

國立台灣師範大學體育學系
碩士學位論文

直排輪環島運動對人體
淋巴細胞亞群比例及相關性之影響

研究生：葉明嘉

指導教授：徐孟達

中華民國九十七年六月

中華民國台北市

直排輪環島運動對人體 淋巴細胞比例及相關性之影響

九十七年六月

研究生：葉明嘉

指導教授：徐孟達

摘 要

近年來運動休閒普受世人重視，環島運動在台灣興起一片熱潮。中等強度運動能促進身體健康已眾所周知，長時間運動則會產生運動後免疫抑制現象，淋巴細胞在免疫系統中扮演重要角色，從免疫學角度來看連續數天長時間的中等強度運動，對人體淋巴細胞亞群的變化趨勢仍不明瞭，本研究將以連續數天長時間直排輪環島運動作為觀察焦點，探討淋巴細胞比例及相關性之影響與關連。

本研究以 9 名健康男性（平均年齡： 20.78 ± 2.22 歲，直排輪溜齡： 9.44 ± 2.13 年，最大攝氧量： $54.49 \pm 5.87 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ），進行連續七天的直排輪環島運動（全程 953 公里），於環島第一天出發前、第七天結束後、結束後 36 小時、結束後 10 天，4 個時間點進行採血，比較淋巴球細胞亞群 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD16}^+\text{CD56}^+$ 百分比、 $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ 比例變化情形及相關性。所得數據，以重複量數單因子變異數及皮爾遜積差相關進行分析。結果發現， $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ 值在環島後顯著下降 ($p < .05$)， $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$ 於第七天全程環島結束後，其比例顯著低於環島前 ($p < .05$)，且在環島運動後 36 小時恢復期仍呈現持續下降 ($p < .05$)。 $\text{CD3}^-\text{CD16}^+\text{CD56}^+$ 在環島後顯著上升 ($p < .05$)， $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 於環島過程中並無顯著變化；淋巴細胞亞群之間部分在環島運動前後呈現正相關性。結論：直排輪環島運動後，造成淋巴細胞亞群 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$ 比例下降之趨勢，表示於連續天數長時間耐力運動後會產生免疫抑制現象，此時急病感染機率可能增加，應特別注意身體保養。

關鍵詞：直排輪環島運動、免疫、淋巴球細胞

The Influence of Human Lymphocytes subsets and Correlation Impact by In-line skating around the island

June, 2008

graduate: Ming-Chia Yeh
advisor: Mong Da Hsu

Abstract

Sport Leisure is getting popular and prevent during the past few years. Especially In-line skating around the island that becomes the hit. As we know, moderate exercise can enhance the health. Long term exercise will generate immunosuppression phenomenon from which lymphocyte plays an important role. In the aspect of immunology, it is still unclear to know the variation of lymphocyte subsets in the body after continuous moderate exercise for several days. This research will show the result of lymphocyte percentage and the related impact after continuous long term exercise of in-line skating around the island. The research is proceeded with nine healthy males (average age: 20.78 ± 2.22 years, experience of in-line skating: 9.44 ± 2.13 years, maximum oxygen intake: $54.49 \pm 5.87 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$), for seven days in a row of in-line skating around the island (total of 953 kilometers). The blood sample was taken under four conditions: 1. before departure of the journey, 2. the closing day of the journey, 3. during 36 hours after journey, 4. during 10 days after journey. The blood sample was used to compare percentage of lymphocyte subsets $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$, $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$, $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$, $\text{CD3}^-\text{CD16}^+\text{CD56}^+$, variation and related impact of $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$. The data are analyzed by repeated one-way ANOVA and Pearson product moment correlation. The result is as following: $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ decrease obviously after In-line skating around island and percentage of $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$, $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$ is much lower than departure the journey which keeps decreasing during 36 hours after the journey ($p < .05$). $\text{CD3}^-\text{CD16}^+\text{CD56}^+$ increase obviously ($p < .05$) and there is no apparent change for $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ during the whole journey. Lymphocyte subsets show the opposite relation before and after the journey. Conclusion: After In-line skating around island, it causes the decrease of percentage of $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ and $\text{CD3}^-\text{CD19}^+$, generate the immunosuppression and open window of immune. It is important to take care of body after long term exercise for several days due to the weakening of immunity that may possibly cause the infection.

Keywords: In-line skating around the island, immune, lymphocytes

謝 誌

求學的過程跌跌撞撞，從幼稚園到高中每個階段都念了兩所學校，求學的大考試，大學聯考與研究所也考了兩次才進入心中的理想學校與系所。二十幾年的學生生涯，自論文完成的這一刻，最感恩父母與兄妹在背後給予明嘉最寬大的肩膀，感謝家人的支持與不斷的鼓勵，明嘉能在不斷的跌倒中又一次一次的站起繼續往前走，源自家庭綿延深遠的溫情。

這本論文的完成，明嘉發自內心的感謝著那麼多指導過我的老師以及給關心我的朋友們，謝謝孟達老師沒有放棄這個好幾次想放棄自己的研究生，謝謝玉英老師及瑋圻老師在環島時開導明嘉很多對於研究與人生的觀念以及在論文修改上的指導；感謝麥秀英老師，能擔任你的教學助理真的讓明嘉成長很多，也感謝所有教過明嘉學科、術科科目的體育系老師，謝謝你們讓明嘉在體育專業的道路上走得更深更遠。論文的完成，也真心感謝那群可愛令人難忘的受試者，小廖、烏任、千懿、玉皓、培根、緯緯、正岳、柏寬、可樂、幕後的支援團隊，焜煌老師、彥如與所有家長，環島之旅，促使了研究的進展，更是我們緣分的開始，願我們能緣起不滅。

一路走來明嘉很幸運，有許多一直關心我鼓勵我的老朋友，更有素昧平生，卻願意給明嘉很多諮詢與協助的新朋友。勁廷、東懋、明男、博文、仁泰、江懂、老王、嘉慧、怡君、月雲、穎純、紀蓉、桂郁、淑芳姐、玉真、正喵、晉嘉、瑟曼、盈君，謝謝你們在精神上給予我持續而窩心的問候與關懷。那個寒假裡幫我抽血抽到昏天暗地的劉瓊雅護士，真的是宇宙霹靂無敵謝謝你，生科系的仁華學姐、婉婷、淑怡、士寰、智謙，你們在學術上熱心協助與指導讓我感到無比的溫暖與感動。

還有好多好多人要感謝，真的說不完。明嘉真心感謝在人生旅程上遇到的每個人、以及萬事萬物，這些都在明嘉的生命中產生了大大小小的碰撞與影響，期許這篇研究論文，也能帶給別人幫助與感動！

葉明嘉

2008 夏夜晚風

目 次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	vii
第壹章 緒論.....	1
第一節 問題背景.....	1
第二節 研究重要性.....	2
第三節 研究目的.....	3
第四節 研究假設.....	3
第五節 研究範圍與限制.....	4
第六節 名詞操作性定義.....	4
第貳章 文獻探討.....	6
第一節 免疫系統及免疫細胞介紹.....	6
第二節 運動對體內淋巴細胞的影響.....	9
第三節 影響淋巴球相關機制.....	20
第四節 本章總結.....	23
第參章 研究方法與步驟.....	25
第一節 研究對象.....	25
第二節 實驗設計.....	25
第三節 實驗日期.....	25
第四節 實驗地點.....	25
第五節 實驗流程與器材.....	26

第六節 實驗方法.....	27
第七節 資料處理與分析.....	29
第肆章 研究結果.....	30
第一節 受試者基本資料.....	30
第二節 環島運動過程中不同時間點 T 淋巴細胞亞群比例變化之情形.....	31
第三節 環島運動過程中各時間點其 T 淋巴細胞亞群之相關性.....	34
第伍章 討論與結論.....	39
第一節 討論.....	39
第二節 結論.....	48
參考文獻.....	49
附錄一 受試者同意書.....	54
附錄二 健康狀況調查表.....	55
附錄三 受試者基本資料.....	56
附錄四 直排輪環島實驗相關健康狀況調查表.....	57
個人小傳.....	58

表 次

表 4-1-1	受試者基本資料摘要表.....	30
表 4-1-2	環島運動每日平均心跳與平均最大心跳強度.....	30
表 4-2-1	環島運動過程中不同時間點之 CD3 ⁺ CD4 ⁺ 比例之變化情形.....	31
表 4-2-2	環島運動過程中不同時間點之 CD3 ⁺ CD8 ⁺ 比例之變化情形.....	32
表 4-2-3	環島運動過程中不同時間點之 CD3 ⁻ CD19 ⁺ 比例之變化情形.....	32
表 4-2-4	環島運動過程中不同時間點之 CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺ 比例之變化情形.....	33
表 4-2-5	環島運動不同時間點之 CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio 值之變化情形.....	34
表 4-3-1	環島運動前淋巴球細胞亞群間之相關性.....	35
表 4-3-2	環島運動後立即淋巴球細胞亞群間之相關性.....	36
表 4-3-3	環島運動後 36 小時淋巴球細胞亞群間之相關性.....	37
表 4-3-4	環島運動後 10 天淋巴球細胞亞群間之相關性.....	38

圖 次

圖 3-5-1 實驗流程圖.....	26
--------------------	----

第壹章 緒論

第一節 問題背景

近年來運動休閒普受世人重視，透過運動達到身體健康促進的方式已成為熱門的研究方向。在 2004 年美國運動醫學會（American College of Sports Medicine; ACSM）的立場聲明中，建議健康成年人身體活動的強度在 40/50%~85% 最大保留攝氧量 ($\dot{V}O_2R$)，這樣的強度可促進心肺適能及身體組成。以休閒多變化的方式能增進運動的動機，各種新興熱門運動因應而生，在台灣則掀起運動結合環島、長泳的風潮。舉辦數十年的泳渡日月潭已成為台灣運動休閒的盛事，環島運動也成為熱門的選擇，靜宜大學在 2006 年發起以生態關懷為軸心的環島苦行徒步活動，師大 60 人鐵騎單車環島運動，乃至於中原大學的直排輪環島運動，皆可看見環島結合運動的不同選擇。單車環島甚至在今年更搬上了大螢幕，成為台灣電影的創舉，環島運動正在台灣本地延燒著。

然而在環島運動過程中每天經歷的是連續長時間的有氧運動，距離動輒數十公里至上百公里；運動期間則是連續數天至數十天不等。我們知道適度的有氧運動能促進身體機能、達到促進健康的目的。如果運動型態是連續數天甚至數十天的有氧運動，是否對人體仍有正面的助益？或者會因此而造成負面的影響？因此我們需要去了解歷經連續數天的長時間有氧運動，對於人體將會產生哪些風險？才能針對這些潛在的風險作適度的防護與處理，或者是在進行連續數天有氧運動中給予運動處方的建議。

淋巴球細胞在身體免疫功能上佔有重要的地位，如果身體暴露在外來抗原威脅之下，身體免疫系統便會開始大量的增生淋巴球和釋放細胞激素與抗體，以對抗入侵體內的抗原。因為消除抗原的需求身體會增生過多的淋巴球，此時體內便會利用細胞凋亡的機轉來調節淋巴球數目，但是如果

細胞凋亡過速，則可能反而導致淋巴球過少症(Hildeman, Mitchel, Kappler, & Marrack, 2003)。體內淋巴球數目的不足會提高抗原入侵細胞的風險，進而影響人體免疫功能降低免疫能力。

人體的免疫系統是維護身體健康的第一防線，Nieman 在 1994 年提出 J 型曲線理論，指出規律且適度運動的族群，比起從事激烈運動和坐式生活的族群上呼吸道感染的機率來的低，而所謂適度運動的強度，乃是屬於中強度運動，這與 ACSM 對良好的心肺適能和身體組成的的運動處方建議是一致的。

在單次長時間跑步運動如馬拉松時，運動的強度雖屬於中強度運動，然而進行長時間的中強度運動，身體需要藉由大量的換氣來滿足自身氧氣的需求，大量的換氣同時也增加外在抗原入侵身體的機會，所以在長時間運動中需要徵招大量的淋巴球對抗抗原，而在運動後恢復期研究所呈現的淋巴球數目降低現象，淋巴球細胞凋亡的過度修正則是可能的原因 (Mooren 等人, 2002)。淋巴球細胞凋亡過度修正的結果，是淋巴球細胞數目大量的降低，這便是所謂的免疫抑制現象。

中等強度運動能促進身體健康已經眾所周知，從免疫學角度來看連續數天長時間的中等強度運動，對人體淋巴細胞亞群的變化趨勢仍不明瞭，本實驗將朝此方向著手，以期能了解連續數天長時間中等強度運動對於人體免疫功能的影響。

