

連續 4 天高強度運動負荷及攝取肌酸對中年休閒運動愛好者心跳率與肌肉能量代謝之影響：個案研究

王月琪 鞠欣馨 陳佳慧 張嘉澤

國立體育學院教練研究所

摘要

目的：主要在探討中年運動愛好者從事高強度負荷活動攝取肌酸對其體循環與新陳代謝之影響。個案研究之受試者年齡 45 歲，身高 170cm，體重 65kg，每週運動 2-3 次，運動型態為跑步機持續跑與力量耐力訓練。**方法：**第一階段測試，連續 4 天從事階梯式負荷增加持續跑 20 分鐘與 3 循環(上肢 4、下肢 3 動作)力量耐力訓練，其中第一與第三天於下午運動結束後攝取 60mg 肌酸，第二與第四天則在運動前 1 小時攝取 60mg 肌酸。休息 5 天後進行第二階段測試，但並未攝取肌酸。**結果：**攝取肌酸持續跑訓練後血液乳酸濃度達 11.97mmol/l (T-2)、8.8 mmol/l (T-4)，力量耐力則達 11.39mmol/l (T-2)、11.5mmol/l (T-4)，心跳率與血糖則未有明顯差異。休息 5 天後同樣測試方式，血液乳酸、血糖與心跳率均明顯上昇。**結論：**從運動負荷與血液乳酸堆積推論，攝取肌酸並未改善運動負荷之新陳代謝。但是連續 4 天，每天兩項運動訓練，並未造成肌肉疼痛與疲勞現象。因此中年人從事高強度運動負荷訓練，攝取肌酸可改善其肌肉功能。

關鍵詞：持續跑、力量耐力、血液乳酸、心跳率

壹、前言

中年時期是由成熟過渡到逐漸衰老的階段。人體在 30 歲左右，許多生理功能開始出現了衰退現象(Curb et al., 1990)，且每增長一歲，生理功能便會衰退 1%，另外在新陳代謝方面亦會隨之下降，平均每 10 年減少 2~5%。35~54 歲的中年人其背、腹肌力及腳平衡能力也會隨年齡的增加而下降。民國 90 年行政院體育委員會對於 7000 多名中央部會員工進行體適能檢測時，發現只有 10% 的中年員工（36~55 歲）有規律運動的習慣，而在西方國家的中年員工規律運動的比例則達到 35% (Marcus, Rossi, Selby, Niaura, & Abrams, 1992)，可見國內規律運動的比例不僅不高，還遠比其他國家員工的運動比例低了許多。

隨著年齡的老化，身體的各肌肉組織會在質和量漸漸產生改變，對肌肉功能會造成負面的影響，因此需要藉由運動來延緩老化與肌力下降之現象。Roth 等(2000)發現透過阻力訓練，可以延遲肌力下降、獲得肌肉質量與肌力增加對肌腱的彈性，提供防護作用。Roubenoff(2001)、Roth 等(2000)設計出一套阻力課程，對於運動神經元的活化、肌肉纖維對運動單位的重新徵召更有效率，進而增加肌肉力量。Reeves, Narici, and Maganaris(2003)研究 14 週的阻力訓練，在髕骨肌腱的彈性增加 65%，透過訓練可增加肌腱力量。針對短時間快速阻力運動訓練下的結果，將可刺激增加快縮肌的部分(Roth et al., 2000)。

近年來，許多科學家研究在不違反禁藥的原則下，以化學合成的方式製作營養補充劑，藉由營養補充劑的補充，增進身體的機能，進而提高運動表現，而口服肌酸便是營養補充劑的一種。利用肌酸的增補，主要即希望提高肌肉內肌酸濃度，以增加肌肉中 CP 的儲存量，提高運動時磷酸肌酸合成速率，縮短運動後恢復期的時間，因此 CP 的利用率提高和減少運動後血乳酸的堆積可延緩疲勞產生（詹貴惠、許美智，1997）。

Harris(1974)研究指出在補充肌酸期間利用等速肌力測定儀測試運動腿和另一不運動腿做對照，結果顯示運動腿吸收更多肌酸，可見運動腿對肌酸的吸收有影響，可能的機制為運動腿使肌肉的血流量增加或改變了肌細胞膜對肌酸

