

國立臺灣體育學院競技研究所
碩士學位論文

台灣優秀舉重選手生理生化監控之研究
Physiological and biochemical monitoring of
Taiwanese elite weightlifters



研究生：黎鋒英 撰

指導教授：趙榮瑞 教授

中華民國九十五年六月

台灣舉重優秀選手生理生化監控之研究

中文摘要

本研究目的在於探討擬定科學化訓練，以生理生化指標來建立訓練模式，從而提高訓練水準以及舉重選手訓練後 CK 活性值、BUN 濃度的變化情形和舉重選手經過兩週大運動量和睪固酮、皮質醇的變化情形。本研究對象為 6 位在國家訓練中心準備 2006 杜哈亞運培訓的優秀舉重選手，平均年齡 23.3 ± 3.2 ，受試者必須配合完成所安排的訓練課表。對肌酸激酶 (Creatine Kinase; CK) 與尿素氮 (BUN) 的血液生化值持續兩週的監控，於每日清晨八點進行指尖採血。每週的星期一進行靜脈採血 5mL，對血睪酮 (testosterone) 與皮質醇 (cortisol) 的濃度進行分析，持續三週，均由國訓中心合格檢驗師採血。本研究結果顯示：經過兩週的大運動量，CK 在統計上有達顯著，CK 值一般作為選手受傷與否和訓練強度的指標，而舉重選手的 CK 則因個人有很大的差異，因此需對選手作長時間的監控與了解，不能以單一一次的 CK 值作為受傷與否的指標。同時以 CK 值作為選手訓練強度的指標時，應以選手個別的變化程度為判斷依據。BUN 在統計未達顯著，舉重選手訓練前後 BUN 的數值並不會有很大的變化且都在正常範圍值，顯示受試者對教練的訓練量都可接受；或是以 BUN 作為舉重選手訓練負荷量的指標並不明顯。T/C 的比值，兩位女選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (4.01 ± 0.79) ，但經過第二週的大運動量後，T/C 變化有下降的現象，第三週小運動量

後，T/C 變化有所上升。四位男選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (35.95 ± 10.30) ，經過第一週大運動量後，T/C 值有下降，在第三週小運動量後，T/C 值有達顯著。顯示為避免

選手在訓練期間造成過度訓練，而影響運動表現，監控 T/C 的必要性不可忽視，評定選手機能狀態和科學化運動訓練均有實質意義；也顯示 T/C 的比值與在非耐力型運動成明顯的相關性。本研究發現，通過科學的生理、生化指標評定負荷強度，不僅能防止運動傷害和過度疲勞的產生，而且能有效提高訓練的效果。

關鍵字：優秀舉重選手、肌酸激酶、尿素氮、睪固酮、皮質醇、舉重訓練

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL MONITORING OF TAIWANESE ELITE WEIGHTLIFTERS

ABSTRACT

The current study investigates the establishment of scientific training through models from physiological and biochemical indicators to enhance training quality. It also discusses the change in CK active value and BUN concentration after training, as well as the change in testosterone and cortisol after two weeks of intensive exercise. The subjects of this study are 6 elite weightlifters preparing for the 2006 Doha Asian Games at the national training center. The average age of the athletes is 23.3 ± 3.2 . They must receive and complete the training according to the schedule arranged. The blood biochemical values of Creatine Kinase (CK) and Blood Urea Nitrogen (BUN) are monitored for two consecutive weeks by daily blood sampling at eight in the morning. Each Monday analysis of hormonal concentration of blood testosterone and cortisol is carried out on the 5mL of venal blood collected in the vessel containing EDTA for three weeks and all procedure is performed by certified technologists at the national training center. The difference of the values of CK, BUN, testosterone, and cortisol at different times are compared. These findings show that after two weeks of large amount of exercise, the presence of CK is statistically significant. The value of CK value is generally used as the indicator as to whether the athlete is injured and the intensity of training, but weightlifters' CK level varies individually. Therefore it is essential to understand and monitor individual athletes for a substantial period of time and not using a single CK value to determine if the athlete is injured. Meanwhile, when deciding the training intensity based on the CK values, the degree of athletes' individual change should be taken into consideration. BUN has not reached the statistically significant level, and its values for the weightlifters before and after training are within the normal range value, showing that the amount of training received for the test subjects is acceptable, or the load of training displayed by the

BUN indicator is not obvious. As for the T/C ratio, two female athletes have a T/C mean value of (4.01 ± 0.79) before the first week of training, and there is not much change during the first week. But after the second week's large amount of exercise, T/C appears to be dropping, and T/C is on the rise after small amount of exercise in the third week. Four male athletes have a T/C mean value of (35.95 ± 10.30) before the first week of training, and T/C value drops after intensive exercising in the first week, and T/C value is significantly high after the third week of small amount of exercise. It is shown that in order to avoid excessive training for the athletes and hence affecting their performance, monitoring of T/C is indispensable; evaluation of the athletes' functional condition and scientific sports training are also essential; It also demonstrates the relevance of the T/C ratio and non-endurance sports. This study reveals that through scientific evaluation of endurance intensity by the physiological and biochemical indicators, not only can one prevent injuries and fatigue in physical exercises, but one can also enhance the effectiveness of training.

Keywords: elite weightlifters, Creatine Kinase, Blood Urea Nitrogen, testosterone, cortisol, weightlifting training

致謝

回想即將結束的研究生生涯，在實驗遇到的種種瓶頸，只能說是苦盡甘來，當然心中充滿無限的感激，如今我能如期完成論文，由衷感謝所有支持我及幫助我的人，首先我要感謝我的指導教授—趙榮瑞 教授，除了感謝您在論文及課業上細心地教導鼓勵，讓我的論文順利完成。在此也感謝口試委員—王建台博士、王彥翔博士，對本論文詳盡的批閱指正，使本論文得以更加完整。

感謝左訓中心運科組在實驗操作的支持，感謝許嘉在實驗操作分析及論文、課業方面的指導，感謝國訓中心方馨、郭承瑋兩位優秀的舉重選手在實驗上、課業的支持與幫忙，也感謝參與的所有受試者們盡心盡力完成本實驗，能夠如期完成論文。

最後我感謝我的家人，先生和女兒在這兩年來的支持、關心和鼓勵，感謝你們細心照料，讓我無牽無掛在學業上努力，謝謝你們！

本論文將獻給所有支持與愛護我的家人、師長和朋友們，謝謝你們！

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
致謝	V
目 錄	VI
表目錄	IX
圖目錄	X
第壹章 緒論	
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	5
第四節 研究範圍與限制	5
第五節 名詞解釋	6
第貳章 文獻探討	
第一節 舉重運動訓練的特性	9
第二節 肌酸激酶與舉重訓練的關係	11
第三節 尿素氮與舉重訓練的關係	12
第四節 舉重訓練與睪固酮及皮質醇的關係	13
第五節 本章小結	21
第參章 研究方法與步驟	
第一節 研究架構	22
第二節 研究對象	23
第三節 實驗設計	24
第四節 實驗流程	25

第五節	血液分析	26
第六節	統計分析	30
第肆章 結果		
第一節	受試者基本資料	31
第二節	肌酸激酶對舉重訓練之影響	32
第三節	尿素氮對舉重訓練之影響	35
第四節	睪固酮與皮質醇的比值對舉重訓練之 影響	37
第伍章 討論		
第一節	訓練後肌酸激酶對舉重訓練的影 響	39
第二節	訓練後尿素氮對舉重訓練的影 響	40
第三節	訓練後睪固酮與皮質醇比值的變化 對舉重訓練的響	41
第陸章 結論與建議		
一、	結論	43
二、	建議	44
參考文獻		
中文	文獻	45
英文	文獻	49
附錄		
附錄一	受試者同書	53
附錄二	受試者基本料	54
附錄三	第一週訓練課表(大運量)	55
附錄四	第二週訓練課表(大運量)	56
附錄五	第三週訓練課表(小運量)	57
附錄六	肌酸激酶	58
附錄七	尿素氮	59

附錄八	睪固酮	60
附錄九	皮質醇	61

表目錄

表 3-1	受試者基本資料	23
表 4-1	受試者基本資料	31
表 4-2	兩週大運動量 ck 之活性	33
表 4-3	每天訓練課程的總重量	34
表 4-4	兩週大運動量尿素氮的變化	35
表 4-5	兩位女選手睪固酮與皮質醇比值的變化	37
表 4-6	四位男選手睪固酮與皮質醇比值的變化	38

圖目錄

圖 2-1 訓練檢測與評估	20
圖 3-1 研究架構	22
圖 3-2 實驗流程	25
圖 4-1 六位選手兩週訓練後肌酸激酶的變化	33
圖 4-2 六位選手兩週訓練後尿素氮的變化	36
圖 4-3 兩名女選手睪固酮與皮質醇比值的變化	37
圖 4-4 四位男選手睪固酮與皮質醇比值的變化	38

第一章 緒論

第一節 研究背景

舉重運動於古代奧運會時已被列入競技項目，發展至今已逾千年以上的歷史。在現代奧運會中舉重項目動作之演變，已由最古老的舉石、舉鼎等慢慢發展至今以槓鈴的形式呈獻抓、挺舉兩式規定舉法，其動作與規則也具有規模性的架構，並由現代國際舉重協會訂出一套符合競賽標準的比賽制度。舉重運動始於 18 世紀末的歐洲。舉重第一次的國際正式比賽在 1896 年的雅典奧運被列為正式比賽，當時的比賽沒有體重分級，只有單手挺舉和雙手挺舉，選手可以任意使用，單手和雙手舉起重量。1899 年在義大利米蘭舉行第三屆世界舉重比賽，第一次進行了雙手推舉、雙手抓舉和雙手挺舉的三項動作比賽。又在 1920 年的第七屆奧運會上第一節開始按選手的體重分為 5 個量級，並改為單手抓舉、挺舉和推舉，由於推舉對選手有較大的傷害，因此 1972 年開始取消了推舉，沿用至今抓舉、挺舉二式為比賽動作(劉榮昌，2003)。女子舉重運動在 1981 年起源於美國，分為七個量級。在 1985 年引進台灣，由嘉南地區田徑隊轉形推廣到台灣各地，1988 年國立體育學院成立第一支大專女子舉重隊，奠定台灣初期女子舉重運動的基礎。在 1993—2000 年在國際舉壇所舉辦的比賽上，獲得亞洲與世界錦標賽的佳績，進而使台灣女子舉重運動邁進巔峰時期(傅媵婷，2004)。從 2000 年雪梨奧運會上女子舉重也正式成為奧運會的正式比賽，男子八個量級與女子七個量級一起正式登上了奧運大舞台。台灣舉重選手