第二節 研究重要性

環島運動已經蔚為風潮，進行環島運動的人口遽增，從運動休閒的角度來說，環島運動是個多樣性的選擇；從運動生理健康的角度來說，規律的中等強度運動能促進心肺適能與保持良好身體組成；從運動免疫學角度來看，在進行連續數天的中強度環島運動，對淋巴球細胞亞群影響的趨勢

尚未明朗；本研究結果可作為從事環島運動休閒人口在進行環島時，一個身體健康與疾病感染風險的指標參考依據。

第三節 研究目的

本研究目的在探討：

- 一、了解七天直排輪環島運動在環島前、環島後立即、環島後 36 小時、環島後十天，對於人體淋巴球細胞亞群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 百分比及 $CD4^+/CD8^+$ 值的變化情形。
- 二、探討七天直排輪環島運動在環島前、環島後立即、環島後 36 小時、環島後十天，與人體淋巴球細胞亞群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 及、 $CD4^+/CD8^+$ 彼此間的相關性，以了解免疫指標之間如何影響與調節。

第四節 研究假設

- 一、直排輪環島運動後不會改變體內淋巴球細胞亞群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 百分比及 $CD4^+/CD8^+$ 值。
- 二、直排輪環島運動過程中，淋巴球細胞亞群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD4^+/CD8^+$ 之間沒有相關性。

第五節 研究範圍與限制

- 一、本研究以大學男性為研究對象，因此本研究只能推論到相同條件的對象上。
- 二、直排輪運動前後攝取飲食內容可能影響其生理變化，但受限於實際規範飲食攝取內容之困難，因此要求受試者保持平常之飲食習慣，於直排輪環島運動前後記錄受試者之每日飲食，做飲食記錄。
- 三、由於咖啡因、菸、酒、部分藥物等會影響自主神經系統之調控，因此要求受試者在實驗期間，避免攝食相關之食物及藥物，以降低可能對實驗結果的干擾。

第六節 名詞操作性定義

- 一、直排輪環島運動：

直排輪的正式名稱是 In-Line-Skates，為一種輪子排列成一直線的溜冰鞋。1991 年國際直排輪協會（International In-Line Skating Association）正式成立，這項運動也正式命名為「直排輪」。本研究受試者以直排輪為運動工具，進行連續 7 天環島運動。本研究環島起點為中壢，自中壢出發，沿途於宜蘭、花蓮、台東、屏東、台南、彰化等地過夜休息，最後由彰化返抵中壢，全程約 953 公里，完成環島。

- 二、淋巴細胞亞群：

淋巴細胞為專一性免疫細胞，分布於全身，在人體之淋巴結（lymphoid node）、脾臟（spleen）等處匯集。淋巴細胞是具有專一性抗原受器的細胞，為適應性免疫力關鍵的主導者。目前常以單株抗體鑑定細胞表面蛋白來區分，對於表面蛋白的標

準命名法是用「CD」(分化集群, cluster of differentiation) 加上數字作為名稱。淋巴細胞可區分為 T 淋巴細胞亞群 ($CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$)、B 淋巴細胞 ($CD3^-CD19^+$)、及 NK 細胞 ($CD3^-CD16^+CD56^+$)，透過流式細胞儀 (flow cytometry) 及雙色螢光染劑可區分血液中此三個細胞亞群並加以分析。故本實驗以淋巴細胞亞群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 為實驗指標。

第貳章 文獻探討

第一節 免疫系統及免疫細胞介紹

一、 免疫系統及功能簡介

人體具有免疫系統 (immune system)，以對抗病原，甚至是防止癌細胞產生，若免疫系統過度活化，則易導致自體免疫疾病 (autoimmune diseases) 產生。因此了解自身免疫系統，透過運動或其他調理方式維護免疫系統之健全，在佈滿微生物以及感染源的現代環境中便顯得更加重要。人體免疫系統主要可分為先天 (innate) 以及後天 (acquired) 兩種。先天免疫系統又稱為非專一性 (non-specific) 系統，包含皮膚、黏膜酵素、急性反應蛋白、補體系統 (complements)、吞噬作用 (phagocytosis)、細胞毒殺作用 (cytotoxicity)、發炎反應 (inflammation) 等，非專一性系統不需經由病原刺激即可獲得，大多數的病原能經由非專一性免疫系統抵抗或清除。後天免疫系統又稱為專一性 (specific) 系統，主要是由 T 細胞 (T lymphocyte) 以及 B 細胞 (B lymphocyte) 所構成的系統，當病原突破第一道非專一性免疫系統防線時，人體便會啟動具有專一性的免疫系統防禦機制 (王聖予、陳建和，2002)。

免疫系統主要功能，有三點分別為：1.保護人體 2.維持體內細胞數目恆定 3.監視作用。在保護人體方面，免疫系統具有辨識功能，依照化學性質的差異分辨該物質為外來性或者為人體本身便具有；透過辨識功能使人體免於外在病原體的感染，一旦系統偵測出有外來病原入侵，便會促使免疫細胞參與防禦機制，以去除或中和 (neutralization) 外來病原。當人體重覆接觸

到相同病原時，則會產生記憶性 T 細胞 (T memory cells)，引起反應以去除病原。在維持體內細胞數目恆定方面，免疫系統透過分解作用去除老化的紅血球或者白血球，或者由細胞進行細胞凋亡反應，以維持細胞數目恆定。在監視作用方面，免疫系統可以辨認及摧毀體內突變異常的細胞 (王政光等，2004)。免疫系統若反應不足，例如細胞吞噬能力不足或者細胞活性下降，稱為免疫缺陷 (immunodeficiency)。當免疫系統過度反應時，便稱為過敏反應 (hypersensitivity)。當細胞異常增生時，嚴重會導致癌症發生。因此我們可知免疫功能異常，容易導致疾病產生或者身體組織方面的傷害；了解人體免疫特徵與現象，有助於大眾能對疾病與免疫功能異常時能有所防範與因應 (王政光等，2004)。

二、免疫細胞介紹

免疫細胞以白血球為主體，白血球主要經由骨髓中的造血幹細胞 (hematopoietic stem cell) 所產生的淋巴幹細胞 (lymphoid stem cells) 以及骨髓幹細胞 (myeloid stem cell) 所發育而成。淋巴幹細胞生成淋巴細胞 (lymphocyte)，骨髓幹細胞生成顆粒性白血球 (granulocyte) 以及單核球 (monocyte)。根據抗體辨識白血球細胞膜之表面抗原 (surface marker) 的方式，以分化群集 (cluster of differentiation; CD) 加上數字編號來命名，如此便可依照細胞膜表面抗原記號加以分類 (王聖予、陳建和，2002)。以下分述之：

(一) 淋巴細胞：

周邊血液循環中淋巴細胞佔白血球總數的 30% 左

右。淋巴細胞為專一性免疫細胞，分布於全身，在人體之淋巴結 (lymphoid node)、脾臟 (spleen) 等處匯集。淋巴球主要亞群包含 T 淋巴細胞 (T lymphocyte)、B 淋巴細胞 (B lymphocyte) 與自然殺手細胞 (NK 細胞; natural killer cell; NK); T 淋巴細胞佔周邊血淋巴細胞總數的 60% 左右，B 淋巴細胞佔周邊血淋巴細胞總數的 30% 左右，NK 細胞佔周邊血淋巴細胞總數的 10~15% 左右。目前有三種已知 T 淋巴細胞亞群分別為輔助性 T 細胞 (T helper cell)、抑制性 T 淋巴細胞 (T suppressor cell)、毒殺性 T 細胞 (cytotoxic T lymphocyte; CTL)。輔助性 T 細胞表面記號為 $CD3^+CD4^+$ ，主要功能為協助 B 淋巴細胞發育，刺激 B 淋巴細胞產生免疫球蛋白 (immunoglobulin; Ig)，分泌細胞激素 (cytokines) 或者淋巴激素 (lymphokines)，誘導 B 淋巴細胞與毒殺性 T 細胞的作用，以增強免疫反應。

抑制性 T 淋巴細胞及毒殺性 T 細胞的細胞表面記號為 $CD3^+CD8^+$ ，抑制性 T 淋巴細胞在病源消失後抑制 B 淋巴細胞製造免疫球蛋白的作用，以避免過度反應；CTL 則能辨認抗原，分泌毒性物質殺死病原細胞。B 淋巴細胞的細胞表面記號為 $CD3^-CD19^+$ ，功能為分泌免疫球蛋白，以參與免疫反應。自然殺手細胞表面記號為 $CD3^-CD16^+CD56^+$ ，NK 細胞無法辨認抗原，也不需要輔助性 T 淋巴細胞的協助，便可自行辨認受病毒感染的細胞，以釋放毒性物質破壞異常細胞，稱為自然毒殺作用 (natural cytotoxicity)。與 CTL 不同的是，NK 毒殺作用

反應時間較快，因此被認為是人體對抗病毒的第一道防線（高曉明，2004）。

（二）顆粒性白血球

周邊血液循環中顆粒性白血球細胞佔白血球總數的60~75%左右。顆粒性白血球可分為嗜中性白血球（neutrophil）、嗜酸性白血球（eosinophil）、嗜鹼性白血球（basophil）。嗜中性球是周邊血液中含有最多的一類白血球，約佔60~70%，嗜中性球的細胞核呈多葉狀，故又稱為多形核（polymorphonuclear；PWN）白血球；嗜酸性球與嗜鹼性球則分別僅佔周邊血液白血球總數的1~3%以及0.2%。嗜中性球與嗜酸性球透過吞噬功能消滅細菌，嗜鹼性白血球則不具有吞噬功能，其細胞表面會釋放組織胺（histamine），產生過敏反應（高曉明，2004）。

（三）單核球

單核球佔周邊血液中白血球總數的2~10%。單核球以吞噬方式清除老化與被破壞的細胞或分子，單核球是一種抗原呈獻細胞（antigen presenting cell；APC），將吞入的抗原片段予以處理，呈獻給T細胞以增強免疫反應（高曉明，2004）。

第二節 運動對體內淋巴細胞的影響

運動免疫學（exercise immunology）主要是研究運動後體內免疫系統的變化，或短期長期運動訓練對體內免疫功能的影响。主要是藉由對免疫細胞數目、免疫細胞濃度、細胞激素濃度、淋巴細胞增生功能、吞噬細胞的吞噬、活性或能力等等免疫參數的探討，以了解運動對於人體的免疫系

統變化。以下將運動以單次中運動、單次高強度運動、單次衰竭運動、短期運動訓練、長期運動訓練來做分類，討論其免疫細胞不同之變化。

一、單次運動對體內淋巴細胞的影響

(一) 單次中強度運動

Ronsen 等人 (2001) 研究中強度耐力運動與白血球細胞數目及淋巴細胞反應的關聯，以九名耐力型運動員，其中包含 4 名三鐵選手與 5 名速度滑冰的國家隊選手，年齡 21-27 歲，平均最大攝氧量 $69.1 \pm 3.7 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。受試者參與總共三個試驗，每個試驗從早上七點持續到隔天早上八點。第一個試驗為完全休息 (rest)；第二個試驗從 15:15-16:30 進行單次運動 (one)；第三個試驗為，從 11:00-12:15 以及 15:15-16:30 進行兩次的運動 (two)，訓練課強度包含以 50% 最大攝氧量暖身 10 分鐘，接著以之前所決定之運動強度 70% 最大攝氧量進行 65 分鐘的腳踏車運動。實驗發現，在運動期間，總白血球、嗜中性球、淋巴球濃度皆有增加，淋巴細胞濃度在下午訓練課運動期間呈顯著上升，而在運動後一小時降低到比運動前還要更低的濃度，但是在運動後四小時即回復到基準值。在 One 與 Two 兩次試驗中的 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD56}^+$ 也有相同結果，且 Two 試驗中 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 、 $\text{CD3}^-\text{CD56}^+$ 上升的幅度大於 One 試驗。

Natale 等人 (2003) 的實驗也指出淋巴細胞亞群在中強度運動後立即有上升的現象，該研究以 8 名健康坐

式生活男性為受試者，平均年齡 24.9 歲，身高平均 174 公分，體脂肪平均 16.6%，最大攝氧量平均為 $43.0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，進行運動強度為 60~65% 最大攝氧量的腳踏車運動 2 小時，血液樣本在運動前、運動後每 5 分鐘、1、2、3、4、5 小時收集，結果發現會誘導白血球增多 (leukocytosis) 長達 3 小時，作者指出，雖然在淋巴球數目也有小量的增加現象，leukocytosis 主要是因為循環中嗜中性球與單核球數量的增加所致。在淋巴細胞亞群方面，運動後立即發現 CD3^+ 、 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD56}^+$ 皆有顯著增加現象，且在運動後 3 小時降回基準值的水準，其中 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 在運動後立即所增加的幅度比 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 更高，因此可見運動後立即觀察 $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ ratio，呈現顯著降低，但在運動後 3 小時比基準值有顯著的增加。B 淋巴細胞數目則未有顯著影響，也無升高或者降低之趨勢。

