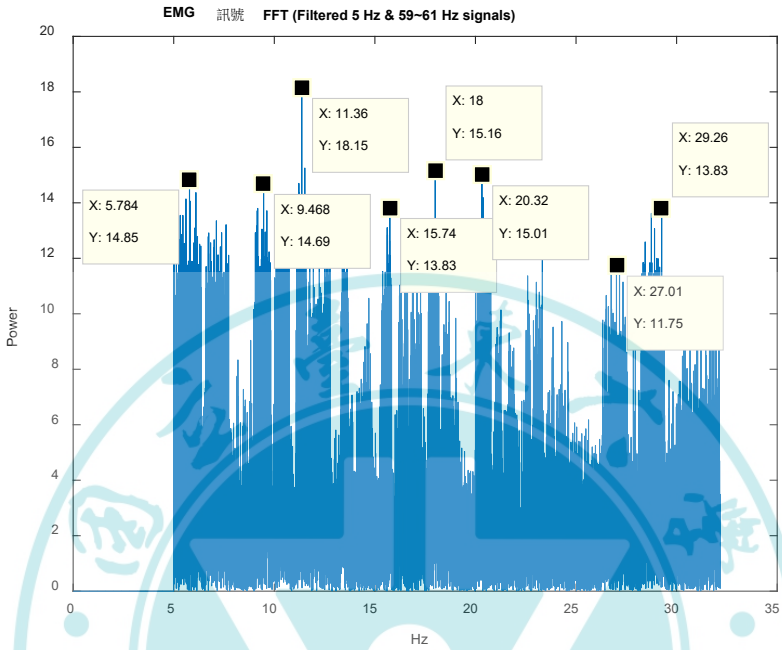


圖 4-11 如如賽後第二天肌電的功率頻譜圖

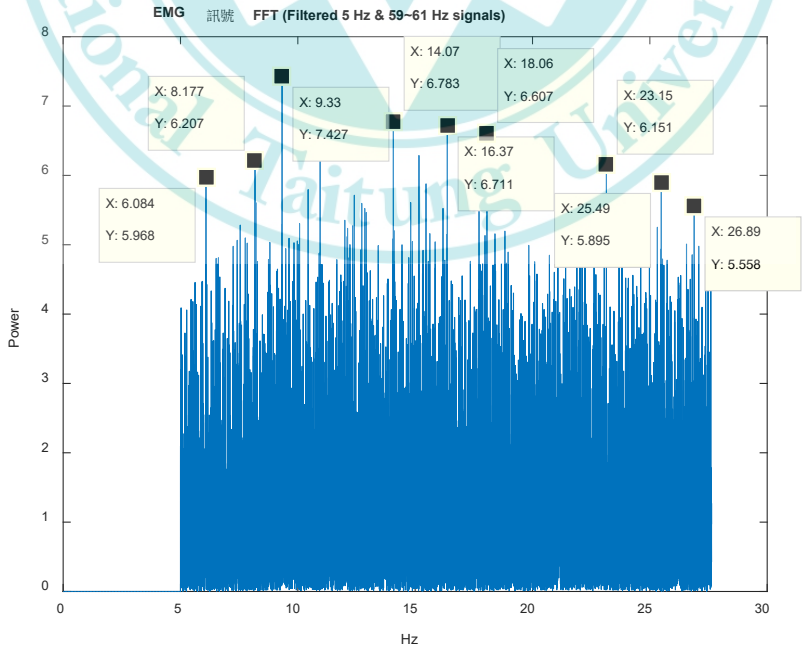


圖 4-12 如如賽後第三天肌電的功率頻譜圖

從圖 4-13 可看到賽後第四天頻譜峰值來到 15.61Hz 附近，從低頻的 6.793Hz 附近至 15.61Hz 附近，頻譜有升檔的趨勢，正處於中頻狀態，當肌電活性增加及中位頻上升屬肌肉力量增加狀態，這點與劉俊慶（2017）頻譜-振幅合併分析第一象限相符，賽後第五天頻譜峰值為 21.36Hz 附近，由此圖 4-14 研判僵硬疲勞的肌肉持續肌肉力量增加狀態中，也可觀察到肌肉正處活躍狀態，水適能可以放鬆肌肉使肌肉恢復彈性與活躍與陳佳瑜（2018）一文研究的結果水適能可放鬆肌肉之成效相呼應。