始於 1960 年羅馬奧運會參加競賽，歷年來共獲得三面獎牌，一項第四名(1984 年洛杉磯奧運會蔡溫義銅牌，2000 年黎鋒英銀牌、郭羿含銅牌、王信淵第四名)為我獲得佳績(劉榮昌，2003)。舉重愛好者莫不盡所能利用各種補強的訓練儀器，並借用科學的方法諸如生理學、心理學、運動力學、營養學等來探討增進舉重成績最快速而有效的方法，讓她們的選手能在日益競爭劇烈的舉重舞台上，為國爭光(屠國華，2002)。

無論是動態和靜態，力量是生物克服地心引力或作用於某一物體所產生的能力，他影響人體動作的速度、肌肉的肌力以及運動技能的表現。肌力的大小是受到中樞神經系統的生化現象所影響，神經系統具有傳達刺激及促使 ATP(adenosine trphosphate)釋能的特性因而使肌肉收縮產生力量。同時個人動作注意力集中的程度，會影響肌力的大小(蘇文仁，1985)。肌力大小與肌肉的橫斷面積成正比之論述，已是不爭的事實，運動選手接受肌力訓練，可以促使肌肉肥大，進而達到增進肌力的目的(陳相榮，1977)。過去傳統的舉重訓練是依週期訓練理論將一年訓練分為三個階段，即準備期、比賽期、調整期來進行安排。確實這樣的安排也使我國舉重運動得到了迅速的發展，在國際賽上獲得佳績，湧現不少優秀的舉重人材，但這樣的安排已跟不上現代高水準舉重訓練的步伐，特別是現代科技的迅速發展和對訓練理論的更新以及生理生化、營養手段的發展，使舉重訓練進入到科學、更有效、更先進的方面發展。運動負荷的生化指標評定是分析運動負荷與各類生化指標的關係，促進運動的適宜性和科學化，提高訓練成績和身體機能(顏克典，2003)。因此，

從生理、生化的檢查和評定對舉重運動訓練進行科學的監控，促進舉重訓練的科學化具有十分重要的意義。

第二節 研究動機

研究者從十二歲練舉重，持續了十七年的運動生涯，最後因運動傷害（肌腱斷裂）而離開舉重的舞台，深深體會到要訓練一位優秀的選手，科學的訓練方法和良好的訓練計畫是提高運動能力和防止過度疲勞的發生、加快恢復的關鍵。目前運動負荷的評定方法很多，包括經驗評定、心理評定、生化評定等，以科學評定負荷強度，不僅能防止運動損傷和過度疲勞的產生，而且能有效提高訓練的效果（林文強，1996）。早在70年代，前蘇聯和東、西德國就採用系統的方法和手段對選手的機能狀態進行評定，並建立統一的標準。對優秀的舉重選手生理特徵及生化指標評定提出了具體的數據（李雲霞，1999；楊柏石，1999；馮葆欣，1999）。中國大陸近三十年來研究選手身體機能評定的指標和方法，也取得大量的科研成果和一個評定的標準。

我國的舉重選手在國際體壇上一直有相當優異的成績，女子舉重在2000年被納入奧運項目並在雪梨奧運獲得一銀一銅。目前在我國的專業訓練中，依然存在著依靠傳統的方法和經驗進行訓練的現狀，不少極有潛力的選手因為不科學的訓練而未能成材，或是過度訓練引起運動傷害未能發揮其能力，過早結束了運動生涯。賽前大強度訓練會導致血色素的明顯下降，有時會持續到賽前調整階段，應注意加強大強

度訓練階段運動員的營養，保持選手的血色素不至於下降太多（糜鈺，1999）。因此如何提升選手的實力，舉重教練除了對選手的生活與訓練有充分了解之外，更希望能藉由生化檢測了解選手的生理狀況，配合訓練課表的擬訂讓選手有更好的成績。運動生理生化的研究為了評定選手的身體機能、提升運動能力、診斷和恢復運動疲勞（宏平，2004）。特別是在當今運動成績越來越高，國際競賽的情況下，訓練方法的有效性、針對性和創新性是提高運動能力，充分挖掘身體潛能的重要前提，因此以科學評定負荷強度，不僅能防止運動傷害和過度疲勞的產生，而且能有效提高訓練的效果，並達到實際與理論結合之原則，以提升舉重競技成績與 2008 備戰奧運奪牌有重大意義，乃為本研究之動機。

第三節 研究目的

- 一、 探討擬定科學化訓練，以生理生化指標來建立訓練模式，從而提高訓練水準。
- 二、 探討舉重選手經過兩週訓練後，CK 活性值和 BUN 濃度的變化情形。
- 三、 探討舉重選手經過兩週大運動量和一周小運動量的訓練後，睪固酮、皮質醇的變化情形。

第四節 研究範圍與限制

本研究針對國訓中心六位優秀的舉重選手以三週時間的密集訓練進行生理生化的檢測和評定。

- 一、 受測試的六位選手有規律的生活和訓練，在測試期間不能有中斷訓練，如有受傷，研究者盡量協調。
- 二、 研究者將盡力督促選手詳細紀錄訓練日記和生理狀況。

第五節 名詞解釋

一、優秀選手 (Excellent player)

優秀選手是經過長年累月的辛苦訓練，代表國家參加過東亞運、亞奧運等世界性的比賽並付出巨大的犧牲，嚴格要求自己堅持系統的科學的多年訓練，訓練年限八年以上，在國內外曾獲得佳績，具有高度的事業心和強烈的進取心。有遠大的理想，有奪取冠軍的強烈願望，優秀的選手必須承受很大的訓練負荷，需要付出常人難以想像的代價，有堅韌不拔的堅強意志和頑強的拼搏精神。現代高水平的運動成績是高科技、高技術、多學科的結晶與綜合，優秀選手要不斷學習各種理論知識和專業知識提高自己的水準。

二、舉重 (Weightlifting)

是奧運項目之一。分為抓舉和挺舉，按體重分有男子八個量級 (56kg、62kg、69kg、77kg、85kg、94kg、105kg、105+kg)、女子七個量級 (48kg、53kg、58kg、63kg、69kg、75kg、75+kg)，除了兩個單項成績外，另有合併計算總合成績。目前亞奧運比賽只計算總合成績。

三、生理生化 (Physiology Biochemical)

生理、生化監控就是利用簡單、實用、科學的生理、生化指標，對訓練中常用的訓練方法中的運動量、運動強度及訓練效果進行監測，以評價運動負荷、運動強度的大小，及負荷大小是否符合選手當時的訓練狀態。遵循實用、有效的原則，從代謝的生理學和生物化學的基礎出發，制定專案訓練的生理、生化監控的主要內容與指標體系。

四、監控 (Monitor and cont)

在舉重的運動訓練中，影響運動能力的因素很多，如先天的遺傳因素、營養補給、恢復手段，醫務監督及訓練等，但在這些因素中，運動訓練對改善人體運動能力是一個很重要的因素，運動訓練以運動量、運動強度使人體穩態下的平衡打破，建立起新的平衡，使代謝系統不斷適應，從而提高選手的成績，因此訓練監控在訓練中的地位顯得十分重要。舉重運動的生理、生化監控就是利用簡單、實用、科學的生理、生化指標，對舉重運動中常用的訓練方法中的運動量、運動強度及訓練效果進行監測，以評價運動負荷、運動強度的大小，及負荷大小是否符合選手當時的訓練狀態。

五、肌酸激酶 (creatine kinase , CK)

CK 大量存在肌肉中，CK 正常值是 100IU/L。正常時會有部份透過細胞膜而存在血液中，但數量很少 (<100U/L)(林文強，1996)。早先的研究，對運動是否會增加 CK 值並沒有獲得肯定的結果，此可能與實驗設計中的運動持時，2-3 天取血測定一次，一般在運動後經常介於 100-200U/L，如果超過 200U/L 就是運動量過大，身體尚未恢復(林文強，1996)。

六、尿素氮 (blood urine , BU ; blood urine nitrogen , BUN)

BUN 是蛋白質和胺肌酸等含氮物質的代謝物，正常情形下血中 BUN 的生成與代謝呈一種平衡狀態，其值為 8~18mg/dl。運動時體內能量平衡受到破壞，蛋白質和胺基酸的分解代謝增加，BUN 上升。一般來說，30 分鐘以內的輕、中度運動，BUN 的變化較小，如果超過 30 分鐘以上或非常劇烈的運動時會明顯增加，可以用 BUN 作為運動量評定的指標。當運動後 BUN 超過 50mg/dl 或較運動前升高 5.5mg/dl

左右，則為運動量較大，如果升高 8.5mg/dl，則選手以疲勞（浦鈞宗等人，1989；林文發，1996）。

七、睪固酮（testosterone）

Testosterone 為一種 19 個碳原子的雄性激素，是由睪丸的萊狄氏細胞，腎上腺皮質級卵巢的卵囊膜細胞中經由膽固醇所合成。Testosterone 主要為同化作用，會增加肌肉中醣原的合成作用，增加肌肉中蛋白質的合成，亦可影響肌酸磷酸的再合成作用。Testosterone 是屬於同化性類固醇，通常被運動員用以增加肌肉體積以及提升運動表現。國際奧委會（IOC）於 2006 年將同化性類固醇列為禁藥檢驗項目。在美國同化性類固醇的使用不再侷限於選手，一般高中生使用率相當高，他們是為了自己要擁有優美的線條而服用（Collins，1993；et al，1990）。

八、皮質醇（Cortisol）

Cortisol 為一種類固醇賀爾蒙，是由腎上腺皮質所分泌的主要糖皮質素之一而 Cortisol 的分泌受到運動強度及時間、健康狀態、營養狀態及一天的週期等因素的影響。Cortisol 在健康人體一天中的分泌量具有規律性，當人體在用餐時半夜至凌晨這段時間分泌最高，運動也會提高 Cortisol 的分泌量（Robergs & Robergs，1997）。Cortisol 是腎上腺皮質對付壓力時所分泌的主要激素，在某些情況下具有潛在的抗生長作用。

