

國立臺灣體育運動大學競技運動學系
碩士學位論文

高強度游泳訓練後黏膜免疫能力的變化以及
皮質醇與睪固酮的反應

**The impact of prolonged strenuous swimming
exercise on the changes of salivary parameters in
mucosal immunity, cortisol and testosterone**



研究生：楊宗益 撰
指導教授：方世華 教授

中華民國 101 年 6 月

論文名稱：高強度游泳訓練後黏膜免疫能力的變化以及皮質醇與睪固酮的反應

中文摘要

單一次長時間、高強度的運動，在運動之後可能產生免疫能力暫時性的抑制現象，本論文目的要了解青少年游泳選手，平均年齡 17.4 ± 1.0 ，在充分的休息狀況下，進行單次長時間、高強度訓練後，黏膜免疫能力與唾液荷爾蒙的變化情形。9名青少年游泳選手，進行2個小時，總距離7200公尺的訓練，強度平均為受試者最佳成績的 $80.5 \pm 6.1\%$ ，在運動前、運動後、運動結束1個小時分別收集唾液進行分析。結果發現，唾液免疫球蛋白A/總蛋白質、乳鐵蛋白/總蛋白質在運動後顯著下降； α -澱粉酶、 α -澱粉酶/總蛋白質、唾液抗菌能力在運動後都會顯著上升。另外，唾液睪固酮在運動後顯著下降，但在運動後一個小時就恢復運動前水準。總而言之，在本論文中青少年游泳選手在充分休息後，進行高強度訓練，黏膜免疫能力在訓練後產生補償作用，可能可以降低呼吸道感染的風險。

關鍵詞：游泳、高強度運動、黏膜免疫、唾液免疫球蛋白A、荷爾蒙

The impact of prolonged strenuous swimming exercise on the changes of salivary parameters in mucosal immunity, cortisol and testosterone

Abstract

The impact of prolonged strenuous exercise is known to cause temporary impairment in immune function. The study was to assess the effect of intense swim training on various salivary parameters in mucosal immunity and salivary cortisol, testosterone in well trained adolescent swimmer. A secondary objective was to assess the effect of exercise on salivary antibacterial capacity. Nine members volunteered to participate in this study. Each subject performed 36x200m front crawl at average 78(3.6)% of their best time. Salivary samples were obtained before, exercise immediately and 60 min post-exercise. There was a significant decrease in the ratio of immunoglobulin A to total protein and the ratio of lactoferrin to total protein following exercise. However a significant increase in α -amylase and the ratio of α -amylase to total protein. In addition, there was a significant increase salivary antibacterial capacity (against *E. coli*) post-exercise. Salivary testosterone decreased following exercise, but returned to pre-exercise levels 60 min post-exercise. In summary, salivary parameters in mucosal immunity may exist a synergistic compensation effect to increase protection in the immediate post-exercise period.

Key word: Swim. Strenuous exercise. Mucosal immunity.
Immunoglobulin A. Hormone.

誌謝

很高興在國立台灣體育運動大學完成了碩士學位，同時也完成了中等體育教育學程學位。在此宣告，我要破繭而出，準備迎接自己選擇的人生，朝著體育教職一路大步邁進。

我的老闆方世華老師是我最要感謝的對象，有著不凡的涵養，過人的智慧，積極的態度，能一路看著我從小生蛻變成主角，真的要非常感謝方世華老師的教導與包容。口試委員李再立老師與張振崗老師，在台灣運動科學領域上有獨到的見解與非凡成就，謝謝給予我建議與指導。實驗室的佩玉學姐，宛如實驗室的領頭羊，帶領我這隻迷途的羔羊逐步走向光明。研究所的育輝、玫璇、憲輝、鴻鈞、政鴻、勇信、漢淳…等同學，在寫作患難時彼此打氣加油。感謝運科實驗室的團隊成員淑宜、南君、承訓、玫惠等…其他成員在實驗分析上互相支援與討論。感謝西苑與惠文高中游泳代表隊成員，在實驗上大力相挺，謝謝西苑高中周志松老師給予建議與支持。

最後，感謝我的父母提供環境讓我完成碩士學位，與一路上相挺的女友巧穎，也謝謝你的包容與付出。謹以此論文獻給所有關心宗益的親人與朋友，謝謝您們！

楊宗益 謹誌

中華民國一百零一年六月

目錄

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 中文摘要 | I |
| 關鍵詞:游泳、高強度、黏膜免疫、唾液免疫球蛋白 A | I |
| Abstract | II |
| 誌謝 | IV |
| 目錄 | V |
| 表目錄 | VII |
| 圖目錄 | VIII |
| 第壹章 緒論 | 1 |
| 1.1 研究背景 | 1 |
| 1.2 研究目的 | 2 |
| 1.3 研究假設 | 2 |
| 1.4 研究限制 | 2 |
| 第貳章 文獻探討 | 3 |
| 2.1 游泳運動 | 3 |
| 2.2 黏膜免疫系統 | 3 |
| 2.2 唾液 | 4 |
| 2.4 運動與白血球變化 | 7 |
| 2.5 運動與免疫球蛋白 A 之關係 | 8 |
| 2.6 運動與黏膜抗菌蛋白之關係 | 13 |
| 2.7 運動與唾液類固醇荷爾蒙之關係 | 19 |
| 第參章 研究方法與實驗步驟 | 25 |
| 3.1 受試者 | 25 |
| 3.2 實驗設計 | 25 |
| 3.3 當日實驗流程與場地設備 | 26 |
| 3.4 唾液收集 | 26 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 3.5 唾液分析 | 27 |
| 3.6 運動自覺量表 | 31 |
| 3.7 統計分析 | 31 |
| 第四章 結果 | 32 |
| 4.1 受試者資料 | 32 |
| 4.2 自覺量表 | 32 |
| 4.3 唾液分析 | 32 |
| 4.4 唾液抗菌能力 | 33 |
| 4.5 皮質醇與睪固酮 | 33 |
| 第五章 討論 | 34 |
| 5.1 唾液總蛋白質 | 34 |
| 5.2 唾液免疫球蛋白 A | 34 |
| 5.3 唾液乳鐵蛋白 | 37 |
| 5.4 唾液 α -澱粉酶 | 37 |
| 5.5 唾液抗菌能力 | 38 |
| 5.6 唾液類固醇荷爾蒙 | 39 |
| 第六章 結論與建議 | 43 |
| 6.1 結論 | 43 |
| 6.2 建議 | 43 |
| 參考文獻 | 44 |

表目錄

| | |
|---------------------------------|----|
| 表一 受試者資料 | 62 |
| 表二 受試者 200 公尺最佳成績記錄與本實驗強度 | 63 |

圖目錄

| | | |
|----|--|----|
| 圖一 | 實驗流程 | 64 |
| 圖二 | 高強度游泳訓練後唾液總蛋白質濃度 | 65 |
| 圖三 | 高強度游泳訓練後唾液免疫球蛋白 A (a)及免疫球蛋白 A/總蛋白質比值(b)濃度 | 66 |
| 圖四 | 高強度游泳訓練後乳鐵蛋白(a)及乳鐵蛋白/總蛋白質比值(b)濃度 | 67 |
| 圖五 | 高強度游泳訓練後唾液 α -澱粉酶(a)及 α -澱粉酶/總蛋白質比值(b)濃度 | 68 |
| 圖六 | 高強度游泳訓練後唾液抗菌能力 | 69 |
| 圖七 | 高強度游泳訓練後唾液皮質醇(a)與睪固酮(b)濃度 | 70 |
| 圖八 | 高強度游泳訓練後唾液睪固酮/皮質醇濃度比值 | 71 |

第壹章 緒論

1.1 研究背景

世界衛生組織將健康定義：「健康是一個整體的生理、心理、精神都能充分滿足的狀態，而非僅僅只是沒有病痛或是體質虛弱而已。」文獻指出，每日都有適度運動能降低上呼吸道感染 (upper respiratory tract infection, URTI) 機率 29%，足見適度運動可以增加身體免疫能力 (Matthews et al., 2002)，有助於提升生活品質；相對於此，運動競賽選手為了成績努力練習，過度訓練後，卻可能產生較低水準的免疫能力。根據 Nieman 在 1994 年提出 J 曲線 (J-shaped curve)，指出過度的運動量可能會提高 URTI 的風險 (Nieman, 1994)。

早期研究運動免疫的文獻，Larrabee 觀察馬拉松選手賽後白血球大量增生的情形，發現類似生理發炎現象 (Larrabee, 1902)，最近 20 年來運動免疫學成為新興應用科學，主旨乃希望借助科學的途徑，可以幫助選手維持良好免疫能力，或藉助運動降低現代慢性疾病的發生率，讓相關研究者逐一檢視運動帶給生理的效應，從白血球與淋巴球數量變化，細胞激素種類與作用，到壓力荷爾蒙分泌彼此的關係，再到呼吸道黏膜系統。

1982 年 Tomasi et al. 發現菁英滑雪選手在激烈比賽後，唾液中免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, IgA) 會顯著低於對照組 (Tomasi, Trudeau, Czerwinski, & Erredge, 1982)；單次高強度固定式腳踏車運動後唾液 IgA 下降 (Krzywkowski et al., 2001)；或長時間游泳訓練唾液 IgA 降低 (Gleeson et al., 1995)。唾液中尚包括其他種類的抗菌蛋白，有抵抗病原菌、中和病毒素的能力，在運動後則呈現增加的現象 (Davison,

Allgrove, & Gleeson, 2009; Usui et al., 2011; West et al., 2010)。唾液類固醇荷爾蒙能有效反應血清中荷爾蒙的濃度，正確判讀皮質醇與睪固酮的數據，能幫助選手與教練調整訓練計畫，或者經皮質醇與睪固酮的比值，掌握選手生理狀況。

近年來，唾液的檢驗逐漸取代部分血液化驗，因為具有方便、無侵入性的特性，能減輕受試者的壓力，也帶來更多科學研究的樂趣。

1.2 研究目的

- 一、了解青少年游泳選手面對高強度訓練後黏膜免疫能力的變化。
- 二、高強度游泳訓練後唾液內皮質醇與睪固酮的變化。

1.3 研究假設

- 一、游泳選手在單次高強度游泳訓練後黏膜免疫力指標 - 唾液 IgA 濃度會下降。
- 二、唾液抗菌能力會下降。
- 三、壓力荷爾蒙在訓練後會升高。

1.4 研究限制

本篇針對 9 名游泳選手進行實驗，這 9 名選手平均訓練約 8 年，皆有參賽經驗，唯成績並非屬於頂尖，所有受試者平均為 2 分 16 秒；以 100 年全國中等學校運動會為標準，高中男子組自由式 200 公尺最佳成績為 1 分 53 秒 49，決賽 8 名選手平均為 1 分 59 秒 60。

第貳章 文獻探討

2.1 游泳運動

游泳是一種適合任何年齡層，屬於低衝擊性運動，透過水與皮膚接觸，可以刺激皮膚及活化交感神經；由於其運動環境溫暖潮溼的特性，降低對氣管的刺激，且身體呈水平橫躺時，輸送至肺部的血流量增加，可提高肺部功能。競技游泳選手唯一的目標就是追求更快的速度，更少的時間。目前世界男子 200 公尺自由式的記錄為 1 分 42 秒 00；台灣的全國紀錄 1 分 52 秒 70；全國中等學校運動會大會紀錄 1 分 53 秒 49，以供參考。

2.2 黏膜免疫系統

生理健康的維持有賴人體免疫系統的完整，免疫器官包含中樞與周邊淋巴器官，各司其職且相互平衡，免疫系統複雜且分工精細，區分為先天性免疫系統與適應性免疫系統。上皮細胞也是免疫系統的一部分，用來隔絕體內與外界環境直接的接觸，是人體防禦外在病原菌的第一道防線，被定義為黏膜免疫系統(mucosal immunity system)，主要區域包含呼吸道、腸胃道、泌尿道，這三個區域的上皮細胞，對抗病原菌，分別也有先天性與適應性兩種免疫動員的特性，例如先天免疫系統的抗菌蛋白與 IgA。呼吸道是換氣過程主要的區域，頻繁接觸外界的空氣也增加了病原菌感染的機率，而口腔是病原菌入侵體內的主要入口，呼吸道則是最容易引起一般性的感染。呼吸道由上皮細胞緊密排列構成黏膜免疫系統，具有抵禦病原菌與自動調節平衡的能力(Toy & Mayer, 1996)。唾液 IgA 濃度，是目前被認為，判斷黏膜免疫系統水

準的主要指標。作用是阻止病毒入侵與細菌的感染，且近幾年被認為與 URTI 症候群有密切的關聯 (Mackinnon, Ginn, & Seymour, 1993)。另外，唾液內抗菌蛋白 (antimicrobial peptides and proteins, AMPs) 也扮演著相當關鍵的角色，主要功能也是抵禦病原菌的感染，且在動物實驗中 AMPs 已經被證實可以避免並清除感染的發生 (Bowdish, Davidson, Scott, & Hancock, 2005)。

2.2 唾液

唾液腺經由自主神經刺激後分泌唾液至口腔中，唾液的分泌量與成分都是直接受到自主神經系統中交感與副交感神經相互調控，一般人平均每分鐘分泌約 0.5 毫升，唾液中的成分非常廣泛，其中水分約佔 99%，因此密度相當接近 1 g/mL，pH 值範圍在 6.0-7.9 之間，當血液中二氧化碳含量高，唾液 pH 值就會下降。唾液的分泌由四種腺體建構而成，包含頰下腺 (submaxillary glands)、舌下腺 (sublingual glands)、腮腺 (parotid glands) 與小唾腺 (minor mucous glands)；輸送構造可分為具水滲透功能的腺泡區 (acinus)，與不透水的管狀區 (ductal portion)，最終分泌至口腔中。分泌的機制是大腦皮質區接受外在訊息或生理刺激後，調控交感或副交感神經衝動，此時唾液分泌的速率改變，並影響唾液中的成分，包括免疫球蛋白、蛋白質、電解質、荷爾蒙都將受到影響 (Dawes, 1974)。當個體的情境是焦慮緊張或進行身體活動會使交感神經系統支配唾腺作動，進行活動時交感神經興奮導致供給唾液腺血管收縮，唾液分泌速度降低，而總蛋白質濃度相對上升；相反的，休息時副交感神經支配唾液腺作動，造成血管

舒張增加血液流向唾腺，因而唾液分泌速度增加，總蛋白質成分濃度相對降低 (Anderson, Garrett, Zhang, & Proctor, 1998; Garret & Kidd, 1976)。另外，唾液分泌具有日節律性 (circadian rhythm)，休息狀態下生理分泌唾液的高峰出現在早晨 4 點而最低則出現在晚上 8 點 (Palmai & Blackwell, 1965)。

唾液中無機離子主要包括 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 與 Cl^- 、 HCO_3^- 兩族群，可以確保口腔中穩定的滲透壓；有機成分中，唾液澱粉酶 (α -amylase) 是在唾腺腺泡區合成後，經由管狀區加工後分泌；IgA、免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, IgG) 與免疫球蛋白 M (immunoglobulin M, IgM) 從基底膜運輸進入腺泡區，加工後分泌，以 IgA 數量最多。其他唾液中的組成份包含胺基酸、蛋白質胜肽、荷爾蒙、黏蛋白... 等種類多樣；功能涵蓋潤滑食物、促進消化作用、清潔口腔到抵抗外來微生物，也因此利用唾液的成分可以用來檢測身體的免疫能力，特別是上呼吸道的黏膜免疫能力。運動過程是人體典型壓力來源可能會引發荷爾蒙 (例：皮質醇)、生化 (例：血乳酸) 和免疫球蛋白 (例：唾液 IgA) 的改變，運動後生理系統代謝，以唾液與血液的變化最為顯著 (Ohkuwa, Itoh, Yamazaki, & Sato, 1995)，加上收集唾液屬於非侵入性、操作簡單，因此目前廣泛被接受用來檢驗，與判斷運動後生理的代謝情況。

2.3 運動效果與免疫變化

透過適當的運動，提升免疫能力，此觀念普遍被追求健康的民眾所接受。政府也提倡運動 333 的運動指導原則提供民眾參考；至少每周運動 3 次，每次 30 分鐘，每分鐘心跳率達

130 次以上，來保持身心靈的健康。可知運動頻率、持續時間、強度是運動處方的變項，也是調節免疫能力的重要參考依據。一般人透過適度運動，健全免疫系統，進而提升生活品質；Matthews 等人就建議，每天有適度運動，符合強度大於或等於 3 個代謝當量 (metabolic equivalent values, MET)，則罹患 URTI 機率會低於坐式生活模式的人約 29%，提供大眾一個量化的科學數據 (Matthews, et al., 2002)。相對於一般人為了健康而運動，競技選手規劃完整的訓練計畫，包含單次激烈運動 (acute) 或週期持續訓練 (chronic)，以提升競賽成績，以上兩大族群目標截然不同，也產生不一樣的生理免疫反應。在 1994 年，學者 Nieman 從研究歸納出，不同的族群對病原菌感染模式圖 -J 曲線 (J-shaped curve)，建議有適度運動習慣的人，比坐式生活 (沒有運動習慣的人) 有較好的免疫能力，且降低感染的機率。而長時間接受訓練的運動員，則容易破壞免疫能力的完整性，而增加病原菌的感染機率，甚至高於坐式生活 (Nieman, 1994)。