另一篇類似的研究中，Nieman 等人 (2005) 以 15 位健康坐式生活中年男子為受試者，平均年齡為 37.5 歲，平均最大攝氧量為 $34.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，進行 60% 最大攝氧量之走路運動 30 分鐘，分別在運動前、運動後立即、運動後 1 小時進行採血，結果發現，運動後立即之嗜中性球、單核球、 CD3^+ 、T 淋巴細胞之數目顯著較運動前增加，且運動後 1 小時 CD3^+ 與 T 淋巴細胞數目恢復至基準值。而在 B 淋巴細胞數目方面在運動前後並無變化之趨勢。同年，Nieman 等人另以 15 位健康女性為受試者，比較靜態坐姿與進行 30 分鐘步行之運動處理

(約達到 60% 最大攝氧量)，觀察免疫指標。分別在運動前、運動後立即、運動後 1 小時進行採血。結果發現，在運動後立即，步行組之嗜中性球、單核球、淋巴球、B 淋巴細胞、NK 細胞都顯著比坐姿組還高。且在步行組方面，淋巴細胞、NK 細胞在運動後立即有微幅上升現象，運動後 1 小時便回復至運動前水準。B 細胞在運動後立即與運動前無異，但運動後 1 小時反而有微幅增加之現象。在有關腎上腺素的反應，該研究則指出步行運動無法提升改變體內腎上腺素的水準。

Kurokawa 等人 (1995) 以 8 名平均年齡 28.5 歲的健康成年未有規律運動習慣男子為受試者，進行 60% 最大攝氧量的腳踏車運動 60 分鐘，分別在運動前、運動中第 30 分鐘、運動後立即、運動後 30、60、120 分鐘進行採血。結果發現周邊血液中總白血球、顆粒性白血球以及淋巴球數目在運動後立即皆有所增加，在運動中淋巴球增多的現象比顆粒性白血球增多的現象還更顯著；在運動後恢復期 3 小時內，淋巴球數目顯著低於運動前水準。淋巴球減少的現象在中強度運動後至少持續了 2 小時。淋巴細胞亞群方面， $CD3^+CD8^+$ 與 $CD3^-CD16^+$ 在運動後立即皆較運動前有顯著提升的水準，而 $CD3^+CD4^+$ 卻沒有改變；在運動後恢復期， $CD3^+CD4^+$ 在運動後 3 小時內呈現比運動前還要更低的水準， $CD3^+CD8^+$ 及 $CD3^-CD16^+$ 在運動後 3 小時也有相同下降的趨勢，但未達顯著水準。

由以上文獻可知，低於 70% 最大攝氧量之中等強度

有氧運動，在運動期間，總白血球、嗜中性球、淋巴球濃度皆有增加現象，運動後立即之 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 數目，皆較運動前有顯著上升之現象，在運動後恢復期 1 小時則回復到基準值，或比基準值更低，或是在運動後 4 小時才回復到基準值，因此運動後恢復期之採血點時間選擇，可能是各項指標能否回到基準值的關鍵因素之一，B 淋巴細胞數目則不會因為中強度運動而有所改變；體內賀爾蒙如腎上腺素也不因為中低強度運動而有所變化。

(二) 單次高強度運動

在短時間高強度運動的研究中，Natale (2003) 招募八名健康男性坐式生活者，使用腳踏車測力計進行 5 分鐘自我配速的高強度運動，強度接近個人最大攝氧量的 90~97%。受試者在運動後進行三小時坐式休息。本實驗觀察結果指出，在淋巴細胞亞群方面，運動後立即發現 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 皆有顯著增加現象，其中 $CD3^+CD8^+$ 在運動後立即所增加的幅度比 $CD3^+CD4^+$ 更高，因此可見運動後立即觀察 $CD4^+/CD8^+$ ratio，呈現顯著降低。且比起以 60% 最大攝氧量之中強度運動，5 分鐘自我配速高強度運動，所誘導循環免疫細胞數目，在運動後立即增加的量更多，例如：總白血球數目、淋巴細胞數目、淋巴細胞 $CD3^+$ 數目、 $CD3^+CD8^+$ 胞殺-抑制淋巴細胞數目、自然殺手細胞數目、以及 $CD3^+CD16^+CD56^+$ 細胞數目。因此作者推測運動強度越高，能誘導早期更高的兒茶酚胺 (catecholamine) 濃度，因此各種細胞族群有

更大的流動性。

有關中長時間高強度運動與淋巴細胞亞群的研究，Ibfelt, Petersen, Bruunsgaard, Sandmand, and Pedersen (2002) 以 7 名健康男性為實驗對象，平均年齡 28 歲，平均最大攝氧量為 $4.9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，最大平均心跳率為 $193 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ，以 75% 最大攝氧量進行下坡跑步 1.5 小時。採血點為運動前、運動後、運動後 2 小時。結果發現淋巴細胞濃度在運動後立即較運動前增加了 2 倍，嗜中性球則不僅在運動後增加了 2 倍，更在運動後 2 小時增加到了運動前的 4 倍之多。 CD3^+ 、 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 在運動後立即較運動前顯著增加了而在運動後 2 小時回到運動前的水準。

在長時間高強度的研究中，Steensberg 等人 (2001) 以 11 名有接受耐力訓練之跑者為實驗對象，平均年齡為 30 歲，平均最大攝氧量為 $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，進行 2.5 小時之跑步機運動測試，結果顯示總淋巴細胞濃度 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 在開始運動後 30 分鐘有顯著上升 ($p < .05$) 接著就下降至運動前的水準，運動後立即發現 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 已降低至比運動前更低的水準，而在運動後 2 小時總淋巴細胞、 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 皆降低至比運動前更低的水準。而總淋巴細胞數目在運動後小時回到運動前的水準。

由以上運動強度高於 75% 最大攝氧量之高強度運動文獻可知，在高強度運動後，會誘導淋巴細胞亞群 CD3^+ 、 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 CD8^+ 、 CD56^+ 數目的增高，且 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 所改變的幅度大於 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 因此造成 $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ ratio 在

運動後呈現下降的結果，當運動時間為 1.5 小時左右，淋巴細胞亞群濃度可在運動後 2 小時回復到基準值，而當運動時間長達 2.5 小時，則在運動後淋巴細胞亞群濃度顯著較運動前為低，且持續至少 2 小時，產生免疫之空窗期。

(三) 單次衰竭運動

Vider 等人 (2001) 以 19 名耐力訓練選手為受試者，其平均年齡 22.21 歲，平均最大攝氧量 $69.79 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。運動測試為使用漸增跑步測驗直到衰竭，在實驗之前兩天，受試者避免做任何強度訓練。血液在運動前、運動後立即、運動後 30 分鐘採血。結果發現， CD3^+ 、 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 、 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 及 NK 數目在運動後立即有顯著增加，運動後 30 分鐘降低至比運動前還低的水準。且 $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ ratio 在運動後立即降低，這是因為 $\text{CD3}^+\text{CD8}^+$ 在運動後增加的幅度比 $\text{CD3}^+\text{CD4}^+$ 還更高的緣故，此比值在運動後 30 分鐘即恢復水準。

另一篇研究中，Zhang 等人 (2006) 以 6 名健康年輕男性為受試者，平均年齡 22.5 歲，平均身高 172.9 公分，平均體重 65.5 公斤，進行跑步機衰竭運動，平均衰竭時間為 19.6 分鐘，平均最大攝氧峰值 $44.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。平均心跳峰值 $187 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在經歷七天的坐式生活之後，採第二次血與運動測試作比較。結果發現，血漿量運動後立即降低了 10%，1 小時後恢復到基準值。白血球數目運動後立即較運動前顯著增加了 1.58 倍，在運動後 12 小時回復到基準值。淋巴細胞數目在運動後立

即較運動前淋巴細胞顯著增加了 1.94 倍，但在運動後 1 小時降低至僅為運動前的 0.65 倍。運動後立即較運動前 NK、T 細胞分別增加了 4.81、1.48 倍，但在運動後 1 小時分別降低至僅為運動前的 0.57、0.93 倍。衰竭運動誘導循環中 $CD3^+CD8^+$ 數目顯著的變化， $CD3^+CD8^+$ 在運動後立即較運動前增加了 1.73 倍，運動後 1 小時則僅為運動前的 0.73 倍，但在 $CD3^+CD4^+$ 並無產生變化。

與上述兩篇有不一樣的結果的研究則為 Fry, Morton, Crawford, Keast (1991) 以八名接受跑步訓練的年輕跑者為實驗對象所作的研究，平均年齡為 22 歲，進行衰竭跑步測驗，分別在運動前、運動後立即、運動後 30 分鐘、運動後 1 小時、運動後 2 小時進行採血。結果發現，運動後立即，較運動前有顯著增加的白血球、淋巴細胞、 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 數目， $CD3^+CD4^+$ 有上升趨勢但是未達顯著。因 $CD3^+CD8^+$ 上升幅度較 $CD3^+CD4^+$ 更大，故運動後立即之 $CD4^+/CD8^+$ ratio 較運動前為顯著下降。而在運動後 2 小時採血觀察到上述各項指標，皆較運動前已無顯著差異。

由以上文獻可知，衰竭運動後淋巴細胞亞群 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 數目會顯著增高， $CD3^+CD4^+$ 則有不一致的結果。 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 在運動後 1 小時降低至運動前更低的水準，各項指標在運動後 30 分鐘至 2 小時即能回復到基準值。

二、短期運動訓練對體內淋巴細胞的影響

Malm and Ekblom (2004) 針對男性足球員，在五天增強訓練營的前後，觀測其白血球與淋巴細胞亞群。受試者為 10 位健康未受傷年輕優秀足球員，平均年齡為 17.8 歲，平均最大攝氧量為 $4.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ($56 \pm 6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。實驗之運動設計為五天的訓練營中包含：每天跑步 8 公里以及兩次 90 分鐘的足球專項訓練課程。其中 2 個 90 分鐘的專項訓練課程為進行 2×45 分鐘的練習賽，強度略高於原先的訓練；經過五天的增加強度訓練後，於運動後約 18 小時採集血液作為後測，運動強度在比賽中約為 70~75% 的最大攝氧量。結果指出，經過五天的增強強度訓練後，T helper cells、T cytotoxic cells、B cells 數目有顯著的降低；NK cells 則未有顯著改變。訓練營前後為期三週的觀察中發現部分選手有上呼吸道感染症狀，因此作者認為增加運動強度、改變新的訓練設施以及改變居住環境，會增加上呼吸道感染風險。

有關 B 淋巴球數目的研究，曾玉珍、許振富、徐廣明、徐台閣 (2005) 研究短期連續高強度運動訓練與運動員 B 淋巴球數目的關聯，該實驗以 12 名男性長跑選手，最大攝氧量大於 $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，進行連續三天，每天 30 分鐘，以 85% 最大攝氧量進行原地跑步機測驗，於每次運動處理完後立即採血處理；實驗發現經過連續三天的測驗，B 淋巴球數量改變相較於測驗前的水準皆為顯著下降 ($p < .05$)，其中第一天跑後立即降低 21%，第二天跑後立即降低 35%，第三天跑後立即降低 22%，直到運動後恢復期 24 小時 B 淋巴細胞數目才有顯著的回升，直到恢復期 72 小時才回復到與跑前無差異的數值。作者認為該運動訓練模式對於 B 淋巴細胞數量有短暫抑制作用，但大多於訓練停止 24 小時便可得到恢復。

何采容（2004）則在短期連續比賽中觀察連續比賽對於對於免疫細胞之影響。作者以 11 名橄欖球國家代表隊選手為實驗對象，觀察在經過四場橄欖球比賽後之淋巴細胞亞群變化，結果發現，T 淋巴細胞濃度並未有顯著改變，而 B 淋巴細胞與 NK 細胞則呈現相反趨勢，賽後 B 淋巴細胞濃度顯著上升而 NK 細胞則呈現下降現象，而總淋巴球濃度賽後亦有顯著下降趨勢，因此該學者推測淋巴球減少症（lymphopenia）可能與 NK 細胞減少有關在。T 淋巴球方面，在第一、第二場賽後有輕微降低趨勢，但在第三場後即回復正常，在 B 淋巴球方面，在每一場賽後 B 淋巴球百分比均有增加現象，這可能與 T 淋巴球及 NK 細胞會被招募至周邊組織，而 B 淋巴球則否，因此在相對比例上便有增加現象。

