

第五章 討論與結論

第一節 每日飲食攝取量

雖然本研究採用了男女受試者混合分組的方式，但有研究顯示肌酸增補所造成的身體組成與運動表現的變化，並不會受到性別的影響 (Branch, 2003; Tarnopolsky & MacLennan, 2000)。在每日飲食攝取方面，本研究結果顯示，雖然肌酸+醣類組與肌酸組的每日醣類攝取量在增補第二天時有較低的情形，但三組受試者的每日飲食總攝取量在增補後的前兩天，並未有顯著的改變。因此，雖然本研究並未針對受試者的飲食進行嚴格的控制，但根據飲食記錄的分析，可將三組受試者在增補期間的每日飲食總攝取量視為相似，而肌酸與醣類的額外增補，可視為是引起後續運動測驗結果的主要因素。

第二節 身體組成

在身體組成的變化方面，雖然僅肌酸+醣類組明顯地增加了約 0.8 公斤的體重，但肌酸+醣類組與肌酸組在增補後均明顯地增加了去脂體重、肌肉重、蛋白質重、總水重以及細胞內液，而安慰劑組的身體組成則無明顯變化。先前的研究顯示，短期肌酸的增補會明顯增加身體體重約 0.6 至 2.0 公斤 (Bellinger 等, 2000; Cox 等, 2002; Greenhaff 等, 1994; Izquierdo 等, 2002; McNaughton 等, 1998; Mihic 等, 2000; Snow 等,

1998)。由此可知，雖然本研究並未直接使用肌肉穿刺法分析受試者肌肉內肌酸濃度與磷酸肌酸濃度的變化，但是藉由身體組成的改變，可作為肌酸於體內保留的依據。

先前的研究顯示 5 至 7 天的短期增補肌酸所造成的體重增加，與體內水分的保留有關，而體內水分的增加主要是由於細胞內液的增加 (Francaux & Poortmans, 1999; Hultman 等, 1996; Ziegenfuss 等, 1998)。本研究的結果也發現了相同的情形，不論是肌酸+醣類組或是肌酸組，在五天的肌酸增補後，均明顯地增加了體內的總水分與細胞內液。不過，本研究的結果也發現，肌酸+醣類組與肌酸組在增補後顯著地增加了去脂體重 (肌酸+醣類組，+1.1 kg；肌酸組，+1.0 kg)、肌肉重 (肌酸+醣類組，+1.0 kg；肌酸組，+0.9 kg) 以及蛋白質重 (肌酸+醣類組，+0.2 kg；肌酸組，+0.2 kg)。Mihic 等 (2000) 的研究也發現相同的結果，在五天的肌酸增補後，受試者的去脂體重明顯地增加了 0.89 ± 0.62 公斤。

過去的研究顯示 4 週 (Volek 等, 2004)、8 週 (Lehmkuhl 等, 2003) 與 12 週 (Willoughby & Rosene, 2001) 的肌酸增補配合重量訓練課程，有助於增進去脂體重。而 Kreider 等 (1998) 將 25 名美式足球選手分成醣類組 (n=14，每天 99 克) 與肌酸+醣類組 (n=11，每天 99 克葡萄糖與 15.75 克肌酸)，在訓練期中連續增補 4 週之後，結果發現兩組受試

者的體重均明顯增加，且肌酸+醣類組的體重與去脂體重增加幅度顯著高於醣類組。

Hespel 等 (2001a) 則認為在激烈的重量訓練過程中配合肌酸的增補，可明顯地引起肌肉肥大的效果以及提升蛋白質的合成。Hespel 等 (2001a) 更進一步地指出肌酸增補所引起的肌纖維蛋白質合成作用之提升，可能與刺激生長的荷爾蒙以及肌原轉錄因子的蛋白質表現有關。不過，先前的研究則顯示，不論是單次 (Op't Eijnde & Hespel, 2001) 或是 4 週 (Volek 等, 2004) 的重量訓練，肌酸的額外增補並不會影響體內與生長相關的荷爾蒙濃度。然而，有許多的研究則發現長期肌酸增補配合重量訓練而促進的蛋白質合成效果，可能與刺激肌纖維蛋白質合成作用的轉譯或轉錄層級有關 (Branch, 2003; Hespel 等, 2001b; Willoughby & Rosene, 2001; Willoughby & Rosene, 2003)。因此，長期增補肌酸配合重量訓練有助於提升肌肉肥大的效果，而肌原轉譯或轉錄因子的蛋白質表現可能是其機轉之一。儘管如此，本研究的結果則發現划船選手在高訓練量階段進行 5 天的肌酸或肌酸配合葡萄糖的增補，明顯地增進了受試者的去脂體重、肌肉量與蛋白質量，而安慰劑組則無任何明顯的改變，其確實的機制仍有待未來更多的研究進行探討，例如短期高訓練量配合高劑量肌酸增補對於肌原蛋白質轉譯或轉錄因子的調控。