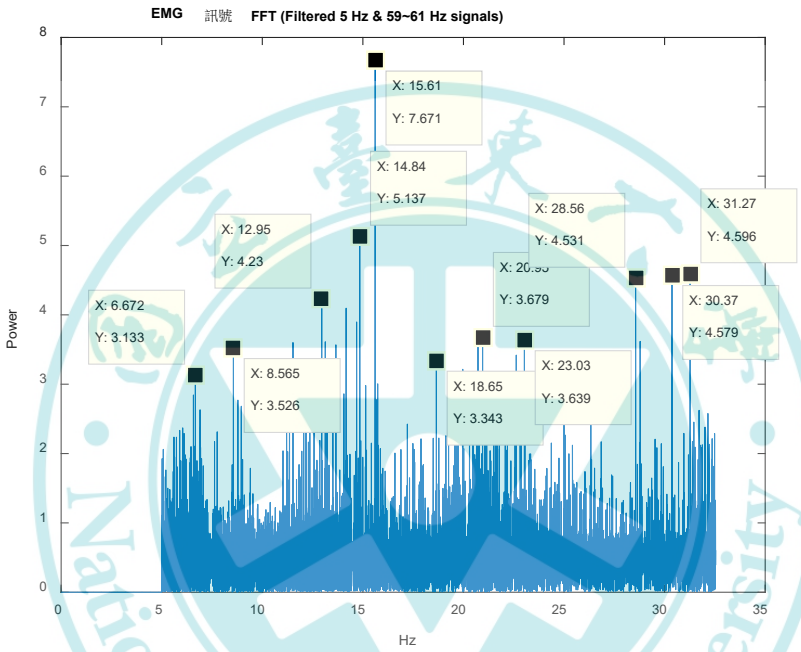


圖 4-13 如如賽後第四天肌電的功率頻譜圖

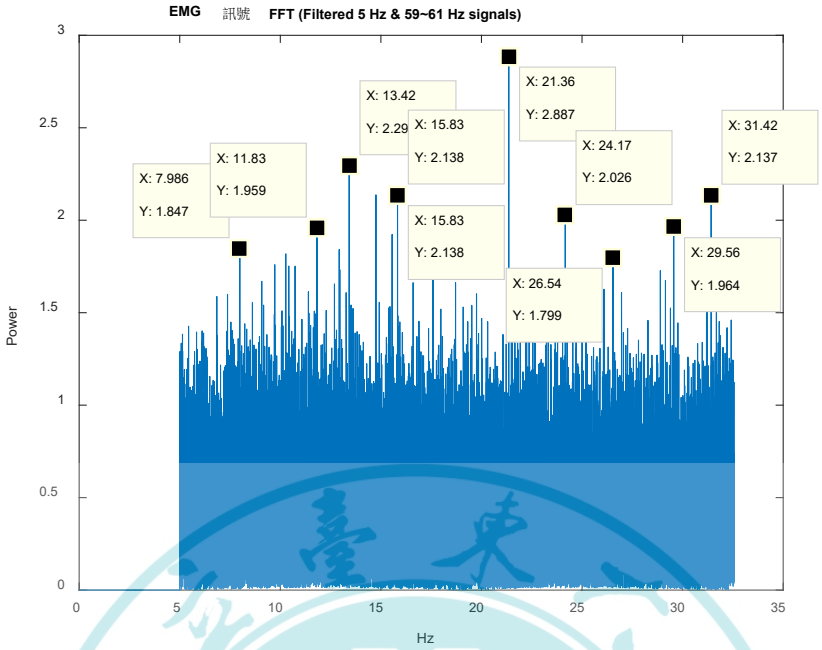


圖 4-14 如如賽後第五天肌電的功率頻譜圖

撤掉水適能一週後，受試者逐漸恢復運動，這段期間有做較緩和的運動，但還沒開始從事激烈運動，從圖 4-15 中可以觀察到頻譜峰值為 28.45Hz 附近，相較與賽前的頻譜峰值圖 4-2 幾乎一樣，代表肌肉已恢復正常。圖 4-16 則是撤掉水適能第二週後受試者已恢復強度訓練，肌電的功率頻譜跟鄭承昌（2020）研究結果相似，鄭承昌的研究針對剛訓練完的選手進行肌電功率頻譜施測，發現剛訓練完的選手肌電功率頻譜有低、中、高的峰值同時出現，這點與本研究結果相似。

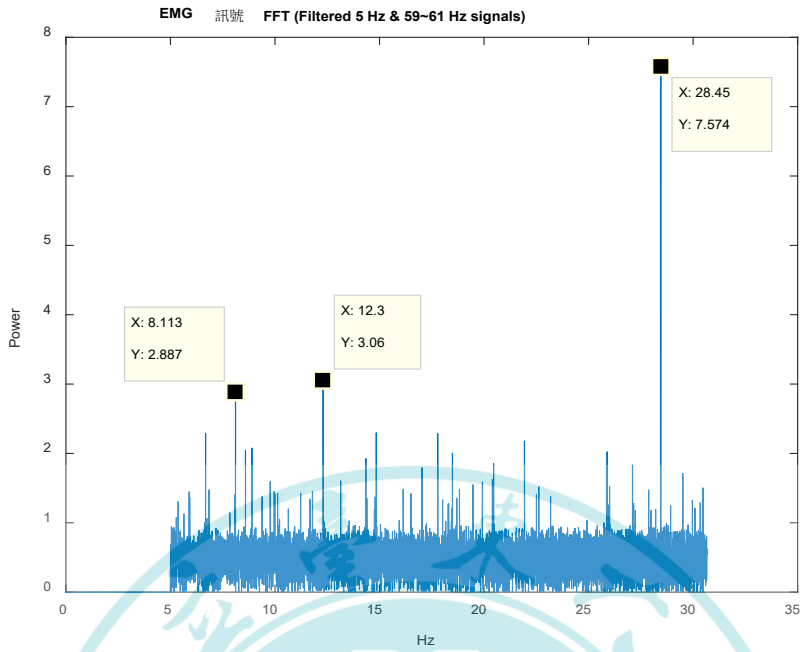


圖 4-15 如如撤掉水適能後第一週肌電的功率頻譜圖

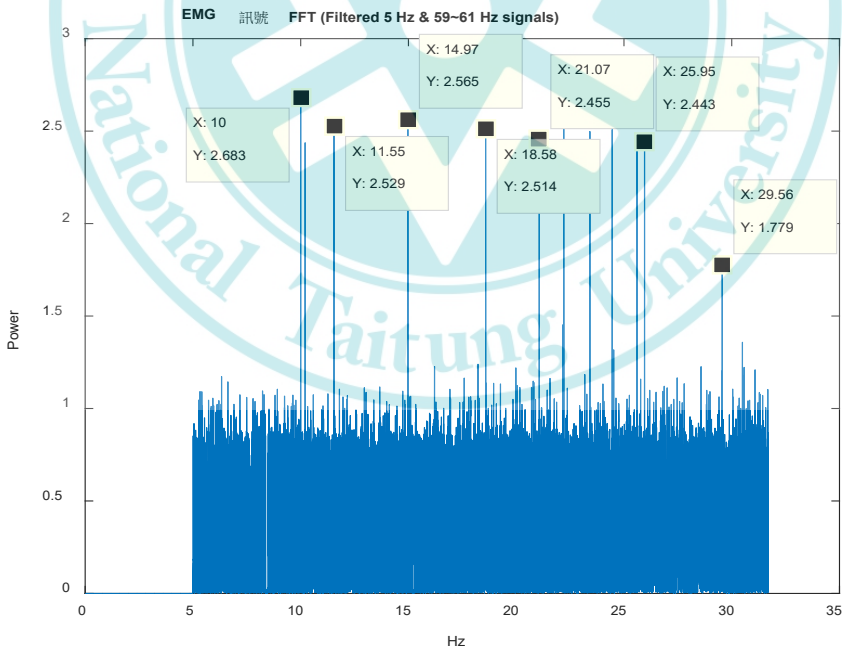


圖 4-16 如如撤掉水適能後第二週肌電的功率頻譜圖

綜觀以上的討論，肌肉的疲勞透過水適能的介入之後肌電頻譜現象有升檔趨勢，並且達到放鬆肌肉與活化肌肉的效果，而於高強度賽後一週肌電頻譜的狀態與賽前相似，代表肌肉已恢復狀態，因此可以慢慢恢復訓練，賽後二週恢復高強度訓練後肌電頻譜狀態會同時出現低、中、高峰值。

