

肌酸增補及恢復方式對高強度間歇踏車運動後 下肢肌群無氧動力之效應

國立台灣體育學院
運動健康科學學系

呂欣善

競技運動學系

麥財振、陳相榮

中文摘要

本研究旨在探討肌酸增補及恢復方式對高強度間歇踏車後下肢肌群無氧動力之效應。受測者為十六名國立臺灣體育學院男子籃球隊，年齡為 18-22 歲，隨機分配為肌酸增補組(雙盲設計; 劑量 0.35 g /體重; 7 天)及控制組並進行包括無氧縱跳測驗(5 秒)與兩種踏車時間(15 秒、60 秒)及兩種恢復方式(靜態及動態恢復以 40%最大耗氧量)運動測試。每次運動測試包括 8 回合踏車，每回合間恢復時間為三分鐘。運動測試前及每回合恢復三分鐘後進行 5 秒無氧縱跳測驗。無氧縱跳測驗將收集及計算下肢肌群動力平均值。所得數據以獨立樣本變異數分析考驗無氧動力值在肌酸增補組及控制組之差異。以重複量數三因子變異數分析考驗無氧動力值在不同運動時間、恢復方式及運動回合之差異及交互作用。以皮爾遜積差相關係數分析肌酸增補劑量與無氧動力值之關係。本研究統計顯著水準定為 $p < 0.05$ 。根據結果，本研究認為肌酸增補、動態恢復、及縮短運動持續時間是維持間歇運動時下肢無氧平均動力之重要因素。

關鍵詞：肌酸、無氧動力、動態恢復

Effect of Creatine Supplement on Anaerobic Jumping Test following Heavy and Intermittent Cycling with Active and Passive Recovery

Shin-Shan Lu
Tsai-Cheng Mai
Shiang-Rong Chen

英文摘要

The purpose of the study was to examine the effects of creatine supplement on anaerobic jumping test following heavy and intermittent cycling with active and passive recovery. Subjects were male basketball players (N=16; age=18-22 yrs) from Department of Athletics, National Taiwan College of Physical Education. Subjects were randomly assigned to creatine supplement (double blind; 0.35g/kg wt) and control groups. Anaerobic test was a 5s consecutive vertical jump. Experimental protocol was a combination of two durations (15s and 60s) and two modes of recovery (passive and active recovery; cycling at 40% $\dot{V}O_{2max}$). Exercise consisted of 8 bout of cycling at 120% $\dot{V}O_{2max}$ interspersed with three minutes recovery periods. Before cycling and following recovery period, 5s anaerobic jumping test was conducted for each bout. Mean power was determined. Independent one-way ANOVA was performed to compare the effect of creatine supplement and control on power output. Repeated measure of 3 way factorial ANOVA was performed to examine the effect of exercise duration, recovery mode, and exercise bout. Pearson moment product correlation coefficient was performed to examine the relationship between supplement dosage of creatine and anaerobic power output. Statistic significant was $p < 0.05$ in the study. In summary, results suggest that creatine supplementation, active recovery, and shortening exercise duration are the crucial factors in maintaining the anaerobic power of lower extremities during intermittent exercise.

Keywords : Creatine, Anaerobic power, Active recovery

壹、研究動機

近年來，許多運動員使用營養物增補方式提昇運動表現。其中績優競技選手爲了突破成績瓶頸常借助營養或飲食上大量補充以達目的。根據 Sobal 及 Marquart (1994)之調查發現有 46%運動員及 59%績優選手廣泛攝取大量營養物以改善成績。另一調查更發現有 100% 舉重選手及 32% 團隊運動(Team sports)實施營養物增補法(Burke & Read, 1993)。許多營養物當中，Harris 及同僚(1992)觀察每日口服 20-25 克肌酸(Creatine; Cr)，持續 5-7 天可增加肌肉中總肌酸濃度 20%。雖然當時並無證據顯示增加肌酸濃度可以改善運動表現，但在隨後 Labotz and Smith (1999)所進行問卷研究中發現美國運動員廣泛的認爲(72.3%)攝取高量 Cr 是可以有效改善肌群肌力。同一研究中更發現平均有 48%美國大學各項運動男性選手曾經使用 Cr，其中以球類運動使用 Cr 最爲普遍(35% - 81%)。