的通透性，因此結合運動補充肌酸可以促進肌肉對肌酸的吸收。Candow(2005)針對老年人每週三次攝取肌酸進行阻力訓練，研究結果顯示在上下肢的 1RM 皆顯著進步，所以肌酸因含有蛋白質能使肌肉組織利用更有效益。Head(2006)藉由五天攝取肌酸進行 30 秒的 Wingate 測試，結果顯示在增補的過程中可以減少血乳酸的生成。

因此本研究目的想透過愛好休閒運動之中年者，利用連續 4 天攝取肌酸後，進行力量耐力訓練與持續性耐力運動來探討服用肌酸對其心跳率與新陳代謝之影響；服用肌酸後休息 5 天再從事相同運動負荷，其生物參數的變化與是否對其有所助益。

貳、實驗方法與步驟

一、受試者

本研究以一位男性休閒運動愛好者，工作於大專研究所。基本資料：身高與體重分別為 170cm 與 65 kg，年齡 45 歲。運動習慣每週 2-3 次，每次從事跑步機持續跑或力量耐力訓練。

二、實驗方法與流程

(一) 持續跑

上午為跑步機持續跑：持續跑應用 Mader (1976) 2-4 mmol/l 速度漸增方式進行，開始速度為 2.5 m/s，持續時間 5 min。每次速度提升 0.5 m/s，最大負荷至 4.0 m/s，總持續時間為 20min。

(二) 力量耐力

下午則為力量耐力：強度為 1RM 的 50%，以循環方式進行，共做三循環。每一循環包含 7 項動作(上肢 3 項、下肢 4 項)，動作與動作之間沒有間歇，每循環結束間歇 90s。上肢動作分別為滑輪下拉、坐姿推舉、划船、蝴蝶機；下肢動作則為俯臥腿彎曲、坐姿股四頭肌、舉踵。

(三) 攝取肌酸

運動期間肌酸之攝取分別為第一天與第三天力量耐力訓練結束後，另一攝取時間則為第二天與第四天上午運動前 1 小時。攝取肌酸測試時間為 4 天（如表-1 與圖-1），攝取量為 60g。

（四）生物參數收集

主要生物參數為心跳率、血液乳酸及血糖，收集時間分別為運動前之安靜值及運動結束後之第 1-3-5-7-10min（持續跑）；力量耐力則為 2-4-6-8-10 min；心跳率為持續跑每一階結束及運動後第五分鐘。

表-1 4 天持續跑與力量耐力訓練攝取肌酸時間點

	Mon (T-1)	Tue (T-2)	Wed (T-3)	Thu (T-4)
運動前		一小時前攝取肌酸 60g		一小時前攝取肌酸 60g
上午	2.5-3.0-3.5-4.0m/s	2.5-3.0-3.5-4.0m/s	2.5-3.0-3.5-4.0m/s	2.5-3.0-3.5-4.0m/s
下午	3x力量耐力循環	3x力量耐力循環	3x力量耐力循環	3x力量耐力循環
運動後	結束攝取肌酸 60g		結束攝取肌酸 60g	