在過去二十年，高強度運動後，抑制黏膜免疫反應已經陸續被證實。最早研究是 1982 年，Tomasi 等人發現菁英滑雪選手在激烈比賽後，黏膜免疫系統中 IgA 會顯著低於同年紀的對照組 (Tomasi, et al., 1982)。1995 年，Gleeson 等人也發現長期訓練的精英游泳選手，在集訓結束後唾液 IgA 濃度，會低於集訓前的水準 (Gleeson, et al., 1995)。2000 年，Mackinnon 也認為在高強度訓練期的運動員，唾液中 IgA 平均濃度有較低的趨勢 (Mackinnon, 2000)。因此，菁英運動手面臨的問題，除了提高運動表現之外，還要預防免疫能力下降；這也正是運動免疫這門科學主要探討的範圍，並找尋解

決之道。

2.4 運動與白血球變化

血液白血球的數量，是免疫反應中的指標之一，其中以中性白血球 (neutrophil) 和淋巴球 (lymphocyte) 為兩大主要族群。白血球數目高低與吞噬功能，決定病原菌對宿主的影響力，低於標準值可能代表免疫功能正處於被抑制的狀態；適當的運動可以促進血液的循環與代謝，研究也透過運動前後白血球數量增減，來了解運動訓練對免疫能力的影響。

運動中，心輸出量增加，兒茶酚胺類濃度提升，微血管剪切應力 (shear stress) 提升，以及皮質醇或其他激素等物理化學因素影響，使得血液中原本附著在血管壁上的白血球，或儲存在骨髓內的白血球，皆匯集到全身血流中，使整體數量提升；Robson 等人，從固定式腳踏車運動中發現，長時間中等強度 (180 分，55% VO_2max)，隨著運動開始中性白血球數量上升，約 60 分鐘後中性白血球升高至高峰 $12 \times 10^9/L$ ，並在運動結束後緩慢的恢復至運動前水準。相反的，高強度衰竭性 (37 ± 19 分，80% VO_2max) 腳踏車運動，中性白血球數量會產生延遲性增生，在運動結束後持續升高。隨著運動開始白血球數量跟著上升，當運動結束後高濃度的皮質醇產生作用，延遲增生現象出現，在恢復期的第 120 分鐘，會持續上升至最高峰約 $8 \times 10^9/L$ ，之後才漸漸下降回復；另外觀察淋巴球數量在兩組實驗中的表現，發現淋巴球數量隨運動開始皆呈現緩慢上升，而運動結束後就開始下降，並低於運動前的數量 (Robson, Blannin, Walsh, Castell, & Gleeson, 1999)。在此，運動後恢復期，中性白血球雖然出現增生的現象，但

文獻指出，此時期中性白血球對病原菌的清除能力是降低的 (McCarthy & Dale, 1988; Pyne, 1994)。

Nieman 等人指出，運動中影響中性白血數量變化的關鍵：皮質醇與腎上腺素(adrenalin)。馬拉松選手在運動結束後，血液中腎上腺素與皮質醇皆升高，會刺激白血球數量在運動後 3 個小時達到最高峰，而在 21 小時之後回復到運動前的水準(Nieman et al., 1989)。此外，中性白血球表面的腎上腺素受器，會受腎上腺素的刺激，活化細胞表面附著分子(adhesive molecules)，用來招募更多的中性白血球進入血液循環當中(Benschop, Rodriguez-Feuerhahn, & Schedlowski, 1996)。淋巴球受激素作用，回到骨髓中儲存，是運動後下降的主因，下降的最大幅度發生在運動後 1.5 小時持續到 6 小時，而在 21 小時後完全恢復到運動前的水準(Nieman, et al., 1989)。

其他有關研究指出，T 淋巴球 CD4⁺/CD8⁺比值下降、早期活化分子 CD69 降低、活化的殺手細胞(activated killer cell)降低，也都是高強度運動後白血球可能產生的變化(Gleeson, 2007)。

2.5 運動與免疫球蛋白 A 之關係

免疫球蛋白是由原始 B 細胞增生分化成漿細胞(plasma cell)所分泌的蛋白質抗體(antibody)，共計有 IgG、IgA、IgM、IgE、IgD 五種類型，人類一天分泌約 3 公克總抗體量，其中 IgA 約占 60%~70%，且廣泛分布在腸胃道表面黏膜、呼吸道黏膜與口腔黏膜。負責分泌 IgA，是位在黏膜內層淋巴組織的 B 細胞，在固有層(lamina propria)分化成漿細胞後分泌 IgA，

並與 Ig 受器 (poly-Ig receptor) 結合後，運輸至上皮細胞表層，進入黏膜器官 (Mostov, 1994)。呼吸道黏膜器官分泌的 IgA，爾後會混合在唾液中。黏膜層 IgA 抗體，透過中和毒素 (neutralization) 的作用，降低外來微生物對人體的致病性。阻擋微生物結合上皮細胞 (exclusion) 的作用。附著微生物，經表皮細胞下淋巴組織運送 (excretion) 的作用，離開黏膜組織 (Lamm, 1998)。普遍認為 IgA 是守護上呼吸道黏膜表層的第一道防線，並有效阻斷微生物感染宿主細胞，因此唾液內低濃度的 IgA，被認為可能會提高呼吸道感染的風險 (Hanson, 1983)。

唾液 IgA 濃度變化，主要是透過交感神經系統 (sympathetic nervous system, SNS) 與腎上腺軸腺 (hypothalamic pituitary adrenal axis, HPAA) 交互作用的結果。IgA 濃度在一天中有節律性的變化，最高濃度出現在早晨，之後隨著時間會逐步下降 (Dimitriou, Sharp, & Doherty, 2002)。過去二十年，運動科學領域，許多研究都以運動前後唾液 IgA 濃度的變化為研究主軸，並以此視為運動後黏膜免疫能力變化，然而結果並不一致，實驗過程的因素，包括訓練時間、周期長短、強度、受試者對象或 IgA 呈現方式，都可能導致結果產生差異，目前除了以 IgA 濃度作為判斷標準，也有以唾液 IgA 分泌速率、唾液 IgA/總蛋白質之比例、唾液 IgA/滲透壓之比例進行觀察。

一篇早期的研究，針對運動強度與運動時間對唾液 IgA 的探討，18 名健康大學生進行跑步機測試，其中 9 名學生以強度 60% VO_2max 進行，分別完成 15、30、45 分鐘的跑步；而另外 9 名以強度 50% VO_2max 、65% VO_2max 、80% VO_2max

分別進行 20 分鐘跑步，分析運動後唾液內 IgA 濃度，發現 IgA 濃度在本次設計的兩種條件下，並沒有顯著變化 (McDowell, Chaloa, Housh, Tharp, & Johnson, 1991)。不同的受試者族群在科學實驗中也是需要清楚分類，因為菁英運動選手與非菁英選手或一般民眾，在免疫相關指標可能有差異。根據實驗結果發現，菁英游泳選手，在每天約 3~4 小時的穩定訓練期間，唾液 IgA 平均濃度會顯著 ($p=0.002$) 高於坐式生活和有活動習慣的一般人，但菁英選手唾液 IgA 濃度會有較顯著的變動情形，換言之菁英選手存在較不穩定的因素。在菁英選手的 IgA 濃度，代表受試者間相關程度的組內相關係數 (intraclass correlation coefficient) 只有 20 %，低於坐式生活者的 46 % 和有活動習慣者的 54 %；也說明對於不同生活習慣的族群，IgA 會有不同濃度的背景值，且彼此變化的幅度可能不相同 (Francis, Gleeson, Pyne, Callister, & Clancy, 2005)。

從過去案例發現，在重要賽事前或競賽期中選手較容易發生一般性的感染，例如 URTI，因此有 Heath 等人建議，追蹤選手訓練期間免疫變化情形的必要性 (Heath et al., 1991)。事實上，因為唾液 IgA 低濃度與 URTI 可能有關係；澳洲 26 名頂尖游泳選手為實驗對象，對照組為一般坐式生活沒有運動習慣，在 7 個月的訓練週期 (準備世界游泳錦標賽) 包含兩個月的減量訓練，三個月的耐力訓練，以及兩個月的專項速度爆發性訓練，訓練過程中，選手血液中 IgA、IgM、IgG 每個月平均濃度都會低於對照組，而每個月訓練計畫結束後，唾液 IgA 濃度會低於當月訓練前，呈現依序遞減的現象，7 個月以來從 50.4 mg/L 降到 45.2 mg/L。此實驗證實，經過長時

間訓練免疫能力指標的確下降，但並未繼續追查受試者是否發生一般性的感染(Gleeson, et al., 1995)。除了運動訓練，嚴格的軍事訓練亦可能降低黏膜免疫能力；法國軍官學校 21 名男學生，參加連續五個禮拜的戰鬥訓練，第一個星期在平地受訓，接著兩個星期在高地(海拔 1600 公尺)訓練，隨後進入 7 天的實際戰鬥模擬，最後 7 天為恢復期。結果唾液 IgA 濃度在 7 天實際戰鬥訓練後顯著下降，7 天的恢復期 IgA 濃度上升恢復到休息水準，在恢復期階段持續追蹤士兵的健康狀態，並未發現有顯著 URTI 的產生。五個星期以來，唾液 IgA 濃度起伏狀況，在本實驗中似乎沒有與 URTI 有直接的關係，但值得一提，在整個訓練過程中出現士兵大規模 URTI 情形是在開訓後的第 12 天，但因為沒有唾液取樣比對，因此也無法即時建立唾液 IgA 濃度與 URTI 的關係；在戰鬥模擬階段，士兵要忍受挨餓、睡眠不足、高運動量、心理壓力這些不利因素，都是可能造成唾液 IgA 濃度下降(Tiollier et al., 2005)。巴西男子籃球代表隊 4 名，對照組為隊職員 5 名，集訓準備聯賽，每名受試者平均每天訓練 3 到 4 小時，持續 17 天，檢測集訓後唾液 IgA 濃度與 URTI 發生率相關性；唾液收集有兩個點，分別為集訓開始當天與聯賽前一天，時間是下午 3 點 30 分。總共 17 天的長時間集訓包括了生理與心理的挑戰，發現實驗組與對照組在總蛋白質含量、IgA/總蛋白質之比值、IgA 濃度、IgA 分泌速率在 17 天訓練結束後皆呈現下降趨勢，其中 IgA/總蛋白質比值與 IgA 濃度下降達顯著，但 IgA 濃度並沒有與 URTI 發生率有明顯的關係(Moreira et al., 2008)。有關長時間高強度運動後，唾液 IgA 下降的其他相關文獻，98 名馬拉松業餘選手，在完成比賽之後的第 90

分鐘，所有的受試者唾液 IgA/總蛋白質比值、IgA 濃度、IgA 分泌速率皆顯著下降(Nieman et al., 2002)。11 名耐力性選手，進行長時間(75% VO₂max, 2 小時)固定式腳踏車運動，在運動後第 140 分鐘，唾液 IgA 濃度降至最低(Krzywkowski, et al., 2001)；澳洲游泳隊成員共 22 名，集訓 12 星期，在單次高強度訓練後，唾液 IgA 平均濃度下降(Gleeson et al., 2000)。

菁英選手為了提升運動成績，長期超負荷訓練可能造成生理處於感染高風險的狀況，根據統計，大約有 95% 的感染是發生在黏膜組織表層(Bosch, Ring, de Geus, Veerman, & Amerongen, 2002)，例如 URTI。研究指出唾液內 IgA 濃度低於 40 mg/L (Gleeson et al., 1999)，或 IgA 分泌速率低於 40 g/min(Fahlman & Engels, 2005)，可能是 URTI 高風險的指標之一。上述的文獻中，沒有確切發現 URTI 和 IgA 濃度的關係，專家提出說明，可能是研究週期長短不同所致，只要觀察的訓練週期夠長，就能統計出兩者的關係。38 名菁英帆船選手組成的訓練營觀察時間長達 50 周，收集每位選手唾液樣本共 50 個，針對 IgA 濃度與 URTI 為主要研究變項，得到很明確的答案，個別選手唾液 IgA 濃度變異度大(CV= 48%)，但 IgA 濃度降低，會提高 URTI 的罹患機率($r = -0.54$, $p < 0.005$)。另外發現，罹患 URTI 的選手，在患病前三個星期 IgA 濃度會開始下降，當濃度在正常(健康狀態)的 70%，則罹患呼吸道疾病機率有 28%，而如果只有原濃度的 40%，罹患機率則提升到 48% (Neville, Gleeson, & Folland, 2008)。觀察 75 名美國大學美式足球員也得到類似的結果，在一整年訓練期中，相對高強度期間，IgA 濃度與分泌速率都會顯著

低於正常強度訓練期，並且是屬於 URTI 高發生期。此實驗統計分析也發現，IgA 分泌速率是預測 URTI 的有效因子 (Fahlman & Engels, 2005)。以上結果發現對於固定訓練的選手，長期監控唾液 IgA，適時調整訓練課表，是有效預防 URTI 發生。

職業運動員的訓練是嚴格且密集，一次訓練或比賽結束後休息的時間，可能無法讓免疫系統完全恢復，腳踏車運動以 60% VO_2max 模擬訓練 2 個小時之後，結果發現要恢復唾液的流量、IgA 和 α -澱粉酶濃度至少需要休息 3 小時 (Li & Gleeson, 2004)。但不同運動項目的特性彼此可能不盡相同，根據 Drust 設計，屬於足球專項的運動內容包含衝刺、慢跑、步行、站立、快走 (Drust, Reilly, & Cable, 2000)，發現受試者在單次測試後唾液 IgA 濃度反而顯著升高，在 2.25 小時之後可以恢復到休息時的濃度 (Sari-Sarraf, Reilly, Doran, & Atkinson, 2007)。

運動後唾液 IgA 濃度的變化，可能與運動的種類(強度)與時間有關，甚至參賽選手的狀況也有影響；另外監測運動員長期訓練，以 IgA 濃度預測 URTI 發生，更是重要的議題，從以上文獻發現，也的確可以有效達成，而有關教練如何從訓練效果，與免疫恢復期中間取得平衡，有賴於更多的運動免疫學者共同努力。

2.6 運動與黏膜抗菌蛋白之關係

抗菌蛋白是先天性免疫系統重要的夥伴，可以避免上呼吸道黏膜直接被微生物攻擊，在以往的文獻當中，檢測運動後呼吸道黏膜免疫能力，主要觀察唾液 IgA 濃度的增減；較新

的研究，針對唾液抗菌能力的表現 (Davison, et al., 2009)，利用乳鐵蛋白 (lactoferrin, LF)，溶菌酶 (lysozyme, Lys) 等黏膜抗菌蛋白變化 (Usui, et al., 2011; West, et al., 2010)，探討運動前後呼吸道黏膜免疫能力的變化情形。

呼吸道黏膜抗菌蛋白主要由呼吸道表皮細胞或唾腺分泌，在唾液中有 LF、白血球蛋白酶抑制因子 (leukocyte protease inhibitor, LPI)、組蛋白分子 (histatin)、cathelicidin 家族的 LL-37; defensins 家族的 HNP1-3 與 HBD-1 到 HBD-4 (Diamond, Beckloff, & Ryan, 2008)。這些相關的抗菌蛋白，通常是小於 100 個胺基酸所構成的短肽，且具有抵抗病原菌能力，可以有效抑制格蘭氏陽性和陰性菌、病毒與真菌的生長 (Travis et al., 1999)。抗菌蛋白的抗菌機制，可以歸納出 4 種方法，破壞細胞膜的完整；啟動病原菌的自溶作用；破壞病原菌酵素或 ATP；干擾 DNA 或 RNA。除了抵抗病原菌之外，也可以加速身體免疫系統的動員，刺激細胞激素分泌、動員適應性免疫、中和發炎作用，以及加速傷口癒合 (West, Pyne, Renshaw, & Cripps, 2006)。近來檢測抗菌蛋白已經被建議是診斷黏膜免疫系統的方法之一，除了上皮細胞保護作用、IgA 抑制微生物感染、白血球吞噬作用之外，亦可降低黏膜發生感染，研究也支持唾液抗菌蛋白濃度降低，可能會引起黏膜感染或口腔疾病 (Tao et al., 2005)，可知抗菌蛋白對於口腔或呼吸道黏膜健康扮演重要的角色。

LF 與 Lys 是黏膜系統中主要的抗菌蛋白，LF 能夠攜帶鐵離子 (Fe^{3+}) 是體內重要的運輸蛋白之一，憑藉著這個特性能夠與入侵的微生物競爭鐵離子達成抑制微生物生長的特性 (Weinberg, 1992)；體內 LF 有正向調節免疫系統的功效，幫

助淋巴細胞活化與成熟、促進脾臟 B 細胞分化、增加白血球吞噬作用、增加自然殺手細胞數量 (Legrand, Ellass, Pierce, & Mazurier, 2004)。溶菌酶可以從白血球、單核球、巨噬細胞分泌，對抗原有非專一性的特點 (West, et al., 2006)。另外，唾液中 α -澱粉酶是重要的蛋白質酵素，除了可以分解食物澱粉成為麥芽糖，在上呼吸道也能抑制病原附著在上皮細胞，並降低感染機率 (Scannapieco, Solomon, & Wadenya, 1994)，唾液 α -澱粉酶的分泌會受到交感神經活化的調控，運動後正腎上腺素的濃度與 α -澱粉酶呈正相關，兩者相關係數 $r=0.64$ ，運動的強度會直接影響澱粉酶的合成分泌。 α -澱粉酶濃度上升也可以當成交感神經系統活化指標 (Chatterton, Vogel song, Lu, Ellman, & Hudgens, 1996)，目前也成為運動與黏膜抗菌能力觀察的指標之一。