許多研究實施肌酸增補後發現其對數回合短時間高強度之運動項目成績表現較有幫助，而對長時間低強度(Thompson et al., 1996; Rossiter et al., 1996) 及單一回合之高強度運動 (Juhn & Tarnopolsky, 1998) 表現較無改善效果。實驗發現每日肌酸增補 20 - 25 g，三至五日後進行 10 - 30 秒單一回合高強度踏車運動之表現無顯著改善(Cooks et al., 1995; Dawson et al., 1995; Odland et al., 1997; Snow et al., 1998)此外，許多以肌酸增補後進行數回合短時間高強度之運動實驗發現第一回合表現無顯著變化(Balsom et al., 1993; Barnett et al., 1996; Grindstaff et al., 1997; Redondo et al., 1996)。

肌酸增補 (15.7 - 25 g/day) 6 - 28 天後反覆進行 6 - 10 秒高強度踏車及恢復時間 20 秒至 3 分鐘之運動測驗時發現改善表現 6 - 61.9% (Balsom et al., 1993; Birch et al., 1994; Dawson et al., 1995; Earnest et al., 1995)。然而，類似研究卻沒有發現相同效果(Barnett et al., 1996; Cooke et al., 1997) 。Juhn and Tarnopolsky (1998) 認爲運動間恢復期中 Pcr 再合成作用及個體差異是影響這種實驗結果之重要因素。

一般了解，運動後恢復方式可影響代謝物濃度。高強度運動後如進行次最大強度運動可以加速血流、促進肌群有氧代謝、增加粒線體以氧化磷酸解作用後合成 ATP。先前研究進行以 40%最大耗氧量強度腳踏車運動增加有氧代謝降低乳酸濃度。Bonen and Belcastro (1976)在高強度運動後以 57 - 70%最大耗氧量強度進行平面跑步運動，結果發現乳酸濃度每分下降 7.1 mg/dL。動態恢復有助於乳酸之清除(Lu, 1991;Weltman, 1995)及肌肉表現(Lu, 1991)。以 120% $\dot{V}O_{2max}$ 分別進行 30、40 及 60 秒間歇踏車運動 8 回合。每回合間進行靜態及動態恢復(45% $\dot{V}O_{2max}$ 踏車)五分鐘並於最後實施 45 秒全力(all-out)踏車測驗。結果顯示，動態恢復血乳酸低於靜態恢復。45 秒全力(all-out)踏車測驗則發現肌群平均動力輸出(mean power output)於動態恢復後高於靜態恢復(Lu, 1991)。

此外，根據 Pcr/Cr 粒線體穿梭理論(Bessman & Geiger 1981)，有氧運動可促進粒線體氧化磷酸解作用而有利於合成 ATP，這些 ATP 再經由粒線體上肌酸激酶之作用後合成 Pcr。肌酸增補之效應與數回合短時間高強度之運動項目間實施恢復方式有關。

籃球競賽是一項間歇性快速衝刺與密集跳躍動作組合之運動。在激烈對抗競賽中，籃球運動特別強調快速移動及高空優勢。其中，影響反覆縱跳高度之下肢無氧動力優劣常是決定勝負之關鍵。本研究應用 Pcr/Cr 粒線體穿梭理論以實驗室測驗模擬籃球運動觀察肌酸增補及恢復方式對下肢無氧動力之效應。

本研究旨在探討(1)、肌酸增補、恢復方式、及運動時間對間歇踏車運動後平均無氧動力之效應及交互作用；(2)、相對體重之肌酸增補劑量與平均動力之關係；(3)、肌酸增補對身體組成之效應。