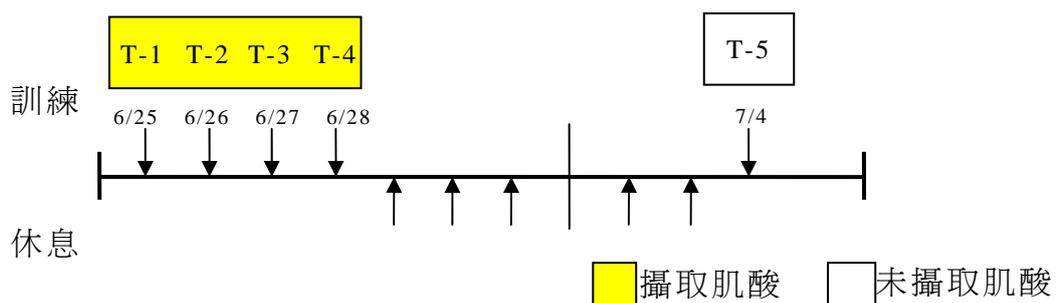


圖-1 訓練與未訓練時間流程表

三、資料處理

（一）採集之血液以 EFK 德國製乳酸血糖分析儀，進行分析乳酸與血糖值。測試之全程心跳由 POLAR(610i)心跳偵測器接收，並以其軟體進行傳輸與整理。

（二）以 Microsoft Excel 處理本研究所得數據。

(三) 以 Sigma8.0 統計軟體進行圖形分析。

參、結果與討論

一、攝取肌酸與未攝取肌酸對運動後乳酸值之變化

在持續跑與力量耐力 5 次測試中之乳酸值(如表-2)，力量耐力在運動後的乳酸值皆高於持續跑之值，下午從事力量耐力訓練時力量的輸出為短時間不斷輸出的性質，造成 ATP 在合成速率降低而讓糖酵解系統取而代之，使得乳酸值堆積上升。

T-1 與 T-3 (力量訓練後攝取肌酸) 在運動結束後之乳酸值低於 T-2 與 T-4 (持續跑前一小時攝取肌酸)。從乳酸下降的曲線來看，在持續跑方面 T-2 (如圖-2) 雖產生最大乳酸但其排除速率亦快，這與詹貴惠等 (1997) 所提出利用肌酸的增補提高肌肉內肌酸濃度，增加肌肉中 CP 的儲存量，縮短運動後恢復期時間之理論一致；另外在力量耐力方面，T-1 相較之下(如圖-3)乳酸值呈現較低的情形，可能因連續四天高強度負荷造成疲勞累積，使得 T-2、T-3、T-4 之乳酸值較高，排除速率亦不高。Pitsiladis(2003)對 21 位曾經接受過耐力訓練的男性進行七天肌酸攝取實施 63% Vo_2max 耐力測試研究，結果顯示攝取肌酸能使身體內的肌酸濃度升高，延長了運動時間，但血乳酸的改變不明顯。

而 T-5 與前面 4 次測試相隔 5 天，處於完全休息狀態，因此在乳酸值方面不受之前 4 次測試之訓練效果影響，所以在持續跑與力量耐力兩方面皆產生高乳酸。

表-2 持續跑與力量耐力 5 次測試安靜與運動結束後之乳酸值(mmol/l)

	持續跑						力量耐力					
	R	E1	E3	E5	E7	E10	R	E2	E4	E6	E8	E10
T-1	2.24	8.77	6.37	6.93	5.20	5.16	1.41	10.88	8.19	7.79	7.44	6.59
T-2	3.16	11.97	6.62	7.57	5.45	4.35	3.01	11.39	9.90	10.14	8.36	9.97
T-3	2.71	8.04	6.42	7.15	5.09	4.01	2.72	10.57	10.93	9.81	8.98	8.97
T-4	3.35	8.80	7.72	6.17	5.88	5.69	3.00	11.50	10.14	11.15	8.26	9.22
T-5	3.01	8.26	10.7	6.58	6.05	5.42	2.41	11.85	14.66	9.98	8.48	8.75