8 名經過訓練的男性選手，設定腳踏車運動 100% ($330 \pm 32W$) 強度 1 分鐘，緊接著 2 分鐘 30% 強度為一組，共進行 20 組，總計一小時的高強度間歇運動。受試者在 1-10 分自覺量表中 (Rating of Perceived Exertion, RPE)，最高得分 9.6，IgA 濃度在運動後沒有改變，而 α -澱粉酶濃度在運動後顯著上升。作者認為高強度間歇運動， α -澱粉酶顯著上升對黏膜防禦能力是有正面效果，且運動後 1 小時唾液流量恢復正常，可保持口腔濕潤並維持唾液滲透壓，穩定唾液成份，對運動後呼吸道的健康都有正面的幫助 (Walsh et al., 1999)。17 名菁英西式划船選手，與對照組 18 名坐式生活的一般人，17 名實驗組持續監控 5 個月，平均每兩個星期在下午訓練前收集唾液一次，每次收集要求在同一個時段。對照組在集訓的開始、過程、結束一共 3 次收集唾液，並且要求每個星期有 5 小時

的身體活動；另外，有 11 名選手在實驗室進行單一次高強度划船運動，並比較單次運動前後，免疫指標的變化情形。收集唾液樣本後，檢測 LF 與 Lys 的濃度，發現長期訓練的選手，唾液 LF 含量在集訓前與集訓中顯著低於控制組，兩者差距約 50%；Lys 濃度兩組則沒有顯著差異。而單次划船運動後，LF 與 Lys，在訓練後分別上升了 50%與 122%，皆與運動前達顯著差異。此作者認為，長期集訓明顯降低選手唾液中抗菌蛋白濃度，對選手呼吸道黏膜與訓練是潛在性的危機；但單次強度的訓練，抗菌蛋白在運動後急性期的提升，可能有利於呼吸道黏膜免疫能力(West, et al., 2010)。

抗菌蛋白的變化除了受運動效果調控，呼吸道在運動過程中產生物理性的傷害也會使得抗菌蛋白聚集，因激烈運動伴隨的過度換氣(hyperventilation)可能損傷上皮細胞表面，而 Bowdish 等人在 2005 年也指出，抗菌蛋白可以誘發局部分泌細胞激素、集合免疫細胞到患部、加速修護受損傷的上皮細胞(Bowdish, et al., 2005)。多數對抗菌蛋白與病原菌的文獻，大多以體外研究為主，如以運動介入為壓力的來源，進一步探討彼此關係，學者認為可以深入研究。24 名健康男性，依照實驗設計強度分成高、中、低三組，三組皆在同一個環境中完成 5000 步的慢跑，而速率分別為每分鐘 180、130、80 步，結束後進行血液分析，採血點分別在運動前、運動後、運動後 1 小時與 4 小時，檢測血清中鐵離子濃度、LF、白血球數量和血清抗菌能力檢測。結果 LF 與血清抗菌能力在中、高強度運動後與運動後 1 小時顯著上升，白血球的數量在運動後 1 小時才顯著增加。此實驗抗菌能力提升的原因，作者解釋是 LF 濃度快速上升，且作用的速率快於中

性白血球，確認 LF 在運動後抗菌能力的重要性 (Inoue, Sakai, Kaida, & Kaibara, 2004)。

目前認為運動引起壓力荷爾蒙濃度提高，會影響呼吸道黏膜抗菌蛋白表現，但多大的運動強度壓力能引起顯著的變化，目前仍未知，其中的關鍵，當運動強度超過 60% VO_2max 能引起循環系統皮質醇濃度的上升 (Virus, 1996)，而相關文獻指出，皮質醇的上升，可能會抑制唾液 IgA 和溶菌酶的分泌 (Hucklebridge, Clow, & Evans, 1998; Perera, Uddin, & Hayes, 1997)。其他，10 名健康有運動習慣的男性，受試者分別以強度 50% VO_2max 、強度 75% VO_2max 與漸增式衰竭進行腳踏車運動，在這三種模式下運動 22.3 分鐘，每次間隔至少 3 天，收集唾液的時間在運動前、運動後與運動後 1 小時，分析唾液 IgA、溶菌酶、皮質醇、壓力指標 α -澱粉酶和嗜鉻粒蛋白 (chromogranin A, CgA) 濃度變化情形。唾液內 α -澱粉酶和 CgA，被學者認為可以反應生理心理負荷壓力與黏膜免疫的變化 (Walsh, et al., 1999)。結果，唾液流量在此篇短時間的實驗中，皆沒有顯著性變化。衰竭組的 IgA 與溶菌酶在運動後分泌速率增加，而 1 小時之後恢復到運動前的水準；75% 強度組，溶菌酶分泌速率在運動後也有顯著增加，而 1 小時之後恢復到運動前的水準；50% 強度組，IgA 與溶菌酶在運動後則沒有顯著變化。另外，皮質醇濃度在運動後 1 小時才開始增加，且高強度較中強度顯著；但運動後短時間內，未發現有抑制 IgA 與溶菌酶的現象。兩個興奮壓力指標 α -澱粉酶與 CgA，在高強度運動後分泌速率皆顯著增加，作者推測短時間高強度運動，引起抗菌蛋白運動後暫時性增加，可能和交感神經系統活化有關，但唾液流量在此運動條件下是沒

有顯著改變。(Allgrove, Gomes, Hough, & Gleeson, 2008)。

唾液及呼吸道表層的 LL-37 是由上皮細胞、巨噬細胞、白血球、部分唾腺分泌，目前研究顯示 LL-37 是 Cathelicidin 家族中，在呼吸道黏膜層發現的唯一成員(Nijnik & Hancock, 2009);而 Defensins 家族因構造上的差別，共有 α -defensins、 β -defensins、 θ -defensins 三種異構物，而作用於表皮細胞與呼吸道黏膜層的屬 HNP1-3 和 HBD-2 兩種(Ganz, 2004)。

12 名有運動習慣的男性，受試者以 55~65% VO_2max 為設定強度，進行長時間固定式腳踏車運動 150 分鐘，受試者自覺量表平均 13(最高 20)，唾液收集點在運動前與運動後 5 分鐘，以酵素連結免疫吸附法(Enzyme-linked Immunosorbent Assay, ELISA)分析唾液 IgA、LL-37 與 HNP1-3 的濃度，並利用體外培養技術檢測唾液抑制大腸桿菌(*E.coli*)生長的能力。結果，運動後 IgA/滲透壓比值顯著下降，而 IgA 濃度並沒有顯著差異；兩種抗菌蛋白在運動後，濃度會顯著上升，分泌速率也顯著增加，但唾液抗菌能力維持運動前的水準，對此作者認為雖然抗菌能力沒有增加，但抗菌蛋白濃度增加可能提高上呼吸道第一層的保護，或是補償 IgA/滲透壓比值下降造成的免疫抑制(Davison, et al., 2009)。類似的結果，10 名健康青年，以 75% VO_2max 強度進行固定式腳踏車運動，時間 1 小時，分析運動後兩小時內抗菌蛋白 HBD-2 與 LL-37、IgA、皮質醇濃度。結果，HBD-2 與 LL-37 在運動後皆顯著高於對照組，而 IgA 在運動後一小時顯著低於對照組，皮質醇則在運動結束達最高濃度，並顯著高於對照組；另外 HBD-2 與 LL-37 與皮質醇皆呈現顯著負相關，分別為 $R=-0.882$ 與 $R=-0.903$ ，作者認為單次高強度運動，增加 HBD-2

與 LL-37 兩種抗菌肽濃度，對黏膜免疫有正面的幫助，但可能會受到皮質醇的上升而受到干擾(Usui, et al., 2011)。

目前運動後抗菌蛋白濃度增加機制，推測與運動中白血球募集、發炎前激素 Interleukin-1 (IL-1)、Tumor necrosis factor- α 、TNF α 刺激有關(Usui, et al., 2011)，但與運動後呼吸道黏膜免疫能力(例如：URTI)彼此關係仍未清楚了解，學者建議為了釐清一連串的疑問，必需把運動的時間長短、強度高低和持續訓練期間，以及不同運動項目等因素一併納入考量研究。此外，唾液抗菌蛋白的種類，目前已知高達 700 多種，更加深研究的困難度，並須從中分類並建立與呼吸道黏膜有直接關係的種類。

2.7 運動與唾液類固醇荷爾蒙之關係

唾液中的類固醇荷爾蒙，主要有皮質醇和睪固酮兩種，並非全由唾腺分泌，類固醇分子屬於脂溶性，可以透過被動運輸方式，從血液滲透血管壁到口腔唾腺，經分泌作用到唾液中，在收集唾液檢體時應特別注意口腔衛生避免感染，口腔傷口的白血球或齙齒的細菌，都可能因酵素作用，分解唾液類固醇，造成濃度下降(Kaufman & Lamster, 2002)。唾液中類固醇屬於游離態，分子體積小能自由的滲透到細胞中，在血液中游離態的類固醇最多占 10%，這些游離態的類固醇分子容易穿過組織到達目標器官或細胞，一般認為較具生物活性(Gozansky, Lynn, Laudenslager, & Kohrt, 2005)。

目前研究發現心情焦慮、精神憂鬱或運動刺激都可能導致體內皮質醇上升(Papacosta & Nassis, 2011)，且濃度會隨著壓力源增加而升高。例如運動強度高於 60% VO_2max ，且持

續時間超過 30 分鐘，會提高血液皮質醇的濃度(Tremblay, Copeland, & Van Helder, 2005)。研究也發現運動後唾液類固醇的反應，不會因為唾液流速(Flow rate)改變而干擾變化趨勢(Vining, McGinley, & Symons, 1983)；但最近的研究則發現，進行阻力運動的男性選手，在阻力訓練前如有脫水現象則會增加體內訓練後皮質醇濃度(Judelson et al., 2008)。目前研究包含運動恢復期(Neary, Malbon, & McKenzie, 2002)、高強度腳踏車運動(O'Connor & Corrigan, 1987; Port, 1991)、阻力訓練課程(Cadore et al., 2008)都發現唾液皮質醇與血清皮質醇濃度有顯著相關，r 值達 0.6~0.9，甚至發現唾液皮質醇的變化比血清更顯著(Obminski & Stupnicki, 1997)。在運動結束後，血液中皮質醇濃度在 20 分鐘內會達到高峰，唾液內皮質醇則在運動後 30 分鐘達高峰(Papacosta & Nassis, 2011)。運動選手進行訓練與比賽造成生理與心理的負荷壓力，累積的壓力會干擾生理的穩定平衡，包含免疫系統。高壓力刺激使得內分泌系統，下視丘—腦垂體—腎上腺軸活化，腎上腺皮質部分分泌皮質醇，因此利用這個反應連動，可以依據唾液皮質醇高低，來推估選手面對比賽情境時生心理壓力狀態(Passelergue & Lac, 1999)。皮質醇在體內的生理功能包含參與醣類、脂類、蛋白質代謝、抑制發炎與免疫抑制作用、代謝肌肉組織，在正常狀況每人每天都會分泌約 8-25 mg (Zumoff, Fukushima, Weitzman, Kream, & Hellman, 1974)，且分泌高峰在早上 8 點之後逐漸下降，呈現晝夜節律性變化。

黃體刺激激素(luteinizing hormone, LH)藉由 cAMP 訊號路徑，刺激睪丸細胞分泌睪固酮，早晨(8 點)分泌量達到每日

高峰，具有日節律性。青壯年約二十~二十五歲體內濃度最高，而後隨著年齡慢慢遞減(Harman, Metter, Tobin, Pearson, & Blackman, 2001)。睪固酮對男性影響甚大，包括幫助運動員肌肉組織肥大與促進爆發力、維持骨骼完整、保持血管暢通與性行為衝動(Winters, 1999)，運動後睪固酮的反應與運動類型有關，如果屬於動用大量肌肉的運動型態，會刺激血液睪固酮濃度增加。過去研究睪固酮的變化，主要集中在阻力訓練類型的男性運動員，並發現訓練後恢復期唾液睪固酮的上升，是有助於肌力的表現與合成(Beaven, Cook, & Gill, 2008)。

睪固酮與皮質醇比例(testosterone/cortisol ratio, T/C ratio)可以反應體內生合成/分解代謝指標，過去學者認為，當比例持續下降超過 30%，或血清內低於 0.35×10^{-3} 可用於判斷選手過度訓練的指標(Adlercreutz et al., 1986; Banfi, Marinelli, Roi, & Agape, 1993)。此外研究結果也發現，高強度長時間的單次訓練或競賽，也會降低 T/C 比值(Urhausen, Kullmer, & Kindermann, 1987)。

回顧唾液皮質醇或睪固酮的文獻，結果並沒有一致，學者認為必須連同受試者、種類、持續時間一同研究，因為可能具有高個體差異的特性。正規賽季中，巴西一支足球隊球員，訓練課程是分兩隊模擬正式比賽，實驗分析比賽前後唾液皮質醇的變化與自覺量表統計，結果自覺量表平均 16.6 ± 0.9 ，介於累到非常累之間，而兩隊球員平均唾液皮質醇皆有上升趨勢，但皆未達顯著水準($p=0.06$)，作者認為本實驗設計強度足夠刺激皮質醇的分泌，但因為這些菁英選手對足球專項經過千錘百鍊的訓練，其生理可能產生適應現象，另一方面

發現選手個別差異很大，也影響結果的顯著性(Moreira, Arsati, de Oliveira Lima Arsati, da Silva, & de Araujo, 2009)。其他學者則建議，訓練中的模擬比賽心理承受負擔壓力不比真正比賽強烈，也可能會降低運動刺激對唾液皮質醇的表現(Whitehead, Butz, Kozar, & Vaughn, 1996)，同樣發現在高強度室內跑步機實驗中，血清皮質醇在運動後到恢復期，皆保持正常水準並沒有變化(Vuorimaa et al., 1999)。美國大學運動聯盟-高爾夫巡迴賽，以 8 名高球選手分析比賽中唾液皮質醇、睪固酮和運動表現的關係，過去文獻認為高爾夫運動著重細節動作表現，所需體能負荷較少，大約維持在 35~41% VO_2max (Murase, Kamei, & Hoshikawa, 1989)，實驗設計是這 8 名選手在第一天賽事 36 洞中，每完成一洞就收集一次唾液，尚包括比賽前收集一次總共收集 37 個唾液樣本待分析；對照組同這 8 名選手，在 3 個星期後，比照同樣的時間點收集唾液，數據結果以每 6 洞為單位，計算曲線下面積，並與對照組進行比較。發現在比賽進行當時，唾液皮質醇皆高於對照組，但睪固酮則沒有差異；T/C 比值在比賽開始後，皆顯著低於對照組，且 T/C 比值與運動成績表現呈現正相關($r=0.82$)。根據結果，作者認為除了比賽的強度之外，賽事規模對選手造成的心理壓力也是造成唾液皮質醇升高的主因(Doan, Newton, Kraemer, Kwon, & Scheet, 2007)。

另有研究針對賽後恢復期，以唾液皮質醇與睪固酮的變化，來觀察經過多久的休息身體能恢復到正常代謝。同一隊 20 名英式橄欖球選手，在比賽前兩個月，早上 8 點和下午 4 點與 8 點收集唾液，當成實驗的對照組；期間兩個月皆正常訓練，真正比賽當日，分別也在早上 8 點以及下午賽後 4 點、

6 點和 8 點收集唾液；恢復期設定為比賽後連續六天，收集唾液時間點，分別在早上 8 點和下午 8 點，分析唾液皮質醇與睪固酮濃度。結果發現比賽當天，皮質醇在賽後顯著升高，之後逐漸下降，到下午 8 點恢復正常水準；但在恢復期前四天早上，都顯著低於對照組。睪固酮在運動後顯著低於對照組，在下午 8 點恢復正常水準，在恢復期前三天早晚都有高於對照組的趨勢。T/C 比值在運動後顯著降低，之後上升至正常水準，在恢復期前四天，早晚都會呈現較對照組高的 T/C 比值；到恢復期第五天早上，才開始低於恢復期第一天。此作者認為經過激烈衝撞型態的競賽後，5 天內不宜再進行高負荷的訓練或比賽。(Elloumi, Maso, Michaux, Robert, & Lac, 2003)。運動後經下視丘的調控，使腎上腺軸刺激活化，抑制性腺軸(gonadotropic)，使運動後皮質醇上升，而睪固酮下降(Barbarino et al., 1989)。然而，兩種激素中間是否有直接作用關係，目前仍然需要檢驗更多運動後或恢復期的荷爾蒙變化才可做出解答。

藉由追蹤皮質醇，也可預防選手在高訓練強度下產生超負荷(overreaching)或更嚴重的過度訓練(overtraining)；長期追蹤 17 名選手，在訓練過程中有 15 名產生短期的超負荷現象，有趣的現象，期間這 15 名選手在一般狀態下，較正常選手體內皮質醇會快速升高；但在運動後，皮質醇反而會低於休息狀態(Urhausen, Gabriel, & Kindermann, 1998)。學者認為是腎上腺皮質失能(dysfunction)或 HPAA 軸對運動刺激敏感度降低所致。