貳、方法與步驟

一、受測者生理特質

受測者第一次報到時將進行由施測者說明本研究目的、實驗方法及內容及可能危險。受測者閱讀受測同意書並簽署同意後進行生理特質測驗包括年齡、

體重及身高。利用生物阻抗儀(Bio-impedance analyzer; BIA)檢測受測者體脂肪比(percent body fat)及淨體重(lean body mass)。

二、下肢無氧縱跳測驗

利用電腦連線腳踏車(step plate)(MP100;BioPac System, USA)進行 5 秒及 45 秒連續縱跳檢測腿部伸肌之最大無氧動力(maximal anaerobic power; MAP)及最大無氧能力(maximal anaerobic capacity; MAC)。受測者第一次報到時就先進行 5 秒縱跳後休息十分鐘後進行 45 秒縱跳。測試時，受測者被要求儘快及儘量跳高。跳躍頻率約為 1 Hz (60 次/分)。每次跳中騰空時間(flight time; t_f)及落地時間(contact time; t_c)經由電腦連線腳踏車進行計時(精準度 ± 0.002 s)。為避免檢測時有其他肌群介入，水平及側邊移動都減至最低。此外，測試時兩手必須維持叉腰姿勢。膝關節角度移動距離維持固定(stabilized)；受測者每跳需屈膝 90 度(大腿與地面平行)後全力跳躍。身體重心(center gravity) 於 5 秒及 45 秒連續縱跳騰空距離(h ; 公尺)以騰空時間(秒)運用 Ballistic 法計算(Bosco, Luhtanen & Komi, 1983)

$$h = t_f^2 \times g \times 8^{-1} \text{ (公尺)} \quad (1)$$

其中 g 是重力加速度(9.81 公尺 \times 秒 $^{-2}$)。

運用 Bosco, Luhtanen and Komi(1983)導出公式計算平均機械動力(Average mechanic power; P)。

$$P = T_f \times T_t \times 24.06 \times (T_c)^{-1} \text{ (W} \times \text{kg body mass}^{-1}) \quad (2)$$

其中 P 是每公斤體重機械動力輸出。 T_f 是騰空時間總和。 T_t 是測驗時間(5 秒或 45 秒)。 T_c 是落地時間總和。

三、肌酸增補與控制組

本研究採用雙盲設計(double blind)將受測者隨機分配為相對體重劑量之肌

酸增補組(劑量 0.35 g /公斤體重/日)與控制組(麥芽糊精; Maltodextrin; 劑量 0.35g /公斤體重/日)。增補將實施 7 天。增補期間將不限制飲食與訓練活動,但要求受測者避免飲用含咖啡因之飲料。

四、最大耗氧量測驗

利用國立臺灣體育學院運動科學研究中心運動生理實驗室之電動踏車(ERG 550, Bosch, U.S.A) 先進行最大耗氧量測驗。受測者被要求以每分鐘 60 轉速度進行踏車運動。阻力設定為 50 watts 進行踏車 2 分鐘。而後每 2 分鐘增加 25 watts 阻力至衰竭。耗氧量由耗氧量測量系統(Oxygen analyzer, K2, U.S.A)收集每 15 秒鐘攝氧量後以最大耗氧量($\dot{V}O_{2max}$)相對阻力做為高強度間歇踏車運動及動態恢復之運動負荷。

五、高強度間歇踏車運動

受測者被要求每次運動測試包括 12 回合踏車,運動負荷為最大耗氧量($\dot{V}O_{2max}$)相對阻力之 120%。每回合時間為 15 秒或 60 秒。恢復時間為三分鐘。運動測試前及每回合恢復三分鐘後進行 5 秒無氧縱跳測驗。

六、動態與靜態恢復

受測者先進行 40% $\dot{V}O_{2max}$ 運動負荷測驗。受測者被要求以每分鐘 60 轉速度進行踏車運動。阻力設定為 50 watts 進行踏車 2 分鐘。而後每 2 分鐘增加 25 watts 阻力至衰竭。耗氧量由耗氧量測量系統(Oxygen analyzer, K2, U.S.A)收集每 15 秒鐘攝氧量後以最大耗氧量($\dot{V}O_{2max}$)相對阻力做為高強度間歇踏車運動,直到 $\dot{V}O$ 達到估計 $\dot{V}O_{2max}$ 40%。