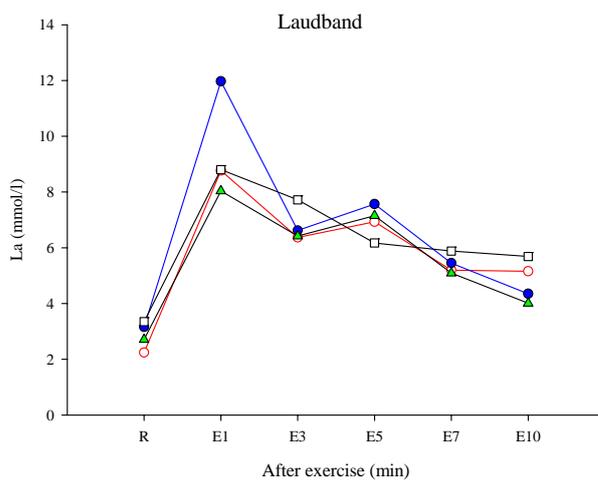


圖-2 4天攝取肌酸持續跑之乳酸值變化

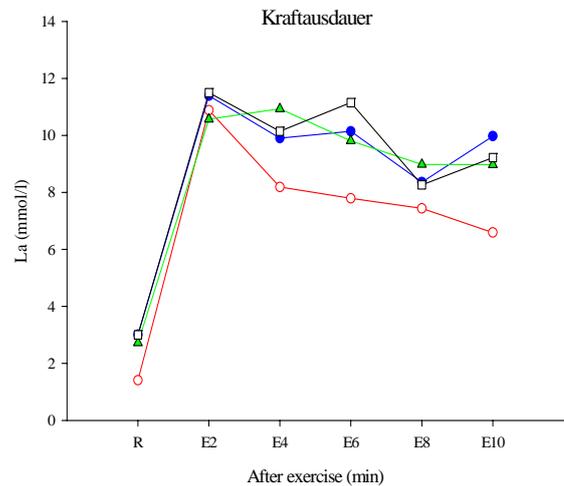


圖-3 4天力量耐力訓練之乳酸值變化

二、攝取肌酸與未攝取肌酸對運動後血糖值之變化

在訓練前攝取肌酸後進行速度漸增的持續跑，在運動結束後之血糖值與安靜值對照（如表-3），可發現 T-2 與 T-4 的安靜值血糖皆高於 T-1 與 T-3 之值，此現象推測有可能是造成表-2 中 T-2 與 T-4 在運動結束後 E1、E2 產生高乳酸值的因素。

另外在持續跑中的 T-2、T-4、T-5（如圖-4）以及力量耐力的 T-1 與 T-5（如圖-5），其血糖值與其他相較下略為偏高，亦可能是受試者於攝取早餐時有含糖

分較高之飲食所造成。

表-3 持續跑與力量耐力 5 次測試安靜與運動結束後之血糖值(mmol/l)

	持續跑						力量耐力					
	R	E1	E3	E5	E7	E10	R	E2	E4	E6	E8	E10
T-1	4.86	5.71	6.04	6.54	5.46	6.08	5.50	4.70	3.84	4.02	4.15	4.06
T-2	5.87	5.13	4.53	5.48	4.90	5.47	4.91	4.67	4.21	4.60	4.10	4.31
T-3	4.97	4.90	4.75	5.59	4.58	4.38	4.71	4.09	4.22	3.92	4.13	4.11
T-4	5.29	4.44	5.24	5.44	4.93	4.69	4.54	4.75	4.40	4.56	4.15	4.60
T-5	5.22	4.08	5.16	4.79	4.08	4.81	5.80	4.67	5.47	4.56	4.40	4.47

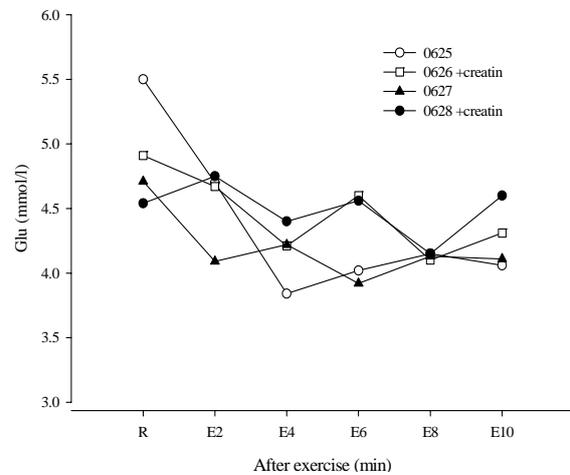
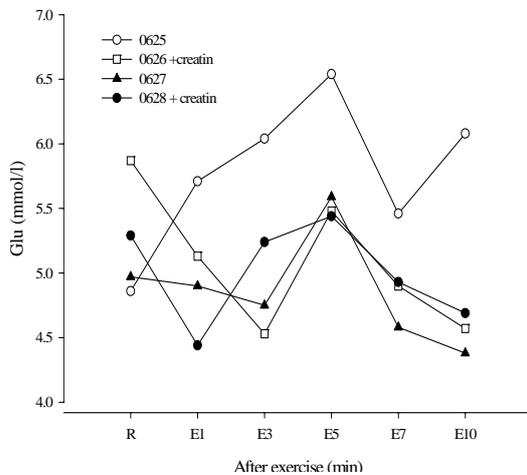