唾液類固醇荷爾蒙能直接反映運動訓練的效益，也能預防過度疲勞產生免疫抑制，對選手與教練是值得參考的科學數

據。從準備期、訓練期到比賽期，教練可以參考數據擬定訓練計畫，建議選手該付出更多努力或減量並得到適當休息。從以上文獻也了解，比賽中心理層面的壓力也能從數據推估，且可能和比賽成績相關，鑒於此，教練訓練的重點不再只是技巧與體能；幫助選手降低賽前或比賽中的焦慮，也應是教練訓練選手的重點項目。

第參章 研究方法與實驗步驟

3.1 受試者

3.1.1 對象

西苑高中游泳隊男性共計 9 名，身高 175.3 ± 3.3 公分；年齡 17.6 ± 0.9 ；體重 70.2 ± 12.3 公斤；身體質量指數 22.9 ± 4.1 (表一)，每位受試者皆沒有心血管疾病、糖尿病、高血壓、氣喘等疾病；本研究通過國立臺灣體育學院人體試驗委員會的審核，於實驗前告知受測者實驗之目的、流程及風險，並簽署研究同意書。

3.1.2 人員特性

平均游泳訓練時間 8 年~12 年，一個禮拜訓練 5 至 6 天，在一般訓練期以體能為主，每天 2 次早晚各一，總共 4 小時，訓練距離約 7000~8000 公尺，搭配陸上肌力訓練；接近比賽期，每日訓練總時間約 4 小時，早晚各一次，早上以體能技巧為主，下午以高強度間歇訓練為主，此時期訓練距離約為 3000~4000 公尺。本實驗進行時，選手為一般訓練階段。

3.2 實驗設計

本實驗內容設定為單次長時間高強度訓練對黏膜免疫的影響，游泳強度設定參考 Dimitriou 等人(2002)的方法，根據受試者最佳成績計算，進行 2 小時訓練，總距離 7200 公尺；為了兼顧本次實驗之高強度與長時間之要求，所以選擇游泳中長距離項目，200 公尺自由式為一組單位，每一組限制 2 分 50 秒內完成，共進行 36 組；經過受試者最佳成績換算後，平均為 $78.8\pm 3.6\%$ 的最佳成績 (表二)。受試者在早上 7 點 30 分集合，為了避免飲食干擾，所以在空腹 10 小時下進行，實

驗中補充水份的原則參考 Li & Gleeson (Li & Gleeson, 2004), 每隔 20~30 分鐘皆補充水分 250 毫升。本實驗所有受試者在實驗的前四天為了達到完全的休息，皆停止訓練，而實驗前一晚的餐點，由研究人員統一提供。

3.3 當日實驗流程與場地設備

實驗流程從早上 7 點 30 分在訓練場地集合開始，持續到 11 點 25 分結束(圖一)。早上所有受試者集合至台中市牛頓游泳池，在 7 點 45 分進行第一次唾液收集，隨後補充檸檬口味的水份 500 毫升，接著換裝並熱身，在 8 點 30 分開始高強度游泳訓練，總時間 115 分鐘，過程中第 12 組結束上岸 3 分鐘並補充水分 250 毫升；第 20 組結束上岸 3 分鐘並補充水分 250 毫升；第 28 組結束上岸 3 分鐘並補充水分 250 毫升，直到第 36 組結束後上岸，先要求漱口 3 次，每次 30 秒，並等待 5 分鐘後準備第二次唾液收集；最後，等待 1 小時後開始第三次唾液收集，期間沒有進食或補充水分。

本次訓練場所，共利用兩條水道，長度 25 公尺，水溫 24℃，水質符合衛生標準。

3.4 唾液收集

唾液收集前，一律以市售礦泉水漱口三次，每次 30 秒，休息 5 分鐘後才開始收集唾液；本實驗採用自然流下的方式，受試者手持唾液收集管置下嘴唇處，目標收集 2 ml；受試者以坐姿方式進行，頭部微微朝下，並口頭告知平緩心情。唾液收集後，集中放置在冰點環境，待三次唾液樣本全部收集後帶回實驗室，放入 -80℃ 保存，之後進行分析。

3.5 唾液分析

3.5.1 總蛋白質

總蛋白質的濃度測定方法採用 BCA (bicinchoninic acid) Assay Kit，將 BCA Reagent A 和 BCA Reagent B 以 50: 1 稀釋成 working reagent (WR) 並加入 96 孔盤中 (每孔加入 100 μ l)，唾液樣本和調製好的 WR 以 25 倍稀釋，每孔加入 100 μ l；Standard 以稀釋過的 Albumin (2000 μ g/ml) 和去離子水 (Deionized water) 以 1: 1 倍稀釋，在作為 Standard 的孔盤中將 WR 加入第一孔中，並逐一做倍數稀釋 (serial dilution)，最後一格則不加，將 96 孔盤放置 37 $^{\circ}$ C 的溫度中避光反應 30 分鐘，最後使用酵素免疫分析測讀儀 (ELISA reader) 以波長 540 nm 偵測其吸光值。

3.5.2 免疫球蛋白 A

唾液 IgA 的濃度測定方法採用酵素連結免疫吸附法 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)。首先將 Anti-human IgA 抗體 (Sigma:I9889) 和 Coating buffer (Na₂CO₃ 0.8 g、NaHCO₃ 1.45 g 配製成 500 ml，pH 9.6) 以 1: 800 做為稀釋，加入 96 孔測定盤中每孔加入 100 μ l 置 4 $^{\circ}$ C 冰箱隔夜，以 washing buffer (NaCl 16 g、KCl 0.4 g、KH₂PO₄ 0.4 g、Na₂HPO₄ 5.8 g、Tween-80 2 g 配製成 2 L，pH 7.2) 清洗一次，每孔再加入 150 μ l 的 blocking buffer (Bovine albumin protein 0.4 g 加入 PBS 200 ml) 室溫反應 10 分鐘後清洗一次。唾液樣本和 PBS 以 500 倍稀釋後每孔加入 100 μ l；Standard 以抗體 (Sigma:I2636) 和 PBS 以 100 倍稀釋，96 孔盤的第一排與第二排作為 Standard，其中二至八孔加入 PBS 100 μ l，100 倍稀釋抗體加入第一孔中，再取一次

100 倍稀釋抗體加入第二孔中並做倍數稀釋到第七格，最後一格則不加抗體稀釋，上述動作完成後置室溫反應九十分鐘後清洗二次。將 Anti-humin IgA peroxidase conjugate 抗體 (Sigma:A3062) 和 PBS 以 5000 倍稀釋，每孔加入 100 μ l，反應九十分鐘後清洗三次。最後以 Alkaline Phosphatase Yellow (Sigma:P7998) 每孔加入 100 μ l 進行呈色反應，室溫反應 30 分鐘，以 ELISA reader 波長 405 nm 偵測其吸光值。

3.5.3 乳鐵蛋白

LF 的濃度測定方法採用酵素連結免疫吸附法。首先將 Sheep Anti-human Lactoferrin 抗體 (ABcan:ab35303) 和 Coating buffer 以 1:1000 做為稀釋，加入 96 孔盤中 (每孔加入 100 μ l) 放入 4°C 的冰箱靜置一個晚上，其後以 washing buffer 清洗一次，每孔再加入 200 μ l 的 blocking buffer 反應六十分鐘後清洗一次。唾液樣本混和 PBS 以 2000 倍稀釋，每孔加入 100 μ l; Standard 以抗體 (LF:Sigma:LO520) 和 PBS 以 500 倍稀釋，96 孔盤的第一排與第二排作為 Standard 其中二至八孔加入 PBS 100 μ l，再將 500 倍稀釋的抗體加入第一孔中，再取一次抗體加入第二孔中並做倍數稀釋，最後一格則不加抗體，置室溫反應九十分鐘後清洗二次。將抗體 Rabbit anti-LF (ABcan:ab15811) 和 PBS 以 500 倍稀釋，每孔加入 100 μ l，放入 4°C 的冰箱靜置一個晚上後清洗三次。將抗體 Goat anti-rabbit IgG conjugated with alkaline phosphatase (ZYMED:816122) 和 PBS 以 10000 倍稀釋，反應兩小時後清洗三次；最後以 Alkaline Phosphatase Yellow (Sigma:P7998) 每孔加入 100 μ l 進行呈色，室溫靜置 40 分鐘後以 ELISA reader 波長 405 nm 偵測其吸光值。

3.5.4 唾液澱粉酶

唾液澱粉酶使用 Salimetrics α -amylase assay kit (NO.1-1902, 96-Well Kit)。首先將所有的試劑回溫至室溫，唾液用試劑 α -amylase diluent 以 200 倍稀釋，稀釋後取 8 μ l 加入指定的 96 孔盤中；再將預先加熱至 37°C 的 α -amylase substrate solution 取 320 μ l 加入 96 孔盤中反應；室溫反應 1 分鐘與 3 分鐘以 ELISA reader 波長 405 nm 偵測其吸光值，最後經公式計算得唾液澱粉酶濃度。

計算公式： α -amylase activity=

$$(3\text{min}-1\text{min})\times 0.328\times 200/(12.9\times 0.008\times 0.97)$$

3.5.5 唾液抗菌能力分析

首先製作 Luria-Bertani (LB agar) 培養基作為細菌生長的平台 (plate)，以固態形式先放置冰箱冷藏 (4°C) 儲存，如要使用時回溫後可直接使用。在無菌操作台以玻璃養菌管加入培養液與大腸桿菌 (*E. coli*) 混合後放置細菌培養箱 37°C 搖晃隔夜。第二天首先稀釋菌液濃度後達到以 ELISA reader 波長 405 nm 測其透光率在範圍 0.6~0.7，達成此目標濃度後再稀釋 10^6 倍得到抗菌實驗所使用的菌液；接著取稀釋菌液 700 μ l 與唾液 300 μ l 混合後在 37°C 培養箱搖晃 1 小時，並取 100 μ l 均勻塗抹在 LB agar 上為實驗組；取稀釋菌液 700 μ l 與 PBS 300 μ l 混合後在 37°C 培養箱搖晃 1 小時，取 100 μ l 均勻塗抹在 LB agar 上為對照組；塗抹好的 plate 皆放入 37°C 培養箱隔夜，最後分別計算菌落數 (Colony forming units, CFU)；唾液抗菌能力：Anti-Bacteria Activity (%) = 100 - (實驗組 / 對照組 \times 100)。

3.5.6 唾液皮質醇

唾液皮質醇使用 DRG Instruments (Marburg, Germany) Salivary Cortisol ELISA (NO.DX-SLV-2930)。步驟如下，準備好適當數量的 Microtiterwells (coated with mouse anti-Cortisol antiserum)，唾液 100 μ l 加入 well 中；另外 Standard (分別為 0、2、5、10、20、40、80 ng/mL) 與 Control (High、Low) 也各取 100 μ l 分別加入適當的 well 中，接著每一個 well 加入 200 μ l Enzyme Cojugate 並充分混合，置室溫 60 分鐘；每個 well 用 40 倍稀釋好的 Wash solution 400 μ l 清洗，接著每個 well 加入 200 μ l 的 Substrate solution 室溫反應 30 分鐘；最後每個 well 加入 100 μ l Stop solution，並且在 10 分鐘內以 ELISA reader 波長 450 nm 偵測其吸光值；使用 4-Parameter logistics 方法計算 Standard，得到曲線公式與 R^2 值，將唾液樣本的吸光值帶入曲線公式得到濃度 (ng/mL)，濃度 ng/mL \times 2.76 可換算成 nmol/L。

3.5.7 唾液睪固酮

唾液睪固酮使用 DRG Instruments (Marburg, Germany) Salivary Testosterone ELISA (NO.DX-SLV-3013)。步驟如下，準備好適當數量的 Microtiterwells (coated with anti-Testosterone antibody)，將唾液 100 μ l 加入 well 中，另外 Standard (分別為 0、10、50、100、500、1000、5000 pg/mL) 與 Control (High、Low) 也各取 100 μ l 分別加入適當的 well 中，接著每一個 well 加入 200 μ l Enzyme Cojugate 並充分混合，置室溫 60 分鐘；每個 well 用 40 倍稀釋好的 Wash solution 400 μ l 清洗三次，接著每個 well 加入 200 μ l 的 Substrate solution 室溫反應 30 分鐘；最後每個 well 加入 100 μ l Stop solution，並且在 10 分鐘內以 ELISA reader 波長 450 nm 偵

測其吸光值；使用 4-Parameter logistics 方法計算 Standard，得到曲線公式與 R^2 值，將唾液樣本的吸光值帶入曲線公式得到濃度 (pg/mL)，其濃度 $\text{pg/mL} \times 3.47/1000$ 可換算成 nmol/L。

3.6 運動自覺量表

運動自覺量表 (Rating of perceived exertion, RPE) 是由瑞典生理學家 Gunnar Borg 所發展出來的心理生理量表；透過知覺上的努力程度判斷，整合肌肉骨骼系統、呼吸循環系統與中樞神經系統的身體活動訊息，建立個人身體活動狀況的知覺感受 (Irving et al., 2006)；而且個人 RPE 的得分並不會因為運動類型不同而有差異 (Hetzler et al., 1991)。

3.7 統計分析

使用 SPSS 12.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 統計分析軟體，所有資料以平均值 \pm 標準誤呈現；唾液免疫分子、抗菌能力、皮質醇與睪固酮以重複量數單因子變異數進行分析，運動後 1 小時、運動後分別與運動前比較，並使用雪費法 (least significant difference, LSD) 進行事後比較，統計顯著水準定為 $p < 0.05$ 。

第肆章 結果

4.1 受試者資料

本研究以 9 名競技游泳選手為受試者；平均年齡 16.8 ± 1.1 歲，身高 174.7 ± 3.5 公分，體重 69.6 ± 11.6 公斤，身體質量指數 22.9 ± 3.7 (表一)。

4.2 自覺量表

受試者運動測試完畢後自覺量表得分平均 14.78 ± 1.0 (表二)。

4.3 唾液分析

4.3.1 總蛋白質濃度

唾液總蛋白質濃度運動前 1686.53 ± 550.36 g/ml；運動後 2507.72 ± 1315.66 g/ml；運動後 1 小時 2333.77 ± 2038.23 g/ml，運動後蛋白質濃度與運動前比較有上升的趨勢 ($p=0.054$)，運動後 1 小時與運動前則沒有顯著差異(圖二)。

4.3.2 免疫球蛋白 A

唾液 IgA 運動前 124.86 ± 71.89 g/ml；運動後 130.12 ± 66.39 g/ml；運動後 1 小時 132.48 ± 66.73 g/ml，三個時間點皆沒有顯著差異。IgA/總蛋白質比值運動前 69.25 ± 25.79 g/mg；運動後 52.82 ± 19.93 g/mg；運動後 1 小時 65.01 ± 19.58 g/mg，運動後比值顯著低於運動前 ($p=0.008$)，運動後 1 小時則恢復到運動前水準(圖三)。

4.3.3 乳鐵蛋白

LF 運動前 10155.10 ± 8904.98 ng/ml；運動後 8341.38 ± 5813.51 ng/ml；運動後 1 小時 8977.24 ± 6678.75

ng/ml，三個時間點皆沒有顯著差異。LF/總蛋白質比值運動前 5397.27 ± 3849.64 ng/mg；運動後 3236.96 ± 2277.48 ng/mg；運動後 1 小時 3925.23 ± 2087.48 ng/mg，運動後比值顯著低於運動前 ($p=0.036$) (圖四)。

4.3.4 -澱粉酶

-澱粉酶運動前 24.36 ± 20.57 U/ml；運動後 78.80 ± 81.57 U/ml；運動後 1 小時 63.38 ± 62.19 U/ml，運動後 -澱粉酶顯著上升 ($p=0.034$)。-澱粉酶/總蛋白質比值運動前 13.33 ± 6.93 U/mg；運動後 27.72 ± 18.34 U/mg；運動後 1 小時 25.36 ± 11.61 U/mg，統計發現運動後與運動後一小時都顯著高於運動前的水準 ($p=0.008$, $p=0.004$) (圖五)。

4.4 唾液抗菌能力

抗菌能力運動前有 25.73 ± 9.4 %；運動後 31.46 ± 9.66 %；運動後 1 小時 35.09 ± 8.98 %，運動後與運動後 1 個小時唾液抗菌能力都顯著增加 ($p=0.024$, $p=0.004$) (圖六)。

4.5 皮質醇與睪固酮

皮質醇在運動前 54.87 ± 18.85 nmol/L；運動後 61.70 ± 35.85 nmol/L；運動後 1 小時 55.21 ± 46.05 nmol/L，三個時間點唾液皮質醇濃度皆沒顯著差異。睪固酮在運動前 0.47 ± 0.12 nmol/L；運動後 0.38 ± 0.08 nmol/L；運動後 1 小時 0.41 ± 0.21 nmol/L，統計發現運動後會顯著低於運動前 ($p=0.028$) (圖七)。另外，睪固酮與皮質醇比值，運動前 0.009 ± 0.003 ；運動後 0.007 ± 0.003 ，較運動前降低 23%；運動後 1 小時 0.010 ± 0.005 ，三個時間點都沒有顯著差異 (圖八)。