每回合間歇衝刺運動結束後,動態恢復利用電動踏車每分鐘 60 轉速度以受測者之 40% $\dot{V}O_{2max}$ 運動負荷進行 3 分鐘踏車運動。靜態恢復則安靜坐在椅子上 3 分鐘。

七、數據處理與統計分析

無氧縱跳測驗將收集及計算下肢肌群平均功值(Mean power)。所有數據描述性統計(Descriptive statistics)以平均值±標準積差(Mean±SEM)表示，再以 SPSS for windows 統計程式進行獨立樣本變異數分析(Analysis of variance, ANOVA)考驗無氧動力值在肌酸增補組及控制組之差異。以重複量數三因子變異數分析考驗平均無氧動力值在不同增補劑(肌酸或麥芽糊精)、恢復方式(動態或靜態)、及運動時間(15 秒或 30 秒)之差異及交互作用。以皮爾遜積差相關 (Pearson product moment correlation)分析相對體重之增補劑量與無氧動力值之關係。本研究統計顯著水準定為 $p < 0.05$ 。

參、結果與討論

生理特質測驗包括身高及體重增補前後分別為 182.76 ± 8.08 公分及 182.7 ± 8.08 公分， 79.97 ± 9.26 公斤及 80.58 ± 9.47 公斤。利用生物抗阻儀 (Bio-impedance analyzer; BIA) 檢測受測者體脂肪比(percent body fat)及淨體重(lean body mass)增補前後分別為 $9.21 \pm 3.82\%$ 及 $11.98 \pm 3.46\%$ ， 72.40 ± 6.74 公斤及 70.69 ± 6.64 公斤如表一所示。受測者安靜及最大踏車運動時對呼吸循環系統效應如表二所示。

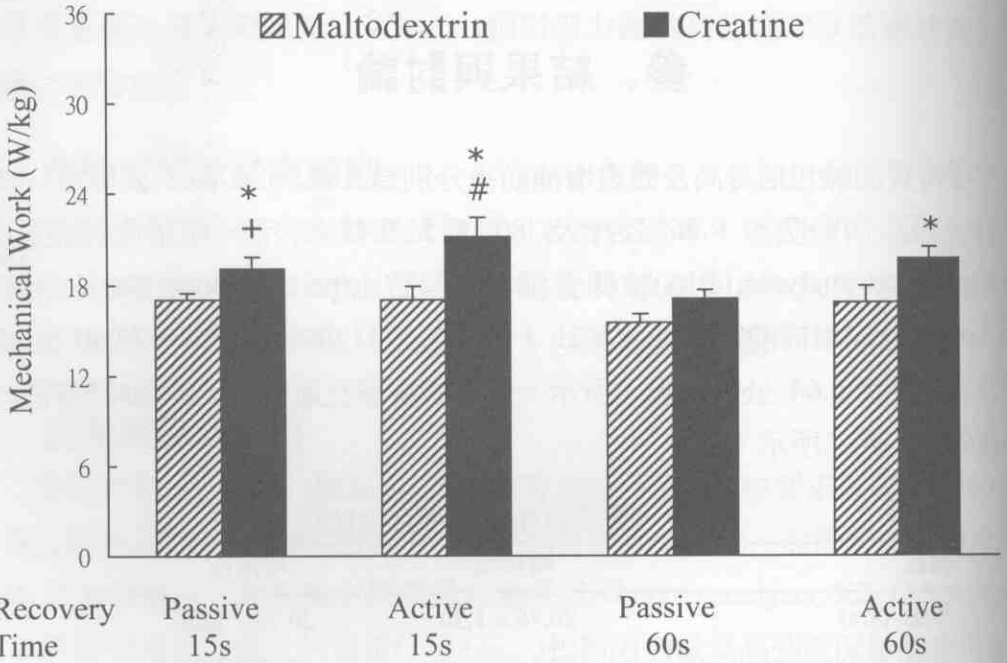
表一 受測者生理特質(N=16)