圖-4 4 天攝取肌酸持續跑之血糖值變化

圖-5 4 天攝取肌酸力量耐力訓練之血糖值變化

三、攝取肌酸與未攝取肌酸對運動後心跳率之變化

在休息後第五分鐘(E5)心跳率之 T-2 與 T-4 下降最多 (如圖-6)。Grex 針對女足選手研究 6 天增補肌酸在跑步測試中，可以明顯減少運動心跳率；另外 Pitsiladis(2003)也對 21 位曾經接受過耐力訓練的男性進行七天肌酸攝取實施

63% Vo_2max 耐力測試研究，結果顯示攝取肌酸能使身體內的肌酸濃度升高，延長了運動時間，心跳率亦低於未攝取時，此兩項研究結果與本研究結果並未相同，推測應與 Neumann 等(2002)所提出生物參數改善所需之時間理論有關，尤其從研究中經過 5 天未訓練的 T-5 之心跳率與其他天測試相較下卻明顯較高(如圖-6)，心跳率並未維持或下降，反而呈現上升之趨勢。

表-4 持續跑 5 次測試之每階平均心跳率(min^{-1})

	持續跑				
	2.5m/s	3m/s	3.5m/s	4m/s	E5
T-1	126	141	154	166	115
T-2	127	139	150	164	114
T-3	129	142	152	164	116
T-4	127	140	154	167	116
T-5	132	146	155	171	118

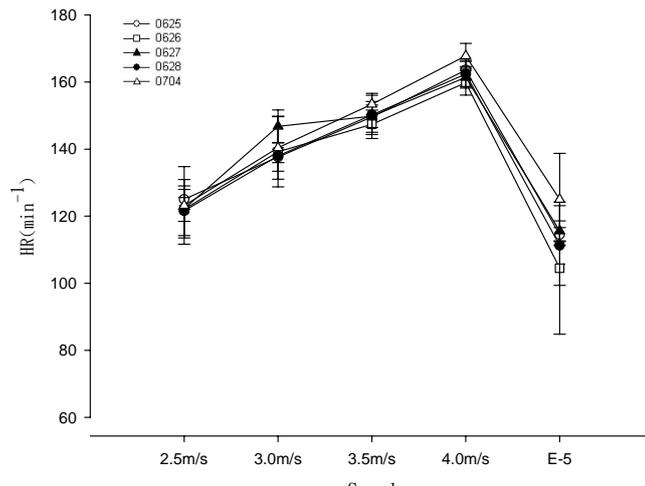


圖-6 4 天攝取肌酸持續跑之心跳率變化

肆、結論與建議

一、本研究獲得以下結論：

- (一) 連續四天攝取肌酸對本研究之中年休閒運動愛好者在進行高強度運動負荷時，對於運動後的乳酸排除較未攝取肌酸時有較好的速率。從運動負荷與血液乳酸堆積推論，攝取肌酸並未改善運動負荷之新陳代謝。
- (二) 連續四天攝取肌酸後之血糖值在本研究中並未有太大差異。
- (三) 在力量耐力訓練方面，雖會產生較高乳酸，但因攝取肌酸能使乳酸排除快，又因重量訓練對增進運動神經元的活化、肌肉纖維對運動單位 (motor unit) 的重新徵召更有效率，所以在連續 4 天，每天兩項運動訓練，並未造成肌肉疼痛與疲勞現象，因此中年人從事高強度運動負荷訓練，攝取肌酸可改善其肌肉功能。
- (四) 連續四天攝取肌酸進行高強度負荷對本研究之中年休閒運動愛好者之心跳率改善差異不夠明顯，透過 T-5 之對照可以了解只要數天再未經訓練或是刺激強度不夠的話，心跳率便會回復至未訓練前甚至比未訓練前更高。

二、建議

- (一) 應注意在運動測試前之飲食內容，以免影響運動中後的乳酸值過高而產生負面之效果。
- (二) 藉由每日或一周至少三次的訓練刺激，能保持良好的基本耐力亦能讓心跳率下降。
- (三) 由於本研究只針對個案做一探討，未能對同年齡層之對象做相同推論，因此未來可再增加更多受試者做深入研究探討，在訓練負荷方面則可依個人能力有所調整；並增加 CreatineKinase-MBFraction(CK-MB)測試，觀察心肌肉是否因高強度運動負荷造成傷害。