第二章 文獻探討

第一節 舉重運動訓練的特性

舉重的力量特點是需要選手具有較強的爆發力和速度。舉重運動主要是以無氧代謝，它要求選手在最短的時間內爆發出最大的力量。一般情況下，不管是抓舉或挺舉，完成一次動作的時間不會超過 10 秒鐘。加強無氧代謝和耐乳酸訓練是提高舉重訓練水準的重要手段，有養代謝訓練對提高無氧能力有很大的影響，可以提高選手完成動作的協調性、柔韌性（谷忠德，李珊秀，張盛榮，1999）。舉重訓練的發展需要大運動量和高強度負荷的訓練，高水準的選手的訓練內容趨向專項，訓練手段十分集中，提高舉重成績必須提高訓練負荷（馬文才，王娟，李果，1995）。力量訓練的最基本原理就是刺激反應，刺激就是赴重訓練，當刺激的強度最適宜時，肌肉會達到興奮狀態，表現出肌肉的最大力量。舉重訓練方法的合理性、科學性是提高舉重運動成績的關鍵。大運動量的訓練每天負荷量達到 60 組以上，強度也達到 90% ~ 100%，同時要注意調整，使因大負荷產生的疲勞能夠得以消除，運動成績才會大幅度提高（胡賢豪，馬文輝，楊志俊，1997）。根據運動訓練原則中的『超負荷（overloading）mm 原則』，選手們必須接受高強度及高負荷量的重量訓練，方可有效的增加肌力。培養一位優秀的舉重選手，必須接受長期有系統的訓練計畫，才能提高選手的運動技術有良好的運動成績。根據每位不同的性別、年齡、體型和體能狀況做不同的訓練計畫。在訓練中應該以實際情況進行調整，運動量不可以過

大，以免影響下一堂課的訓練，強度達不到時可以用有效組數來彌補，每週安排一到兩次的專項強度使成績不斷提高。在運動訓練中，合理運用基礎理論，實驗技術和測定方法評定選手機能狀態，對選手選材、醫物監督、控制訓練負荷、判斷運動性疲勞、提高競技能力，均有十分重要意義（馮連世，2002）。因此，把訓練的運動量和運動強度的量化指標與生理生化指標結合起來一起分析，尋找兩者之間的內在關係和規律。

第二節 肌酸激酶與舉重訓練的關係

根據許多的研究顯示，高強度的運動容易造成肌肉組織損傷，可由生理生化指標得知，評估是否為過度訓練，其中以 CK 的活性最為常用，通常在運動後的 4-5 天才會達到最高點。正常時會有部份透過細胞膜存在血液中，但數量很少 ($<100\text{U/L}$) (林文強，1996)。採血液檢測 CK 的最佳時期為運動即刻、30min、次日清晨 (吳慧君，林正常，1999)。如果超過時間會影響到檢測的結果。運動 CK 上升的原因是活動肌群高度缺氧使細胞膜通透性增加，腎皮質赫爾蒙分泌、動脈血壓上升、能量狀況與身體按摩及肌纖維組成等 (林正常，1985)。運動後 CK 如果超過 200U/L 就是運動量過大，身體尚未恢復 (林文強，1996)。因此運動引起的運動傷害除了選手疼痛的描述和醫生的診斷外，血液中的 CK 升高，也可以提供選手、教練和醫生有關動傷害方面的資訊，進而採取必要的治療及訓練課程的調整。在舉重訓練後，有不同程度的肌肉酸痛，大強度的舉重訓練對肌肉組織有一定的損傷，會影響到運動後的恢復 (段昌平，1986；許豪文，1986)。大強度的舉重訓練會導致骨骼肌細胞一定的損傷，但經常的舉重訓練可使肌肉產生適應，減輕肌肉損傷的程度。運動後 CK 活的改變因素包含運動強度、運動持續時間、訓練水平及選手性別等差異，因此在實際檢測中應特別留意上數值變項及相關性。

第三節 尿素氮與舉重訓練的關係

BUN 是人體中蛋白質的代謝物，臨床上是評估腎病(何敏夫，民 81)。長時間的運動使 BUN 增加胺基酸減少(Haralambie & Berg，1976)。運動後升高的 BUN，其恢復時間與身體運動適應能力有關，訓練狀態好，恢復就比較快，相反就比較慢(馮偉詮、宋成忠，1982)。經大強度訓練後，BUN 升高，可作為疲勞出現、過度訓練的評定，對掌握訓練量和恢復情況有很大的幫助(李協群、趙珮玲，1997；丁華麗，1998；高林洲，1999)。BUN 因運動號升高，隔日早晨恢復正常但比原來水準低，說明身體負荷已適應。如果 BUN 在晨間連續幾天仍然高濃度狀態，說明身體尚未恢復，對運動量不適應(顏克典，2003)。BUN 之正常安靜值大約在 1.8-8.9mmol/L(馮美雲等，1999)。運動量的強度可以從 10%-100%，在 30 分鐘內的運動，BUN 的變化不會很大，超過 30 分鐘的運動，BUN 會有明顯變化(陳永展、陳坤檸，2005)。成人安靜時的 BUN 為 28-40mg/dl，平均值為 22.9mg/dl，選手晨間空腹時，BUN 比常人要高(顏克典，2003)。在運動時的排汗增加，排尿減少，血液濃縮，使 BUN 明顯增加(顏克典，2003)。因此，在對舉重運動訓練課程的監控中，對選手在訓練前後進行 BUN 檢測，可以反應運動訓練課表的安排對選手刺激的程度。

第四節 舉重訓練與睪固酮及皮質醇的關係

Testosterone 又稱為合成類固醇激素，除了維持雄性性功能與第二特徵以外，主要受到下視丘-腦下垂體-性腺軸系控制，具有同化作用，可促進蛋白質合成的 (Jurimae et al, 2001; Kacsoh, 2000; Lac & Berthon, 2000)。優秀的舉重選手經過兩年長期訓練後，血漿中 testosterone 的濃度會增加 (Hakkinen, 1988)。在六個月的訓練後，體內的 testosterone 濃度會上升 (Remes, 1979)。短時間的激烈運動後血漿中的 testosterone 濃度會有增加的現象 (Urhausen et al., 1995)，而增加的幅度會受運動強度、運動量及肌肉量影響，testosterone 濃度增加的主要原因可能為血漿中水分並入肌肉中或汗液的流失而使血液濃縮，運動時血液重新分配，肝臟共血量減少，導致 testosterone 在肝臟中的降解率減少。Testosterone 濃度的減少會阻礙因高強度運動後肌肉損傷的修復作用 (Cumming et al., 1989)。Testosterone 能促進運動後細胞內之收縮蛋白結構重建以及合成恢復其他功能蛋白結構，使肌肉肥大而增強肌力 (林建得，2003)。Testosterone 可以增加肌肉對葡萄糖的吸收，控制肌糖原分解，進而肌活肌糖原合成，為肌糖原快速恢復所需條件 (林建得，2003)。Testosterone 能提升紅血球生成素 (EPO) 生成並直接促進骨髓造血，因而刺激紅血球生成 (李越等，2001; 甄國棟、葉立生，1997)。Testosterone 可以促進磷酸肌酸的合成，使磷酸肌酸增加並減少尿中機酸的排除 (陶大浪，1997)。Testosterone 可以增加免疫功能和抗感染力 (劉紅星，2001)。Testosterone 能調節神經細胞的活動，對神經-肌肉傳導具有

調節作用 (Brennan&Henderson,1995)。平衡的內分泌是選手維持良好的競技狀態的重要前提和保障，而 testosterone 是反應內分泌狀態的重要指標之一 (洪雷等，2000)，在一定的條件下，testosterone 能增強選手的競技能力。實驗顯示雄性動物的攻擊性與其 testosterone 水平呈顯著正相關 (洪雷，2000)。Testosterone 是力量性運動項目選手選才和逕行機體評定的敏感指標 (劉紅星等，2001；洪雷等，2000；甄國棟、葉力生，1997)。運動訓練明顯影響 testosterone 水平和運動能力，彼此間互為作用，testosterone 為身體機能評定常用的指標。在短的時間劇烈運動後 testosterone 呈現增加趨勢，但長時間負荷呈現下降趨勢 (姜明，2001)。過度訓練、疲勞、運動能力降低時，常出現嚴重的低血暈症，運動表現明顯下降 (羅興華、廖八根，1999)。Testosterone 與運動能力有關，運動使 testosterone 水平升高，透過內分泌調控以達到身體適應的過程，進而可提升運動表現，反之，testosterone 水平降低會對運動表現產生負面影響。

Cortisol 又稱為液化分解類固醇激素，主要受到下視丘-腦下垂體-腎上腺軸體控制 (Kacsoh，2000)。Cortisol 在健康人體一天中的分泌量具有規律性，當人體在用餐及半夜至凌晨分泌最高，運動也會提高 cortisol 的分泌

(Robergs&Roberts，1997)。Cortisol 是腎上腺皮質對付壓力時所分泌的主要激素，在某些情況下具有抗生長作用。

Cortisol 在長時間空腹和長時間運動可以維持血糖的濃度，期機制如下 (羅欣怡、許美智，2002):(1) 促進組織中的蛋白質分解成胺肌酸，在進入肝臟中進行糖質新生作用；(2) 刺激脂肪組織中的游離脂肪酸代謝；(3) 刺激肝臟中葡萄糖

合成酵素的作用；(4) 阻斷葡萄糖進入組織的通道，而促使脂肪酸作為組織中的能量來源，以減少細胞中葡萄糖的使用率。隨著運動強度和運動時間的增加，體內的 cortisol 濃度也會增加，在長時間的運動下濃度會達最高水平，如馬拉松（羅心怡、許美智，2002）。Cortisol 的比例和活性都是糖皮質類固醇激素中最高的一種（陶大浪，1997；甄國棟、葉立生，1997）。Cortisol 具有異化分解蛋白質作用，使肌蛋白流失（Jurimate & Purge, 2001; LaBerthon, 2000; Kacsoh, 2000）。

Testosterone 及 Cortisol 是骨骼肌增加和萎縮主要原因。Testosterone 具有同化作用，Cortisol 具有異化作用，（Jurimae 等，2001；Kacsoh，2000）。Testosterone 與 Cortisol 的評定指標可以作為評估運動傷害和過度訓練的參考指標有助於科學化訓練（Urhausen & Kindermann，2002；FRY 等，1998；Chicharro 等，1998）。Testosterone 與 Cortisol 的評定可以監控運動訓練程度（Urhausen，Gabriel & Kindermann，1995）。通過 Testosterone/Cortisol 的比值，可以了解長期訓練中運動技能表現不好的原因和生理疲勞狀態（Urhausen & Kindermann，2002）。以 12 位選手持續 14 天 70-100% RM 的強度訓練，發現 testosterone 濃度增加了 19.2%，cortisol 濃度降低了 21.5%，阻力訓練可以增加蛋白質同化作用（Hortobagyi 等，1993）。Testosterone/Cortisol 與運動表現的相關性只有在非耐力運動（Hakkinen，1985）。短時間的劇烈運動血漿中的 testosterone 濃度會增加，cortisol 濃度增加，阻力訓練 testosterone 濃度會增加，cortisol 的濃度會增加（羅欣怡、許美智，2002）。為了避免選手在訓練中因過度訓練而影響運動表現，監測 T/C 的必要性不能忽視，如果選