二、芬芬賽後水適能肌電功率頻譜分析：

受試者於賽後第一天做完 50 分鐘的水適能後，在靜止狀態下平躺並未施任何力量所測量到的股直肌肌電頻譜，施測情境如圖 4-17。

圖 4-17 芬芬賽後第一天水適能結束後股直肌肌電施測

賽後第一天、水適能課程介入，圖 4-18 可以觀察到頻譜峰值正處於混亂狀態，慢速肌與快速肌都被喚起來工作了，頻譜峰值有低中高頻同時出現。

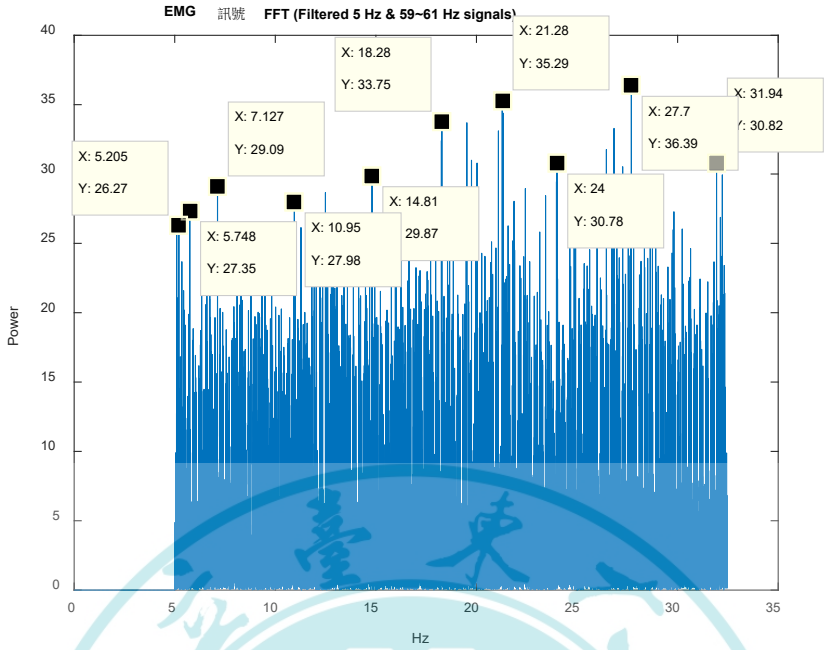


圖 4-18 芬芬賽後第一天肌電的功率頻譜圖

圖 4-19 相較於圖 4-18 雖然仍有低中高頻同時出現，肌電頻譜峰值從 21.28Hz 上升至 27.12Hz，頻譜有升檔趨勢，代表肌肉有恢復活躍的趨勢，但其他肌電活性不活躍大幅下降。

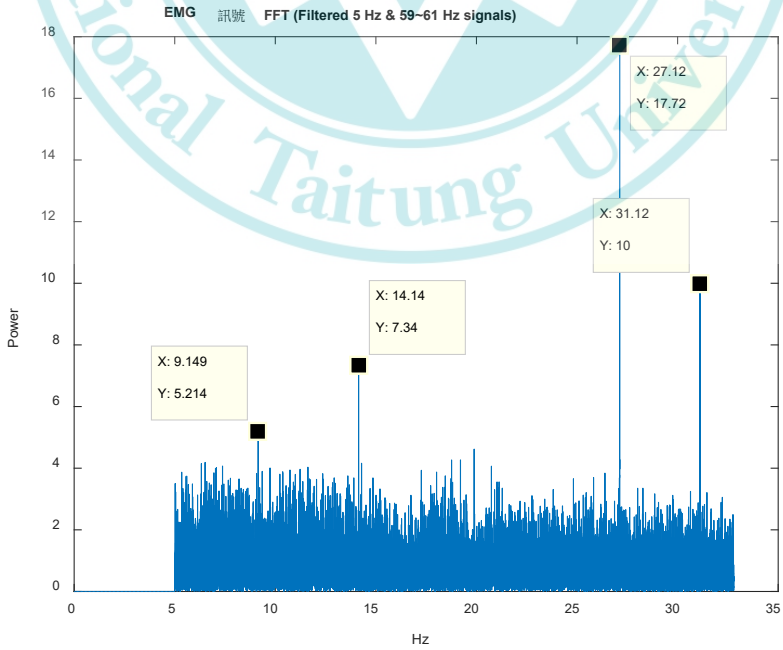


圖 4-19 芬芬賽後第二天肌電的功率頻譜圖

由圖 4-20 觀察到頻譜峰值為 17.61Hz，跟圖 4-19 頻譜峰值 27.12Hz 相較之下有大幅降檔現象，且高頻峰值正往中頻峰值移動，而其他的肌電功率不活躍，大幅降低，賽後第三天頻譜峰值才下降，研判是典型的延遲性肌肉酸痛現象。

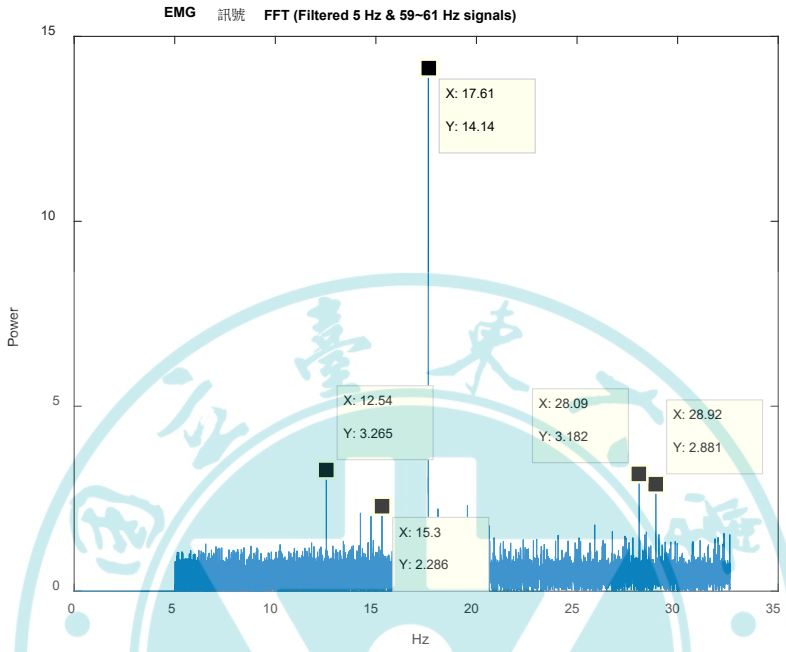


圖 4-20 芬芬賽後第三天肌電的功率頻譜圖

賽後第四天的水適能結束後由圖 4-21 觀察到頻譜峰值上升到 20.74Hz，而其他的肌電功率慢慢上升中，但仍然較偏向中低頻峰值，代表肌肉還是處於疲勞狀態。

由圖 4-20 觀察到頻譜峰值為 17.61Hz，跟圖 4-19 頻譜峰值 27.12Hz 相較之下有大幅降檔現象，且高頻峰值正往中頻峰值移動，而其他的肌電功率不活躍，大幅降低，賽後第三天頻譜峰值才下降，研判是典型的延遲性肌肉酸痛現象。