由以上短期增強強度運動訓練及短期連續比賽文獻可知，選手在經歷數天比一般訓練強度更強之運動訓練營或比賽後，在淋巴細胞百分比濃度方面會有下降趨勢，而產生免疫空窗期，但能在 24 小時後恢復，因此對於長時間接受訓練之選手而言，在賽後 24 小時內需要注意其健康狀況之變化。

三、長期運動訓練對體內淋巴細胞的影響

Gleeson 等人（1995）研究長期的強度訓練後對游泳選手免疫的影響。在淋巴細胞亞群方面，發現在為期 7 個月的游泳訓練季前後，運動員與一般人的總白血球數目、T 淋巴、B 淋巴細胞數目皆無顯著差異。在訓練季前後唯一的差異是運動員的 NK 細胞數目與比例在訓練季後比訓練季前顯著要低，運動後 NK 細胞數目的降低反應出生理上經過強度的訓練後，周邊血液的 NK 細胞會重新再分配的現象。NK 細胞通常在單次運動後 24 小時內回到正常值，該

實驗採血的時間為距離上一次運動訓練課後 24 小時進行，NK 細胞數目與比例的降低似乎反應出具有延長的抑制效果，更甚於單次運動的影響。

有關規律訓練與年齡對免疫力影響的研究中，Buyukyazi (2004) 研究長期接受耐力運動訓練，與長期坐式生活年長男子之免疫細胞數目比較，受試者取 11 名平均年齡 67.1 歲，平均最大攝氧量 $31.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，平均接受 38 年耐力運動訓練之年長男子，以及 11 名平均年齡 64.9 歲，平均最大攝氧量 $18.8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 之長期坐式生活年長男子，發現運動者比坐式者有顯著較低的體脂肪百分比，且運動者比坐式者有明顯高的最大攝氧量。分析血液之免疫細胞，發現白血球、嗜中性球、嗜酸性球、淋巴球、單核球的數目兩組並無顯著差異，淋巴細胞亞群方面兩組也無顯著差異，唯獨 NK 細胞之數目、以及 IgA、IgM 之濃度運動組顯著高於坐式組。因此作者指出，規律運動訓練可以在我們年老的時候，抵抗 NK 細胞百分比降低的速度以及抵抗 IgA、M 降低的水準。

由以上文獻可知，經過長期訓練，大部分之免疫細胞與一般人無異，這代表著雖然單次運動或短期運動訓練會誘發免疫細胞反應，但經過長時間規律運動之訓練，免疫系統會產生適應現象，另外透過長期運動訓練，可獲得較佳的身體組成與攝氧量，正面助益為，可在年老時擁有較健康的身體狀況與體能水準。

第三節 影響淋巴球相關機制

一、細胞凋亡

細胞凋亡 (apoptosis)，或者程序性細胞死亡 (programmed cell death)，發生在許多生理狀態下，包含：1. 胸腺細胞 (thymocytes) 以及某些細胞調控的細胞性毒殺反應。2. 淋巴細胞的凋亡會由某些生理疾病所表現，包含了熱傷害以及敗毒病 (sepsis)。3. 糖皮質素 (glucocorticoid)、抗 CD3 抗體 (anti-CD3 antibody)、前發炎症狀 (pre-inflammation) 的細胞激素等的釋放。4. 暴露在輻射之下。5. 活性氧化物 (reactive oxygen species; ROS) 生成。這些都是誘導細胞凋亡的關鍵 (Hoffman-Goetz, Zajchowski, & Aldred, 1999)。

細胞凋亡大致上可分為兩種途徑，一是死亡接受器訊號途徑 (death receptor pathway)，另一個是細胞內粒線體途徑 (mitochondrial pathway) (Green, 1998)。第一種是由細胞表面的死亡接受器 (death receptor) 開始，也就是細胞膜上面的受體，例如 Fas 和 TNF- α 等受體，可結合死亡接受器的配體，例如 Fas ligand，結合後形成之誘導死亡訊息複合物 (death-inducing signaling complex)，使 FADD 和 TRADD (細胞凋亡中的轉接蛋白) 活化半胱氨酸蛋白酶-8 (caspase-8)，產生一系列的半胱氨酸蛋白酶傳遞鏈 (caspase cascade) 活化，造成細胞凋亡。第二種途徑則是由粒線體啟動，經由化學物質、氧自由基、放射線等刺激物所誘導，使粒線體釋放細胞色素 C (cytochrome C)，它會使接合原子 Apoptosis protease-activating 1 (Apaf 1) 產生聚合反應形成大型細胞凋亡因子複合體 (apoptosome)，活化了 caspase 的初

始啟動者，然後依序活化 caspase-9 與 caspase-3，進行一系列的細胞凋亡反應（Phaneuf & Leewenburgh, 2001）。

當免疫作用完畢後，胞殺性 T 淋巴細胞會引起免疫作用細胞（effector cell）進行細胞凋亡，以避免免疫細胞攻擊本身組織，因此細胞凋亡機制具有高度調控細胞死亡，維持淋巴細胞數目之功能。

二、細胞遷移

Pedersen 與 Hoffman-Goetz（2000）指出，運動中循環的淋巴細胞主要來自於淋巴結、脾臟等淋巴細胞匯集處，這些器官部位距離血管很近，因此在運動時常會動員這些器官部位的淋巴細胞，骨髓的淋巴細胞幾乎不被動員，主要是由於離血管較遠。運動強度的高低會直接影響進入循環的淋巴細胞數目，當進行之運動為長時間運動或者高強度劇烈運動時，總淋巴細胞濃度會下降，這可能是由於淋巴細胞從循環系統遷移到組織中進行重新分配時，缺乏可以被招募之成熟淋巴細胞所致。

三、細胞激素影響

細胞激素（cytokines）是細胞分泌的蛋白質，其功能為負責免疫與發炎反應的介質，在自然免疫反應中的細胞激素為自然殺手細胞所分泌，適應性免疫反應則主要由 T 淋巴細胞所分泌。介白素（interleukins, IL）是一種細胞激素，活化的 T 淋巴細胞會分泌可溶性因子，受專一性抗原刺激的 CD4⁺ 可產生許多其他細胞激素，如介白素-2（interleukin-2, IL-2）、介白素-3（interleukin-3, IL-3）、介白素-4（interleukin-4, IL-4）、介白素-5（interleukin-5,

IL-5)、介白素-6(interleukin-6, IL-6)、腫瘤壞死因子(tumor necrosis factor, TNF)、 γ -干擾素(γ -interferon), CD8⁺活化後會釋放淋巴激素(lymphokines), 如 IL-2 與 γ -干擾素, 以增加其他 B 和 T 細胞的免疫反應(王政光等, 2004); 此外, Ibfelt 等人(2002)也證實, 循環中 T 細胞製造的 IFN- γ 與 IL-2 在運動後百分比會下降, IL-4 的比例則沒有改變。因此細胞激素也影響著淋巴細胞數目的變化。

四、賀爾蒙影響

內分泌腺會釋放激素(又稱為賀爾蒙, hormone)直接進入血液中, 由血液將激素傳遞至組織並造成作用, 於免疫系統中, 體內荷爾蒙分泌會使循環白血球進行重新分配作用, 例如運動中白血球增多的反應, 便是由於體內兒茶酚胺的量提升所致; 接著嗜中性球也會增加, 這主要是由於皮質醇(cortisol)提升所致, 雖然長時間運動壓力刺激中, 基於能量代謝所需, 個體的皮質醇濃度上升, 然而皮質醇濃度對免疫系統具有抑制作用。皮質醇可抑制單核白血球、嗜中性球活性, 抑制IL-1和腫瘤壞死因子(TNF)釋放, 因此運動狀態中, 皮質醇大量分泌不利於身體免疫功能。

運動後兒茶酚胺與皮質醇的作用, 很可能對於免疫細胞的數量變化產生影響(Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000)。Lancaster 等人在2005所進行一項實驗中, 發現運動結束時皮質醇濃度上升, 在運動後恢復期2小時皮質醇濃度會下降比基礎值低。但皮質醇濃度下降的同時, 嗜中性球仍顯著高於基礎值, 而淋巴細胞稍低於基礎值, 因此除賀爾蒙外另有影響細胞遷移的機制。而由免疫系統所分泌的激素還包含細胞分裂素(cytokinin)、干擾素

(interferon)、白血球間質素 (interleukin) 等，也會影響免疫反應及功能。

五、細胞外滲作用

王政光等人在 2004 年指出，各種不同的淋巴細胞在發炎部位會有外滲作用，外滲作用包含了四個步驟：(1) 滾動 (2) 化學趨化物刺激活化作用 (3) 停止與黏附著 (4) 穿透內皮移行作用。而激烈或長時間運動會誘發局部肌肉與微血管傷害，釋放發炎物質產生發炎反應，此時淋巴細胞會透過外滲作用進入局部組織，對抗發炎反應，因此改變循環血液中的淋巴細胞數目。

第四節 本章總結

綜合上述文獻探討歸納出以下三點：

- 一、進行單次運動，低於 70% 最大攝氧量之中等強度有氧運動，在運動期間，總白血球、嗜中性球、淋巴球濃度皆有增加現象，運動後立即之 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 數目皆較運動前有顯著上升之現象大致在運動後 1~4 小時才回復到基準值，因此運動後恢復期之採血點時間選擇，可能是各項指標能否回到基準值的關鍵因素之一。而 B 淋巴細胞數目則不會因為中強度運動而有所改變。當運動強度高於 75% 最大攝氧量，運動後，會誘導淋巴細胞亞群 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^+CD56^+$ 數目的增高，且 $CD3^+CD8^+$ 所改變的幅度大於 $CD3^+CD4^+$ 因此造成 $CD4^+/CD8^+$ ratio 在運動後下降。中強度長時間運動，在運動後淋巴細胞亞群濃度顯著較運動前為低，且持續至少 2 小時，產生免疫之空窗期。而衰竭運動後淋巴細胞亞群 $CD3^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、

CD3⁺CD56⁺數目會顯著增高，CD3⁺CD4⁺則有不一致的結果。

- 二、運動訓練方面，進行短期增強強度運動訓練及短期連續比賽後，在淋巴細胞百分比濃度方面會有下降趨勢，而產生免疫空窗期，但能在 24 小時後恢復，因此對於長時間接受訓練之選手而言，在賽後 24 小時內需要注意其健康狀況之變化。經過長期規律訓練，免疫細胞與一般人無異，而發現 NK 細胞比例高於坐式生活者，意味規律運動可以抵抗 NK 細胞百分比下降的速度。這代表著雖然單次運動或短期運動訓練會誘發免疫細胞反應，但經過長時間規律運動之訓練，免疫系統會產生適應現象，可在年老時擁有較健康的身體狀況與體能水準。
- 三、人體免疫系統在健康維護上佔有重要地位。免疫系統分為先天性免疫及後天性免疫，淋巴細胞亞群之 NK 細胞在先天性免疫扮演第一道防線，T 淋巴細胞及 B 淋巴細胞則在後天免疫扮演重要防禦角色。已知運動介入會影響體內細胞凋亡、細胞遷移、細胞外滲作用等功能的執行，以及細胞激素、荷爾蒙的分泌，也可能影響淋巴細胞數目、功能、活性的變化，由於機制複雜且牽連廣泛，因此類似的運動實驗設計可能造成不同或矛盾的實驗結果。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

召募 9 名大學的男性直排輪選手為研究對象。在實驗開始前，每位受試者均須接受健康情況的問卷調查，確認每位受試者均沒有代謝及心血管疾病。此外，受試者必須詳細閱讀過受試者須知，了解本實驗的目的、過程、受試者權利和可能發生的危險，並在受試者須知與自願參與實驗同意書上簽名。

第二節 實驗設計

一、自變項：連續數天的直排輪環島運動。

二、依變項：為恢復期受試者血液中白血球淋巴細胞亞群之

$CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$

百分比、 $CD4/CD8$ ratio 相關性。

第三節 實驗日期

本實驗於 2008 年 1 月 19 日至 2 月 15 日進行。

第四節 實驗地點

本實驗之運動測驗將於國立台灣師範大學分部體育研究所運動生理實驗室進行。環島運動將於台灣本島進行，路線為由中壢出發沿途經頭城、花蓮、台東、屏東、台南、彰化等地，於最後一天由彰化出發回到中壢，總長約 953 公里。淋巴細胞亞群百分比在台灣師大生科系免疫實驗室以流式細胞儀（flow cytometry）進行分析。