變數	增補前	增補後
年齡 (yrs)	20.76 ± 1.30	20.76 ± 1.20
身高 (cm)	182.76 ± 8.08	182.7 ± 8.08
體重 (kg)	79.97 ± 9.26	80.58 ± 9.47
體脂肪 (%)	9.21 ± 3.82	11.98 ± 3.46
淨體重 (kg)	72.40 ± 6.74	70.69 ± 6.64
總水分 (L)	52.25 ± 5.61	50.33 ± 5.39
身體質量指數 (kg/M^2)	23.93 ± 2.16	24.12 ± 2.15

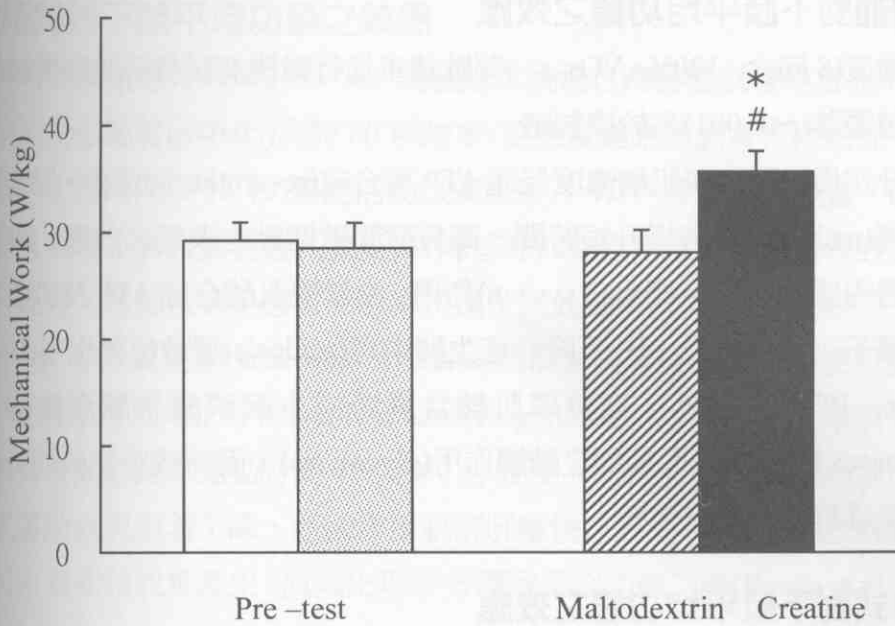
*, $p < 0.05$

表二、安靜及最大踏車運動時呼吸循環之效應(N=16)

變數	安靜	最大
心跳率 (bpm)	77.24 ± 2.10	171.59 ± 2.19
通氣量 (l/min)	7.63 ± 0.67	108.04 ± 3.49
耗氧量 (ml/kg/min)	5.32 ± 0.51	42.39 ± 5.03
運動負荷 (watts)		270.59 ± 6.15
衰竭時間 (min)		10.09 ± 0.37



圖一、增補前後運動測驗下肢平均功值 (W/kg) 效應。*, p<0.05, 控制組 (Maltodextrin, 麥芽糊精, n=8)與肌酸組 (Creatine, n=8) 下肢平均功值比較。#, p<0.05, 間歇踏車 15 秒、動態恢復、肌酸組與踏車 60 秒組下肢平均功值比較。+, p<0.05, 間歇踏車 15 秒、靜態恢復、肌酸組與踏車 60 秒組下肢平均功值比較。



圖二、肌酸增補前後垂直跳測驗下肢平均功值 (W/kg) 效應。*, $p < 0.05$, 肌酸組增補前(Pre-test)與增補後麥芽糊精(▨)與肌酸(■)後下肢平均功值比較。#, $p < 0.05$, 肌酸組(Creatine, $n=8$)與控制組(Maltodextrin, 麥芽糊精, $n=8$)下肢平均功值比較。