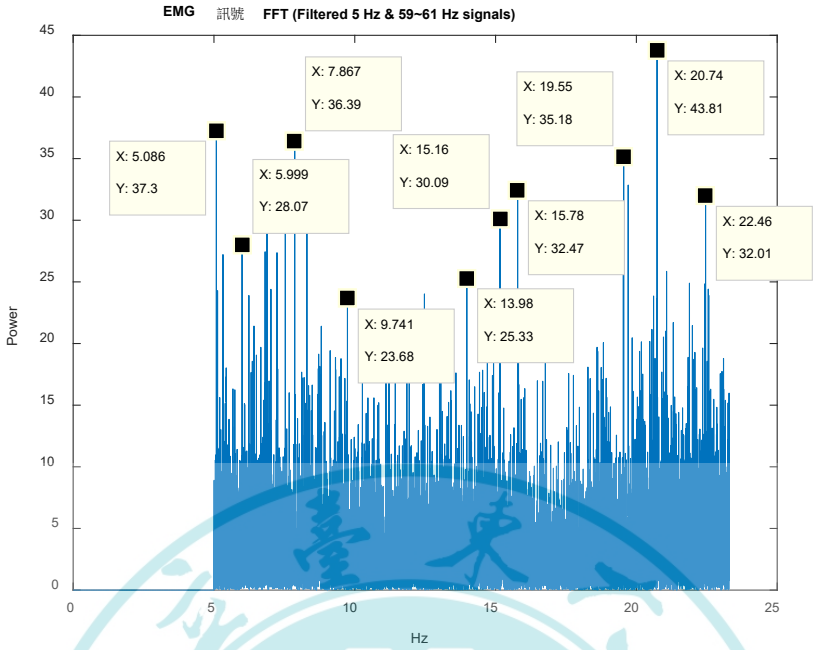


圖 4-21 芬芬賽後第四天肌電的功率頻譜圖

賽後第五天水適能結束後由圖 4-22 觀察到低頻峰值慢慢下降，高頻峰值上升到 23.37Hz，功率頻譜升高，代表肌肉疲勞慢慢恢復與肌肉力量增加中。

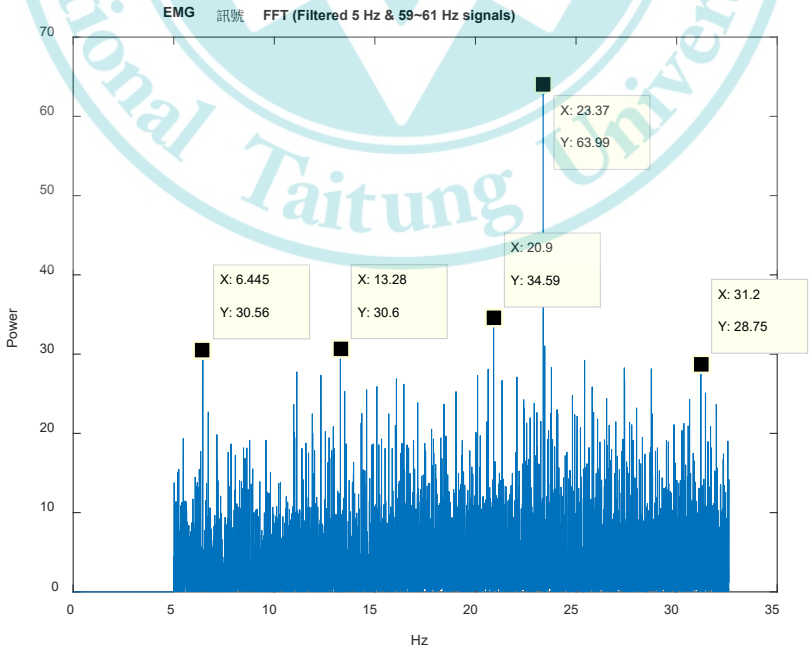


圖 4-22 芬芬賽後第五天肌電的功率頻譜圖

撤掉水適能一週後低頻峰值上升到 5.678Hz，中頻峰值也上升到 15.82Hz，此狀態還是偏向低頻訊號，代表此肌肉狀態仍然是疲勞的，研判對於有延遲肌肉酸痛的參與者，五天的水適能課程不足以完全放鬆肌肉。而與賽前圖 4-6 肌電功率頻譜相較之下已經慢慢恢復。

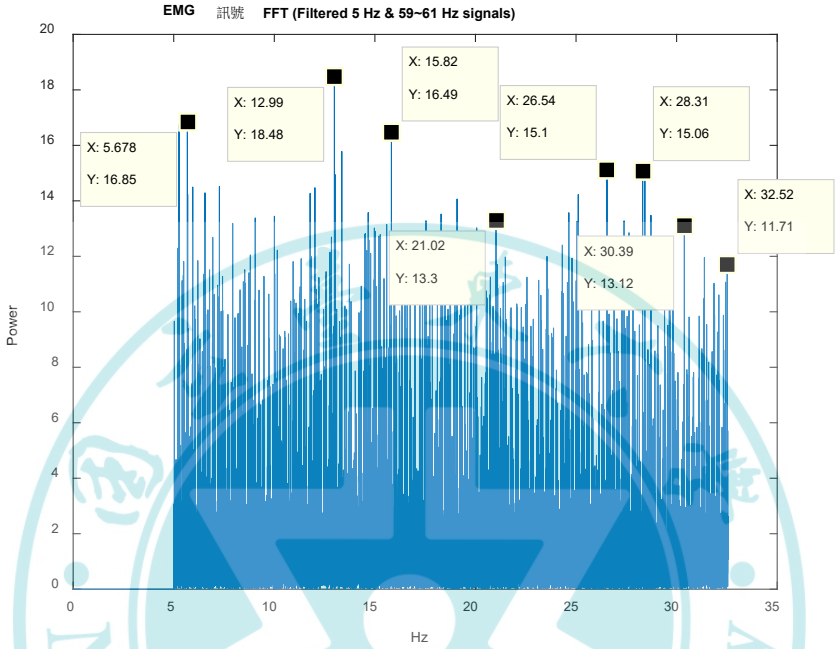


圖 4-23 芬芬撤掉水適能後第一週肌電的功率頻譜圖

撤掉水試能第二週後研究參與者逐漸恢復運動，這段期間有做較緩和的運動，但還沒開始從事激烈運動，由圖 4-24 仍可看見研究參與者肌電頻譜有低、中、高頻率的同時出現，研判此研究參與者的肌電頻譜在一般休息沒訓練的狀態下就會出現低、中、高頻譜峰值的狀況，與賽前圖 4-6 肌電功率頻譜相較之下是一致的，代表研究參與者已恢復正常狀態。