第三節 有氧運動表現

本研究的結果顯示在 5 天的高訓練量配合肌酸或安慰劑的增補後，三組受試者的最大攝氧量、個體無氧閾值與乳酸閾值（4 mmol/L）並未顯著改變。先前的研究也發現相同的結果，亦即不論是腳踏車（Nelson 等, 2000）或是跑步機（Balsom 等, 1993; Stroud 等, 1994）上所測得的最大攝氧量並不會受到肌酸增補的影響。由此可見，肌酸的增補並未能有效地提升有氧運動能力。不過，肌酸+醣類組與肌酸組的運動至衰竭時間與最大血乳酸值均明顯地增加，而安慰劑組則沒有顯著改變。

Chwalbińska-Moneta（2003）的研究發現肌酸的增補並不會改變 4 mmol/L 的乳酸閾值運動負荷，不過，該研究的結果也顯示，激烈耐力訓練階段的男性划船選手在配合 5 天的肌酸增補後，其個體無氧閾值所對應的運動負荷與血乳酸值均明顯地增加，而安慰劑組則無明顯變化。造成不同研究結果的原因，可能在於受試者增補前的體能水準（年齡， 25.3 ± 1.7 歲；身高， 193.9 ± 2.1 cm；體重， 95.1 ± 1.9 kg； $\dot{V}O_2\max$ ， 61.0 ± 1.2 ml·min⁻¹·kg⁻¹；IAT， 314.3 ± 5.0 W）、肌酸使用的劑量（每天 20 克）、實驗設計（7 天的激烈耐力訓練課程）與測驗方法（遞增負荷測驗從 220 W 開始，每 3 分鐘增加 50 W）的不同所引起。Smith 等（1998）的臨界負荷研究顯示肌酸的增補顯著地促進非線性模式與線性模式下的 W' ，但

\dot{W}_{cp} 則無改變，而 W 與 \dot{W}_{cp} 分別代表無氧運動能力與有氧運動能力，該作者認為肌酸的增補有助於促進短時間、高強度的運動表現，但對於有氧運動能力則無顯著影響。因此，未來的研究仍有必要繼續探討肌酸增補對於無氧閾值或臨界負荷的效果，以釐清肌酸增補對有氧運動表現的影響。

在最大運動測驗至衰竭的時間方面，本研究的結果與 Nelson 等（2000）的結果相同，Nelson 等（2000）發現連續 7 天每天 20 克的肌酸增補後，肌酸組明顯地增加了腳踏車最大運動測驗至衰竭的時間約 70 秒（從 1217 ± 240 至 1289 ± 215 秒），而安慰劑組則無明顯改變。先前也有一些研究發現，肌酸的短期增補有助於增進固定負荷運動至衰竭的時間（Rico-Sanz & Marco, 2000; Smith 等, 1998）。Rico-Sanz & Marco（2000）的研究則發現每天 20 克連續 5 天的肌酸增補，延長了 30% 與 90% 最大功率各 3 分鐘的高/低強度交替式腳踏車運動至衰竭的時間（從 30 ± 4 至 36.5 ± 6 分鐘）。Smith 等（1998）的研究則發現每天 20 克連續 5 天的肌酸增補，明顯地增加了兩種不同負荷腳踏車運動至衰竭的時間（每公斤體重 $3.7 W$ ，從 236 ± 7 至 253 ± 11 秒；每公斤體重 $4.9 W$ ，從 93 ± 4 至 103 ± 4 秒）。

Rico-Sanz（2000）的研究結果發現，每天 5 克連續 11 天的肌酸增補，在低強度等長背屈收縮（ $32 \pm 1\%$ 最大自主性收縮）後，會減少肌肉

內磷酸肌酸的使用，並增加肌肉內的 pH 值，但在高強度等長背屈收縮（ $79\pm 4\%$ 最大自主性收縮）後則無明顯改變。這個結果顯示肌酸的增補降低了體內氫離子的產生。而 Jones 等（2002）則發現在每天 20 克連續 5 天的肌酸增補後，會明顯地降低高強度（介於換氣閾值與最大攝氧量之間的 50%）6 分鐘腳踏車運動後的血乳酸值，但中強度（80%換氣閾值之運動負荷）運動後的血乳酸值則不受肌酸增補的影響。本研究也嘗試將所有男性受試者在最大運動測驗時的前五個運動階段之每分鐘攝氧量進行比較（圖十一），但並未發現肌酸的增補會改變非最大運動時的每分鐘攝氧量，不過，肌酸+醣類組與肌酸組在增補後的非最大運動血乳酸值具有略低於增補前的傾向，而安慰劑組在增補後則有略高於增補前的傾向（圖十二）。Bellinger 等（2000）的研究顯示肌酸的增補雖然並未提昇自行車選手的 1 小時自行車測驗的有氧運動表現，但是卻會改變非最大運動時的代謝反應，亦即減少運動時腺嘌呤核苷酸的降解作用。因此，肌酸增補增加非最大運動時運動至衰竭的時間之效果，可能與肌酸對於體內氫離子緩衝的功能有關。

除此之外，肌酸增加運動至衰竭的時間之原因，也可能與肌酸改善肌肉的效率（muscle efficiency）有關。Nelson 等（2000）讓受試者在增補肌酸前後進行遞增負荷腳踏車運動測驗，結果發現，雖然最大攝氧量與最大心跳率在增補後沒有顯著改變，但是肌酸增補後在最初四個運動