手的 T/C 出現減少 30%，應讓選手有適當的調整，等 cortisol 的濃度恢復在進入正常訓練(羅欣怡、許美智，2002)。長期運動訓練會使 T/C 下降引起過度訓練，在運動表現能力降低(Harm，1996)。T/C 下降趨勢與訓練量和強度的增加有同步的關係(錢風雷，1999；趙京華、楊則宜、高紅，1990)。優秀選手的安靜 T/C 水平較高，承受的負荷也比較大，T/C 恢復的時間比較快(董淮南、陳剛、郭子淵，2001)。T/C 可為評估健康狀態、運動疲勞、過度訓練作為參考的依據，對於評定選手的機能狀態和科學化訓練有實質的意義。

訓練檢測與評估(顏克典，2003)提出了運動生理生化指標肌酸激酶、尿素氮、鞣固酮、皮質醇的機能狀態之評定原則、合理的範圍值與身體機能評估的參考說明，如(圖 2-1)。

指標項目	指標說明	合理範圍值	評估說明參考
血清肌酸激酶 (肌肉指標) Creatine Kinase	分佈於骨骼肌、心肌、平滑肌、腦和能量代謝有關，可分為：CK-MM、CK-MB、CK-BB，三種異構種類。在骨骼肌中主要有CK-MM，腦部是CK-BB，心肌是CK-MB以高濃度存	330IU/L	1. CK < 330 IU/L 時，指體內肌肉狀況屬於正常狀態，可持續進行原負荷強度訓練或再提昇訓練強度。 2. CK >

	<p>在。當肌肉遭到破壞，則 CK 會自細胞中釋溶於血中，可以了解是何部位發生障礙或肌肉被破壞之程度。</p>	<p>330IU/L，表肌肉已疲勞，肌肉可能有拉傷、扭傷、挫傷或撞傷之現象，應適當調降負荷強度至中等為宜，並進行傷害防護，或營養調整以加速傷害之儘快復原。</p> <p>3. 若 CK > > 330 IU/L，表示較為疲勞狀況，應大幅降低訓練強度與訓練量至中、下程度，詢問不適部位並配合傷害防</p>
--	---	---

			<p>護、營養飲食與運動營養補充加以調整。</p> <p>4. 若有頭部撞傷亦會造成CK值大幅增加，應加以區隔，並儘速送專科醫療。</p>
<p>3. 血清尿素氮 (代謝指標) Bloodurea Nitrogen</p>	<p>尿素是蛋白質在體內被代謝的最終產物。而尿素氮則包括尿素中的氮，從血清中去除蛋白質後殘餘的氮謂之。尿素氮是在肝臟中由氮和二氧化碳所形成，最後在腎臟過濾為尿而排出，可為診斷肝、腎、與消化系統功能之指標，與蛋白質攝取量、蛋白質代謝機能、腎機能有關。</p>	23 mg/dL	<p>1. BUN 過低表可能是攝取低蛋白食物、急性肝炎或尿崩症。</p> <p>2. BUN > 23 mg/dL 可能是： (1) 前一日失眠。 (2) 訓練課程之訓練量過</p>

			<p>大，無法適應，應降低訓練量。</p> <p>(3) 攝取高蛋白食物。</p> <p>3. BUN > > 23 mg/dL</p> <p>(1) 腎小球機能衰竭。</p> <p>(2) 脫水。</p> <p>(3) 甲狀腺機能亢進。</p>
<p>4. 血睪酮</p> <p>Testosterone</p>	<p>1. 由睪丸之間隙細胞製造。</p> <p>2. 有關生理反應</p> <p>(1) 體內第二性徵。</p> <p>(2) 蛋白質合成。</p> <p>(3) 骨增長、骨垢增生。</p> <p>(4) 紅血球生成。</p>	<p>男：12.5~34.7 nmol/L</p> <p>女：0.728-3.47 nmol/L</p>	<p>1. 濃度愈高，表體內同化合成能力愈佳。</p> <p>2. 爆發力型選手，先天遺傳上血睪酮濃度均較高。</p>

			3. 配合皮質醇共同評估，若血睪酮 / 皮質醇比值下降表運動員機能下降或處於疲勞狀況。
5. 皮質醇 Cortisol	腎上腺分泌之激素，與體內異化分解代謝有關。	60-160ug /L	配合血睪酮濃度分析體內代謝狀況，詳見血睪酮。

圖 2-1 訓練檢測與評估(顏克典，2003)

第五節 本章小結

由上述文獻，舉重運動訓練的特性、肌酸激酶對舉重訓練的影響、尿素氮對舉重訓練的影響、舉重訓練對睪固酮及皮質醇的影響得知，運動訓練的運動量、運動強度可以打破人體的平衡狀態，建立新的平衡，使代謝系統不斷適應，從而提高選手的運動成績。選手所取得的運動成績與運動量有直接的關係，訓練品質的高低又決定選手執行大運動量訓練的有效效果。舉重訓練中運動量和運動強度的確定與衡量常常採用量化的指標作為選手的運動量指標，這種運動量和運動強度的制定是客觀的，是否能達到我們制定的訓練目的，只有通過生理生化的監控才可以明白選手承受運動負荷的能力及對負荷的反應和我們安排的運動量、運動強度是否合理科學。我認為舉重運動的訓練監控，應把訓練中具體的運動量和運動強度的量化指標與生理生化指標結合起來一起分析，尋找兩者之間的內在關係和規律，方便在固定較短的時間內，能用舉重的總量及強度來控制運動訓練。

第三章 研究方法與步驟

第一節 研究架構

根據前面對舉重項目特點及供能代謝的分析，遵循實用、有效的原則，制定舉重項目訓練的生理、生化監控的主要內容與指標體系，如(圖 3-1)。

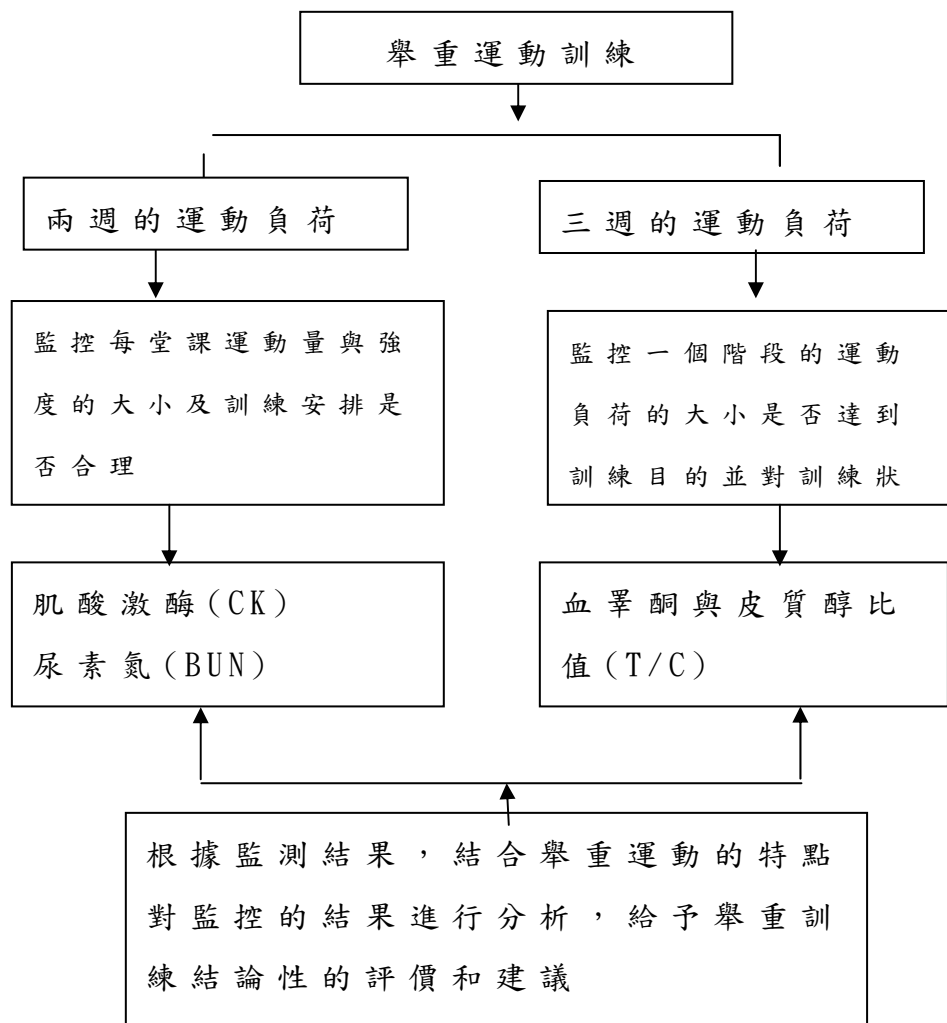


圖 3-1 研究架構

第二節 研究對象

六名長期在國訓中心集訓的國家代表隊舉重選手為受試者，未服用藥物、肝腎功能正常及無心血管相關疾病，無抽菸與飲酒習慣。並請受試者填寫同意書及個人基本資料(個人平日飲食習慣及疾病史)，填寫前告知受試者實驗流程及實驗中可能發生的狀況(表 3-1)。

表 3-1 受試者基本資料

編號	性別	年 齡 (歲)	身 高 (公分)	體 重 (公斤)	訓練年 限
1	女	22	153.0	53.0	9
2	女	19	155.0	53.0	10
3	男	28	162.0	69.0	12
4	男	23	170.0	75.0	9
5	男	22	170.0	80.0	10
6	男	26	177.0	97.0	11

第三節 實驗設計

一、飲食管理及要求：

(一)受試者維持正常的飲食，實驗前一週與實驗中不能飲用酒精及服用藥物，以免影響實驗數據。

(二)在受試期間不可以中斷正常訓練，要確實完成每一堂課的課表。受試者必須紀錄每次訓練的項目、重量、次數與組數。

(三)在訓練前肌酸激酶、尿素氮、睪固酮與皮質醇的比值做前測，與每天訓練後的檢測數值作比較。

二、受試者訓練狀況：

每週訓練八次，時間分別週一至週五上午 10：30 至 12：00 以及週一、週三、週五下午 3：00 至 5：00。選手在每週的星期六要上課所以沒有訓練，訓練內容見(附錄三、四、五)。

第四節 實驗流程

每一位受試者必須配合完成所安排的訓練課表，並監控飲食。對肌酸激酶(Creatine Kinase; CK)與尿素氮(BUN)的血液生化值持續兩週的監控，於每日清晨八點進行指尖採血。每週的星期一進行靜脈採血 5mL 於含 EDTA 的採血管中，對血睪酮(testosterone)與皮質醇(cortisol)的荷爾蒙濃度進行分析，持續三週,均由國訓中心合格檢驗師採血(如圖 3-2)。