第五節 實驗流程與器材

一：實驗流程圖：

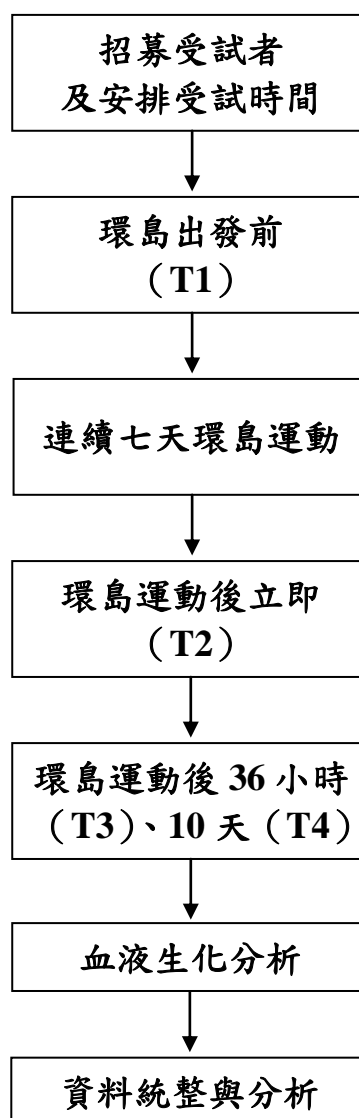


圖 3-5-1 實驗流程圖

採血點分為別 T1，T2，T3，T4

T1：環島運動前

T2：環島運動後立即

T3：環島運動後 36 小時

T4：環島運動後 10 天

二、實驗器材

1. 無線心率監測錶，POLAR，810i。
2. 新陳代謝分析儀，SENSORMEDICS，VMAX 29。
3. 流式細胞儀，FACSCalibur flow cytometer。
4. 競速直排輪鞋。

第六節 實驗方法

一、受試者準備：實驗前讓受試者完全瞭解整著實驗流程、目的及回答相關問題，並在同意書上簽名，受試者在測驗前 24 小時不要進行激烈運動。

二、受試者分組：以數名有經過訓練的直排輪選手為實驗對象。

三、運動處理：受試者以中強度運動進行連續 7 天長時間直排輪環島運動。

四、血液處理：

1. 血液樣本的採集

由合格醫護人員採集血液樣本，採坐姿抽取橈側靜脈血 20ml。所抽之血 10ml 至於含有抗凝血劑 (heparin)，另 10ml 置於不含抗凝血劑之試管中。

2. 血球數目分析

抗凝血劑試管中的血液，以 sysmex 牌 K 4500 型 (日本) 生化分析儀為分析工具，算出血液中白血球數目後，再依顆粒球、淋巴球和單核細胞球所佔的比例，而換算出其細胞總數 (cell/ml)。

3. 白血球細胞表面抗原分析

- (1) 使用含 EDTA 的真空抽血管收集靜脈血，混搖均勻。
- (2) 預先置備 1×FACS lysing (349202) 溶液與 PBS with 1% paraformaldehyde，並取出 1×FACS Lysing 溶液在室溫下回溫。
- (3) 決定適當之試管數目，每一全血樣品要染 Leucogate、Isotype Control 各一管，加上其他所要測定項目之抗體試劑。抗體試劑分別為： $CD3^+/CD4^+$ (Becton Dickinson, 34004)、 $CD3^+/CD8^+$ (Becton Dickinson, 340044)、 $CD3^+/CD19^+$ (Becton Dickinson, 349211)、 $CD3^+/CD16^+CD56^+$ (Becton Dickinson, 340042)。
- (4) 標記並使用 12mm×75mm Falcon 試管 (cat. #2052)，先加入 20ul Simulest 單株抗體試劑，再加入 100ul 之全血，輕微地振盪混和後，置室溫下遮光環境中作用 15 分鐘。
- (5) 15 分鐘後，加入 2ml 1× FACS lysing 溶液，立即輕微地振盪混合，並讓它們在室溫下遮光環境中作用 5-10 分鐘。注意不要超過 10 分鐘。
- (6) 低速離心 1500rpm (300 g) 5 分鐘，去除上清液，避免碰觸細胞。
- (7) 先均勻地打散細胞，再以 3 ml PBS with sodium azide 洗滌細胞，輕微地振盪混合，低速離心 1500 rpm (300g) 5 分鐘並去除上清液。
- (8) 均勻地打散細胞，加入 0.5 ml PBS with 1% paraformaldehyde，輕微地振盪混合以均勻打散細胞即可上機。
- (9) 如不立即上機，樣品可遮光暫存於 4°C 冰箱中，隔日再進行分析。

五、流式細胞儀分析淋巴亞群

血液經紅血球溶裂處理後，所存活白血球用前方散射光（forward scatter, FSC；代表細胞大小）及側方散射光（side scatter, SSC；代表細胞顆粒性）之雙參數散射圖譜進行血球數目之分集，散射圖譜中可區分出三群不同的細胞群，R1 為淋巴細胞群、R3 為單核球群、R4 是顆粒球群。在收集血球數目時，收集 10000 個細胞。以雙染的分式，在血液中加入螢光染劑 FITC 標記 CD3，PE 標記 CD4、FITC 標記 CD3，PE 標記 CD8、FITC 標記 CD3，PE 標記 CD19、FITC 標記 CD3，PE 標記 CD16 CD56，收集 10000 個細胞。以第一和第二螢光檢測器分別接收螢光訊號（FL1 和 FL2），在四維象限圖可區分出群 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 佔淋巴細胞的比例。

第七節 資料分析與處理

- 一、本實驗所有資料均利用 SPSS（15.0 版）統計套裝軟體進行分析，資料分析。
- 二、以重複量數單因子變異數分析考驗環島前後體內淋巴細胞亞群的變化情形。
- 三、當變異數分析結果達到統計上的顯著水準時，再進一步以費雪 LSD 法（Fisher Least Significant Difference）進行事後比較。
- 四、以皮爾遜積差相關（Pearson product moment correlation）考驗淋巴細胞亞群間之相關性。
- 五、統計考驗力以 $p < .05$ 為顯著水準。

第肆章 研究結果

第一節 受試者基本資料

本研究招募 9 名大學男性直排輪專長選手為受試者，基本資料如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1 受試者基本資料摘要表

年齡 (years)	溜齡 (years)	身高 (cm)	體重 (kg)	最大攝氧量 (ml · min ⁻¹ · kg ⁻¹)	環島平均心跳 (beats · min ⁻¹)
20.78 ± 2.22	9.44 ± 2.13	168.56 ± 5.20	59.78 ± 7.55	54.49 ± 5.87	148.71 ± 10.77

七天環島運動中，9 位受試者每天配戴心率錶，以記錄進行直排輪環島運動時的心跳，用作當天運動強度的判斷依據。在第一天 (D1)、第二天 (D2)、第三天 (D3)、第四天 (D4)、第五天 (D5)、第六天 (D6)、第七天 (D7) 收取心率，環島的每日平均心跳以及平均最大心跳強度如表 4-2-1 所示。結果發現，環島之運動強度介於最大心跳率的 67.40% ~ 80.13% 不等，全程平均強度約為 74.65%。經統計檢定後，D1、D2、D3 當日之運動強度顯著高於 D4、D5、D6、D7 ($p < .05$)；D4 之運動強度顯著高於 D5 ($p < .05$)；D5 之運動強度顯著低於 D6、D7 ($p < .05$)。

表 4-1-2 環島運動每日平均心跳與平均最大心跳強度

date	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
平均心跳 (beats · min ⁻¹)	159.63 ±10.16	158.16 ±10.45	154.62 ± 13.52	147.74 ^{abc} ± 10.73	134.28 ^{abcd} ± 14.12	143.69 ^{abce} ± 13.54	142.93 ^{abce} ± 8.54
HR max (%)	80.13	79.39	77.61	74.16	67.40	72.13	71.74

^a : 表示與 D1 有顯著差異； $p < .05$

^b : 表示與 D2 有顯著差異； $p < .05$

^c : 表示與 D3 有顯著差異； $p < .05$

^d : 表示與 D4 有顯著差異； $p < .05$

^e : 表示與 D5 有顯著差異； $p < .05$

第二節 環島運動過程中不同時間點 T 淋巴細胞亞群比例

之變化情形

一、環島運動過程中不同時間點 CD3⁺CD4⁺比例之變化情形

本節主要是呈現受試者在直排輪環島運動前 (T1)，直排輪環島運動完成後立即 (T2)，直排輪環島運動後 36 小時 (T3)，直排輪環島運動後十天 (T4)，其 CD3⁺CD4⁺比例的變化情形 (如表 4-2-1 所示)。所得數據以重複量數單因子變異數分析，發現 CD3⁺CD4⁺比例在不同時間點上會有顯著的不同 ($F=2.33$ ； $p < .05$)。運動後立即及運動後 36 小時較運動前有顯著下降的現象 ($p < .05$)。運動後十天 CD3⁺CD4⁺比例較運動前也有下降趨勢，但未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-2-1 環島運動過程中不同時間點 CD3⁺CD4⁺ 比例變化之情形

時間點	T1	T2	T3	T4
平均數	27.52	21.97	20.40	21.84
標準差	± 8.59	± 9.44	± 6.77	± 6.53

^a: 與 T1 有顯著差異； $p < .05$

單位：%

二、環島運動過程中不同時間點 CD3⁺CD8⁺比例之變化情形

本節主要是呈現受試者在直排輪環島運動前 (T1)，直排輪環島運動完成後立即 (T2)，直排輪環島運動後 36 小時 (T3)，直排輪環島運動後十天 (T4)，其 CD3⁺CD8⁺比例的變化情形 (如表 4-2-2 所示)。所得數據以重複量數單因子變異數分析，發現 CD3⁺CD8⁺比例在不同時間點上並無顯著的不同 ($F=1.26$ ； p

> .05)。在運動後立即之 CD3⁺CD8⁺比例有上升趨勢但未達顯著差異 ($p > .05$)，運動後 36 小時恢復至與運動前接近的水準。

表 4-2-2 環島運動過程中不同時間點 CD3⁺CD8⁺ 比例之變化情形

時間點	T1	T2	T3	T4
平均數	22.15	26.94	21.46	23.45
標準差	± 7.40	± 4.61	± 7.64	± 8.13

單位：%

三、環島運動過程中不同時間點 CD3⁻CD19⁺比例之變化情形

本節主要是呈現受試者在直排輪環島運動前 (T1)，直排輪環島運動完成後立即 (T2)，直排輪環島運動後 36 小時 (T3)，直排輪環島運動後十天 (T4)，其 CD3⁻CD19⁺比例的變化情形 (如表 4-2-3 所示)。所得數據以重複量數單因子變異數分析，發現 CD3⁻CD19⁺比例在不同時間點上會有顯著的不同 ($F=47.08$ ； $p < .05$)。運動後 36 小時相較於運動前及運動後，有顯著下降的現象且達顯著差異 ($p < .05$)。在運動後十天 CD3⁻CD19⁺比例較運動後 36 小時有顯著上升現象且達顯著差異 ($p < .05$)，另外運動後十天 CD3⁻CD19⁺比例較運動前有略為升高的趨勢但未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-2-3 環島運動過程中不同時間點 CD3⁻CD19⁺ 比例之變化情形

時間點	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)
平均數	7.83	6.87	3.68 ^{ab}	8.83 ^c
標準差	± 1.98	± 1.66	± 1.23	± 4.06

^a：與 T1 有顯著差異； $p < .05$

^b：與 T2 有顯著差異； $p < .05$

^c：與 T3 有顯著差異； $p < .05$

單位：%

四、環島運動過程中不同時間點 CD3⁻CD16⁺CD56⁺比例之變化情形

本節主要是呈現受試者在直排輪環島運動前 (T1)，直排輪環島運動完成後立即 (T2)，直排輪環島運動後 36 小時 (T3)，直排輪環島運動後十天 (T4)，其 CD3⁻CD16⁺CD56⁺比例的變化情形 (如表 4-2-4 所示)。所得數據以重複量數單因子變異數分析，發現 CD3⁻CD16⁺CD56⁺比例在不同時間點上會有顯著的不同 ($F=16.41$ ； $p < .05$)。運動後立即與運動後 36 小時較運動前皆有顯著升高的現象且達顯著差異 ($p < .05$)。另外運動後十天仍有持續升高趨勢但並未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-2-4 環島運動過程中不同時間點 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ 比例之變化情形

時間點	T1	T2	T3	T4
平均數	4.32	7.73 ^a	6.75 ^a	8.81
標準差	± 2.21	± 4.48	± 2.73	± 5.94

^a：與 T1 有顯著差異； $p < .05$

單位：%

五、環島運動過程中不同時間點 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之變化情形

本節主要是呈現受試者在直排輪環島運動前 (T1)，直排輪環島運動完成後立即 (T2)，直排輪環島運動後 36 小時 (T3)，直排輪環島運動後十天 (T4)，其 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值的變化情形 (如表 4-2-5 所示)。所得數據以重複量數單因子變異數分析，發現 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值在不同時間點上會有顯著的不同 ($F=4.64$ ； $p < .05$)。運動後立即與運動後十天相較於運動前 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值都有顯著下降的趨勢 ($p < .05$)，運動後 36 小時雖然較運動前也呈現下降趨勢但未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-2-5 環島運動過程中不同時間點 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之變化情形