表三、三因子變異數分析實驗處理對平均功值之效應

來源	Type III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
增補劑	117.11	1	117.11	20.01	0.001
恢復方式	27.79	1	27.79	4.75	0.033
運動時間	38.25	1	38.25	6.53	0.013
增補劑 x 恢復方式	3.15	1	3.15	0.54	0.466
增補劑 x 運動時間	11.90	1	11.90	2.03	0.159
恢復方式 x 運動時間	3.26	1	3.26	0.56	0.458
增補劑 x 恢復方式 x 運動時間	0.70	1	0.70	0.12	0.732
誤差	345.30	59	5.85		
總和	21909.35	67			

肌酸增補對下肢平均功值之效應

高強度(8 回合, 120% $\dot{V}O_{2max}$) 間歇踏車進行蹲跳測試發現肌酸增補組下肢平均功值顯著($p < 0.001$)高於控制組。

提升作用肌群中磷肌酸濃度促進 ATP 再合成(re-synthesis)速率, 促進快速供能之路徑(pathway), 有提升短時間、高負荷間歇運動之表現之效應。肌酸增補有助於體內緩衝系統(buffering system)作用, 由於磷肌酸合成 ATP 及肌酸過程中耗用氫離子, 因此避免 pH 下降而產生酸中毒(acidosis)導致疲勞出現(Bonen & Belcastro, 1976)。此外, 維持磷肌酸含量將減少因磷酸果糖激酶(phosphofructokinase; PFK)上升而抑制之糖解作用(glycolysis), 而此效應使收縮肌群持續獲得能量維持肌群收縮強度。

恢復方式對下肢平均功值之效應

本研究以間歇踏車進行三分鐘恢復後進行蹲跳測試發現實施 40% $\dot{V}O_{2max}$ 動態恢復下肢平均功值顯著($p < 0.05$)高於靜態恢復方式。

實驗結果與先前以 120% $\dot{V}O_{2max}$ 間歇踏車運動 8 回合後 45 秒全力(all-out)踏車測驗則發現肌群平均動力輸出(mean power output)於動態恢復後高於靜態恢復(Lu, 1991)發現相同。

動態恢復有促進血流, 加速代謝物清除, 提升能量及氧氣供應(Bonen & Belcastro, 1976)之效應。以 40% $\dot{V}O_{2max}$ 有氧運動促進肌酸在細胞質及粒線體間穿梭活動及氧化磷酸化(oxidative phosphorylation)作用而加速合成磷肌酸(phosphocreatine) (Bessman & Geige, 1981)。維持工作肌群溫度亦有助有氧酵素活性合成 ATP 提供肌群收縮。

根據 Bessman 及 Geiger (1981)提出之 Pcr/Cr 粒線體穿梭理論, 有氧運動可促進粒線體氧化磷酸解作用而合成 ATP 再經由粒線體上肌酸激酶之作用後合成 Pcr。因此本研究發現肌酸之效應與間歇踏車恢復期間實施有氧運動所促進粒線體合成 Pcr 及 ATP 作用有關。

運動時間對下肢平均功值之效應

以時間長短進行 120% $\dot{V}O_{2max}$ 間歇踏車後進行蹲跳測試發現實施 15 秒踏車下肢平均功值顯著($p < 0.05$)高於 60 秒踏車。高強度踏車運動會大幅增加人體能量供應需求。短時間(5-15 秒)體能活動以磷肌酸及 ATP 分解供應能量。磷肌酸及 ATP 能量系統並無大量製造乳酸及 pH 降低等抑制肌肉收縮作用而導致運動表現下降。此外，運動後磷肌酸合成速率快速，因此維持肌群收縮強度。

30-90 秒無氧運動(anaerobic exercise)肌群會隨著運動進行而使肌肝醣含量下降，乳酸濃度則增加 (Whan, Ichimaru, Kagimura & Ishii, 1989)。本研究比較每回合高強度間歇踏車運動時間 15 及 60 秒發現，加長(prolonged) 高強度運動時間造成運動表現顯著下降，是因作用肌群肝醣快速遞減，乳酸大量堆積，pH 降低等因素而抑制能量產生，肌肉出現疲勞導致平均功值下降(Bosco et al., 1997)。