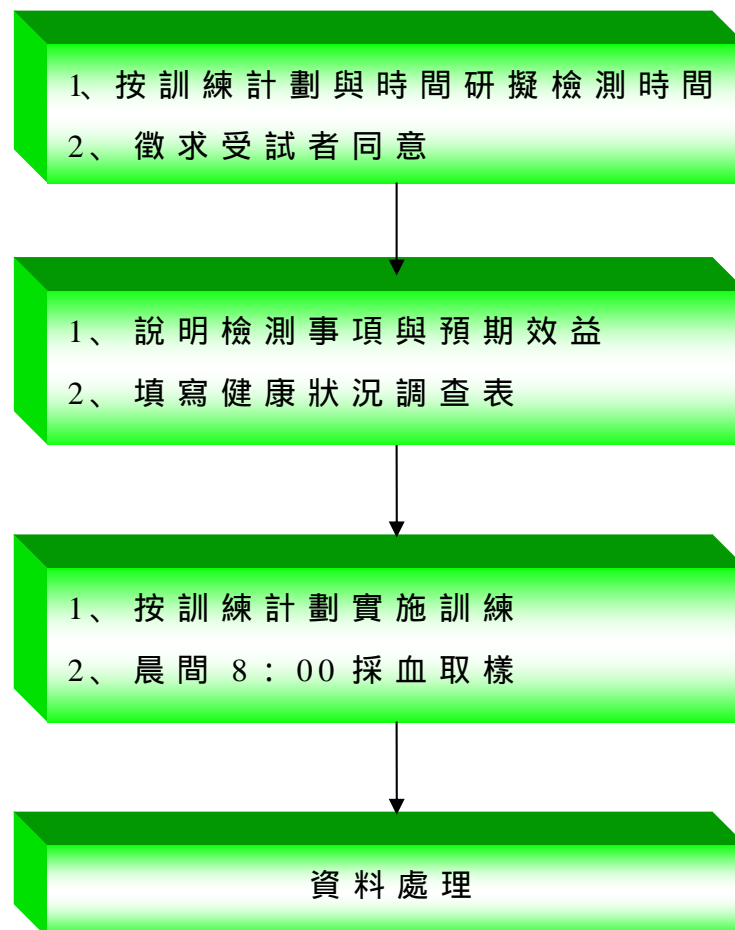


圖 3-2 實驗流程

第五節 血液分析

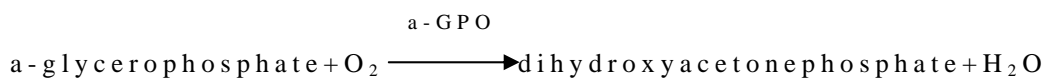
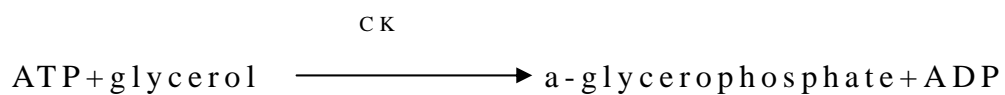
一、 血液前處理

將含 Heparin 的採血管中，取毛細血管的血液，每管約 80ul，將一端封管後，置入離心機 (Micro-hematocrit centrifuge)，並以 1500xg 離心 4 分鐘，血液分為血漿及血球兩部份。

二、 血液生化值分析

1. 肌酸激酶 (CK) 活性之測定：

從已完成血比容測定之毛細管中，取 10ul 血漿以 Johnson & Johnson DT-60 II 乾式自動血液分析儀測量 CK 濃度。其反應原理如下：

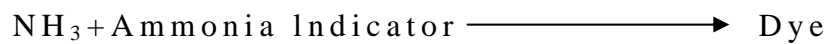
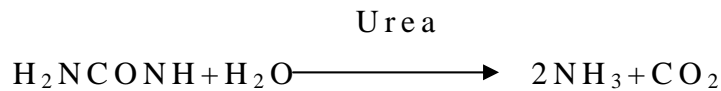


反應波長： 680 nm

反應時間： 5 分鐘 (37°C)

2. 尿素氮 (BUN) 濃度之測定

從已完成血比容測定之毛細管中，取 10ul 血漿已 Johnson & Johnson DT-60 II 乾式自動血液分析儀測量 BUN 濃度。其反應原理如下：



反應波長：660 nm

反應時間：5 分鐘 (37°C)

三、 荷爾蒙分析：

將沒有抗凝劑的採血管置入冷凍離心機 (Universal 16R) 中，並於 4°C、3500xg 下離心 10 分鐘，待血球及血清分離後，取血清的部分並置於 -30°C 冷凍待分析之用。睪固酮及皮質醇濃度以酵素免疫分析法 (Enzyme-linked immunosorbent assay ; ELISA) 檢測。

1. 睪固酮濃度測定

將儲存於低溫下的血漿及試劑回覆至室溫

↓

吸取 25ul 的標準液及待測血漿至微量盤的孔動
中

↓

室溫下反應 5 分鐘

↓

分別加入 200 ul Enzyme Conjugate , 震盪 10 秒

↓

室溫下反應 60 分鐘

↓

甩乾微量盤中的液體，加入已配好的 Wash
Buffer 400ul，連續沖洗三次

↓

加入 200 ul 的 TMB-Substrate Solution

↓

室溫下反應 15 分鐘

↓

加入 100 ul 的 TMB-Stop Solution

↓

輕微震盪內容物，已 Anthos 2001 ELISA Reader
於 450nm 波長下(參考波長 620 nm)測量睪固酮
濃度。

2. 皮質醇濃度測定

將儲存於低溫下的血漿及試劑回覆至室溫



吸取 20 ul 的標準亦及待測血漿至微量盤的孔洞中



分別加入 200 ul Enzyme Conjugate，震盪 10 秒



室溫下反應 60 分鐘



甩乾微量盤中的液體，加入已配好的 Wash Buffer 400ul，
連續沖洗三次



加入 100 ul 的 TMB-Stop Sdlution



室溫下反應 15 分鐘



加入 100ul 的 TMB-Sotp Solution



輕微震盪內容物，以 Anthos 2001 ELISA Reader 於 450nm
波長下(參考波長 620 nm)測量皮質醇濃度。

第六節 統計分析

一、資料處理

數值以平均數及標準差(Mean+SD)表示。以變化百分比顯示恢復期生化值的變化率， $\% = (\text{訓練後數值} - \text{訓練前數值}) / \text{訓練前數值} \times 100\%$ 。以 one-way ANOVA 比較不同時間 CK、BUN、睪固酮與皮質醇比值的差異。並以 LSD(Least significant difference)事後比較法進行事後比較。本研究已 SPSS/PC 11.0 軟體進行分析統計，統計顯著差異訂為 $P < .05$ 。

第肆章 結果

第一節 受試者基本資料

1. 基本資料

受試者基本資料如(表 4-1)所示：六位選手年齡(23.3±3.2)，身高(164.5±9.4)，體重(71.2±16.9)，訓練年限(10.2±1.2)。

表 4-1 受試者基本資料

項目	Mean±SD
年齡(歲)	23.3±3.2
身高(公分)	164.5±9.4
體重(公斤)	71.2±16.9
訓練年限	10.2±1.2

第二節肌酸激酶對舉重訓練之影響

一、兩週大運動量對 ck 活性之影響

由表 4-2 顯示，六位選手在實驗前並無急性肌肉拉傷的情形，在星期一訓練前 CK 平均值為 $186.8 \pm 123.9 \text{U/L}$ ，高於正常值 ($30 \sim 170 \text{U/L}$)，而且個別差異大 (最大值： 369U/L ；最小值： 75U/L)。由圖 4-1 顯示，CK 的活性在大強度訓練階段起伏比較大，變化的趨勢隨著強度的變化而變化，選手在進行大強度訓練期間，第一週訓練後的 CK 的活性比訓練前有明顯提高，在第五天早晨、第七天早晨、第八天早晨與第九天早晨 CK 的活性有達顯著 ($P < .05$)。因此有達研究假設第二條。從表 4-2 可以看出第二週每天訓練的總重量大部分大於第一週的每天的總重量，這可能經過第一週的大運動量後又持續第二週的大運動量使體內代謝物堆積，肌細胞膜通透性增高，第五天早晨、第七天早晨、第八天早晨與第九天早晨 CK 活性達顯著 (如圖 4-1)。這說明選手承受的訓練強度刺激有達到，因此，測定舉重選手大強度訓練前後 CK 的變化，可了解選手肌肉組織能量代謝和肌纖維損傷及恢復情況，是評定選手訓練狀態較敏感實用的方法。

表 4-2 兩週大運動量 ck 之活性

訓練前	第一 天訓 練後	第二 天訓 練後	第三 天訓 練後	第四 天訓 練後	第五 天訓 練後	第六 天訓 練後	第七 天訓 練後	第八 天訓 練後	第九 天訓 練後
186.8	485.5	492.7	485.7	402.5	210.2	496.3	364.3	330.2	234.2
±123.9	±503.7	±523	±522	±256	±121.8	±356	±292	±241	±99.7
					*		*	*	*

單位：U/L

* 表訓練後肌酸激酶達顯著差異 (P<.05)

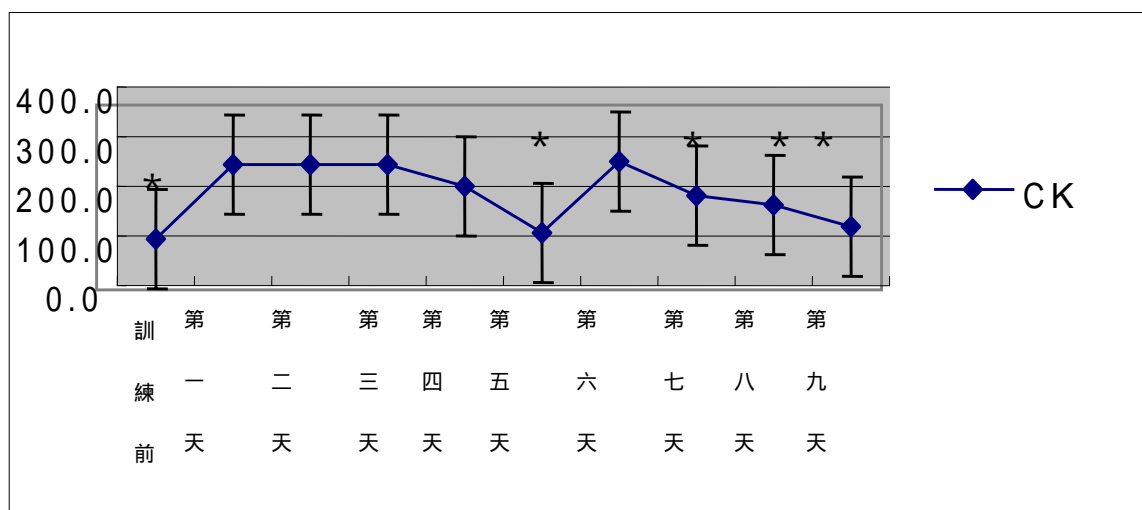


圖 4-1 六位選手兩週訓練後肌酸激酶的變化

* 訓練後肌酸激酶達顯著差異 (P<.05)