第五章 討論

5.1 唾液總蛋白質

本實驗在運動後唾液總蛋白質濃度有上升趨勢 ($p=0.054$)，結果與過去研究有類似的結果。耐力選手進行固定式腳踏車運動，強度為 $75\% \text{VO}_2\text{max}$ ，時間為 120 分鐘結果也是呈現上升趨勢 (Krzywkowski, et al., 2001)；另外，馬拉松選手參賽後唾液總蛋白質也顯著上升 (Ljungberg, Ericson, Ekblom, & Birkhed, 1997)；職業足球員在模擬賽後也顯著上升 (Moreira et al., 2009)。Dawes. (1981)指出唾液內蛋白質濃度增加主要因素是運動刺激 - 交感神經活化，降低唾液流量，增加唾腺分泌蛋白質，其中 - 澱粉酶是最直接受到神經刺激活化而大量增加的成分 (Dawes, 1981)。歸納運動後唾液總蛋白質濃度上升因素，可能包括運動過程脫水程度 (Walsh et al., 2004)、唾腺增加蛋白質合成、流速改變等原因。本實驗屬於高強度游泳訓練，但因為池水溫度 (25°C) 可能降低排汗量，減低身體脫水程度，而運動過程中約二十分鐘就補充水分也可以避免身體脫水，因此可能導致唾液總蛋白質沒有出現統計上顯著差異。

5.2 唾液免疫球蛋白 A

本實驗唾液 IgA 濃度運動前後並沒有顯著變化，而 IgA/總蛋白質運動後則顯著低於運動前。有關唾液 IgA 濃度在運動後變化的文獻並不一致，單次高強度長時間 ($75\% \text{VO}_2\text{max}$, 2 小時) 固定式腳踏車運動或長期游泳集訓會降低唾液 IgA 濃度 (Krzywkowski, et al., 2001; Tharp & Barnes, 1990)；時間 3 小時 $55\% \text{VO}_2\text{max}$ 固定式腳踏車運動中，唾液 IgA 增加

(Blannin et al., 1998)、2 小時 60% VO₂max 固定式腳踏車運動後，唾液 IgA 增加 (Bishop, Blannin, Armstrong, Rickman, & Gleeson, 2000)；另外，固定式腳踏車運動強度 50-80% VO₂max，時間 15-45 分鐘後，唾液 IgA 沒有顯著變化 (McDowell, et al., 1991)。一般認為運動後唾液 IgA 的變化應是根據運動強度和持續時間有差異，高強度長時間的運動，可能在恢復期會有抑制 IgA 濃度的情形，而中低強度運動對 IgA 則沒有影響。除此之外，在其他相關文獻中，健康男性進行固定式腳踏車運動，時間 2 小時強度 60% VO₂max，運動中每 15 分鐘補充 150 ml 水分，運動後唾液 IgA 沒有顯著變化 (Bishop, et al., 2000)；健康游泳選手首先熱身 800 公尺，主要游泳測試 5×400 公尺，每回合時間要求為個人最佳成績的 85%，且每回合中間休息 1 分鐘，運動後唾液 IgA 沒有顯著變化 (Dimitriou, et al., 2002)；健康的飛輪選手，進行固定式腳踏車運動，強度 62% VO₂max 時間 2 小時，水分正常攝取，運動後 2 個小時之內，唾液 IgA 沒有顯著變化 (Laing et al., 2005)；健康男性在跑步機上實施間歇性跑步，模擬足球比賽特性，時間共 90 分鐘中間休息 15 分鐘，運動後唾液 IgA 沒有顯著變化 (Sari-Sarraf, Reilly, & Doran, 2006)；巴西足球員在模擬 90 分鐘比賽之後唾液 IgA 沒有顯著變化 (Moreira, Arsati, Cury, et al., 2009)。高強度負荷累積是加劇對唾液 IgA 產生抑制，Mackinnon 與 Hooper 在 1994 年發現長跑選手訓練後唾液 IgA 顯著下降的情形，會發生在連續訓練的第二天以及第三天，但在第一天訓練後並未明顯下降 (Mackinnon & Hooper, 1994)；同一位作者，1993 年發表結果，發現曲棍球球員在 5 天賽程中，休息或比賽後唾液 IgA

濃度在 5 天中呈現漸進式的下降 (Mackinnon, et al., 1993)；而 Kon et al (2010) 發現菁英競速溜冰選手，預先三天的減量訓練，結果可以恢復在比賽當天唾液 IgA 的濃度 (Kon et al., 2010)，由此可見，累積的訓練或比賽壓力的確會抑制唾液 IgA，適時的減量訓練可以恢復身體正常的免疫功能。因此在本實驗前 4 天停止訓練，在足夠的休息條件下，有可能導致運動後與運動後 1 小時唾液 IgA 沒有改變。此外，過去文獻發現長時間運動壓力引發皮質醇升高，會抑制唾液 IgA 在表皮 (epithelial) 的運輸能力 (Sabbadini & Berczi, 1995)，在人體中也發現會產生延遲性降低 B 細胞群生合成抗體的現象 (Saxon, Stevens, Ramer, Clements, & Yu, 1978)，結果在運動後 2-24 小時降低唾液 IgA 濃度 (Mackinnon, Chick, van As, & Tomasi, 1987)。在本實驗中皮質醇濃度在運動後並沒有顯著上升，可能也成為運動後維持黏膜免疫穩定的一項原因。

本實驗數據唾液 IgA/總蛋白質，目的是為了減少運動引起唾液流量改變產生連帶的變化，目前也被認為當比值下降，是黏膜免疫能力下降，可能增加感染的風險 (Blannin, et al., 1998)，但也有部分持相反意見。本結果中運動後唾液 IgA 沒有變化；而唾液 IgA/總蛋白質顯著下降，並在 1 小時之後恢復，與 Moreira et al. (2009) 實驗中足球員的反應結果一致 (Moreira, Arsati, Cury, et al., 2009)。雖然有部分學者認為唾液 IgA/總蛋白質不是好的呈現方式，因為運動中還會有其他的部份蛋白質分泌容易受到唾液流量的干擾，例如唾液澱粉酶，可能導致結果判讀的錯誤；而 Moreira 則認為，只要唾液的流量在運動前後沒有改變 (運動中皆有補充水分)，那唾液 IgA/總蛋白質是可以有效當成一個黏膜免疫的指標。除此

之外，Moreira 也發現 RPE 與唾液 IgA/總蛋白質，呈現中度負相關 ($r = -0.43$, $p = 0.03$) (Moreira, Arsati, Cury, et al., 2009)，唯本實驗並未進一步探討兩者的關係。

5.3 唾液乳鐵蛋白

目前運動後唾液 LF 的相關研究數據有限，過去文獻中提到運動後血清 LF 濃度的上升，被視為是中性白血球活化的指標 (Fielding et al., 2000; Suzuki et al., 2003)；但 Inoue 等人認為運動後血清 LF 會迅速的上升，且與抗菌能力呈現線性關係，這個反應過程明顯快於中性白血球動員的時間，所以 LF 被認為在運動後扮演著獨特，且重要的防禦角色 (Inoue, et al., 2004)。160 公里的超級馬拉松 (Taylor et al., 1987)、短時間中高強度跑步 (Inoue, et al., 2004)、短時間高強度間歇划船訓練 (West, et al., 2010)，以上實驗，在單次運動後血清或唾液 LF 濃度都顯著上升；而本實驗運動前後則沒有顯著變化。然而本實驗中 LF/總蛋白質，在運動後卻出現下降但在運動後一小時就恢復正常水準。過去文獻發現競技選手經過一段時間的集訓包括划船選手唾液 LF 濃度 (West, et al., 2010)；籃球選手 LF 分泌速率，集訓後可能出現下降或低於一般沒有訓練的人 (He, Tsai, Ko, Chang, & Fang, 2010)。

5.4 唾液 α -澱粉酶

本實驗結果唾液 α -澱粉酶濃度在運動後顯著上升，在 1 小時後恢復到休息水準，這個結果與過去文獻一致；8 名健康有受訓練男性在高強度間歇的固定式腳踏車運動時間 1 小時，運動後 α -澱粉酶增加 5 倍，顯著高於運動前，並在運動

後 2.5 小時恢復休息水準 (Walsh, et al., 1999)；8 名健康男性禁食狀態下，同一天早上 9 時與下午 2 時皆進行長時間 2 小時 60% VO_2max 的固定式腳踏車運動，運動後 α -澱粉酶皆顯著上升 (Li & Gleeson, 2004)；10 名健康男性在短時間約 22 分鐘的固定式腳踏車運動，強度分別為 50%、75% 與漸增衰竭，運動後組內 α -澱粉酶皆顯著高於運動前水準，而在 1 小時之後恢復到休息的水準 (Allgrove, et al., 2008)。

α -澱粉酶的上升可能是受到運動後交感神經活化，提高循環系統兒茶酚胺激素的濃度，刺激唾腺分泌包含澱粉酶等分子 (Anderson et al., 1984)；Calvo et al. 發現在漸增式跑步中，受試者唾液 α -澱粉酶在實驗開始先下降至最低點，當跑速增加到 3.3 公尺/秒，唾液 α -澱粉酶與血乳酸濃度會同時上升 (Calvo et al., 1997)；當血乳酸濃開始劇烈上升，一般被認定為無氧閾值 (Anaerobic thresholds, AT)，爾後學者發現兩者同時上升呈現高度正相關 $r=0.93$ ($P<0.001$)，因此當運動強度逐漸提升至無氧閾值，此時交感神經也正開始活化 (Chicharro, Lucia, Perez, Vaquero, & Urena, 1998)。除了當成運動引起交感神經活化的指標， α -澱粉酶也扮演分解澱粉類食物與維持口腔健康的角色，與病原結合的特性可以減少病原菌與口腔表面接觸的機會 (Scannapieco, et al., 1994)。另外，Bishop 等人發現 15 名健康男性，進行 2 小時，強度 60% VO_2max 的固定式腳踏車運動，運動中與運動後 α -澱粉酶濃度皆顯著升高，認為可以增加唾液對病原的清除能力，有效維持運動後黏膜免疫能力與本實驗結果一致 (Bishop, et al., 2000)。

5.5 唾液抗菌能力

維持上呼吸道黏膜免疫的健康，除了本實驗檢測唾液的 IgA、LF 與 α -澱粉酶之外，唾液中尚還有其他種類的抗菌蛋白維持黏膜的健康；Tao et al.(2005)也證實唾液內低濃度抗菌蛋白，容易發生黏膜感染或口腔中的疾病(Tao, et al., 2005)。就目前所知，檢測運動後唾液抗菌能力(Antibacterial capacity)的文獻只有一篇；Davison, et al.找來 12 名健康有運動習慣但非專長的男性，進行長時間中等強度(2.5 小時, 55~65% VO_2max)固定式腳踏車運動，運動中每 15 分鐘補充 2 毫升/每公斤體重的低卡路里飲料。結果發現，唾液 IgA 濃度運動前後沒有顯著變化，而唾液 IgA/滲透壓比值運動後顯著下降，兩種抗菌蛋白 LL-37 與 HNP1-3 運動後都顯著增加，但唾液抗菌能力在運動前後並沒有顯著改變(Davison, et al., 2009)。Davison 認為雖然唾液 IgA/滲透壓比值下降，而抗菌蛋白增加對黏膜免疫系統是一種平衡互補的作用。互補的機制在本實驗游泳選手也同樣有發現，雖然唾液 IgA/總蛋白質在運動後顯著下降，但唾液抗菌能力在運動後與運動後一個小時都顯著增加($p=0.024$, $p=0.004$)；所以 2 小時高強度游泳訓練後，短時間內黏膜免疫可能會的上升，提供更好的防禦機制。

5.6 唾液類固醇荷爾蒙

生理酯類皮質醇上升主要由 HPA 刺激腎上腺皮質分泌，游離態皮質醇經由轉運從血管到唾腺中，調控選手皮質醇上升的因素可能有賽前心理焦慮、精神抑鬱狀態(Gold et al., 1986)和高強度身體活動。本實驗唾液皮質醇在運動前 54.27 ± 17.87 nmol/L，而運動後略增至 61.70 ± 35.85 nmol/L 但沒達顯著差

異，運動後 1 個小時 55.21 ± 46.05 nmol/L；與 Moreira 等人在 2009 年觀察巴西足球員完成一場比賽後，唾液皮質醇有類似的結果 (Moreira, Arsati, de Oliveira Lima Arsati, et al., 2009)，作者解釋唾液皮質醇沒有顯著增加，可能有兩個因素，分別為實驗的情境氣份與受試者個體層面。運動後皮質醇變化，存在有個別差異度大的特色，而在本實驗中也發生，作者建議在判別皮質醇時應該單獨個體進行比較。另外實驗的情境帶給選手心理的負擔壓力不比真正比賽強烈；Filaire 等人 (1999) 結果發現，菁英女子手球與排球員在真實的對抗比賽中，相較實驗室實驗，真正比賽後荷爾蒙激素會有更顯著的變化 (Filaire, Le Scanff, Duche, & Lac, 1999)。除了上述原因外，學者 Thomas 等人 (2009) 也提出三點解釋唾液皮質醇在運動後沒有增加的原因；運動前的飲食；受試者運動前唾液皮質醇水準過高；運動強度不足 (Thomas et al., 2009)。本實驗的條件已經排除運動前飲食與強度不足的疑慮，而運動前唾液皮質醇水準過高的原因，有可能導致本實驗結果，但本實驗並未對同齡一般對象收集唾液，所以無法得到直接的證據。而比較 Thomas 等人在 2009 針對 15~16 歲非運動選手的男性，在運動測試前的水準為 3.6 ± 19.0 nmol/L (Thomas, et al., 2009)，而本實驗游泳選手運動前水準達 54.27 ± 17.87 nmol/L。最後，其它文獻認為運動前脫水程度可能會影響皮質醇上升，7 名阻力運動員在不同的身體脫水程度下進行三次相同的訓練，最大的脫水程度為減少身體總水份的 5%，其次為減少 2.5% 與正常狀態。完成阻力訓練後 45 分鐘，這三組差異達顯著，其中運動前脫水程度最高則運動後皮質醇濃度最高 (Judelson, et al., 2008)。然而在本實驗中，雖然空腹

12 小時，但沒有限制水份攝取，且運動前和過程中也都有攝取水分，因此受試者應該沒有脫水的疑慮，可能也導致唾液皮質醇沒有達顯著上升。

唾液睪固酮在運動後顯著下降(運動前 0.47 ± 0.12 nmol/L，運動後 0.38 ± 0.08 nmol/L，運動後 1 小時 0.41 ± 0.21 nmol/L)，而唾液睪固酮下降的生理反應機制發生在下視丘-腦垂腺；當下視丘分泌促腎上腺皮質激素釋放激素(corticotropin-releasing hormone, CRH)給腦垂腺，腦垂腺會分泌促腎上腺皮質激素(adrenocorticotrophic hormone 又稱 corticotropin, ACTH)與 β -腦內啡(beta-endorphine)， β -腦內啡會抑制性腺激素釋放素(Gonadotropin-releasing hormone, GnRH)。討論睪固酮對運動的反應，其中有一個關鍵的因素:運動時間或運動類型。短時間肌力訓練(阻力類型)的課程會提高睪固酮的反應(Beaven, et al., 2008)；長時間超級馬拉松選手在運動開始也會先上升，但在 3 小時之後睪固酮就會開始下降(Guglielmini, Paolini, & Conconi, 1984)；另有兩名選手接力跑完 6 小時，運動後睪固酮會低於正常水準(Lac & Berthon, 2000)；但是也有不到 3 小時的運動便出現下降趨勢，橄欖球選手在進行一場 90 分鐘的比賽後，睪固酮會低於正常水準(Elloumi, et al., 2003)，然而在本篇實驗中訓練時間約為 2 小時，而游泳型態的實驗目前並沒有相關文獻參考，是否運動類型或受試者的特殊性導致，需往後加以深入研究。

T/C ratio，用來檢視生理機能合成/分解代謝的指標，在本實驗在運動後並沒有顯著變化(運動前 0.009 ± 0.003 ，運動後 0.007 ± 0.003)。通常 T/C ratio 被用來監測長期訓練中或恢復

期的生理狀態，可以避免過度訓練產生，而單次運動後立即的降低與身心疲勞有關 (Banfi, et al., 1993; Gastmann et al., 1998)。本實驗中受試者運動後略減，且運動後一個小時就恢復到運動前的水準，可視為是生理代謝正常的一環，也代表本次模擬訓練強度並未超過選手的負荷能力。

第六章 結論與建議

6.1 結論

本實驗發現單一次高強度運動後，對於已充分休息的青少年游泳選手，雖然黏膜免疫能力的主要指標-IgA/總蛋白質在運動後顯著下降；然而運動後 α -澱粉酶上升，LF維持原來水準，唾液抗菌能力在運動後及運動後一小時也都顯著上升，黏膜系統產生了類似補償的現象，可能可以降低運動後急性期免疫抑制情形的發生。另外，在唾液荷爾蒙的反應，睪固酮在運動後下降，推測可能跟運動特性有關，而從T/C ratio或壓力荷爾蒙指標皮質醇濃度變化可以了解這次運動訓練內容並未超出選手的負荷能力。

6.2 建議

未來可以針對單次激烈運動後，檢驗唾液內其它種類抗菌蛋白的表現，會對運動後急性期的免疫變化能有更進一步的了解。

參考文獻

- Adlercreutz, H., Harkonen, M., Kuoppasalmi, K., Naveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., et al. (1986). Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med*, 7 Suppl 1, 27-28.
- Allgrove, J. E., Gomes, E., Hough, J., & Gleeson, M. (2008). Effects of exercise intensity on salivary antimicrobial proteins and markers of stress in active men. *J Sports Sci*, 26(6), 653-661.
- Anderson, L. C., Garrett, J. R., Johnson, D. A., Kauffman, D. L., Keller, P. J., & Thulin, A. (1984). Influence of circulating catecholamines on protein secretion into rat parotid saliva during parasympathetic stimulation. *J Physiol*, 352, 163-171.
- Anderson, L. C., Garrett, J. R., Zhang, X., & Proctor, G. B. (1998). Protein secretion from rat submandibular acini and granular ducts: effects of exogenous VIP and substance P during parasympathetic nerve stimulation. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 119(1), 327-331.
- Banfi, G., Marinelli, M., Roi, G. S., & Agape, V. (1993). Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int J Sports Med*, 14(7), 373-379.
- Barbarino, A., De Marinis, L., Tofani, A., Della Casa, S.,

- D'Amico, C., Mancini, A., et al. (1989). Corticotropin-releasing hormone inhibition of gonadotropin release and the effect of opioid blockade. *J Clin Endocrinol Metab*, 68(3), 523-528.
- Beaven, C. M., Cook, C. J., & Gill, N. D. (2008). Significant strength gains observed in rugby players after specific resistance exercise protocols based on individual salivary testosterone responses. *J Strength Cond Res*, 22(2), 419-425.
- Benschop, R. J., Rodriguez-Feuerhahn, M., & Schedlowski, M. (1996). Catecholamine-induced leukocytosis: early observations, current research, and future directions. *Brain Behav Immun*, 10(2), 77-91.
- Bishop, N. C., Blannin, A. K., Armstrong, E., Rickman, M., & Gleeson, M. (2000). Carbohydrate and fluid intake affect the saliva flow rate and IgA response to cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), 2046-2051.
- Blannin, A. K., Robson, P. J., Walsh, N. P., Clark, A. M., Glennon, L., & Gleeson, M. (1998). The effect of exercising to exhaustion at different intensities on saliva immunoglobulin A, protein and electrolyte secretion. *Int J Sports Med*, 19(8), 547-552.
- Bosch, J. A., Ring, C., de Geus, E. J., Veerman, E. C., & Amerongen, A. V. (2002). Stress and secretory immunity. *Int Rev Neurobiol*, 52, 213-253.
- Bowdish, D. M., Davidson, D. J., Scott, M. G., & Hancock, R.