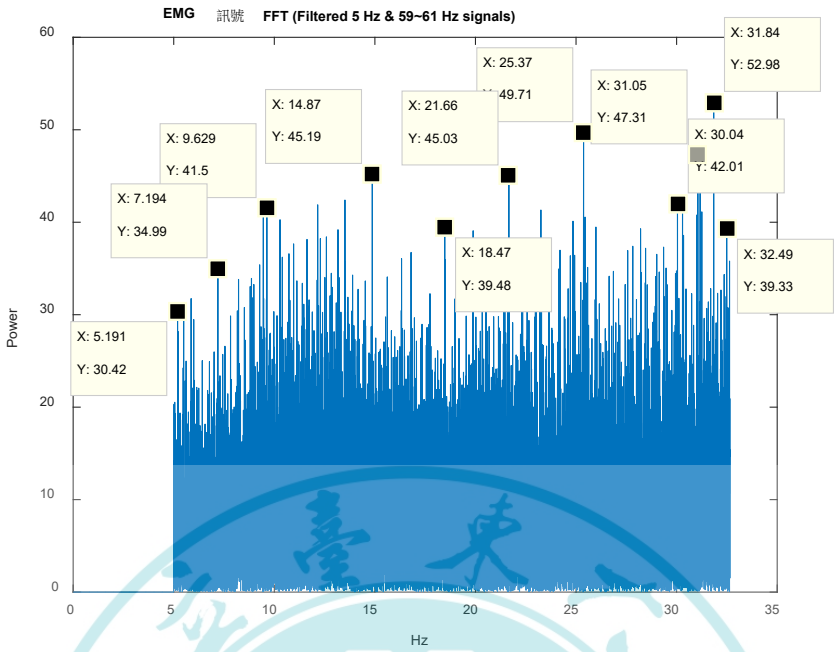


圖 4-24 芬芬撒掉水適能後第二週肌電的功率頻譜圖

綜觀以上的討論，此研究參與者賽前過度訓練，休息時間不足，在肌肉尚未完全恢復的狀態之下參加比賽，因此賽後的肌電頻譜與賽前相較之下無太大差異，研究參與者在賽後第三天頻譜峰值下降出現典型延遲肌肉酸痛現象，這大多發生在訓練後以及賽後 24~72 小時達到疼痛感的最高峰(周裕凱，2015)，而陳竑廷（2011）一文指出已有多數理論及學說可證實造成延遲性肌肉痠痛的主要原因則是離心運動所引起的肌肉傷害，鐵人三項的自由車與跑步項目的肌肉動作多數都是離心運動，長時間或激烈運動都會使肌纖維或結締組織輕微撕裂傷，而撕裂傷所引發的一連串發炎就會成為延遲性肌肉痠痛。而賽後第五天頻譜峰值有上升趨勢，撒掉水適能一週由於沒有繼續從事水適能活動，因此出現頻譜峰值下降趨勢，對於有延遲性肌肉痠痛的研究參與者而言五天的水適能似乎不足以放鬆肌肉，撒掉水適能第二週仍可看見研究參與者出現低、中、高頻譜峰值，研判研究參與者在休息狀態下的頻譜峰值與另一位研究參與者不同。

第四節　水適能疼痛指數的成效

本節討論研究參與者賽前與賽後以及連續五天的水適能結束後，使用楊淑雅、馬素華、許光宏、吳基銓（2001）發展的膝部骨性關節炎醫療照護成效量表疼痛次量表，來評估受測者的疼痛指數。此量表共有 6 個題項，每個題項有 4 個疼痛指數選項，平均數大於 1 表示有疼痛狀況。

一、如如疼痛指數

由圖 4-25 顯示，如如賽前疼指數為 0，表示完全不會疼痛，賽後疼痛平均數為 2.6，屬於中高強度疼痛，賽後第一天下降至 2.3，仍然是中度強度疼痛，賽後第二天平均數 1.1，屬於低度疼痛狀態，賽後第三天疼痛平均數為 0.6，疼痛指數慢慢下降，而賽後第四天與第五天疼痛指數都為 0，表示賽後第四天研究參與者已不感到疼痛，恢復速度較快。

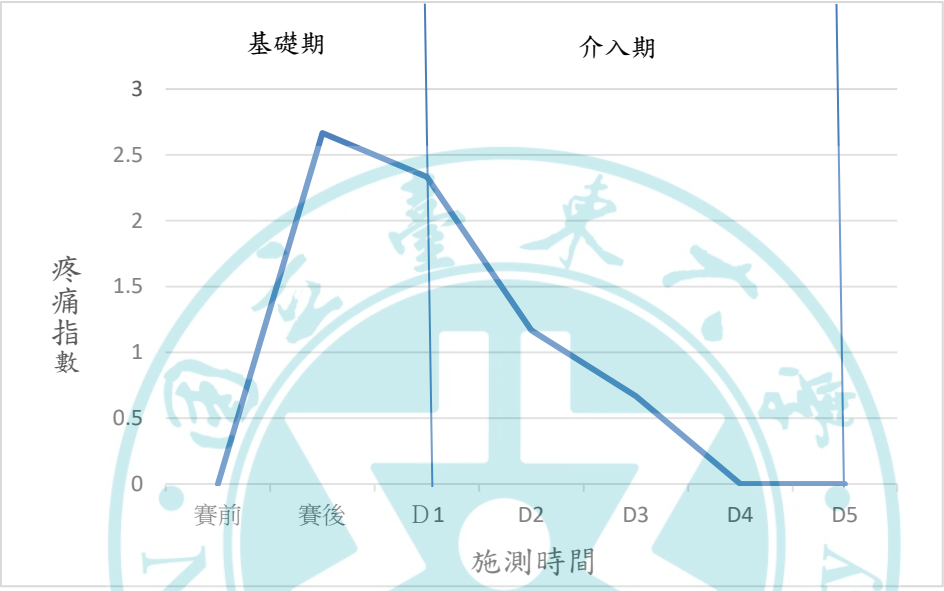


圖 4-25 如如賽前賽後疼痛指數

二、芬芬疼痛指數

圖 4-26 顯示，芬芬賽前疼指數為 0，表示完全不會疼痛，賽後疼痛平均數為 2.8，屬於中高強度疼痛，賽後第一天下降至 2.3，仍然是中度強度疼痛，賽後第二天平均數 1.5，屬於低度疼痛狀態，賽後第三天疼痛平均數為 0.8，疼痛指數慢慢下降，而賽後第四天為 0.8 與第五天 0.6，表示第三天後研究參與者疼痛感已舒緩許多，但是到第五天仍然有些微的疼痛感，恢復速度較慢。