表 4-3 每天訓練課程的總重量

訓練時間	訓練總重量 (kg)	
第一週	第一天	70467
	第二天	37585
	第三天	87100
	第四天	43215
	第五天	61245
六日	休息	
第二週	第六天	95010
	第七天	54070
	第八天	68525
	第九天	48610
	第十天	61810

單位：kg

第三節 尿素氮對舉重訓練之影響

一、兩週大運動對尿素氮的影響

由表 4-4 顯示，六位選手在星期一訓練前 BUN 平均值為 $(12.5 \pm 2.9 \text{mg/dl})$ ，均在正常範圍 $(7 \sim 23 \text{mg/dl})$ ，經過兩週的大運動量，BUN 濃度的變化未達顯著，但有兩位受試者在第五天和第九天測試達 23mg/dl 、 22mg/dl ，但隔天早上又恢復至 16mg/dl ；其餘每次訓練後之變化不超過 4mg/dl ，均在正常值，如(圖 4-2)。這可推測：一方面視運動負荷還有可增加的空間；另一方面可能是該指標對舉重項目的訓練反應不敏感，也可以認為是選手對訓練負荷適應能力提高的一種表現。

表 4-4 兩週大運動量尿素氮的變化

訓練前	第一天訓練後	第二天訓練後	第三天訓練後	第四天訓練後	第五天訓練後	第六天訓練後	第七天訓練後	第八天訓練後	第九天訓練後
12.5	16.2±	16.5±	16.2±	16.7±	16.5±	15.7±	16.3±	17.5±	17.3±
±2.9	2.6	2.2	1.2	3.6	5.2	1.8	2.9	3.3	3.1

單位：mg/dl

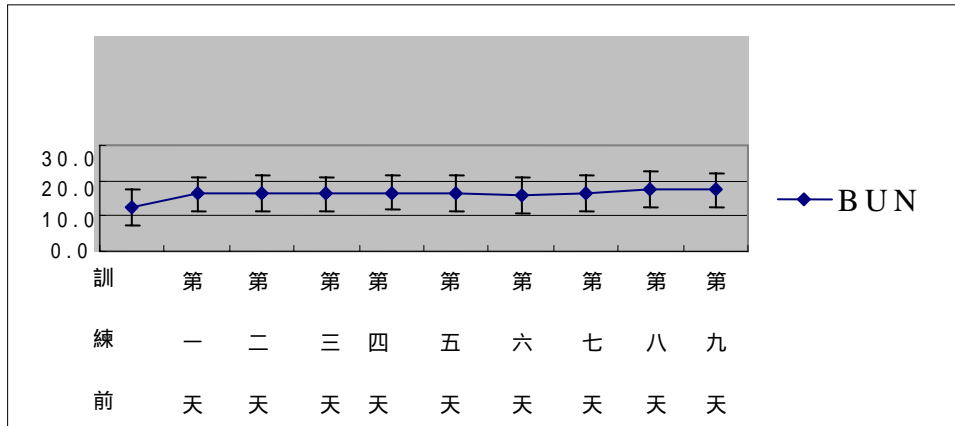


圖 4-2 六位選手兩週訓練後尿素氮的變化

第四節 睪固酮與皮質醇的比值對舉重訓練之影響

由表 4-5 顯示，兩位女選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (4.01 ± 0.79) ，經過兩周大運動量、一週小運動量，T/C 比值在第一週沒有很大的變化，但經過第二週的大運動量後，T/C 變化有下降的現象，第三週小運動量後，T/C 變化有所上升，如(圖 4-3)。這說明，女性選手單獨使用 T/C 比值不能完全準確對訓練負荷作出監控，應結合其它生理、生化的指標來監控。

表 4-5 兩位女選手睪固酮與皮質醇比值的變化

訓練前	第一週訓練後	第二週訓練後	第三週訓練後
4.01± 0.79	4.04±0.34	2.66±0.21	2.70±0.61

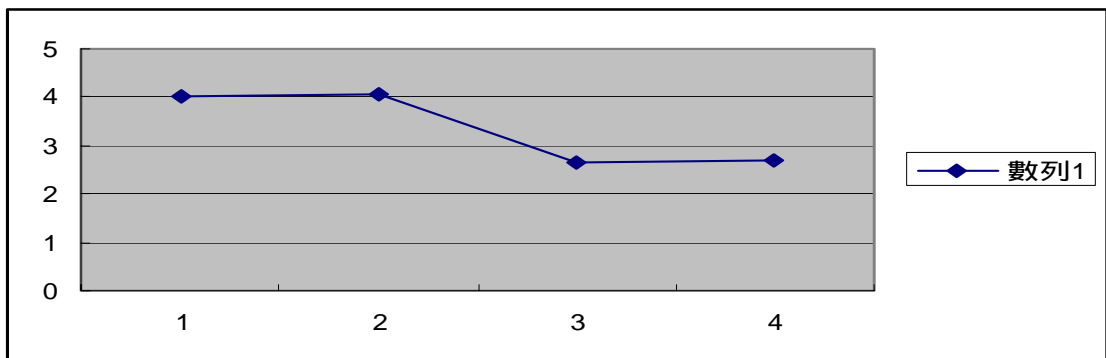


圖 4-3 兩名女選手睪固酮與皮質醇比值的變化

由表 4-6 顯示，四位男選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (35.95 ± 10.30) ，經過第一週大運動量後，T/C 值有下降；第二週大運動量後，T/C 值有上升的現象，可能選手對教練所安排的訓練課程已經適應；在第三週小運動量後，T/C 值有達顯著，如(圖 4-4)。

表 4-6 四位男選手睪固酮與皮質醇比值的變化

訓練前	第一週訓練後	第二週訓練後	第三週訓練後
35.95 ± 10.30	32.11 ± 14.21	43.24 ± 9.43	$42.80 \pm 14.84 *$

* 表訓練後睪固酮與皮質醇的比值達顯著差異 ($P < .05$)

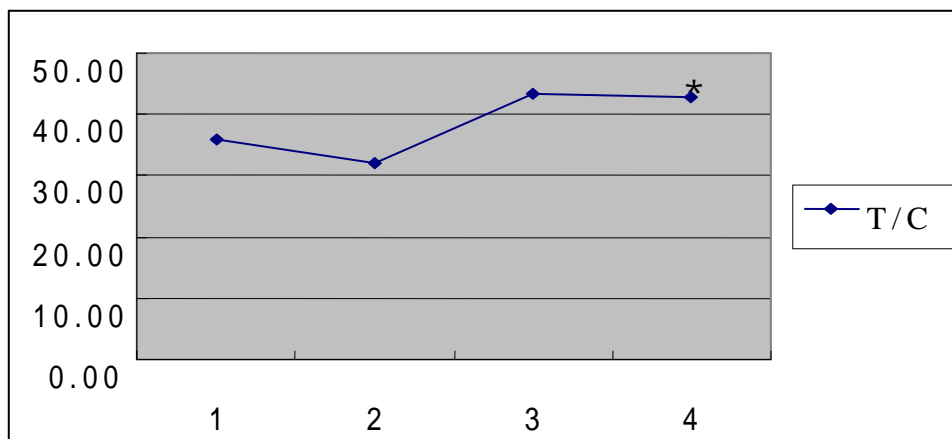


圖 4-4 四位男選手睪固酮與皮質醇比值的變化

* 表訓練後睪固酮與皮質醇的比值達顯著差異 ($P < .05$)

第五章 討論

第一節 訓練後肌酸激酶對舉重訓練的影響

肌酸激酶(Creatine Kinase; CK)大量存在於肌肉中，也存在於肝臟、心臟、骨骼肌中，CK的主要功能是幫助劇烈運動能量的合成，正常時，CK隨著組織細胞中的細胞不斷的更新或破壞，會有部分透過細胞膜而存在於血液中，但數量極少($<100\text{U/L}$)，在運動或激烈運動時，會使細胞膜通透性增加，CK大量釋出，促使其進入血液循環，使血液中CK的活性提高(林，2000)。因此CK常被用來評估肌肉損傷或選手訓練狀態的指標。

研究指出，高強度的運動導致自由基作用提高，血清中的CK活性會顯著升高(顧等人，1996)。本研究結果顯示，訓練後CK的活性顯著高於訓練前，在第二週的第一天早晨、第三天早晨、第四天早晨與第五天早晨CK的活性有達顯著($P<.05$)。此結果說明，運動後造成CK活性升高，主要受運動強度、運動持續時間和運動類型、訓練水平、性別、年齡等因素影響(Noakes, 1987)。再第二週CK的活性達顯著，這可能因為連續訓練使體內代謝產物堆積，肌細胞膜通透性增高，或肌肉損傷的結果。在舉重訓練後，有不同程度的肌肉酸痛，大強度的舉重訓練對肌肉組織有一定的損傷，會影響到運動後的恢復(段昌平，1986；許豪文，1986)。因此，檢測舉重選手大強度訓練後CK活性的變化，可了解選手肌肉組織能量代謝和肌纖維損傷恢復狀況，也是評定選手訓練狀態較敏感實用的方法。

本研究中，也發現選手訓練前 CK 平均值為 186.8 ± 123.9 U/L，高於正常值 (30~170 U/L)，而且個別差異大 (最大值：369 U/L；最小值：75 U/L)。由於目前國內選手的生化評估所用參考值是來自一般人或國外，國內並無相關資料提供選手的正常參考值，因此，受試者自己要一段時間的進行追蹤檢測的結果比較，可能是監控訓練的另一項重點。

第二節 訓練後尿素氮對舉重訓練的影響

尿素氮 (blood urea nitrogen; BUN) 是人體蛋白質代謝產物，臨床上利用其來評估腎病，早期尿素測定法係用全血標本，以氮為單位測出，一直沿用至今 (何敏夫，1992)。在選手進行訓練負荷評估時，BUN 濃度高於 23 mg/dl，其已產生疲勞 (林，1996)。運動時體內能量平衡受到破壞，蛋白質和胺基酸的分解增加，BUN 上升。一般來來說，30 分鐘以內的輕、中度運動，BUN 的變化較小，若超過 30 分鐘以上或非常劇烈的運動會明顯增加，因此，BUN 可作為運動量評定的指標。