- E. (2005). Immunomodulatory activities of small host defense peptides. *Antimicrob Agents Chemother*, 49(5), 1727-1732.
- Cadore, E., Lhullier, F., Brentano, M., Silva, E., Ambrosini, M., Spinelli, R., et al. (2008). Correlations between serum and salivary hormonal concentrations in response to resistance exercise. *J Sports Sci*, 26(10), 1067-1072.
- Calvo, F., Chicharro, J. L., Bandres, F., Lucia, A., Perez, M., Alvarez, J., et al. (1997). Anaerobic threshold determination with analysis of salivary amylase. *Can J Appl Physiol*, 22(6), 553-561.
- Chatterton, R. T., Jr., Vogelsong, K. M., Lu, Y. C., Ellman, A. B., & Hudgens, G. A. (1996). Salivary alpha-amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clin Physiol*, 16(4), 433-448.
- Chicharro, J. L., Lucia, A., Perez, M., Vaquero, A. F., & Urena, R. (1998). Saliva composition and exercise. *Sports Med*, 26(1), 17-27.
- Davison, G., Allgrove, J., & Gleeson, M. (2009). Salivary antimicrobial peptides (LL-37 and alpha-defensins HNP1-3), antimicrobial and IgA responses to prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol*, 106(2), 277-284.
- Dawes, C. (1974). Rhythms in salivary flow rate and composition. *Int J Chronobiol*, 2(3), 253-279.
- Dawes, C. (1981). The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva. *J Physiol*, 320,

139-148.

- Diamond, G., Beckloff, N., & Ryan, L. K. (2008). Host defense peptides in the oral cavity and the lung: similarities and differences. *J Dent Res*, 87(10), 915-927.
- Dimitriou, L., Sharp, N. C., & Doherty, M. (2002). Circadian effects on the acute responses of salivary cortisol and IgA in well trained swimmers. *Br J Sports Med*, 36(4), 260-264.
- Doan, B. K., Newton, R. U., Kraemer, W. J., Kwon, Y. H., & Scheet, T. P. (2007). Salivary cortisol, testosterone, and T/C ratio responses during a 36-hole golf competition. *Int J Sports Med*, 28(6), 470-479.
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci*, 18(11), 885-892.
- Elloumi, M., Maso, F., Michaux, O., Robert, A., & Lac, G. (2003). Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur J Appl Physiol*, 90(1-2), 23-28.
- Fahlman, M. M., & Engels, H. J. (2005). Mucosal IgA and URTI in American college football players: a year longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 374-380.

- Fielding, R. A., Violan, M. A., Svetkey, L., Abad, L. W., Manfredi, T. J., Cosmas, A., et al. (2000). Effects of prior exercise on eccentric exercise-induced neutrophilia and enzyme release. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 359-364.
- Filaire, E., Le Scanff, C., Duche, P., & Lac, G. (1999). The relationship between salivary adrenocortical hormones changes and personality in elite female athletes during handball and volleyball competition. *Res Q Exerc Sport*, 70(3), 297-302.
- Francis, J. L., Gleeson, M., Pyne, D. B., Callister, R., & Clancy, R. L. (2005). Variation of salivary immunoglobulins in exercising and sedentary populations. *Med Sci Sports Exerc*, 37(4), 571-578.
- Ganz, T. (2004). Defensins: antimicrobial peptides of vertebrates. *C R Biol*, 327(6), 539-549.
- Garret, J. R., & Kidd, A. (1976). Effects of autonomic nerve stimulation on submandibular acini and saliva in cats [proceedings]. *J Physiol*, 263(1), 198P-199P.
- Gastmann, U., Dimeo, F., Huonker, M., Bocker, J., Steinacker, J. M., Petersen, K. G., et al. (1998). Ultra-triathlon-related blood-chemical and endocrinological responses in nine athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 38(1), 18-23.
- Gleeson, M. (2007). Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol*, 103(2), 693-699.

- Gleeson, M., McDonald, W. A., Cripps, A. W., Pyne, D. B., Clancy, R. L., & Fricker, P. A. (1995). The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clin Exp Immunol*, *102*(1), 210-216.
- Gleeson, M., McDonald, W. A., Pyne, D. B., Clancy, R. L., Cripps, A. W., Francis, J. L., et al. (2000). Immune status and respiratory illness for elite swimmers during a 12-week training cycle. *Int J Sports Med*, *21*(4), 302-307.
- Gleeson, M., McDonald, W. A., Pyne, D. B., Cripps, A. W., Francis, J. L., Fricker, P. A., et al. (1999). Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, *31*(1), 67-73.
- Gold, P. W., Loriaux, D. L., Roy, A., Kling, M. A., Calabrese, J. R., Kellner, C. H., et al. (1986). Responses to corticotropin-releasing hormone in the hypercortisolism of depression and Cushing's disease. Pathophysiologic and diagnostic implications. *N Engl J Med*, *314*(21), 1329-1335.
- Gozansky, W. S., Lynn, J. S., Laudenslager, M. L., & Kohrt, W. M. (2005). Salivary cortisol determined by enzyme immunoassay is preferable to serum total cortisol for assessment of dynamic hypothalamic--pituitary--adrenal axis activity. *Clin Endocrinol (Oxf)*, *63*(3), 336-341.
- Guglielmini, C., Paolini, A. R., & Conconi, F. (1984). Variations of serum testosterone concentrations after

- physical exercises of different duration. *Int J Sports Med*, 5(5), 246-249.
- Hanson, L. A., Bjorkander, J., & Oxelius, V. A. (1983). *Primary and secondary immunodeficiency disorders* (In R. K. Chandra ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Harman, S. M., Metter, E. J., Tobin, J. D., Pearson, J., & Blackman, M. R. (2001). Longitudinal effects of aging on serum total and free testosterone levels in healthy men. Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Clin Endocrinol Metab*, 86(2), 724-731.
- He, C. S., Tsai, M. L., Ko, M. H., Chang, C. K., & Fang, S. H. (2010). Relationships among salivary immunoglobulin A, lactoferrin and cortisol in basketball players during a basketball season. *Eur J Appl Physiol*, 110(5), 989-995.
- Heath, G. W., Ford, E. S., Craven, T. E., Macera, C. A., Jackson, K. L., & Pate, R. R. (1991). Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. *Med Sci Sports Exerc*, 23(2), 152-157.
- Hetzler, R. K., Seip, R. L., Boutcher, S. H., Pierce, E., Snead, D., & Weltman, A. (1991). Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Med Sci Sports Exerc*, 23(1), 88-92.
- Hucklebridge, F., Clow, A., & Evans, P. (1998). The relationship between salivary secretory immunoglobulin A and cortisol: neuroendocrine response to awakening and the diurnal cycle. *Int J Psychophysiol*, 31(1), 69-76.

- Inoue, H., Sakai, M., Kaida, Y., & Kaibara, K. (2004). Blood lactoferrin release induced by running exercise in normal volunteers: antibacterial activity. *Clin Chim Acta*, 341(1-2), 165-172.
- Irving, B. A., Rutkowski, J., Brock, D. W., Davis, C. K., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., et al. (2006). Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 38(7), 1348-1352.
- Judelson, D. A., Maresh, C. M., Yamamoto, L. M., Farrell, M. J., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., et al. (2008). Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine markers of anabolism, catabolism, and metabolism. *J Appl Physiol*, 105(3), 816-824.
- Kaufman, E., & Lamster, I. B. (2002). The diagnostic applications of saliva--a review. *Crit Rev Oral Biol Med*, 13(2), 197-212.
- Kon, M., Iizuka, T., Maegawa, T., Hashimoto, E., Yuda, J., Aoyanagi, T., et al. (2010). Salivary secretory immunoglobulin a response of elite speed skaters during a competition period. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2249-2254.
- Krzywkowski, K., Petersen, E. W., Ostrowski, K., Link-Amster, H., Boza, J., Halkjaer-Kristensen, J., et al. (2001). Effect of glutamine and protein supplementation on exercise-induced decreases in salivary IgA. *J Appl*

- Physiol*, 91(2), 832-838.
- Lac, G., & Berthon, P. (2000). Changes in cortisol and testosterone levels and T/C ratio during an endurance competition and recovery. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 139-144.
- Laing, S. J., Gwynne, D., Blackwell, J., Williams, M., Walters, R., & Walsh, N. P. (2005). Salivary IgA response to prolonged exercise in a hot environment in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 93(5-6), 665-671.
- Lamm, M. E. (1998). Current concepts in mucosal immunity. IV. How epithelial transport of IgA antibodies relates to host defense. *Am J Physiol*, 274(4 Pt 1), G614-617.
- Larrabee, R. C. (1902). Leucocytosis after violent Exercise. *J Med Res*, 7(1), 76-82.
- Legrand, D., Ellass, E., Pierce, A., & Mazurier, J. (2004). Lactoferrin and host defence: an overview of its immuno-modulating and anti-inflammatory properties. *Biometals*, 17(3), 225-229.
- Li, T. L., & Gleeson, M. (2004). The effect of single and repeated bouts of prolonged cycling and circadian variation on saliva flow rate, immunoglobulin A and alpha-amylase responses. *J Sports Sci*, 22(11-12), 1015-1024.
- Ljungberg, G., Ericson, T., Ekblom, B., & Birkhed, D. (1997). Saliva and marathon running. *Scand J Med Sci Sports*, 7(4), 214-219.

- Mackinnon, L. T. (2000). Chronic exercise training effects on immune function. *Med Sci Sports Exerc*, 32(7 Suppl), S369-376.
- Mackinnon, L. T., Chick, T. W., van As, A., & Tomasi, T. B. (1987). The effect of exercise on secretory and natural immunity. *Adv Exp Med Biol*, 216A, 869-876.
- Mackinnon, L. T., Ginn, E., & Seymour, G. J. (1993). Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 67(2), 180-184.
- Mackinnon, L. T., & Hooper, S. (1994). Mucosal (secretory) immune system responses to exercise of varying intensity and during overtraining. *Int J Sports Med*, 15 Suppl 3, S179-183.
- Matthews, C. E., Ockene, I. S., Freedson, P. S., Rosal, M. C., Merriam, P. A., & Hebert, J. R. (2002). Moderate to vigorous physical activity and risk of upper-respiratory tract infection. *Med Sci Sports Exerc*, 34(8), 1242-1248.
- McCarthy, D. A., & Dale, M. M. (1988). The leucocytosis of exercise. A review and model. *Sports Med*, 6(6), 333-363.
- McDowell, S. L., Chaloa, K., Housh, T. J., Tharp, G. D., & Johnson, G. O. (1991). The effect of exercise intensity and duration on salivary immunoglobulin A. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63(2), 108-111.
- Moreira, A., Arsati, F., Cury, P. R., Franciscon, C., de

- Oliveira, P. R., & de Araujo, V. C. (2009). Salivary immunoglobulin a response to a match in top-level brazilian soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(7), 1968-1973.
- Moreira, A., Arsati, F., Cury, P. R., Franciscon, C., Simoes, A. C., de Oliveira, P. R., et al. (2008). The impact of a 17-day training period for an international championship on mucosal immune parameters in top-level basketball players and staff members. *Eur J Oral Sci*, 116(5), 431-437.
- Moreira, A., Arsati, F., de Oliveira Lima Arsati, Y. B., da Silva, D. A., & de Araujo, V. C. (2009). Salivary cortisol in top-level professional soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 106(1), 25-30.
- Mostov, K. E. (1994). Transepithelial transport of immunoglobulins. *Annu Rev Immunol*, 12, 63-84.
- Murase, Y., Kamei, S., & Hoshikawa, T. (1989). Heart rate and metabolic responses to participation in golf. *J Sports Med Phys Fitness*, 29(3), 269-272.
- Neary, J. P., Malbon, L., & McKenzie, D. C. (2002). Relationship between serum, saliva and urinary cortisol and its implication during recovery from training. *J Sci Med Sport*, 5(2), 108-114.
- Neville, V., Gleeson, M., & Folland, J. P. (2008). Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 40(7),

1228-1236.

- Nieman, D. C. (1994). Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc*, 26(2), 128-139.
- Nieman, D. C., Berk, L. S., Simpson-Westerberg, M., Arabatzis, K., Youngberg, S., Tan, S. A., et al. (1989). Effects of long-endurance running on immune system parameters and lymphocyte function in experienced marathoners. *Int J Sports Med*, 10(5), 317-323.
- Nieman, D. C., Henson, D. A., Fagoaga, O. R., Utter, A. C., Vinci, D. M., Davis, J. M., et al. (2002). Change in salivary IgA following a competitive marathon race. *Int J Sports Med*, 23(1), 69-75.
- Nijnik, A., & Hancock, R. E. (2009). The roles of cathelicidin LL-37 in immune defences and novel clinical applications. *Curr Opin Hematol*, 16(1), 41-47.
- O'Connor, P. J., & Corrigan, D. L. (1987). Influence of short-term cycling on salivary cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc*, 19(3), 224-228.
- Obminski, Z., & Stupnicki, R. (1997). Comparison of the testosterone-to-cortisol ratio values obtained from hormonal assays in saliva and serum. *J Sports Med Phys Fitness*, 37(1), 50-55.
- Ohkuwa, T., Itoh, H., Yamazaki, Y., & Sato, Y. (1995). Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. *Scand J Med Sci*

- Sports*, 5(5), 285-290.
- Palmai, G., & Blackwell, B. (1965). The diurnal pattern of salivary flow in normal and depressed patients. *Br J Psychiatry*, 111, 334-338.
- Papacosta, E., & Nassis, G. P. (2011). Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J Sci Med Sport*.
- Passelergue, P., & Lac, G. (1999). Saliva cortisol, testosterone and T/C ratio variations during a wrestling competition and during the post-competitive recovery period. *Int J Sports Med*, 20(2), 109-113.
- Perera, S., Uddin, M., & Hayes, J. A. (1997). Salivary lysozyme: a noninvasive marker for the study of the effects of stress of natural immunity. *Int J Behav Med*, 4(2), 170-178.
- Port, K. (1991). Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. *Int J Sports Med*, 12(5), 490-494.
- Pyne, D. B. (1994). Regulation of neutrophil function during exercise. *Sports Med*, 17(4), 245-258.
- Robson, P. J., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Castell, L. M., & Gleeson, M. (1999). Effects of exercise intensity, duration and recovery on in vitro neutrophil function in male athletes. *Int J Sports Med*, 20(2), 128-135.
- Sabbadini, E., & Berczi, I. (1995). The submandibular gland: a key organ in the neuro-immuno-regulatory network?