參考文獻

- 詹貴惠、許美智 (1997)。肌酸的補充對生理及運動表現的影響。國立體育學院論叢，8(1)，187-198。
- Cox, G., Mujika, I., Tumilty, D., & Burke, L. (2002). Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players. *Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 33-46
- Curb, J. D., Guralnik, J. M., LaCroix, A. Z., Korper, S. P., Deeg, D., Miles, T., & White, L. (1990). Effective aging: Meeting the challenge of growing older. *Journal of American Geriatric Society*, 38,827
- Harris, R. C., Hultman, E., Nordesjo, L. (1974). Glycogen, glycolytic intermediates and high-energy pyosphates determined in biopsy samples of muculus quadriceps femoris of man at rest. *Scand J Clin Lab Invest. Methods and variance of values*, 33, 109-20.
- Head, B. J., Womack, J. W., Parker, A. G., Green, J. S., Crouse, S. F. (2006). Effect of Creatine Supplementation on Lactate Levels Following Intense, Anaerobic Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(5), S406.
- Mader, A.; Lisen, H.; Heck, H.; Philippi, H.; Rost, R.; Schurch, P.; Hollamn, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmed*, 27, 4, 80~88.
- Marcus, B. H., Rossi, J. S., Selby, V. C., Niaura, R. S., & Abrams, D. B. (1992). The stages and processes of exercise adoption and maintenance in a worksite sample. *Health Psychology*, 11, 386-395.
- Neumann, G., & Hottenrott, K. (2002). Das grosse Buch vom Lauffen. 223-226.

- Pitsiladis, Y. P., Georgiades, E., Minnion, R. H., Mitchell, M., Kingsmore, D., Kilduff, L. P. (2003). Effects of creatine supplementation on exercise performance in the heat in endurance-trained humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), S32.
- Reeves, N., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2003). Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. *Muscle Nerve*, 28, 74-81.
- Roth, S. M., Ferrel, R. E., & Hurley, B. F. (2000). Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *The Journal of Nutrition Health & Aging*, 4(3), 143-155.
- Neumann, G., Hottenrott, K. (2002). Das grosse Buch vom Laufen. 222-223.

Effect of Heart Rate and Metabolism of muscle Energy System after Continuous 4 days High Intensity Exercise Workload with Ingesting Creatine on Elder Man : A Case Study

Yueh-chi Wang, Chu-Hsin Hsin, Jia-hui Chen, Jia-tzer Jang
Graduate Institute of Coach Science, National College of Physical Education and Sports

ABSTRACT

Purpose: To discuss the effect of systemic circulation and metabolism after continuous 4 days high intensity exercise workload with ingesting creatine on elder man. One subject (age: 45 yrs, height: 170 cm, weight: 65 kg) participated in this study, who exercise 3 times a week including running on treadmill and the endurance strength training. **Methods:** In First phase, Subject was accepted 20-min grad running for continuous 4 days and 3 sets of the endurance strength training (4 for upper extremities, 3 for under extremities). Subject ingested 60g creatine after exercises on first and third day, and 1.5 hours before exercise on second and fourth day. After 5 days complete rest, subject was accepted same exercises like first phase without ingesting creatine. **Results:** Blood lactate concentration were 11.97 mmol/l (T-2) and 8.8 mmol/l (T-4) after graded running and 11.39mmol/l (T-1) and 11.5mmol/l (T-3) after endurance strength with ingesting creatine. There was no significant difference on heart rate and glucose. After 5 days complete rest, the same exercises without ingesting creatine caused the blood lactate concentration, glucose, and heart rate obvious higher than first phase. **Conclusion:** From the exercise workload and blood lactic acid pile, the results showed that creatine

ingesting could not improve the metabolism of exercise workload, but it didn't cause muscle soreness and fatigue after continuous 4 days high intensity exercise workload. By the way, when elder man devoted himself to do high intensity exercise workload who ingests creatine may improve muscular function.

Key Word: continuous running, endurance strength, blood lactate, heart rate