研究指出，不同方式的大強度訓練，尿素氮明顯升高，顯示尿素氮的變化可作為疲勞出現、過度訓練的一項生化診斷，其可客觀評定運動訓練和比賽的強度，對掌握運動量和恢復情況亦有積極作用 (李等，1997；丁，1998；高，1999)。本研究顯示，經過兩週的大運動量，BUN 濃度的變化未達顯著，但有兩位受試者在第五天和第九天測試 23 mg/dl、22 mg/dl，但隔天早上又恢復至 16 mg/dl；其餘每次訓練後之變化不超過 4 mg/dl，均在正常值。當運動後 BUN 超過 50 mg/dl

或較運動前升高 5.5mg/dl 左右，則為運動量較大，如果升高 8.5mg/dl，則選手以疲勞(浦鈞宗等人，1989；林文強，1996)。因此，本研究顯示受試者對教練的訓練量都能接受，或是以 BUN 作為舉重選手訓練負荷量的指標並不很明顯，也可能是選手對訓練負荷量適應能力有所提高。

第三節 訓練後睪固酮與皮質醇比值的變化對舉重訓練的影響

長時間大強度訓練，可使下丘腦-腦下垂體-性腺軸受到仰制，在過度訓練時，尤為明顯，而出現「運動性低血睪固酮症」。相反的，在過度訓練時，出現過度應激，下丘腦-腦下垂體-腎上腺皮質軸過度激活，皮質醇分泌持續保持較高水準，而出現血清中游離睪固酮和皮質醇比值(T/C)減少的情形(馮煒權，1998)。根據睪固酮與皮質醇於合成、競爭受體與代謝趨勢等層面間之交互影響，兩激素的分泌趨勢對於骨骼細胞消長與能量代謝之調節十分重要，因而提出 T/C 用以反應機體同化-異化激素之調節趨勢，透過 T/C 可進行機體狀態(運動能力、疲勞程度)之評定，作為同化-異化代謝趨勢的指標。而 Hakkinen(1985)等人在研究指出，T/C 與運動表現的相關性只有在非耐力型運動，如：舉重，才會呈現明顯的相關性。因此，對於評定舉重選手運動負荷的身體適應程度與機能狀態具有實際意義，可作為評量舉重選手機體狀態的具體指標。

研究指出，針對性別差異而言，T/C 相對指標判斷女性選手的機能狀態不夠敏感(姜文，1994)。本研究顯示結果顯

示，兩位女選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (4.01 ± 0.79) ，經過兩周大運動量、一週小運動量，T/C 比值在第一週沒有很大的變化，但經過第二週的大運動量後，T/C 變化有下降的現象，第三週小運動量後，T/C 變化有所上升。有研究指出 (Banfi, 1993; Vervoorn, 1992) 研究得知，透過 T/C 的相對變化 (前後測比較)，可以了解女性選手的相對過度訓練程度或相對疲勞感。因此，對女性選手也可作為評估過度訓練的有效指標。

研究指出，透過 T/C 比值的評定指標可以作為評估運動傷害和過度訓練的參考指標有助於科學化訓練 (Urhausen 等, 2002; FRY 等, 1998; Chicharro 等, 1998)。T/C 比值的評定可以監控運動訓練程度 (Urhausen 等, 1995)。本研究結果顯示，四位男選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (35.95 ± 10.30) ，經過第一週大運動量後，T/C 值有下降，在第三週小運動量後，T/C 值有達顯著。通過 T/C 的比值，可以了解長期訓練中運動技能表現不好的原因和生理疲勞狀態 (Urhausen 等, 2002)。因此，長時間大強度訓練後，因異化作用被喚醒而造成 T/C 比值下降，表示同化-異化代謝失衡，產生機體疲勞且運動表現水準容易下降，若進行恢復訓練或休息可降低同化-異化代謝失衡的狀態，T/C 比值的提升，代表蛋白質同化合成作用提高，有助於運動機能提升，加速疲勞恢復以及幫助身體對運動負荷之適應，反之則異化分解作用增強，有礙競技能力之表現。T/C 比值可監測運動能力和疲勞程度，可作為評量選手機體狀態的具體指標。

第六章 結論與建議

一、結論

1. 經過兩週的大運動量，CK 在統計上有達顯著，CK 值一般作為選手受傷與否和訓練強度的指標，而舉重選手的 CK 則因個人有很大的差異，因此需對選手作長時間的監控與了解，不能以單一一次的 CK 值作為受傷與否的指標。同時以 CK 值作為選手訓練強度的指標時，應以選手個別的變化程度為判斷依據。
2. BUN 在統計未達顯著，舉重選手訓練前後 BUN 的數值並不會有很大的變化且都在正常範圍值，顯示受試者對教練的訓練量都可接受；或是以 BUN 作為舉重選手訓練負荷量的指標並不明顯。
3. T/C 的比值，兩位女選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (4.01 ± 0.79) ，第一週沒有很大的變化，但經過第二週的大運動量後，T/C 變化有下降的現象，第三週小運動量後，T/C 變化有所上升。四位男選手在第一週訓練前 T/C 平均值為 (35.95 ± 10.30) ，經過第一週大運動量後，T/C 值有下降，在第三週小運動量後，T/C 值有達顯著。顯示為避免選手在訓練期間造成過度訓練，而影響運動表現，監控 T/C 的必要性不可忽視，評定選手機能狀態和科學化運動訓練均有實質意義；也顯示 T/C 的比值與在非耐力型運動成明顯的相關性。因此，通過科學的生理生化指標的監控，才能科學、準確的評定運動負荷和

運動強度的大小。

二、建議

1. 在舉重的週期訓練中，單一的生化指標對運動負荷的監測可能不敏感，甚至缺乏科學性，應聯合多種生理、生化指標進行監控，可以對這一週期內選手所承受的運動負荷的大小或是運動訓練的效果做出合理的診斷，對訓練安排做出科學的監控。
2. 在對舉重訓練的監控中，對選手應該採取個別對待，因為不同的選手個體，對同一運動負荷的反應不完全相同，有的可能會造成過度疲勞；有的可能是正適合的；而有的可能負荷太小。
3. 在舉重訓練的監控中，應採用多種生理、生化指標，充分考慮選手個體的特點和選手當時的狀態，來區別對待，不能千篇一律。
4. T/C 比值對舉重選手評定機能狀態和科學化運動訓練均有實質意義，未來可針對 T/C 比值的絕對標準之檢體取得時機、確立不同型態 T/C 比值之絕對與相對標準、比較各種反應同化-異化代謝趨勢之指標等層面進行研究，更能提高 T/C 比值之實際應用。
5. 在舉重訓練中，應對不同的運動訓練課表進行生理生化指標的及時、合理的監測，提高舉重訓練的科學化水準。

參考文獻

一、中文文獻：

- 丁麗華(1998)：不同負荷專項訓練對女籃運動血尿素的影響。廣州體育學院學報，18卷3期，頁84-90。
- 李協群、趙珮玲(1997)：不同運動負荷對血清過氧化物、血尿素的影響及疲勞的關係。北京體育大學學報，20卷2期，40-45頁。
- 李雲霞(1999)。八運會我國優秀舉重運動員身體成分的調查報告。體育科學第3期。
- 李越、竺嶸、張輝(2001)。優秀游泳運動員高強度訓練中VAT和T/C值變化的分析研究。中國體育科技，37(2)，11-16。
- 吳慧君、林正常(1999)：運動能力的生理學評定。台北；師大書苑。
- 吳慧君、林正常(1999)：運動能力的生理學評定。台北；師大書苑。
- 林建德、洪睿馨(2003)：運動訓練與睪固酮、皮質醇。中華體育，17卷3期，11-23頁。
- 林文弢(2000)：運動訓練生化分析。台北市：文化大學出版部。
- 林文弢(1996)：運動負荷的生化評定。廣州：廣東高等教育出版社。
- 林建得(2003)。心理壓力刺激對生理心理反應相關研究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東市。
- 林宏達(1999)。臨床內分泌學。台北：藝軒。
- 洪平(2004)：游泳訓練的生理生化監控。北京體育大學學報，

27 卷 27 期，196-200 頁、205 頁。

吳茂昌、陳錦昌和王光濤(民 87)。高溫中長距離賽跑後血中
生化值的變化。**大專體育**，39，107-133。

高林洲(1999)：不同訓練負荷對高校足球運動員血乳酸和血
尿素氮影響的研究。**體育與科學**，20 卷 2 期，40-45 頁。

何敏夫(民 81)：**臨床生化學**。台北：合記圖書出版社。

姜文凱(1994)。GnRH-A 試驗觀察女子運動員激烈運動後下丘
腦-垂體-

性腺和腎上腺軸的變化。**中國運動醫學雜誌**，13(3)，
171-174。

姜明(2001)。運動員高原狀態下的運動應激和心理應激應對
模式。**山**

東體育科技，23 (3)，23-49。

洪雷、嚴景華、李春如、吳茜茜、樊美珍(2000)。地頂孢霉
菌絲粉對運動員激素的影響。**安徽農業大學學報**，27 (1)，
182-184。

陳永展、陳坤檸(2005)。游泳運動訓練之生理生化檢測與應
用。**大專體育**，80 期，197-201。

屠國華(2002)。不同蹲舉訓練方式對於舉重選手肌力影響之
研究。

國立台灣體院研究所碩士論文。

陶大浪(1997)。運動介導的血漿雄激素變化及其與運動能力的
關係。

山東體育學院學報，13 (36)，35-38。

馮連世(2002)。**運動員機能評定常用生理生化指標測試方
法及應用**。人民出版社。

- 馮葆欣(1999)。我國優秀男子舉重運動員身體機能的生理評定。
體育科學第1期。
- 馮美雲、馮偉詮、林文韜、徐明、徐曉陽、袁公亮等(1999)：
運動生物化學。大陸體育院校教材委員會審定，北京：
人民體育出版社。
- 馮煒權、宋承忠(1986)：運動生物化學。北京：人民出版社。
- 豬飼道夫(陳相榮譯)。(1977)。運動生理學入門。台北：大
文出版社。
- 楊錫讓(1998)：實用運動生理學，159-183頁。北京：北京體
育大學。
- 楊柏石(1999)。優秀男子舉重運動員身體機能特徵的初步
研究。廣西體育科技第2期。
- 董淮南、陳剛、郭子淵(2001)。實戰對摔跤運動員血睪酮、
游離睪固酮、皮質醇及其比值的影響。成都體育學院學
報，27(1)，76-78。
- 甄國棟、葉立生(1997)。類固醇激素與過度訓練。
體育科技，18(1)，59-61。
- 趙京華、揚則宜、高紅(1990)。訓練對血清睪固酮、
皮質醇與促卵泡激素的影響。中國運動醫學
雜誌，9(2)，69-70。
- 傅媿婷(2004)：台灣地區女子舉重運動發展之研究。台北市
立體育學院碩士論文。台北市。
- 鄭桂玫和洪明吉(2000)肌酸激酶對肌肉運動傷害評估之探
討。大專體育，49，189-193。
- 劉榮昌(2003)。2004年雅典奧運摘金強化訓練課程之研究 -
以舉重選手王信淵為例。國立台灣體院體育研究所碩士論