- Neuroimmunomodulation*, 2(4), 184-202.
- Sari-Sarraf, V., Reilly, T., & Doran, D. A. (2006). Salivary IgA response to intermittent and continuous exercise. *Int J Sports Med*, 27(11), 849-855.
- Sari-Sarraf, V., Reilly, T., Doran, D. A., & Atkinson, G. (2007). The effects of single and repeated bouts of soccer-specific exercise on salivary IgA. *Arch Oral Biol*, 52(6), 526-532.
- Saxon, A., Stevens, R. H., Ramer, S. J., Clements, P. J., & Yu, D. T. (1978). Glucocorticoids administered in vivo inhibit human suppressor T lymphocyte function and diminish B lymphocyte responsiveness in in vitro immunoglobulin synthesis. *J Clin Invest*, 61(4), 922-930.
- Scannapieco, F. A., Solomon, L., & Wadenya, R. O. (1994). Emergence in human dental plaque and host distribution of amylase-binding streptococci. *J Dent Res*, 73(10), 1627-1635.
- Suzuki, K., Nakaji, S., Yamada, M., Liu, Q., Kurakake, S., Okamura, N., et al. (2003). Impact of a competitive marathon race on systemic cytokine and neutrophil responses. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2), 348-355.
- Tao, R., Jurevic, R. J., Coulton, K. K., Tsutsui, M. T., Roberts, M. C., Kimball, J. R., et al. (2005). Salivary antimicrobial peptide expression and dental caries experience in children. *Antimicrob Agents Chemother*,

49(9), 3883-3888.

- Taylor, C., Rogers, G., Goodman, C., Baynes, R. D., Bothwell, T. H., Bezwoda, W. R., et al. (1987). Hematologic, iron-related, and acute-phase protein responses to sustained strenuous exercise. *J Appl Physiol*, 62(2), 464-469.
- Tharp, G. D., & Barnes, M. W. (1990). Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 60(1), 61-64.
- Thomas, N. E., Leyshon, A., Hughes, M. G., Davies, B., Graham, M., & Baker, J. S. (2009). The effect of anaerobic exercise on salivary cortisol, testosterone and immunoglobulin (A) in boys aged 15-16 years. *Eur J Appl Physiol*, 107(4), 455-461.
- Tiollier, E., Gomez-Merino, D., Burnat, P., Jouanin, J. C., Bourrilhon, C., Filaire, E., et al. (2005). Intense training: mucosal immunity and incidence of respiratory infections. *Eur J Appl Physiol*, 93(4), 421-428.
- Tomasi, T. B., Trudeau, F. B., Czerwinski, D., & Erredge, S. (1982). Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J Clin Immunol*, 2(3), 173-178.
- Toy, L. S., & Mayer, L. (1996). Basic and clinical overview of the mucosal immune system. *Semin Gastrointest Dis*, 7(1), 2-11.
- Travis, S. M., Conway, B. A., Zabner, J., Smith, J. J., Anderson, N. N., Singh, P. K., et al. (1999). Activity of

- abundant antimicrobials of the human airway. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 20(5), 872-879.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L., & Van Helder, W. (2005). Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *Eur J Appl Physiol*, 94(5-6), 505-513.
- Urhausen, A., Gabriel, H. H., & Kindermann, W. (1998). Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 30(3), 407-414.
- Urhausen, A., Kullmer, T., & Kindermann, W. (1987). A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(5), 528-533.
- Usui, T., Yoshikawa, T., Orita, K., Ueda, S. Y., Katsura, Y., Fujimoto, S., et al. (2011). Changes in salivary antimicrobial peptides, immunoglobulin A and cortisol after prolonged strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol*.
- Vining, R. F., McGinley, R. A., & Symons, R. G. (1983). Hormones in saliva: mode of entry and consequent implications for clinical interpretation. *Clin Chem*, 29(10), 1752-1756.
- Viru, A. (1996). Postexercise recovery period: carbohydrate and protein metabolism. *Scand J Med Sci Sports*, 6(1), 2-14.
- Vuorimaa, T., Vasankari, T., Mattila, K., Heinonen, O.,

- Hakkinen, K., & Rusko, H. (1999). Serum hormone and myocellular protein recovery after intermittent runs at the velocity associated with VO(2max). *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(6), 575-581.
- Walsh, N. P., Blannin, A. K., Clark, A. M., Cook, L., Robson, P. J., & Gleeson, M. (1999). The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein and alpha-amylase. *J Sports Sci*, 17(2), 129-134.
- Walsh, N. P., Laing, S. J., Oliver, S. J., Montague, J. C., Walters, R., & Bilzon, J. L. (2004). Saliva parameters as potential indices of hydration status during acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc*, 36(9), 1535-1542.
- Weinberg, E. D. (1992). Iron depletion: a defense against intracellular infection and neoplasia. *Life Sci*, 50(18), 1289-1297.
- West, N. P., Pyne, D. B., Kyd, J. M., Renshaw, G. M., Fricker, P. A., & Cripps, A. W. (2010). The effect of exercise on innate mucosal immunity. *Br J Sports Med*, 44(4), 227-231.
- West, N. P., Pyne, D. B., Renshaw, G., & Cripps, A. W. (2006). Antimicrobial peptides and proteins, exercise and innate mucosal immunity. *FEMS Immunol Med Microbiol*, 48(3), 293-304.
- Whitehead, R., Butz, J. W., Kozar, B., & Vaughn, R. E. (1996). Stress and performance: an application of Gray's three-factor arousal theory to basketball free-throw

- shooting. *J Sports Sci*, 14(5), 393-401.
- Winters, S. J. (1999). Current status of testosterone replacement therapy in men. *Arch Fam Med*, 8(3), 257-263.
- Zumoff, B., Fukushima, D. K., Weitzman, E. D., Kream, J., & Hellman, L. (1974). The sex difference in plasma cortisol concentration in man. *J Clin Endocrinol Metab*, 39(4), 805-808.

表一 受試者資料

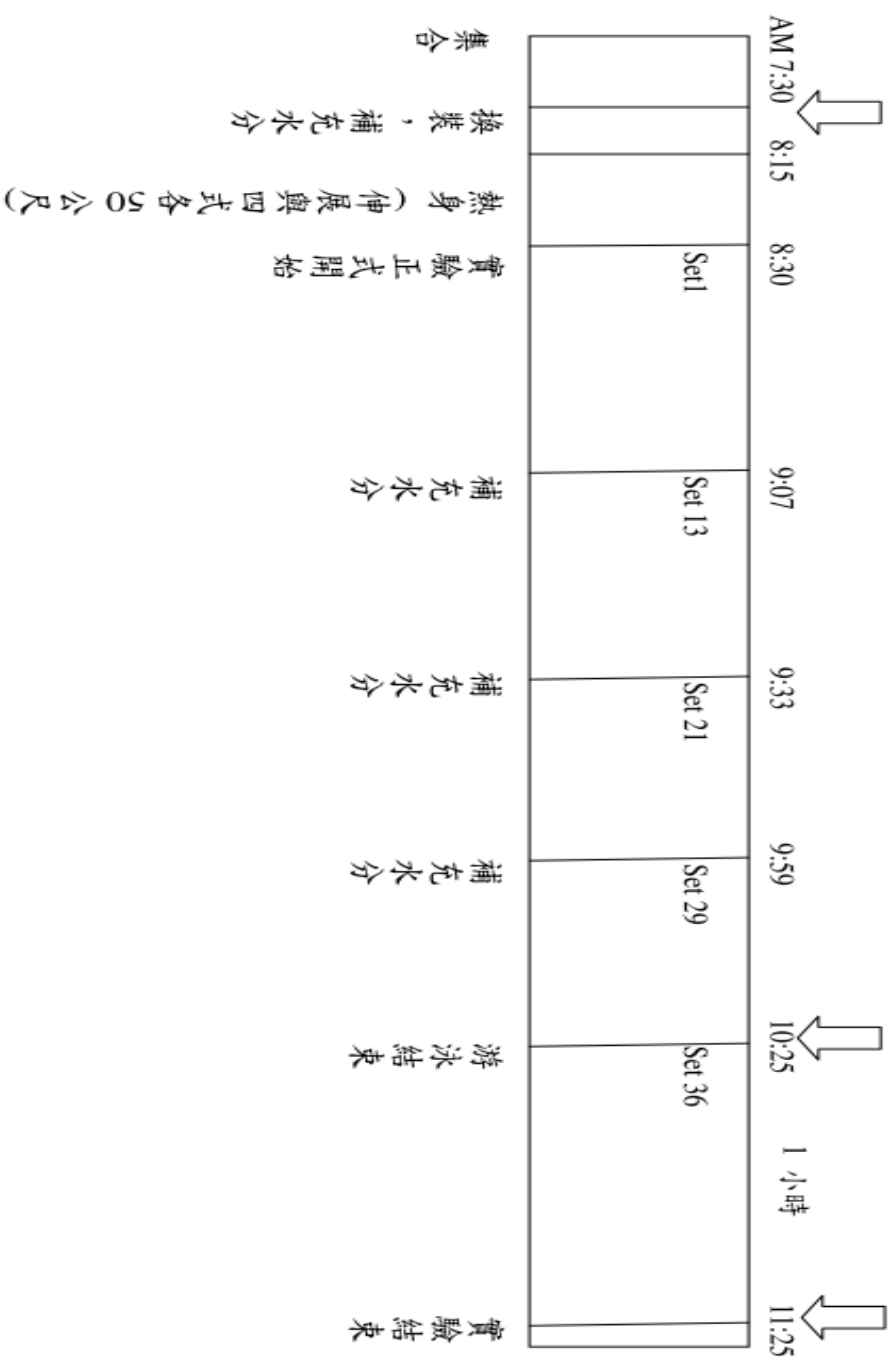
| 編號 | 身高 (公分) | 體重 (公斤) | 身體質量指數 (公尺/公斤 ²) | 年齡 |
|-----|------------|------------|---------------------------------|------|
| 1 | 180 | 71.2 | 22 | 16.6 |
| 2 | 170 | 56.5 | 19.6 | 17.4 |
| 3 | 173 | 94.5 | 31.6 | 18.5 |
| 4 | 178 | 65.8 | 20.8 | 16.2 |
| 5 | 178 | 71.3 | 22.5 | 17.4 |
| 7 | 175 | 55.3 | 18.1 | 17.8 |
| 8 | 173 | 70.7 | 23.6 | 18.4 |
| 9 | 175 | 76 | 24.8 | 18.5 |
| 平均數 | 175.3 | 70.2 | 22.9 | 17.6 |
| 標準誤 | 3.3 | 12.3 | 4.1 | 0.9 |

表二 受試者 200 公尺最佳成績記錄與本實驗強度

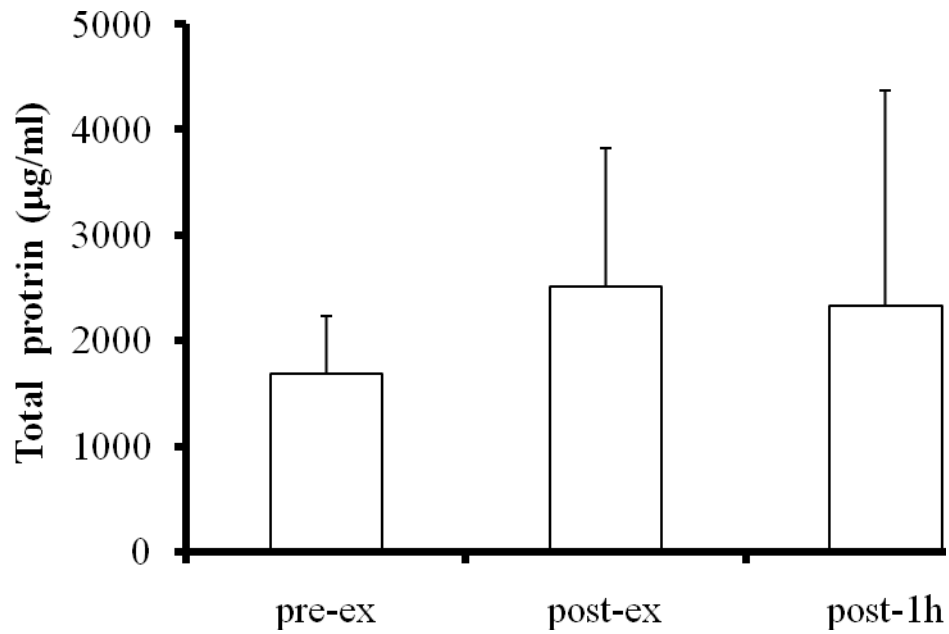
| 編號 | 200m 最佳成績 (sec) | 實驗強度換算 | RPE |
|-----|-----------------|--------|------|
| 1 | 130 | 76.47% | 14 |
| 2 | 142 | 83.53% | 16 |
| 3 | 132 | 77.65% | 15 |
| 4 | 135 | 79.41% | 14 |
| 5 | 141 | 82.94% | 15 |
| 7 | 138 | 81.18% | 15 |
| 8 | 125 | 73.53% | 13 |
| 9 | 128 | 75.29% | 15 |
| 平均數 | 133.9 | 78.8% | 14.6 |
| 標準誤 | 6.2 | 3.6 | 0.9 |