時間點	T1	T2	T3	T4
平均數	1.37	0.82 ^a	1.20	0.93 ^a
標準差	± 0.47	± 0.35	± 0.70	± 0.09

^a：與 T1 有顯著差異； $p < .05$

單位：none

第三節 環島運動過程中各時間點其 T 淋巴細胞亞群間之相關性

一、環島運動前淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關性

本節主要是呈現受試者在環島運動前淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關情形（如表 4-3-1 所示）。上述相關分析主要以 9 名受試者於四個時間點共 45 筆之數據進行相關統計，在 $\alpha = .05$ 的條件下，其顯著性臨界值為『.349』。所得數據經皮爾森積差相關分析發現：環島運動前受試者之 CD3⁻CD16⁺CD56⁺與 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值的相關係數為 $r = 0.68$ ，有達到統計上達顯著 ($p < .05$)，其他各點皆未達統計上顯著水準 ($p > .05$)。至於 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺ 的關係上，CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺ 的相關係數分別為 $r = 0.36$ 、 $r = -0.49$ ，未達到統計上顯著水準 ($p > .05$)。而 CD3⁺CD4⁺與 CD3⁺CD8⁺雖未達顯著相關 ($r = 0.60$ ； $p > .05$)，但有正相關趨勢。

表 4-3-1 環島運動前淋巴球細胞亞群間之相關性

	CD3 ⁺ CD4 ⁺	CD3 ⁺ CD8 ⁺	CD3 ⁻ CD19 ⁺	CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
CD3 ⁺ CD4 ⁺	-	0.60	-0.16	0.45	0.36
CD3 ⁺ CD8 ⁺		-	-0.40	-0.26	-0.49
CD3 ⁻ CD19 ⁺			-	0.17	0.31
CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺				-	0.68*
CD4 ⁺ /CD8 ⁺					-

*：代表有顯著相關； $p < .05$

單位：none

二、環島運動後立即淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關性

本節主要是呈現受試者在環島運動後立即淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關情形（如表 4-3-2 所示）。上述相關分析主要以 9 名受試者於四個時間點共 45 筆之數據進行相關統計，在 $\alpha = .05$ 的條件下，其顯著性臨界值為『.349』。所得數據經皮爾森積差相關分析發現：環島運動後立即受試者之 CD3⁺CD4⁺與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ 的相關係數為 $r = 0.68$ ，達到統計上顯著水準（ $p < .05$ ）。至於 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺的關係上，CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺的相關係數分別為 $r = 0.92$ 、 $r = -0.16$ ，除了與 CD3⁺CD4⁺達到統計上顯著水準（ $p < .05$ ），與 CD3⁺CD8⁺則未達到統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。其他各點間的相關性則皆未達統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。

表 4-3-2 環島運動後立即淋巴球細胞亞群間之相關性

	CD3 ⁺ CD4 ⁺	CD3 ⁺ CD8 ⁺	CD3 ⁻ CD19 ⁺	CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
CD3 ⁺ CD4 ⁺	-	0.24	-0.20	0.68*	0.92*
CD3 ⁺ CD8 ⁺		-	-0.13	-0.39	-0.16
CD3 ⁻ CD19 ⁺			-	0.12	-0.15
CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺				-	0.84*
CD4 ⁺ /CD8 ⁺					-

*：代表有顯著相關； $p < .05$

單位：none

三、環島運動後 36 小時淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關性

本節主要是呈現受試者在環島運動後 36 小時淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關情形（如表 4-3-3 所示）。上述相關分析主要以 9 名受試者於四個時間點共 45 筆之數據進行相關統計，在 $\alpha = .05$ 的條件下，其顯著性臨界值為『.349』。所得數據經皮爾森積差相關分析發現：環島運動後 36 小時受試者之 CD3⁻CD19⁺ 與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ 的相關係數為 $r = 0.68$ ，達到統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。至於 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺ 的關係上，CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺ 的相關係數分別為 $r = 0.25$ 、 $r = 0.83$ ，除了與 CD3⁺CD8⁺ 有達到統計上顯著水準（ $p > .05$ ）外，與 CD3⁺CD4⁺ 則未達到統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。

表 4-3-3 環島運動後 36 小時淋巴球細胞亞群間之相關性

	CD3 ⁺ CD4 ⁺	CD3 ⁺ CD8 ⁺	CD3 ⁻ CD19 ⁺	CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
CD3 ⁺ CD4 ⁺	-	0.14	0.42	0.49	0.25
CD3 ⁺ CD8 ⁺		-	0.00	-0.33	0.83*
CD3 ⁻ CD19 ⁺			-	0.68*	0.26
CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺				-	0.60
CD4 ⁺ /CD8 ⁺					-

*：代表有顯著相關； $p < .05$

單位：none

四、環島運動後十天淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關性

本節主要是呈現受試者在環島運動後十天淋巴球細胞亞群 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值之相關情形（如表 4-3-4 所示）。上述相關分析主要以 9 名受試者於四個時間點共 45 筆之數據進行相關統計，在 $\alpha = .05$ 的條件下，其顯著性臨界值為『.349』。所得數據經皮爾森積差相關分析發現：環島運動後 36 小時受試者之 CD3⁺CD4⁺與 CD3⁺CD8⁺的相關係數為 $r = 0.96$ ，達到統計上顯著水準（ $p < .05$ ）。至於 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺的關係上，CD4⁺/CD8⁺ ratio 值與 CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺的相關係數分別為 $r = -0.26$ 、 $r = -0.50$ ，皆未達到統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。而其他各點間的相關性也未達統計上顯著水準（ $p > .05$ ）。

表 4-3-4 環島運動後 10 天淋巴球細胞亞群間之相關性

	CD3 ⁺ CD4 ⁺	CD3 ⁺ CD8 ⁺	CD3 ⁺ CD19 ⁺	CD3 ⁺ CD16 ⁺ CD56 ⁺	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
CD3 ⁺ CD4 ⁺	-	0.96*	0.26	0.49	-0.26
CD3 ⁺ CD8 ⁺		-	0.31	0.40	-0.50
CD3 ⁺ CD19 ⁺			-	0.37	-0.17
CD3 ⁺ CD16 ⁺ CD56 ⁺				-	0.09
CD4 ⁺ /CD8 ⁺					-

* : 代表有顯著相關 ; $p < .05$

單位 : none

第五章 討論與結論

第一節 討論

一、環島運動對 T 淋巴細胞、B 細胞、NK 細胞比例的影響

本實驗受試者進行連續七天之直排輪環島運動後，顯示直排輪環島運動對於人體 T 淋巴細胞亞群比例會產生不同的影響。在 CD3⁺CD4⁺ 方面，於環島運動結束後立即發現其比例顯著低於環島前，且在運動後 36 小時恢復期仍呈現持續下降，這表示歷經七天的連續中高強度、長時間運動對 CD3⁺CD4⁺ 會有立即且持續性的影響，在本實驗中，體內 CD3⁺CD4⁺ 比例在環島運動後明顯下降，且會持續至恢復期 36 小時仍達顯著差異。本結果與 Malm & Ekblom (2004) 針對男性足球員在五天增強訓練營的研究結果類似，該研究以 10 名年輕足球員為對象，安排連續五天的訓練課，強度約為 70~75% 最大攝氧量，強度略高於原先的訓練；經過五天的增加強度訓練後，於運動後約 18 小時採集血液作為後測，結果發現 CD3⁺CD4⁺ 有顯著的降低的現象。此外，Zang, Hu, & Wang (2007) 以 16 名男性足球選手為實驗對象，分別進行低住低練與高住低練兩種不同訓練方式，分別於第 1、14、21、28 天早上進行血液採集，觀察經過 28 天運動訓練過程免疫指標變化的情形。結果發現在 CD3⁺CD4⁺ 方面，第 14、21、28 的比例都較第 1 天為低，且在第 28 天達到顯著差異。因此我們可以知道，在經過數天至一個月的運動或運動訓練後，CD3⁺CD4⁺ 會有立即而顯著的下降現象，且會持續至恢復期 18~36 小時。

然而在單次運動中，大多文獻則指出，運動後立即可發現 CD3⁺CD4⁺ 上升的現象，在中強度運動後，多半能在運動後恢復期

4 小時內回復到運動前水準 (Ronsen 等人, 2001; Natale 等人, 2003), 而高強度運動需要恢復到運動前水準所需的時間則可能更長 (Steensberg 等人, 2001)。推測短期運動或運動訓練與單次運動不同的結果, 可能與在運動早期升高的兒茶酚胺 (catecholamine) 濃度有關, 兒茶酚胺濃度提升使各細胞族群有更大的流動性, 在經歷短期運動或運動訓練後, 周邊血液細胞流動造成的改變將比單次運動影響還要大 (Natale 等人, 2003)。

在 $CD3^+CD8^+$ 方面, 於環島結束後立即的採血點發現, 其比例有升高現象但未達顯著, 且在環島結束後開始下降至恢復期 36 小時, 回復與環島前相同水準, 這表示經歷連續數天長時間中高強度運動, $CD3^+CD8^+$ 在運動後立即會有上升趨勢, 且在運動後恢復期 36 小時即回復至運動前水準。本實驗 $CD3^+CD8^+$ 在環島後立即的採血點發現有升高趨勢, 與 Zang, Hu, Wang (2007) 的研究結果相同, 該實驗以 16 名男性足球選手為觀察對象, 進行低住低練與高住低練兩種不同訓練方式, 分別於第 1、14、21、28 天早上進行血液採集, 觀察經過 28 天運動訓練過程免疫指標變化的情形。結果發現在 $CD3^+CD8^+$ 方面, 第 14、21、28 的比例都較第 1 天為高, 但也未達顯著差異。作者同時指出在第 14、21、28 天導致 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值降低的主要原因, 是來自於 $CD3^+CD4^+$ 下降的變化量大於 $CD3^+CD8^+$ 上升的變化量, 而造成 ratio 值降低。

在 $CD3^-CD19^+$ (B 淋巴細胞) 方面, 本實驗之 $CD3^-CD19^+$ 比例在環島運動後立即觀察比起環島前稍有降低現象, 但未顯著, 至恢復期 36 小時則顯著低於環島前與環島後的數值, 而再經過七天休息後恢復至基準值水準。這表示身體經過連續數天長時間中高強度運動後, $CD3^-CD19^+$ 的變化較為延遲, 直至恢復期 36 小時才會

產生顯著下降的現象。本結果與 Malm & Ekblom (2004) 針對男性足球員在五天增強訓練營的研究結果類似，該研究以 10 名年輕足球員為對象，安排連續五天的訓練課，強度約為 70~75% 最大攝氧量，強度略高於原先的訓練；經過五天的增加強度訓練後，於運動後約 18 小時採集血液作為後測，結果發現 CD3⁻CD19⁺ 有顯著的降低的現象。另外曾玉珍、許振富、徐廣明、徐台閣 (2005) 研究短期連續高強度運動訓練與運動員 B 淋巴球數目的關聯，實驗發現經過連續三天的測驗，每天 30 分鐘 85% 最大攝氧量跑步後，B 淋巴球數量改變相較於測驗前的水準皆有立即顯著的下降 ($p < .05$)，直到運動後恢復期 24 小時 B 淋巴細胞數目才有顯著的回升，直到恢復期 72 小時才回復到與跑前無差異的數值，該研究所指出的運動後 B 淋巴細胞立即顯著下降與本實驗及 Malm & Ekblom (2004) 的實驗結果並不吻合，造成差異的結果，推測可能與實驗設計有關，曾玉珍、許振富、徐廣明、徐台閣 (2005) 研究的運動處理為每天僅 30 分鐘，且僅安排 3 天的運動處理，是否在更高天數 (如 5-7 天)、更長運動時間的條件下，B 細胞才會產生延遲性的影響，仍有待研究。而 B 淋巴球主要功能為製造抗體 (Ig) 免疫球蛋白，以提供體液性免疫的保護作用 (高振峰、林佳霓、郭雅昂, 2006)，因此在進行 5~7 天長時間中高強度運動後，在運動恢復期 18~36 小時內，B 淋巴細胞發生顯著下降現象，此時會產生免疫空窗期，在此時需要特別注意感染情形。

在 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ (NK 細胞) 方面，本實驗之 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ 比例，在環島後立即及恢復期 36 小時，皆較環島前有顯著升高現象，這表示 CD3⁻CD16⁺CD56⁺ 比在經過連續數天長時間中高強度運動後，會產生立即顯著的變化，且顯著上升的變