文。

劉紅星、劉朱、劉俊蓉(2001)。大負荷訓練對男子柔道運動員血清睪固酮、皮質醇及血紅蛋白的影響。中國體育科技，37(4)，18-20。

錢風雷(1999)。補腎中藥對大運動量訓練大鼠下丘腦-垂體-性腺軸功能的調節作用。未出版碩士論文，北京體育大學，北京。

蘇文仁(1985)。重量訓練的理論與方法。台中：林家出版。

羅欣怡、許美智(2002)。運動訓練對體內睪固酮即皮質醇的影響。大專體育，60，143-149。

羅興華、廖八根(1999)。運動對男性生殖系統功能的影響及其變化機制。廣州體育學院學報，19(1)，33-37。

顏克典(2003)：訓練檢測與評估。中華民國首球協會資訊網。資料引自 http://www.handball.Org.tw/train/train_list.asp。

糜鈺(1999)。血紅蛋白濃度與賽前訓練強度關係的探討。南京體育學院學報第1期。

二、英文文獻：

- Banfi, G., Marinelli, M., Roi, G.S., & Agape, V. (1993). Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 14(7), 373-379.
- Brennan, C., & Henderson, L.P. (1995). Androgen regulation of neuromuscular junction structure and function in a sexually dimorphic muscle of the frog *Xenopus laevis*. *Journal of Neurobiology*, 27 (2), 172-188.
- Collins, L. (1993). Doping in sports. *Journal of American Academic Physical Assistance*, 6. 456-476.
- Chicharro, J.L., Lopez-Mojares, L.M., Lucia, A., Perez, M., Alvarez, J., Labanda, P., Calvo, F., & Vaquero, A.F. (1998). Overtraining Parameters in special military units. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 69 (6), 562-568.
- Fry, A.C., Kraemer, W.J., & Ramsey, L.T. (1998). Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of Applied Physiology*, 85 (6), 2352-2359.
- Haralambie, G. & Berg, A. (1976). Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration. *European Journal of Applied Physiology*, 36 (1), 39-48.
- Harm, K. (1996). How much is too much: Performance aspects of overtraining. *Research Quarterly for Exercise and*

sport, 67 (3), 65-69.

- Hakkinen, K., Pober, A., Alen, M., Kauhanen, H., & Komi, P. V. (1988). Neuromuscular and hormone adaptations in athletes to strength training in two years. *International Journal Applied Physiology*, 65, 2406-2412.
- Jurimae, J., Jurimae, T., & Purge, P. (2001). Plasma testosterone and cortisol responses to prolonged sculling in male competitive rowers. *Journal of sports sciences*, 19 (11), 893-898.
- Kacsoh, B. (2000). *Endocrine Physiology*. New York: McGraw-Hill.
- Lac, G., & Berthon, P. (2000). Changes in Cortisol and testosterone levels and T/C ratio during an endurance competition and recovery. *Journal of sports Medicine and physical Fitness*, 40 (2), 139-144.
- Marinelli, M., Roi, G. S., Giacometti, M., Bonini, P., & Banfi, G. (1994). Cortisol, testosterone, and free testosterone in athletes performing a marathon at 4000m altitude. *Hormone Research*, 41 (5-6), 225-259.
- Noakes, T. D. (1987). Effect of exercise on serum enzyme activities in human. *Sports Medicine*, 4, 245-267.
- Remes, K., Kuoppasalmi, K., & Adlercreutz, H. (1979). Effect of long-term physical training on plasma testosterone, androstenedione, luteinizing hormone and sex-hormone-binding globulin capacity.

- Scandinavian. *Journal of Clinical Laboratory Investigation*, 39, 743-749.
- Robergs, R.A. & Roberts, S.O. (1997). *Exercise Physiology, Exercise, Performance, and Clinical Applications*. Louis, Missouri: Mosby-Year Book Inc.
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sport Medicine*, 20 (4), 251-276.
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Diagnosis of overtraining: what tools do we have. *Sports Medicine*, 32 (2), 95-102.
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20 (4), 251-276.
- 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_2 max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80 (6), 575-581.
- Vervorn, C., Vermulst, L.J., Boelens-Quist, A.M., Koppeschaar, H.P., Erich, W.B., Thijssen, J.H., & de Vries, W.R. (1992). Seasonal changes in performance and free testosterone:cortisol ratio in elite female rowers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(1), 14-21.

Yesalis, C., Anderson, W., Buckley, W., & Wright, J.
(1990). Incidence of the nonmedical use of
anabolic androgenic steroids. National Institute on Drug
Abuse, 102, 97-122.

附錄一 受試者同意書

本人 願意參與『台灣舉重優秀選手生理生化
監控之研究』實驗，在實驗前已詳閱受試者須知，並了
解整體實驗內容及流程，以及實驗期間可能發生的狀
況。未提高實驗的準確性及實用價值，本人願意在實驗
期間全力配合，並盡最大努力完成此實驗。

研究生：國立台灣體育學院競技研究所 黎鋒英

受試者簽名：_____ 日期：_____

聯絡住址：_____

聯絡電話：(O) _____

(手機) _____

附錄二、受試者基本資料

編號	性別	年 齡 (歲)	身 高 (公分)	體 重 (公斤)	訓練年限
1	女	22	153	53	9
2	女	19	155	53	10
3	男	28	162	69	12
4	男	23	170	75	9
5	男	22	170	80	10
6	男	26	177	97	11

附錄三 第一週訓練課表(大運動量)

星期 時間	11月21日 星期一	11月22日 星期二	11月23日 星期三	11月24日 星期四	11月25日 星期五
10:00 11:50	膝位抓舉 40%4×3 抓舉 70%3×6 墊板寬聳 肩拉 90%3×2 100%3×4 仰臥推舉 80%3×4	高抓不分片 80%3×6 箱上中握 肩拉 100%4×3 110%4×3 架上挺舉 80%2×5 伸展活動	高上博借 推 80%1+3×6 高位抓舉 70%3×3 80%3×3 前蹲 80%4×5	膝位高抓 70%4×5 寬高臀拉 90%5×4 寬蹲推撐 50%6×4	直抓+推撐 40%3+3×4 抓舉+膝下 抓舉 70%1+2×3 80%1+2×4 寬硬舉 90-100%4× 實力推 60%5×3
15:00 17:30	膝下上博 70%4×5 後蹲 90%2×5 早安弓背 70%6×3 伸展活動	三溫暖	挺舉 80%1+1×6 窄硬舉 90%4×5 頸後推撐 70%4×5 伸展活動	三溫暖	高上博+深 蹲 80%2+3×5 窄聳肩拉 100%2×4 110%1×2 借力推 70%3×4

最大負荷%*次數*組數

附錄四 第二週訓練課表(大運動量)

星期 時間	11月28日 星期一	11月29日 星期二	11月30日 星期三	12月1日 星期四	12月2日 星期五
10:00 11:50	膝位抓舉 70% 4×3 寬聳肩拉 90% 3×2 100% 3×4 架上借力拉 80% 3×5	高抓+深蹲 80% 1+2×6 箱架上挺 80% 2×3 90% 1×3 箱上窄聳肩 拉 100% 4×1 110% 3×2 伸展活動	直抓支撐 40% 3+3×3 抓舉 70% 2×3 80% 2×3 頸後半挺 70% 3×4	膝位高抓 70% 4×5 寬高臀拉 90% 5×4 寬蹲推撐 50% 6×4	直抓+推撐 40% 3+3×4 抓舉 80% 2×2 90% 1×3 寬聳肩拉 90-100% 4× 架上借力拉 80% 3×5
15:00 17:30	高抓不分 70% 4×4 挺舉 70% 1+2×2 80% 1+1×5 後蹲 80% 3×2 90% 2×3 伸展活動	三溫暖	膝位直抓 40% 4×3 膝上抓 70% 3×2 80% 2×5 上博 80% 2×2 90% 1×4 前蹲 80% 4×4	三溫暖	窄聳肩拉 100% 3×5 前蹲+上挺 70% 2+2×2 80% 2+1×4 前蹲 80% 4×4

最大負荷%*次數*組數

附錄五 訓練課表(小運動量)

星期 時間	12月5日 星期一	12月6日 星期二	12月7日 星期三	12月8日 星期四	12月9日 星期五
10:00 11:50	直抓支撐 40% 3+3×3 抓+膝下抓 80% 1+1×5 寬聳肩拉 90% 3×2 100% 3×4 頸後上挺 70% 3×4	高抓 70% 2×4 前蹲 70% 3×3 伸展活動	不分腿抓 70% 4×3 高上博半 70% 3×4	抓舉 40% 3×3 挺舉 40% 3×3	
15:00 17:30	挺舉 70% 1+2×2 80% 1+1×4 後蹲 80% 3×2 90% 2×3 伸展活動	三溫暖		三溫暖	抓舉 90% 1×1 95% 1×1 100% 1×1 挺舉 90% 1+1×1 95% 1+1×1 100% 1+1×1 後蹲 90% 2×2 100% 1×2

附錄六 肌酸激酶

編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次	第九次	第十次
1	94	154	123	190	167	104	227	150	157	132
2	75	121	174	366	238	113	212	111	111	162
3	310	683	630	114	675	315	859	694	552	349
4	103	171	208	279	240	123	252	167	167	169
5	170	364	326	439	319	209	402	294	294	230
6	369	1420	1495	1526	776	397	1026	770	700	363

附錄七 尿素氮

編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次	第九次	第十次
1	12	12	13	15	12	11	17	18	22	16
2	11	15	15	15	13	10	13	12	15	14
3	16	16	17	18	17	16	14	16	17	22
4	15	16	17	17	21	20	17	14	13	15
5	13	19	19	16	20	23	16	20	18	17
6	8	19	18	16	17	19	17	18	20	20

附錄八 鞣固酮

編號	第一次	第二次	第三次	第四次
1	59	48	46	61
2	50	38	45	67
3	216	224	388	417
4	523	492	735	757
5	514	359	609	835
6	562	540	448	502

附錄九 皮質醇

編號	第一次	第二次	第三次	第四次
1	12.9	11.2	16.4	26.9
2	14.5	10	17.9	21.4
3	8.3	6.8	7.3	16.2
4	15.8	14.6	15.8	21
5	10.2	7.5	14.3	14.1
6	16.4	16.1	14.6	10