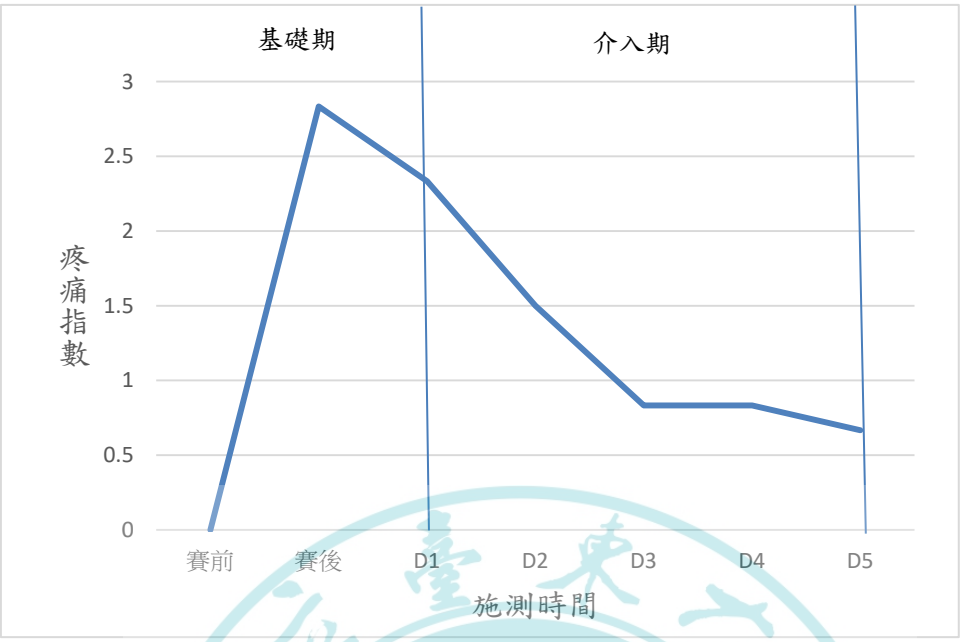


圖 4-26 芬芬賽前賽後疼痛指數

接下來將兩位研究參與者的疼痛指數並列，藉以比較兩者的疼痛指數變化，以及其個別差異的情形。

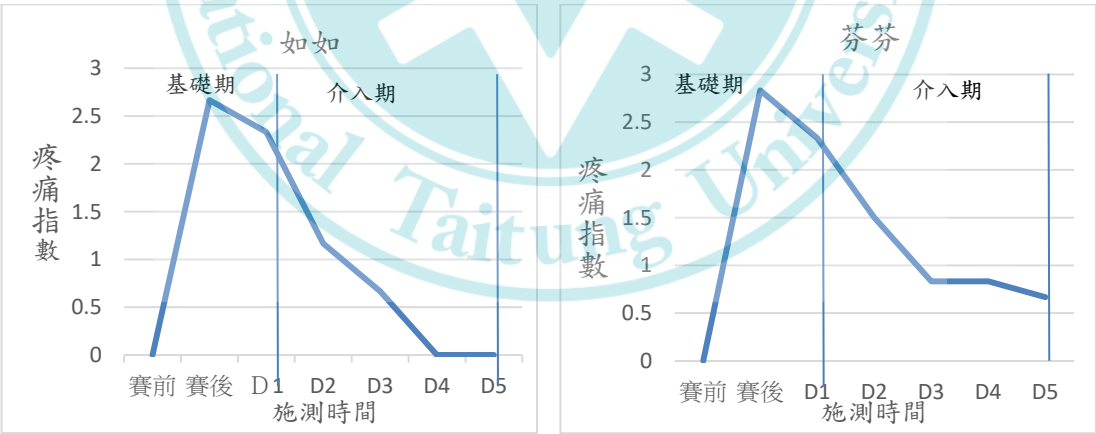


圖 4-27 如如與芬芬疼痛指數對照圖

如如以 11 小時 14 分獲得該場次女子組總冠軍，雖然如如不是專業的職業選手，但在台灣算是可排得上總排名的菁英選手，平時就有安排訓練課表，照表操課，再加上科技化的訓練數據，讓如如平時就能掌握自身狀況以及成績表現，因此比賽時能如期控制均速，達到最穩定以及最大速度前進，而芬芬以 16 小時 21

分完賽，算是排名較後面的業餘選手，雖然平時有訓練，但沒規律的訓練以及自我要求，因此過長距離的比賽已超過自身負荷能力，過度使用肌肉導致有較高的疼痛指數以及延遲性肌肉酸痛現象。

肌電圖所呈現的數據屬於較客觀的指標，而疼痛指數的數據屬於較主觀的指標,如如的肌電功率頻譜從賽後的低頻峰值 6.793Hz 到第一天水適能結束後的頻譜峰值為 11.46Hz，峰值有慢慢上升趨勢，至賽後第五天頻譜峰值為 21.36Hz，已接近賽前頻譜峰值 24.55Hz,代表此時已快完全恢復賽前狀態,而疼痛指數賽前為 0，賽後疼痛平均數為 2.6、水適能結束第一天疼痛指數為 2.3、1.1、0.6，到了賽後第四天疼痛指數已恢復為 0，跟賽前時疼痛指數一樣。芬芬賽後的頻譜峰值有低中高頻同時出現，第二天水適能結束後的肌電頻譜峰值從 21.28Hz 上升至 27.12Hz，有慢慢恢復的情況，第三天水適能結束後頻譜峰值為降為 17.61Hz，研判是典型的延遲性肌肉酸痛現象。而疼痛指數賽前為 0，賽後疼痛平均數為 2.8，水適能結束後疼痛平均數依序為 2.3、1.5、0.8、0.8 以及 0.6，從肌電功率頻譜研判芬芬有延遲性肌肉痠痛現象對照疼痛指數，賽後第五天仍然還有疼痛現象。

本研究發現的延遲肌肉痠痛現象與陳竑廷（2011）一文指出已有多數理論及學說可證實造成延遲性肌肉痠痛的主要原因則是離心運動所引起的肌肉傷害，而鐵人三項的自由車與跑步項目的肌肉動作多數都是離心運動，長時間或激烈運動都會使肌纖維或結締組織輕微撕裂傷，而撕裂傷所引發的一連串發炎就會成為延遲性肌肉痠痛。因此從如如與芬芬的肌電功率頻譜與疼痛指數所顯現出來的結果都是有一致性。由此可驗證本論文的研究工具，客觀的肌電儀及較主觀的膝部骨性關節炎醫療照護成效量表疼痛次量表是可以有相輔相成的效果。然而菁英選手與業餘選手疲勞狀態與恢復的能力也不盡相同，鄧樹勳、王健（2004）提到長時間耐力性運動定時定量的補充電解質運動料可以延緩力竭的時間或使運動耐力增加，菁英選手賽前會事先規劃好補給的時間與量，遵照賽前的規劃實施。吳唯平、王令儀（2011）針對輕艇競速運動員與體育系一般生進行站姿與坐姿靜態平衡能力比較，結果輕艇競速運動員皆比一般生有較佳的平衡能力，因為能力不同因此專業選手會優於一般選手。

綜觀以上的討論如如是菁英選手因此肌電圖與疼痛指數都顯示其賽後恢復的速度較快，而芬芬屬於業餘選手，因此肌電圖顯示出芬芬有延遲性肌肉痠痛現象，疼痛指數較高，恢復的速度較慢，然而兩位的肌電圖與疼痛指數都顯示出正相關，因此表示客觀的肌電圖與主觀的疼痛指數是可以成為相輔相成的研究工具。然而國去的水適能研究大多採質性與體適能檢測項目來評量，而大部分的肌電儀測量大多數都是在實驗室，無法到達真實場地做實際的測量，因此這次可攜式的肌電儀不但可以到達真實場地測量，還可讓數據更接近真實，然而水適能有助於肌肉放鬆與恢復也能客觀評量。

第五章　結論與建議

本研究是藉由 2020 年普悠瑪 226 公里鐵人三項賽事來探討女性選手賽前賽後肌肉疲累的狀態，並於賽後連續五天水適能的介入，以及撤掉水適能一週與二週後觀察肌肉疲累的狀態與疼痛指數，在此擬就研究結果與討論做歸納結論，並提出具體建議與省思。

第一節　結論

綜觀二位研究參與者賽前與賽後的肌電頻譜功率雖不盡相同，而水適能介入後，二位研究參與者恢復的狀態也不完全一致，為求客觀數據，因此採用鄭承昌教授自製的肌電儀來測量肌肉疲累的現象，並使用疼痛量表為輔助。經由傅立葉轉換後的肌電圖與疼痛指數量表得分析出以下資料。

一、226 公里鐵人三項高強度賽事賽後，肌電頻譜有降檔現象以及數個低頻峰值，代表肌肉呈現疲累狀態

如如賽前的肌電功率頻譜 24.55Hz，於賽後降為 6.793Hz，芬芬賽前的肌電功率頻譜 22.69Hz，於賽後第三天降為 17.61Hz，兩位研究參與者於賽後肌電功率頻譜都是下降的，代表肌肉正處於疲累狀態。