肌酸增補、恢復方式及運動時間對下肢平均功值之交互作用

統計分析顯示肌酸增補、恢復方式及運動時間對下肢平均功值之交互作用皆未達顯著水準($p < 0.05$)。

結果顯示雖然主要效果達到顯著差異，但肌酸增補、恢復方式及運動時間對下肢平均功值則無交互作用存在。實施單一因子實驗處理即達到顯著效應，是否多重因子統計處理抵消各組之間下肢平均功值而無法達到顯著水準，則有待後續研究。

肌酸增補劑量與下肢平均功值之關係

本研究使用之肌酸及麥芽糊精劑量皆為每公斤體重 0.35 公克，經皮爾遜相關積差。不論是控制組所用麥芽糊精或肌酸增補劑量與縱跳測試下肢平均功值相關係數分別為 $r = -0.355$ 及 $r = 0.161$ ，也不顯著($p > 0.05$)。結果顯示高劑量肌酸增補與縱跳測試下肢平均功值相關性低。

許多相關研究使用肌酸劑量不同，以每日固定劑量(20-30 克/日)及相對體重劑量(0.2-0.35 克/公斤/日) (Dawson et al., 1995; Earnest et al., 1995)。先前研究結果

顯示較高劑量肌酸並未產生較高肌肉表現(Balsom et al., 1995; Greenhaff et al., 1994)。骨骼肌肌酸含量飽和上限(Saturation limite)約為每公斤肌肉 150-160 mmol (Juhn & Tarnololsky)。生化檢驗顯示高劑量肌酸增補而無法吸收會經由泌尿系統排泄排出體外(Kraemer & Volek, 1999)。本研究以相對體重決定肌酸增補劑量(0.35 克/公斤體重/日)，因此受測者隨體重差異而有不同增補劑量。但發現不同增補劑量與下肢平均功值無顯著相關。結果顯示，雖然肌酸增補增加下肢平均功值，但過多增補劑量並無法提昇更高下肢平均功值，這可能與肌酸與作用肌群吸收量上限有關(Balsom et al., 1995; Greenhaff et al., 1994)。

增補對身體組成之效應

本研究實施肌酸增補前受測者身體組成檢測，結果發現無顯著差異($p>0.05$)。一週肌酸增補後發現受測者($n=8$)體重、體脂肪百分比、身體質量指數增加 5%-10%，總水分則下降 5%，但都未達顯著水準($p>0.05$)。

本研究實驗結果顯示一週肌酸增補對身體組成無效應。是否與個人體質、實施時間長短、訓練狀態或實驗期間之飲食變化等因素有關，則有待更進一步研究。

肆、結論

本研究根據實驗結果做以下結論 1、肌酸增補具有提升下肢平均無氧動力之效應；2、間歇踏車運動後實施動態恢復(40% $\dot{V}O_{2max}$)具有提升下肢平均無氧動力之效；3、較短(15 秒)間歇踏車時間具有維持較高下肢平均無氧動力之效應；4、肌酸增補、恢復方式、及踏車時間對平均無氧動力無交互作用；5、肌酸增補劑量與平均動力無顯著相關；6、肌酸增補對身體組成無顯著效應。根據結果，本研究認為肌酸增補、動態恢復、及短時間運動是維持間歇運動時下肢無氧平均動力之重要因素。

藉由本研究針對肌酸增補之實驗所得數據比對先前研究結果，使得研究人

員更加瞭解肌酸增補對人類無氧代謝效應，也觀察特定籃球選手對間歇運動之反應程度及運動表現與肌酸之關係。也藉此建立運動員對肌酸增補、運動時間、及恢復方式做為人體運動之刺激模式，做為後續運動科學研究及運動教練訓練及競賽時之參考。