化會持續至運動後恢復期 36 小時；NK 毒殺作用反應時間較快，所扮演的角色是清除發生改變或異常的細胞，因此被認為是人體對抗病毒的第一道防線（高曉明，2004）。本實驗之受試者在環島過程中或因天候不良，選手冒雨前進，或因直排輪鞋材質堅硬，且平均每天行進約 6-8 小時，導致選手下肢肌群及足底過度疲勞腫脹，或因路況不佳，幾乎每位選手都有程度不等之摩擦外傷性傷口或摔傷，導致出血腫脹情形，而有兩名選手在環島中發生呼吸道感染現象。當創傷發生易有細菌病毒感染，因此周邊血液便會招募 NK 細胞，用以當作對抗病菌入侵之第一道防線，因此推測本實驗 NK 細胞在運動後立即及運動後恢復期 36 小時，仍持續顯著上升的現象，與 NK 細胞在血液中遷移現象有關，且於環島過程中累積之創傷，在恢復期 36 小時並未復原，因此周邊血液有持續招募 NK 細胞之情形。但本實驗在運動後 NK 升高現象與其他短期運動訓練研究結果不一致，Malm and Ekblom (2004) 以 10 名年輕足球員為對象，安排連續五天的訓練課，強度約為 70~75% 最大攝氧量，強度略高於原先的訓練；經過五天的增加強度訓練後，於運動後約 18 小時採集血液作為後測，結果發現運動後恢復期 18 小時左右，總白血球數目下降 20% 是來自於 T 淋巴細胞與 B 淋巴細胞數目的減少，而 NK cells 未有顯著改變。另一個不一致的研究則為何采容 (2004) 研究短期連續比賽對於免疫細胞之影響，經過四場橄欖球比賽後之後結果發現，T 淋巴細胞濃度並未有顯著改變，而 B 淋巴細胞與 NK 細胞則呈現相反趨勢，賽後 B 淋巴細胞濃度顯著上升而 NK 細胞則呈現下降現象，而總淋巴球濃度賽後亦有顯著下降趨勢，因此該學者推測淋巴球減少症 (lymphopenia) 可能與 NK 細胞減少有關。由於 Malm 與 Ekblom 在 2004 的研究採血時機並非

訓練營結束立即採血，而是至隔日早晨才採血，另外學者何采容是以激烈高強度的短期連續橄欖球比賽為實驗方法，也與本實驗的長時間中高強度運動模式略有差異，因此在採點血點與實驗設計不同的情形下，便可能造成不一致的研究結果。

二、環島運動後淋巴細胞亞群之相關性

免疫反應的種類可分為自然免疫反應（非特異性免疫反應）以及特異性免疫反應。免疫反應發生主要依照下列因素決定：1. 外來的抗原辨識。2. 抗原刺激種類。3. 感染發生位置為細胞內或細胞外。免疫系統對抗原產生的反應可視為一種自然免疫力，是身體對抗外來抗原的第一道防線，吞噬細胞及自然殺手細胞均屬於自然免疫細胞。自然免疫反應發生的機轉是由侵入的微生物所誘發，嗜中性球、單核球、巨噬細胞都是具有吞噬能力的免疫細胞，為身體對抗外來微生物或抗原性物質所產生的初級反應，發炎反應則是細胞性和全身性的作用，伴隨著組織受傷或感染而產生，是體內為了保持恆定而產生的作用。

特異性免疫反應則是指具有特異性的免疫力或者後天的免疫力，此反應會因暴露於特殊抗原下而引發，此種抗原已躲過自然免疫反應的防禦，但隨後被特定之淋巴球辨識出為外來物，在外來物對宿主進行破壞之前，抑制或去除這些分子。特異性免疫反應又可細分為體液性免疫與細胞媒介反應，體液性免疫反應是由外來微生物或細胞間移動之抗原所引起，屬於外生性反應，參與的 $CD3^+CD4^+$ 細胞辨認外來物，接著活化巨噬細胞消滅抗原，並且刺激 B 淋巴細胞分化而能分泌抗體。

細胞媒介免疫反應則是指細胞間的微生物所引起，屬於內生性反應存在於細胞間的微生物，在細胞內進行複製而導致細胞特性發生變化，然而抗體並無法快速接觸到這些物質，因此體液性免疫反應在此時無法產生作用，細胞媒介免疫反應便會啟動，此時 $CD3^+CD4^+$ 細胞在細胞激素作用下會分化成 $CD3^+CD8^+$ 細胞，活化的 $CD3^+CD8^+$ 細胞可以辨認這些抗原，啟動胞殺作用，將表現帶有感染抗原的細胞消滅，而中止免疫反應（高曉明，2004；高振峰、林佳霓、郭雅帛，2006）。

本實驗結果發現，在環島結束後立即， $CD3^+CD4^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值、 $CD3^+CD4^+$ 與 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值，皆達到顯著正相關性 ($p < .05$)。當身體經歷運動或環境變化，NK 細胞負責第一道的防線對抗外來入侵者，此外，參與體液性免疫反應的 $CD3^+CD4^+$ 細胞同時辨認外來物，接著活化巨噬細胞消滅抗原，並且刺激 B 淋巴細胞分化而能分泌抗體；故 $CD3^+CD4^+$ 細胞在免疫系統啟動時與 NK 細胞都扮演先鋒腳色（高曉明，2004），故 $CD3^+CD4^+$ 與 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 在環島運動後免疫系統的立即反應呈現顯著正相關，是可以預期的，這也呼應 $CD3^+CD4^+$ 與 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值，在運動後立即產生的顯著正相關性，主要是來自於 $CD3^+CD4^+$ 的變化。相關文獻中也得到同樣的結果，Zang, Hu, Wang (2007) 以 16 名男性足球選手為觀察對象，進行低住低練與高住低練兩種不同訓練方式，分別於第 1、14、21、28 天早上進行血液採集，觀察經過 28 天運動訓練過程免疫指標變化的情形。結果發現在第 14、21、28 天導致 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值較第一天皆較低的主要原因，是來自於 $CD3^+CD4^+$ 下降的變

化量大於 $CD3^+CD8^+$ 上升的變化量，而造成 ratio 值降低。Oshida, Yamanouchi, Hayamizu, & Sato (2007) 的實驗也指出，運動員及非運動員分別以 60 % 最大攝氧量，進行兩小時有氧運動，結果發現運動後立即的採血點，發生 $CD3^+CD4^+$ 顯著下降及 $CD3^+CD8^+$ 上升的現象，這也導致 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值在運動後立即會產生下降情形。由此可推測在環島運動後立即 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值下降的現象，亦是來自於 $CD3^+CD4^+$ 百分比下降。造成此現象的可能機制，Zang 等人 (2007) 指出或許與 β -adrenergicreceptors (β 腎上腺素受體，一種體內內分泌因子) 有關，因為多數的淋巴細胞亞群 (例如 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$) 能運送 β -adrenergicreceptors，不同的亞群對 β -adrenergicreceptors 的承載能力並不相同。本次研究結果顯示，在環島運動後立即 $CD3^+CD4^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值以及 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值相關性高於 $CD3^+CD8^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值，因此， $CD3^+CD4^+$ 及 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 對 β -adrenergicreceptors 的敏感性應高於 $CD3^+CD8^+$ ，至於確切機制，有待日後進一步的研究加以證實。

本實驗在運動後恢復期 36 小時內觀察到， $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 呈現下降趨勢，進一步分析，發現 $CD3^-CD19^+$ 與 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 有顯著的正相關 ($p < .05$)，另外 $CD3^+CD8^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值在恢復期 36 小時內也有顯著正相關 ($p < .05$)，由於體內啟動細胞媒介免疫反應時，此時 $CD3^+CD8^+$ 細胞需要 $CD3^+CD4^+$ 細胞的刺激才能活化，接著活化的 $CD3^+CD8^+$ 細胞辨認這些抗原，啟動胞殺作用，將表現帶有感染抗原的細胞消滅，(高振峰、林佳霓、郭雅帛，2006)，因此本實驗推測 $CD3^+CD8^+$ 與 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值在恢復期才觀察到顯著正相關，是由於

CD3⁺CD8⁺細胞的反應會較 CD3⁺CD4⁺細胞遲的關係，直到運動後恢復期 36 小時才產生顯著的變化。此外，CD3⁺CD4⁺細胞也能辨認外來物，刺激 CD3⁻CD19⁺分化，CD3⁻CD19⁺方能分泌抗體進行免疫反應，因此 CD3⁻CD19⁺反應也較延遲，直到恢復期 36 小時才有顯著的變化，由於在恢復期選手身體因受傷而發炎的情況仍然持續，造成 NK 細胞的持續顯著反應，故此時 CD3⁻CD19⁺與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺也有顯著的正相關，然而相關文獻則有不一致的結果。Malm and Ekblom (2004) 所進行之足球員五天增強訓練實驗，在恢復期 18 小時發現，CD3⁺CD4⁺、CD3⁺CD8⁺均下降約 30%，CD4⁺/CD8⁺ ratio 值在運動前後並未有所改變，CD3⁺CD8⁺與 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值也沒有顯著相關，該實驗同時發現，運動後恢復期 18 小時 CD3⁻CD19⁺數目有顯著的降低，CD3⁻CD16⁺CD56⁺則未有顯著改變，CD3⁻CD19⁺與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺之間並無顯著相關性。另一個不一致的結果為何采容 (2004) 研究短期連續比賽對於免疫細胞之影響，該實驗以 11 名橄欖球國家代表隊選手為對象，觀察在經過四場橄欖球比賽後之淋巴細胞亞群變化，結果發現，總淋巴球在第一及第二場賽後呈現下降趨勢且達顯著 ($p < .05$)，且每一場賽後 CD3⁻CD19⁺百分比均有增加現象，而在 T 淋巴球方面的變化趨勢則不明顯 ($p > .05$)，CD3⁻CD16⁺CD56⁺則在賽後有顯著下降 ($p < .05$)；CD3⁻CD19⁺與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺並未有顯著的正相關。由於以上短期比賽或者短期訓練之運動類型與環島運動相似，然而在 CD3⁻CD19⁺與 CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD3⁺CD8⁺與 CD4⁺/CD8⁺ ratio 值的相關性，以及 CD3⁺CD8⁺、CD3⁻CD19⁺、CD3⁻CD16⁺CD56⁺、CD4⁺/CD8⁺ ratio 值的比例變化結果並不一致，推測可能與實驗設計、受試者對象、受試者人數、受試者體能

水準、採血點、觀察期長短及實驗分析方式不同有關，在運動後恢復期數天內指標相關的變化結果不一，仍需要更多實驗研究的觀察。

直排輪環島運動過程中，由於台灣本島地形高低起伏，受試者將經歷不同坡度之上坡與下坡路面，在上坡路段時耗費大量體力，而在下坡路段則可適度的休息；路面之平整性也會影響受試者的施力，在凹凸不平的路段，受試者需要留心路況，時而需要躍起閃躲危險坑洞，也會增加些許的體力消耗；氣候因素也會影響受試者之體能狀態，在炎熱環境中，受試者容易感到疲勞與體能衰退，當早晨或傍晚時天氣舒適，受試者體力則可維持較久。由於穿著競速直排輪之質地堅硬，且每天平均行進 6-8 小時，導致選手下肢肌群及足底過度疲勞腫脹，或因路況不佳，幾乎每位選手都有程度不等的摩擦外傷或摔傷，以上運動傷害也會增加體力的消耗。在環島過程中一天內主要分為上午與下午行程，上午與下午各別休息兩次左右，休息時間依受試者體能狀況略有調整，約為 10~20 分鐘不等，因此受試者體能恢復速度也會影響實驗結果。

綜合上述可知，直排輪環島運動對於人體 T 淋巴細胞亞群會產生不同的影響。淋巴細胞亞群之間在運動後立即與運動後恢復期 36 小時會有顯著的正相關性，至於造成 T 淋巴細胞亞群上升及下降的結果，可能與賀爾蒙、神經、內分泌因子等有關，在直排輪環島運動後恢復期 3 天內會有 B 淋巴細胞下降的現象，產生免疫空窗期，在此時需要特別注意感染情形。NK 細胞與其他研究不一致的結果有待進一步的研究探討，而 NK 細胞在環島後及恢復期持續上升的現象，則與外傷性創傷及環島過程中呼吸道感染造成 NK 細胞遷移有關。

第二節 結論

本研究針對九名大學男性直排輪選手進行環島運動，探討環島運動前後對於人體淋巴細胞亞群比例之影響，目的為獲得與免疫系統有關之變化，以提供未來有志從事相關運動之人士作為參考，本實驗結論如下：