二、水適能介入後肌電功率頻譜有升檔的趨勢，代表肌肉的疲累狀況正在減輕

如如的肌電功率頻譜從賽後的低頻峰值 6.793Hz 到第一天水適能結束後的頻譜峰值為 11.46Hz，峰值有慢慢上升趨勢，至賽後第五天頻譜峰值為 21.36Hz，已接近賽前頻譜峰值 24.55Hz，芬芬於賽後第三天頻譜峰值降為 17.61Hz，至賽後第五天頻譜峰值為 23.23Hz，甚至比賽前的功率頻譜 22.69Hz 還要高，因此代表賽後實施水適能放鬆是有其效果的。

三、肌電圖與疼痛指數量表分別能客、主觀評量選手的恢復情況

肌電圖所呈現的數據屬於較客觀的指標，而疼痛指數的數據屬於較主觀的指標，如如的肌電功率頻譜從賽後的低頻峰值 6.793Hz，至賽後第五天頻譜峰值為 21.36Hz，已接近賽前頻譜峰值 24.55Hz，而疼痛指數賽前為 0，賽後疼痛平均數為 2.6、之後疼痛指數依序下降，到了賽後第四天疼痛指數已恢復為 0。

四、226 公里鐵人三項高強度賽事賽後，水適能的介入，精英選手大約一週後即可恢復訓練

如如賽後第五天頻譜峰值為 21.36Hz，已接近賽前頻譜峰值 24.55Hz，芬芬賽後第五天頻譜峰值為 23.23Hz 高於賽前的頻譜峰值，選手於 226 公里鐵人三項高強度賽事後，會造成肌肉腫脹，關節疼痛，不適合一般的按摩與筋膜滾筒外在刺激

放鬆，可於賽後透過水適能運動來放鬆肌肉，使肌肉快速恢復彈性，以及預防運動傷害的發生，因此大約一週後即可恢復訓練。

第二節　研究限制

針對本實驗有以下幾個限制，第一個限制是研究參與者數量偏少，因為賽式距離較長願意參賽的女性本來就少，而比賽過程中也容易因為意外以及其他因素而不得不中斷比賽，在加上研究者與研究參與者必須居住在同一個縣市以方便測量肌電訊號及實施水適能課程。

第二個限制是研究參與者能力層次不同，能參加長距離賽事的女性已經很少了，能找到相同層次的機率更低。

第三個限制是自製肌電儀的成效，取樣率不如市售的肌電儀。

第四個限制針對女性實驗人數關係，因此缺少實驗組與對照組。

第三節　建議

本研究受限於取樣人數，僅有 2 位研究參與者，取樣的人數偏少，研究參與者能完賽的機率不可控制因素與風險太高，或許可以針對不同距離以及更高難度的賽事繼續做研究。未來在實務應用與研究對象及方法上的建議如下：

一、實務應用：

水適能可有效放鬆肌肉並減少關節負擔，然而淨水壓的特性有助於靜脈血液回流，減少賽後腫脹，適合在高強度訓練後或肌肉疲累時選擇放鬆肌肉的一種方式之一，對於膝關節受傷的選手來說，也是一種復健的方法，不論是精英選手或業餘選手，訓練後的放鬆都是相當重要的一環。

二、研究對象：

建議未來對此議題討論之相關研究者可改變成男性對象，這樣研究參與者的人數可增加或尋找程度相近的研究參與者，也可針對不同距離的鐵人賽事繼續探究，以了解不同距離的比賽，肌肉恢復的程度是否相同。

三、研究方法：

本例中的創作機電儀僅有一個通道，只能測量到一條肌肉，為了使性能更佳，可選擇多通道肌電模組來創作肌電儀，不僅可以多測量到另一條肌肉，更可使研究上更為準確。除此之外也可增加實驗組與對照組，有比對的數據讓實驗可以更加完善。