伍、參考文獻

- Balsom, P. D., B. Ekblom, K. Soderlund, B. Sjodin, and E. Hultman. Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scandinavia Journal Medicine Science Sports*, 3:143-149, 1993.
- Balsom, P. D., K. Soderlund, and B. Ekblom. Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Medicine*. 18:268-280, 1994.
- Barnett, C. M. Hind, and D. G. Jenkins. Effect of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Australian Journal of Science Medicine Sport*, 28:35-39, 1996.
- Bessman, S. P., and P. J. Geiger. Transport of energy in muscle: the phosphorylcreatine shuttle. *Science*. 211:448-452, 1981.
- Birch, R., D. Noble, and P. Greenhaff. The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European Journal of Applied Physiology*. 69:268-270, 1994.
- Bonen A., and A. Belcastro. A physiological rationale for active recovery exercise. *Canadian Journal of Applied Sport Science*. 3:160-162, 1976.
- Bozco, C., P. Luhtanen, P. and V. Komi. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*. 50:273-282, 1983.

- Bosco, C., J. Tihanyi, J. Pucspk, I. Kavacs, A. Gabossy, R. Colli, G. Pulvirenti, C. Foti, M. Viru, A. Viru. Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *International Journal of Sports Medicine*. 18:362-372, 1997
- Burke, L. M., and R.S.D. Read. Dietary supplements in sport. *Sports Medicine*. 15:43-65,1993.
- Cook, W. H., and W. S. Barnes. The influence of recovery duration on high-intensity exercise performance after oral creaine supplementation. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 78:670-667, 1995.
- Dawson, B., M. Cutler, A. Moody, S. Lawrence, C. Goodman, and N. Randall. Effect of creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *Australian Journal of Science Medicine Sport*, 27:56-61, 1995.
- Earnest, C. P., P. G. Snell, R. Rodriguez, and A. L. Almada. The effect of creatine monohysrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength, and body composition. *Acta Physiologica Scndinavica*, 153:207-209, 1995.
- Greenhaff, P. L. Creatine and its application as an ergogenic aid. *International Journal of Sport Nutrition*, 5:S100-110, 1995.
- Harris, R. C., K. Soderlund, and E. Hultman. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*. 83:367-374, 1992.
- Juhn, M. S., and M. Tarnopolsky. Potential side effects of oral creatine supplementation: a critical review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8:298-304, 1998.
- Kreamer. W. J., and J. S. Volek. Creatine supplementation its role in human performance. *Clinics in Sports Medicine*, 18:651-666, 1999
- LaBotz, M., and B. W. Smith. Creatine supplement use in an NCAA division I

- athletic program. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9:167-169, 1999.
- Lu, S. S. The effects of active and passive recovery on blood lactate concentration and exercise performance in cycling tests. Unpublished master thesis. McGill University, Canada, 1991.
- Odland, L., M. J. D. MacDougall, M. Tarnopolsky, A. Elorriaga, and A. Borgmann. The effect of oral creatine supplementation on muscle [Pcr] and short-term maximum power output. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 29:216-219, 1997.
- Rossiter, H. B., E. R. Cannell, P. M. Jakeman, The effect of oral creatine supplementation on the 1000m performance of competitive rowers. *Journal of Sports Science*, 14:175-179, 1996.
- Snow, R. J., M. J. McKenna, S. E. Selig, J. Kemp, C. G. Stathis, and S. Zhao. Effect of creatine ingestion on sprint exercise performance and muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 84:1667-1673, 1998.
- Sobal, J., and L. F. Marquart. Vitamin /mineral supplement use among athletes: A review of the literature. *International Journal of Sport Nutrition*, 6:320-324, 1994.
- Thompson, C. H., G. J. Kemp, A. L. Sanderson, R. M. Dison, P. Styles, D. J. Taylor, and G. K. Radda. Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 30(3):222-225, 1996.
- Whan K. S., N. Ichimaru, M. Kagimura and M. Ishii Effects of nutrition conditions on relationships between anaerobic threshold and lactate threshold. *Journal of Human Ergology*, 18:181-189, 1989