註：運動自覺量表 (Rating of perceived exertion, RPE)；代表個人身體活動狀況的知覺感受。

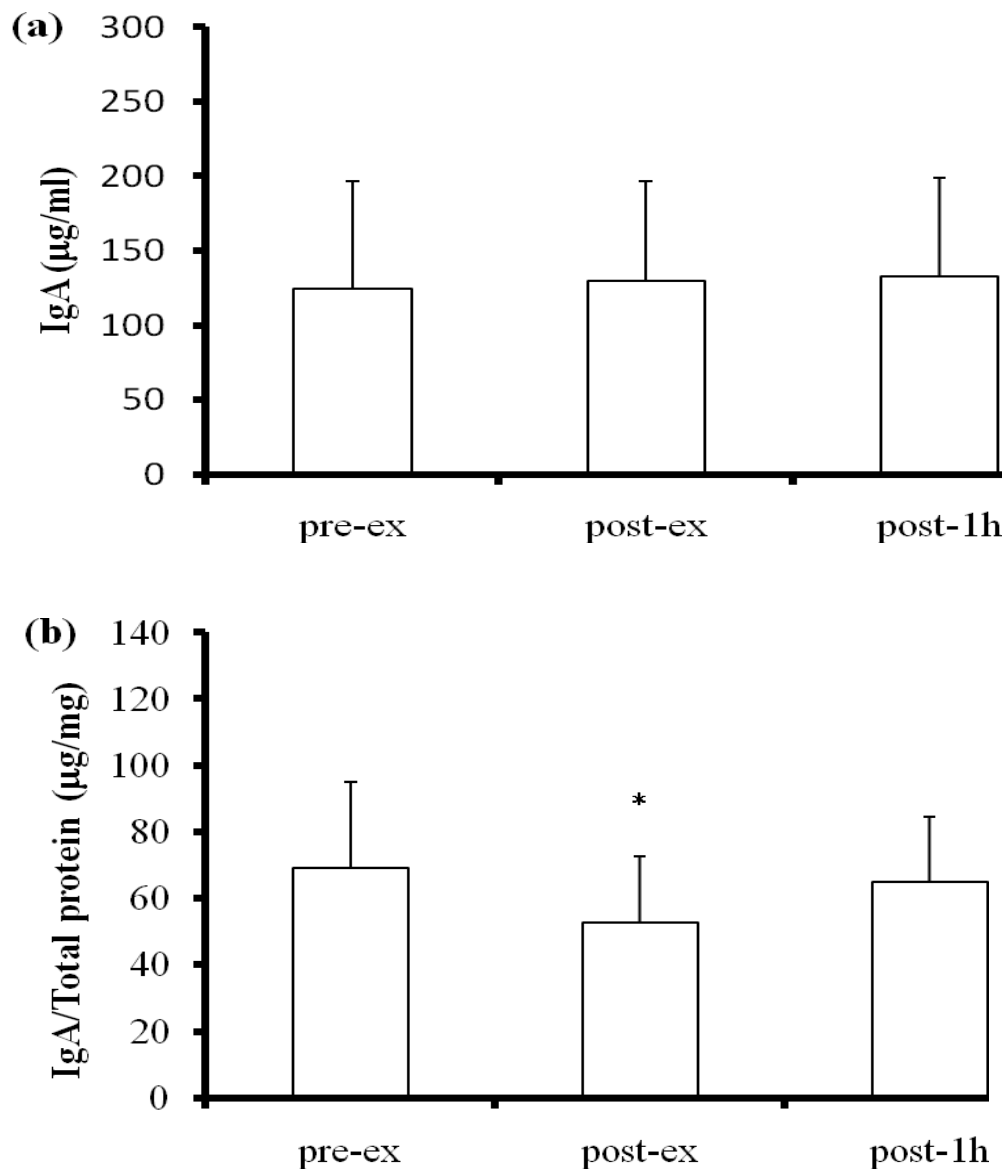
圖一 實驗流程



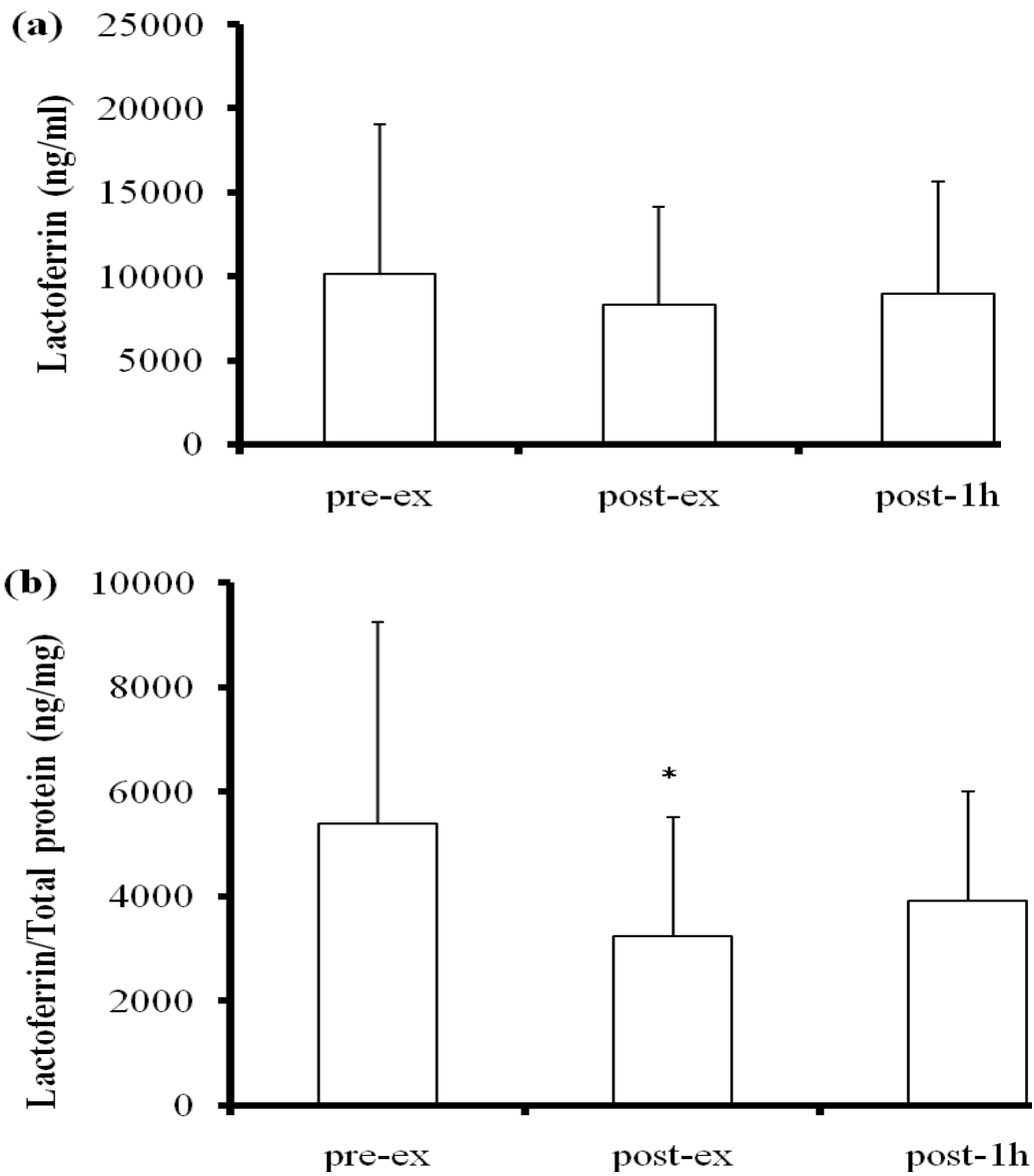
註:箭頭↓代表唾液收集,共三次,分別在運動前、運動結束、運動後 1 小時。Set 1 表示第 1 組; Set 13 表示第 13 組; Set 21 表示第 21 組; Set 29 表示第 29 組; Set 36 表示第 36 組。



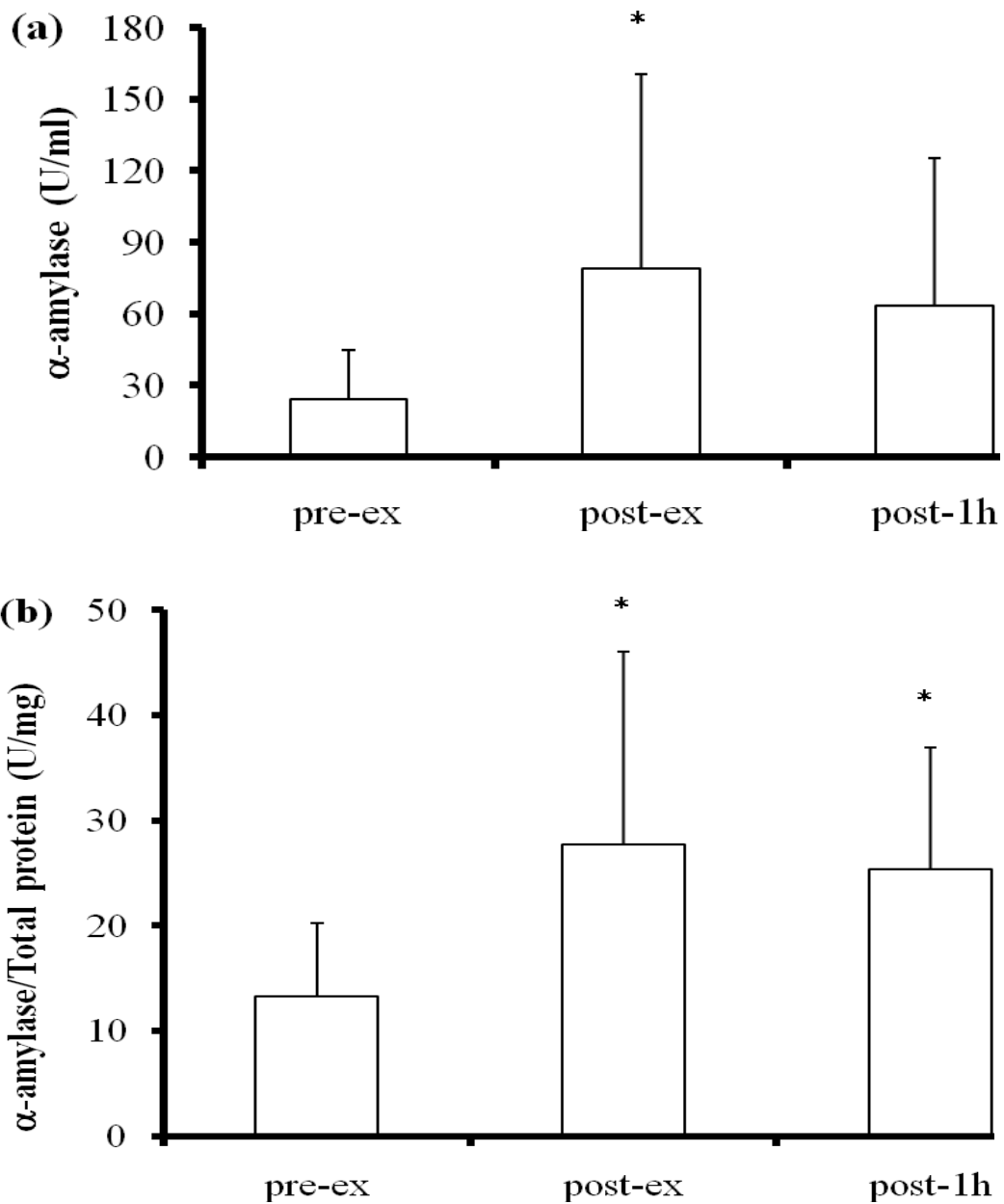
圖二 高強度游泳訓練後唾液總蛋白質濃度反應。在運動前 (pre-ex)，運動結束 (post-ex)，運動後一小時 (post-1h) 分別收集唾液進行分析；受試者人數為 9 人，數值以平均值±標準差表示。



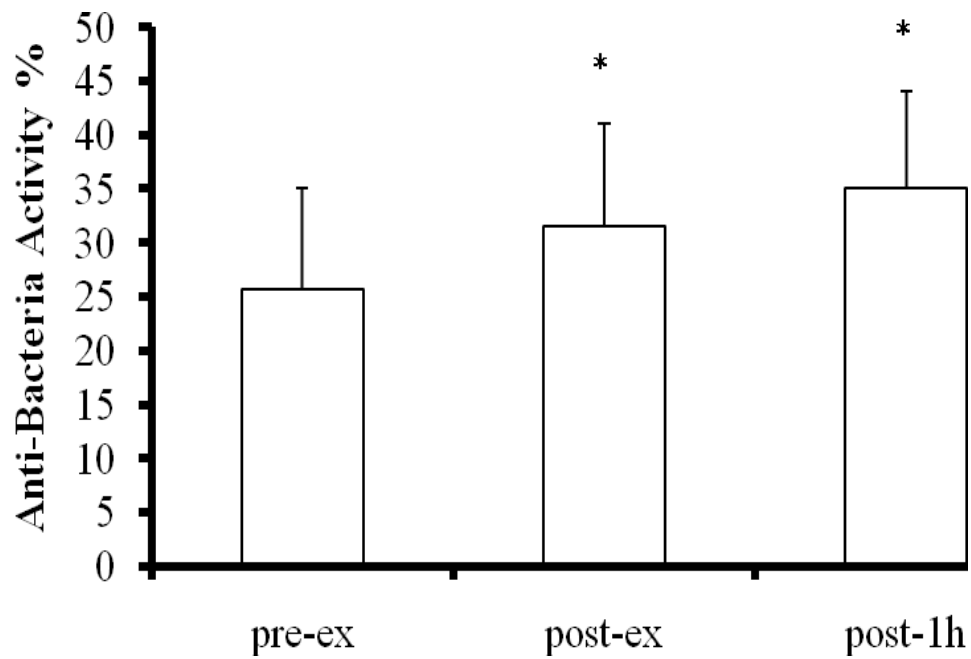
圖三 高強度游泳訓練後唾液免疫球蛋白 A (a)及免疫球蛋白 A/總蛋白質比值 (b)濃度。在運動前(pre-ex)。運動結束(post-ex)，運動後一小時(post-1h)分別收集唾液進行分析。受試者人數為 9 人，數值以平均值±標準差表示；*表示與運動前(pre-ex)作比較， $p < 0.05$ 。



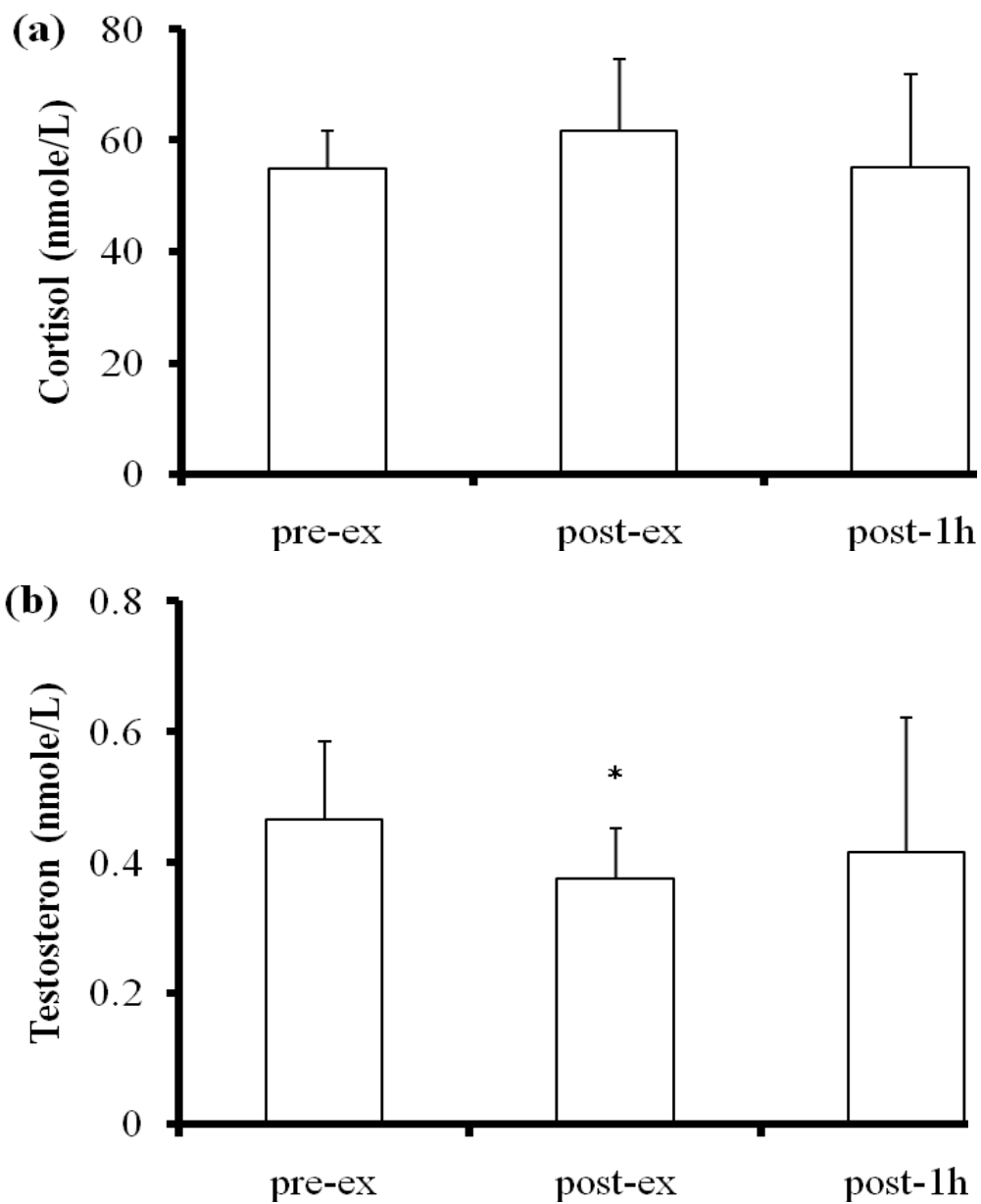
圖四 高強度游泳訓練後乳鐵蛋白(a)及乳鐵蛋白/總蛋白質比值(b)濃度。在運動前(pre-ex)，運動結束(post-ex)，運動後一小時(post-1h)分別收集唾液進行分析。受試者人數為9人，數值以平均值±標準差表示；*表示與運動前(pre-ex)顯著差異， $p < 0.05$ 。



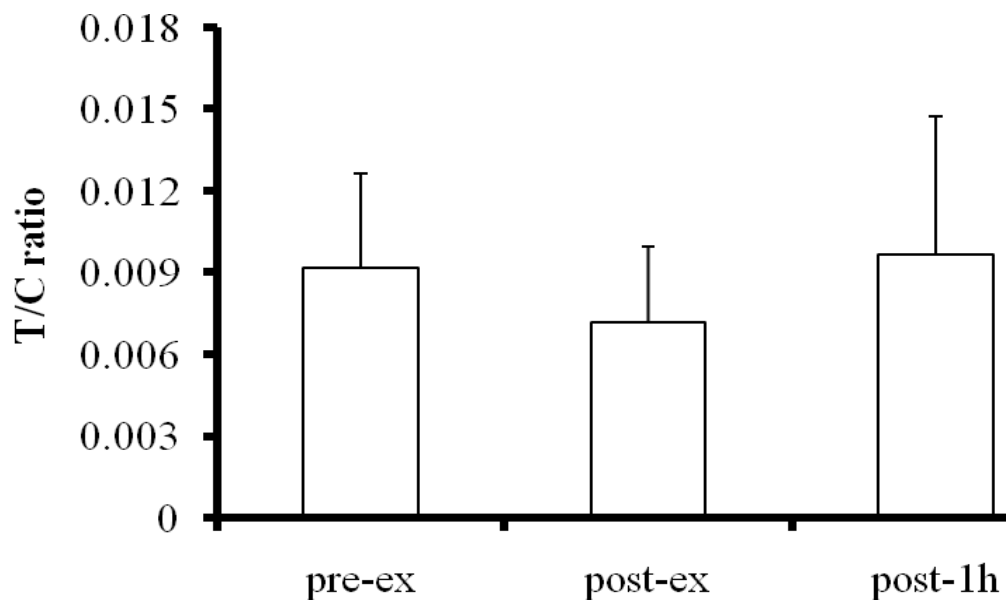
圖五 高強度游泳訓練後唾液 α -澱粉酶 (a)及 α -澱粉酶/總蛋白質比值 (b)濃度。在運動前(pre-ex)，運動結束(post-ex)，運動後一小時(post-1h)分別收集唾液進行分析。受試者人數為 9 人，數值以平均值 \pm 標準差表示；*表示與運動前(pre-ex)顯著差異， $p < 0.05$ 。



圖六 高強度游泳訓練後唾液抗菌能力。在運動前(pre-ex)，運動結束(post-ex)，運動後一小時(post-1h)分別收集唾液進行分析。受試者人數為9人，數值以平均值±標準差表示；*表示與運動前(pre-ex)顯著差異， $p < 0.05$ 。



圖七 高強度游泳訓練後唾液皮質醇(a)與睪固酮(b)濃度。在運動前(pre-ex)，運動結束(post-ex)，運動後一小時(post-1h)分別收集唾液進行分析。受試者人數為9人，數值以平均值±標準差表示；*表示與運動前(pre-ex)顯著差異， $p < 0.05$ 。



圖八 高強度游泳訓練後唾液睪固酮/皮質醇濃度比值 (Testosterone/Cortisol ratio, T/C ratio)。在運動前 (pre-ex)，運動結束 (post-ex)，運動後一小時 (post-1h) 分別收集唾液進行分析；受試者人數為 9 人，數值以平均值 ± 標準差表示。