參考文獻

壹、 中文部分

王美桂（2014）。**小鐵人選手參與動機與滿意度之研究-以 2013 全國北區小鐵人錦標賽為例**（未出版之碩士論文）。臺北市立大學，臺北市。

王子銨（2019）。**初探運動傷害的治療軌跡：身體感知、醫療體驗與功能恢復**（未出版之碩士論文）。國立陽明大學，臺北市。

王信寰、周宜辰、張凱隆、陳映蓉、陳家祥（2018）。透過肌電儀觀察肌肉疲勞之肌肉活化現象。**休閒觀光與運動健康學報，8**（3），10-20。

杜正治（2006）。**單一受試者研究法**。臺北：心理。

杜育霖（2011）。**不同作業方向及作業面高度對於上肢重複性作業之疲勞影響**（未出版之碩士論文）。朝陽科技大學，臺中市。

李科宏（2012）。髕骨外翻相關中醫診治經驗。**中醫骨傷科醫學雜誌，11**，24-29。

李麗晶、卓俊伶（2009）。水適能運動的概念與實務。**中華體育季刊，23**（2），1-10。

呂生源、楊金昌（2016）。學校專任運動教練與運動防護員相乘-運動幼苗照護級。**學校體育，152**，6-13。

吳定中（2017）。髂脛束症候群。**中榮醫訊，231**，16-17

吳慧君（1993）。運動性肌肉疲勞之肌電圖研究。**中華體育季刊，7**（2），77-85。

邱彥成（1997）。鐵人三項運動與其運動傷害之探討。**中華體育季刊，9**（4），105-112。

林秀茜（2011）。**在水中教學模式對自閉症學生體適能及社會互樂動影響之研究**（未出版之碩士論文）。國立臺東大學，臺東縣。

周裕凱（2015）。**自我穴位按壓對空軍官兵延遲性肌肉痠痛成效之初探**（未出版之碩士論文）。國立臺東大學，臺東縣。

張仁傑（2014）。**鐵人三項參賽者的人格特質、自我價值與涉入程度之研究**（未出版之碩士論文）。國立臺東大學，臺東縣。

柳家琪、李麗晶(譯)（2005）。**水中體適能教學手冊**（原作者：M. E. Sanders）。臺北市:易利。（原著出版年：2004）

周庭竹（2016）。**鐵人三項參與者認真休閒特質、休閒阻礙、涉入程度及休閒參與之研究**（未出版之碩士論文）。國立屏東科技大學，屏東縣。

周柏宏、葉怡成（2016）。水中運動對中高齡膝關節骨關節炎患者影響之探討。**休閒保健期刊，16**，152 - 162。

徐國峰（2014）。**挑戰自我的鐵人三項訓練書：游泳、自行車、跑步三項全能運董指南**。出版社：臉譜文化，臺北市。

黃詩雯（2010）。**運動觀光賽會服務品質與參與者滿意度之研究—以 2009 臺東之美鐵人三項國際邀請賽為例**（未出版之碩士論文）。國立臺灣體育學院，臺中

市。
黃勝裕（2000）。肌肉週邊疲勞之肌電圖判定。**中華體育，14**（1），109-115。
陳家昇、林俊達、林宗慶、陳家祥、涂瑞洪（2012）。肌內效貼紮對肌肉疲勞之影響。載於林瑞興（主編），**第五屆運動科學暨休閒遊憩管理學術研討會論文集**（42-47）。屏東縣：國立屏東教育大學。
陳竑廷（2011）。**桂枝湯對延遲肌肉痠痛之預防與治療效果研究**（未出版之碩士論文）。中國文化大學，臺北市。
陳佳瑜（2018）。**建構視覺障礙學生水中體適能課程並檢視其成效**（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學，臺北市。
傅正思（2016）。臺東縣鐵人三項運動參賽者常見之運動傷害研究。**臺東大學體育學報，24**，73-88。
溫恰英（1997）。鐵人三項運動常見的運動傷害及其因應之道。**中華體育季刊，10**（4），51-63。
潘政宏（2009）。台灣鐵人三項比賽參與者對運動觀光服務品質、滿意度及重遊意願之研究—以 2008 宜蘭國華人壽盃為例。**美和休閒運動保健學報，2**，106 - 118
鄭俊雄、王宏宗（2013）。水中肌力訓練及協助肌肉放鬆對高爾夫擊球穩定度表現之探討。**大專高爾夫學刊，10**，19-24。
鄭承昌（2020）。創客精神融入體育之示例—自製 IoT 肌電儀探究肌肉疲勞時肌電功率頻譜的特性之個案研究。**臺東大學教育學報，31**（2），111-136。
許聖宗、陳冠廷、劉錦謀、劉于詮、歐書誠（2018）。激烈運動後使用按摩滾筒對運動表現之影響。**長榮運動休閒學刊，12**，26-34。
謝霖芬（2001）。溫泉與風濕病。**健康世界，183**，10-14。
錢桂玉、甘乃文、林雅麗(2012)。**運動生理暨體能學報，14**，11-21。
鄧樹勳、王健（2004）。**運動生理學－理論與應用**。冠學文化出版社，新北市。
劉俊慶（2017）。**坐姿全身振動暴露頻率與姿勢對腰背肌群之影響探討**（未出版之碩士論文）。國立中山醫學大學，高雄市。

貳、 外文部分

Cole, A. J., Eagleston, R. E., Moschetti, M., & Sinnett, E. (1994). Spine pain:aquatic rehabilitation strategies. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation, 4*(4), 273-286.
Harrison, R., Hillman, M., & Bulstrode, S. (1992). Loading of the lower limb when walking partially immersed:implications for clinical practice. *The Chartered Society of Physiotherapy, 78*(3), 164-166. doi:10.1016/S0031-9406(10)61377-6

Kutzner, I., Richter, A., Gordt, K., Dymke, J., Damm, P., & Duda, G.N. (2017). *Does aquatic exercise reduce hip and knee joint loading? In vivo load measurements with instrumented implants. 12*(3), doi: 10.1371/ journal.pone.0171972

Neiva, H. P., Fa'il, L. B., Izquierdo, M ., & Marinho, D. A. (2018). *The effect of 12 weeks of water-aerobics on health status and physical fitness: An ecological Approach. 13*(5), doi: 10.1371/ journal.pone.0198319

參、 網頁部分

The News Lens 關鍵評論（2018），https://www.thenewslens.com/article/96577，搜尋日期：2020 年 09 月 10 日。

國立臺東大學 National Taitung University

附錄一

研究參與者同意書

研究題目：以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究。

指導教授：國立臺東大學 鄭承昌 博士

研 究 者：國立臺東大學 蕭惠丹

您好：

誠摯的邀請您參加本次「以肌電儀分析水適能運動對減輕休閒式鐵人三項運動選手肌肉疲累狀態影響之研究」。本人是國立台東大學文化資源與休閒產業研究所研究生，目前正進行一項研究計畫，研究計畫的目的是以探討參與鐵人三項比賽後，水適能的介入是否能減輕肌肉的疲累。在研究過程中會對您進行水適能的指導練習與進行訪談及量表填寫，假若您願意參與此研究計畫，請詳細閱讀下列內容，並且簽名，以保障您的權益。

一、為了保障您的權益，是否參與此研究計畫，由您全權決定。

二、為了保障您的隱私權，您的姓名將採取化名的方式呈現，並告知您的化名為何。

三、研究過程中的錄影與談話內容，僅共本研究計畫使用，不做其他用途。

本研究需要您的參與與合作，若您同意參加此項學習課程，請您在簽名欄內簽名。

同意人：_____(簽名)

監護者：_____(簽名)

中　華　民　國　一　〇　九　年　　月　　日

附錄二

疼痛次量表

請依您目前的情況，圈選下列所有問題。由 0~4 數字中，圈選一個最符合您的答案。

疼痛	完全不痛	輕微的痠痛	中度的痠痛	非常的痠痛	痛得無法忍受
1. 連續站多久會痠痛?_____分鐘。此時痠痛的程度如何？	0	1	2	3	4
2. 依您自己走路速度，在平地連續走路多久會痠痛？_____分鐘。此時痠痛的程度如何？	0	1	2	3	4
3. 上下 2~3 階台階或樓梯	0	1	2	3	4
4. 晚上睡覺時	0	1	2	3	4
5. 坐下時	0	1	2	3	4
6. 從椅子上站起來	0	1	2	3	4

臺東大學 National Taitung University

附錄三

水適能課程設計

學員：□男 ■女　年齡：38-45歲　狀況(運動史、健康史、需求、期望)：剛比完 226 公里鐵人三項賽，目前全身肌肉痠痛僵硬，希望可以盡速回復肌肉狀態。

課程目標：放鬆肌肉，使肌肉活化

課程時間：50 分鐘(30－50 分鐘)　時間分配(心肺/肌力)　90 % ／ 10 %

階段＼動作		動作設計			動作變化（勾選）					注意事項
					S	W	E	A	T	
浮力暖身與心肺暖身		動作 1：跑			V	V			V	時間：6 分鐘
		動作 2：踢腿			V	V		V		
		動作 3：跳躍			V	V		V		
主運動		心肺/肌力	動作/肌群	時間(分)	S	W	E	A	T	注意事項
	第 1 組	心肺	跑步	4	V		V	V		膝蓋外開
	第 2 組	心肺	剪刀步	4	V	V		V		彈跳、左右
	第 3 組	心肺	搖擺步	4	V			V	V	前後、左右、位移
	第 4 組	心肺	跳躍	4	V	V		V		膝蓋外展
	第 5 組	肌力	臀大肌	2	V		V			腳向前台伸直用力下壓，壓腳背加長距離用力向下壓。
	第 6 組	心肺	跑步	4	V	V			V	
	第 7 組	心肺	剪刀步	4	V	V		V		
	第 8 組	心肺	搖擺步	4	V			V	V	
	第 9 組	心肺	跳躍	4	V			V	V	
	第10 組	肌力	背	2	V					拳頭、手杯
	第11 組	心肺	踢腿	4	V	V		V		前後
保暖緩和與伸展		時間：4 分鐘 伸展肌群部位：胸、背、腿後鍵、股四頭、後三角、臀大肌、體側。								

教練姓名：蕭惠丹