- 一、淋巴細胞亞群之間在直排輪環島運動前 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值；環島運動後 $CD3^+CD4^+$ 與 $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值， $CD3^-CD16^+CD56^+$ 、 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值；環島運動後 36 小時 $CD3^+CD8^+$ 、 $CD4^+/CD8^+$ ratio 值， $CD3^-CD19^+$ 、 $CD3^-CD16^+CD56^+$ ；環島運動後 10 天 $CD3^+CD4^+$ 、 $CD3^+CD8^+$ ，都呈現顯著正相關性之結果，因此各亞群間進行免疫反應時有互相調控之影響。T 淋巴細胞亞群比例變化，可能與賀爾蒙、神經、內分泌因子等有關。
- 二、直排輪環島運動後 $CD3^+CD4^+$ 比例顯著下降的現象長達 10 天，B 淋巴細胞在環島後也會有持續下降 36 小時現象，抑制抗體分泌，產生免疫空窗期，宜在運動後恢復期注意保暖與身體健康狀況。
- 三、進行環島運動時，注意路況與使用環島工具之保護性，以避免身體外傷發生，導致身體過度發炎反應。

參考文獻

高曉明 (2004)。醫學免疫學基礎。台北市：合記圖書出版社。

高振峰、林佳霓、郭雅帛 (譯) (2006)。最新免疫學原理及應用。台北市：合記。(Zane D. H., 2001)

何采容 (2004)。連續性橄欖球賽對淋巴球亞型及其復原狀態之影響。未出版碩士論文，台北市立體育學院，台北市。

徐台閣、徐廣明、蘇文和、張永政 (2001)。馬拉松賽對淋巴細胞自發性死亡以及脂質過氧化的影響。北體學報，9，195-205。

曾玉珍、許振富、徐廣明、徐台閣 (2005)。短期連續高強度運動訓練會降低運動員 B 淋巴球的數目與功能。體育學報，38 (4)，15-26。

王政光、林玄原、洪小芳、楊舒如、張弘志、張瑞宏等 (譯) (2004)。免疫學。台北市：九州圖書。(Goldby R. A., Kindt T. J., Osborne B. A. & Kuby J., 2003)

王聖予、陳建和 (譯) (2002)。免疫學。台北市：藝軒。(Roitt I., Brostoff J. & Male D., 1998)

American College of Sports Medicine. (2004). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(6), 975-991.

- Buyukyazi, G (2004). Differences in the cellular and humoral immune system between sedentary and endurance-trained elderly males. *Science & Sports*, 19(3), 130-135.
- Fry, R. W., Morton, A. R., Crawford, G. P., & Keast, D. (1992). Cell numbers and in vitro responses of leucocytes and lymphocyte subpopulations following maximal exercise and interval training sessions of different intensities. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(3), 218-227.
- Gleeson, M., McDonald, W. K., Cripps, A. W., Pyne, D. B., Clancy, R. L., & Clancy P. A. (1995). The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clinical and experimental immunology*, 102(1), 210-216.
- Hildman, D. A., Mitchel, T., Kappler, J., & Marrack, P. (2003). T cell apoptosis and reactive oxygen species. *The Journal of clinical investigation*, 111, 571-581.
- Hoffman-Goetz, L., Zajchowski, S., & Aldred, A. (1999). Impact of treadmill exercise on early apoptotic cells in mouse thymus and spleen. *Life Science*, 64(3), 191-200.
- Ibfeft, T., Petersen, E. W., Bruunsgaard, H., Sandmand, M., & Pedersen, B. K. (2002). Exercise-induced change in type 1 cytokine-producing CD8⁺ T cells is related to a decrease in memory T cells. *Journal of applied physiology*, 93(2), 645-648.

- Kurokawa, Y., Shinkai, S., Torii, J., Hino, S., & Shek, P. N. (1995). Exercise-induced changes in the expression of surface adhesion molecules on circulating granulocytes and lymphocytes subpopulations. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *71*, 245-252.
- Lancaster, G., Khan, Q., Drysdale, P., Wallace, F., Jeukendrup, A., Drayson, M., & Gleeson, G. (2005). Effect of prolonged exercise and carbohydrate ingestion on type 1 and type 2 T lymphocyte distribution and intracellular cytokine production in humans. *Journal of applied physiology*, *98*(2), 565-571.
- Malm, C., Ekblom, O., & Ekblom, B. (2004). Immune system alteration in response to increased physical training during a five day soccer training camp. *International journal of sports medicine*, *25*(6), 471-476.
- Mooren, F. C., Bloming, D., Lechtermann, A., Lerch, M. M., & Volker, K. (2002). Lymphocyte apoptosis after exhaustive and moderate exercise. *Journal of Applied physiology*, *93*(1), 147-153.
- Natale, V. M., Brenner, I. K., Moldoveanu, A. I., Vasiliou, P., Shek, P., & Shephard, R. J. (2003). Effects of three different types of exercise on blood leukocyte count during and following exercise. *Sao Paulo Medical Journal*, *121*(1), 9-14.
- Nieman, D. C. (1994). Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *26*(2), 128-139.

- Nieman, D. C., Henson, D. A., Austin, M. D., & Brown, V. A. (2005). Immune response to a 30-minute walk. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1), 57-62.
- Oshida, Y., Yamanouchi, K., Hayamizu, S., & Sato, Y. (1988). Effect of acute physical exercise on lymphocyte subpopulations in trained and untrained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 9(2), 137-140.
- Pedersen, B. K., & Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiological reviews*, 80(3), 1055-1081.
- Phaneuf, S., & Leewenburgh, C. (2001). Apoptosis and exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(3), 393-396.
- Ronsen, O., Pedersen, B. K., Oritsland, T. R., Bahr, R., & Kjeldsen-Kragh, J. (2001). Leukocyte counts and lymphocyte responsiveness associated with repeated bouts of strenuous endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 91(1), 425-434.
- Steensberg, A., Toft, A. D., Bruunsgaard, H., Sandmand, M., Halkjaer-Kristensen, J., & Pedersen, B. K. (2001). Strenuous exercise decreases the percentage of type 1 T cells in the circulation. *Journal of Applied physiology*, 91(4), 1708-1712.
- Vider, J., Lehtmaa, J., Kullisaar, T., Vihalemm, T., Zilmer, K., Kairane, C., Landor, A., Karu, T., & Zilmer, M. (2001). Acute immune response in respect to exercise-induced oxidative stress. *Pathophysiology*, 7(4), 263-270.

Zhang, Y., Hu, Y., & Wang, F. (2007). Effects of a 28-day “Living High - Training Low” on T-lymphocyte subsets in soccer players. *International journal of sports medicine*, 28(4), 354-358.

Zhang, X., Matsuo, K., Farmawati, A., Higashi, Y., Ogawa, K., Nagata, K., & Nagotomi, R. (2006). Exhaustive exercise induces differential changes in serum granulysin and circulating number of natural killer cells. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 210(2), 117-24.

附 錄

附錄一 受試者須知及同意書

【受試者須知及同意書】

研究單位：國立台灣師範大學體育學系

研究人員：葉明嘉

聯絡電話：0928713187

為了維護受試者之權益，研究者必須將其研究過程、可能發生的危險向受試者說明，研究者會盡其所能來保護受試者之健康與權益，並隨時回答受試者的問題。受試者如改變參與意願時，應通知研究者，即可隨時退出實驗，而不受任何方面限制。

參與本研究之受試者，必須瞭解並同意以下事項：

- 一、 實驗日期：民國 97 年 1 月 15 日至民國 97 年 2 月 15 日
- 二、 在指定日期時間，著運動服裝至國立台灣師範大學公館校區運動生理學實驗室，接受一次最大攝氧量前測。
- 三、 在規劃日期內，進行連續 7 天直排輪環島運動，估計約 953 公里。
- 四、 本實驗由合格醫護人員進行採血，4 個採血點為：第一天環島運動出發前、第七天環島運動結束後、環島運動後 36 小時、環島運動後 10 天。
- 五、 參與本實驗可瞭解個人心肺能力、及環島運動對免疫功能的影响。
- 六、 為使測驗過程順利及保護個人安全，請務必配合下列要求：
 1. 進行最大攝氧量運動前，需空腹 12 小時。
 2. 環島過程中，若有不適，請立即向研究人員反映，可隨時退出實驗。
 3. 實驗進行期間，避免食用可能影響免疫功能之藥物，如有需要，也請保留藥物記錄，並提供給研究人員做參考。

實驗所獲得的資料僅供研究之用，絕對保密。閱讀完須知並同意遵守相關約定，請在下欄簽名。本研究需要您的參與合作，才能圓滿順利！感謝！

志願者簽名：_____

同意日期：97 年____月____日

附錄二 健康情況調查表

【健康情況調查表】

本表旨在幫助您瞭解自身的健康狀況，並協助研究人員決定受試者在測驗前，是否需要更進一步的健康檢查。請您務必確實填寫。

過去一年間，醫師是否告訴您有以下的狀況：

(請您在下列“有”、“無”、“不確定”的□欄中打√)

	有	無	不確定
1. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 心臟病或血管硬化	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 支氣管炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 貧血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 心率不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 藥物過敏	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 緊張、情緒或心理異常	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 很快站起來時會覺得頭暈或輕微頭痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 昏倒或失去知覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 經常性胃痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 運動後極端疲憊很難恢復	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. 過去半年間是否有其他病症發生？(請說明)	_____		

受試者簽名：_____

填表日期：97年____月____日

附錄三 受試者基本資料

基本資料						Allout 運動	
代號	年齡(歲)	性別	溜齡(年)	身高(cm)	體重(kg)	衰竭時間	VO ₂ max
A	21	男	10	169	60.5	17'03	64.00
B	22	男	8	159	50	13'21	49.07
C	21	男	10	170	67	12'01	46.74
D	19	男	12	168	63.2	13'42	59.13
E	19	男	10	165	51.9	14'05	54.57
F	20	男	9	173	69.1	15'16	58.70
G	20	男	9	177	63.3	16'02	56.10
H	19	男	12	171	64	15'04	54.97
I	26	男	5	165	49	13'08	47.43

Inbody 測量資料								
代號	body weight	muscle mass	body Fat mass	body Fat %	BMI	右腿體液診斷	左腿體液診斷	健康評分
A	61.7	47.4	11.6	18.8	21.6	6.02	6.05	81
B	49.7	39.1	8.3	16.7	19.7	4.70	4.66	78
C	68.0	50.3	14.7	21.7	23.5	6.15	6.15	81
D	61.3	50.2	8.1	13.3	21.7	6.08	6.07	88
E	53.1	43.1	7.4	13.9	19.5	5.39	5.42	78
F	70.9	56.0	11.7	16.6	23.7	7.10	7.14	87
G	63.4	52.9	7.5	11.9	20.5	6.79	6.74	81
H	64.4	53.7	7.7	12.0	22.0	6.53	6.61	89
I	49.5	39.7	7.4	14.9	18.2	4.96	4.91	71

附錄四 直排輪環島實驗流程相關紀錄

	前測	環島前	環島出發	進行環島運動	環島結束	休息	環島後測 (約36小時)	休息	環島後 第10天後測	
日期	1/20 日	1/26 六	1/27 日	1/28 一 1/29 二 1/30 三 1/31 四	2/1 五	2/2 六	2/3 日	2/4 一	2/11 一 2/10 日 2/9 六 2/8 五 2/7 四 2/6 三	2/12 二
起點 採血(5:30)		台北T1	中壢	頭城 花蓮 台東 枋寮 台南 彰化	中壢	彰化	休息	台北T3	台北T4	
備註 / 里程數	VO ₂ max 運動	原本應該在 1/27當天抽 血取基礎值 ，但因避免 影響受試者 環島出發狀 態，因此前 一天先採血	146 km	145 km 178 km 140 km 137 km 135 km	160 km	休息				
終點 採血 (運動後30分)			頭城	頭城 花蓮 台東 枋寮 台南 彰化 中壢 T2	中壢 T2		day1	day2	day3 day4 day5 day6 day7 day8 day9	day10
投宿地點			竹安 國小	吉安 國小 台東 大學 枋寮 分局 枋寮 中心 勞工 中心 台南 幼雅園 彰化 上上	竹安 國小	上上 幼雅園				

採血點：T1-第一天出發前 T2-第七天結束後 T3-環島結束後36小時 T4-環島結束後10天

個人小傳

作者姓名：葉明嘉

出生年月日：1980/06/29

出生地：台灣省嘉義市

主要學歷：高中 省立嘉義高中

大學 國立體育學院 運動保健系

研究所 國立台灣師範大學 體育學系碩士班

重要經歷：國家選手訓練中心運動科學組運動傷害防護員

2004 雅典奧運羽球培訓隊隨隊防護員

跆拳道、橄欖球、桌球國家代表隊防護員

中華職棒大聯盟 La New 球隊專任防護員

中華職棒大聯盟大會防護員

特殊成就：國立台灣師範大學 甲組木球代表隊

96 北區木球錦標賽男子團體第二名