階段的每分鐘攝氧量均顯著地降低，而此四個運動階段的運動心跳率也顯著地較增補前低。Van Leemputte 等（1999）的研究則發現每天 20 克連續 5 天的肌酸增補，明顯地縮短了肱二頭肌在進行連續 12 次最大等長收縮時的肌肉放鬆時間（relaxation time，橫橋回到放鬆位置的恢復時間）約 20%，而肌肉放鬆時間的縮短，則有利於連續快速收縮時肌纖維內橫橋的偶聯效率。Jones 等（2002）的研究則發現在高強度（介於換氣閾值與最大攝氧量之間的 50%）腳踏車運動時，肌酸的增補會明顯地降低每分鐘攝氧量，同時，該作者也發現非最大運動時每分鐘攝氧量的下降幅度與股外側肌的第二型肌纖維（Type II）比例具顯著正相關（ $r = 0.87, p < 0.01$ ）。因此，Mesa 等（2002）認為肌酸的增補可能可以改善肌肉的效率，而這種情形僅發生在需要較多第二型肌纖維介入的情形下，例如在高強度的有氧運動時以及當受試者具有較高比例的第二型肌纖維時。

由上述的討論可知，雖然肌酸的增補並不會改變最大攝氧量與無氧閾值的能力，但肌酸的額外增補有助於增進運動至衰竭的時間，而運動至衰竭時間的增加，可能與肌酸緩衝氫離子的功能以及改善肌肉的效率有關。同時，本研究的結果也顯示肌酸搭配葡萄糖的增補對於最大運動測驗中所引起的變化，類似於單獨增補肌酸所造成的影響。

第四節 無氧運動表現

本研究利用間隔 4 分鐘的 2x30 秒溫蓋特測驗評估受試者的無氧運動表現，實驗結果發現，在增補後肌酸+醣類組在第一次溫蓋特測驗的平均功率、第二次溫蓋特測驗的功率峰值與功率遞減率均明顯地增加，而肌酸組僅在第一次溫蓋特測驗的平均功率明顯受到肌酸增補的促進，而安慰劑組在增補前後的溫蓋特測驗表現則無顯著改變。除此之外，三組受試者在兩次溫蓋特測驗後的血氨濃度，增補前與增補後之間並無明顯差異，但三組受試者在兩次溫蓋特測驗後的血乳酸值，在增補後則明顯高於增補前。由此可見，肌酸的增補有助於提升 2x30 秒溫蓋特測驗的運動表現。

許多的研究結果也顯示肌酸的增補有助於提昇間歇性高強度的運動表現 (Casey 等, 1996; Cox 等, 2002; Earnest 等, 1995; Greenhaff 等, 1993b; Harris 等, 1993; Tarnopolsky & MacLennan, 2000; Vandebuerie 等, 1998)，但仍有少數研究顯示肌酸增補並不會促進間歇性高強度的運動表現 (Biwer 等, 2003; Cooke 等, 1995; Febbraio 等, 1995; Kinugasa 等, 2004; McKenna 等, 1999; Snow 等, 1998)。Earnest 等 (1995) 讓受試者在增補前後分別進行 3x30 秒溫蓋特測驗，結果發現肌酸組在增補後的三次溫蓋特測驗總功率均明顯增加，而第一次測驗增加了 13%，第二次測驗與第三次測驗則都分別增加了 18%。Casey 等 (1996) 讓受試者進

行 2x30 秒溫蓋特測驗，結果發現肌酸的增補並不會改變第一次與第二次測驗的功率峰值，但是肌酸的增補有助於提升第一次與第二次溫蓋特測驗的總功率。Tarnopolsky 與 MacLennan (2000) 則讓受試者進行 2x30 秒溫蓋特測驗，結果發現肌酸的增補明顯地增進了第一次與第二次測驗的功率峰值，但是第一次與第二次測驗的平均功率與功率遞減率並未受到肌酸增補的影響。

而這些結果與本研究的結果有些許的不同，探究其原因可能在於受試者體能水準的不同，Casey 等 (1996) 以及 Tarnopolsky 與 MacLennan (2000) 所使用的受試者均為健康成年人，而本研究所採用的受試者為運動員，這似乎顯示即使是受過訓練的運動員，肌酸的增補仍有助於提升間歇性高強度的運動表現。不過，Delecluse 等 (2003) 讓 9 名高度訓練的短跑選手 (100 m 成績：男性， 10.88 ± 0.19 秒；女性， 12.03 ± 0.17 秒) 進行短期肌酸的增補 (每天每公斤體重攝取 0.35 克，連續 7 天)，結果發現不論是單次的 40 公尺衝刺跑或是間隔 30 秒或 2 分鐘休息的重複性 40 公尺衝刺跑，肌酸的增補均無法提升高度訓練短跑選手的運動表現。因此，肌酸的增補對於高度訓練運動員間歇性高強度運動表現的提升效果，仍有待未來更多的研究進行探討。

除此之外，短時間高強度運動時的組間休息時間與休息方式的不一致，也反應出研究結果的不同，例如 Vandebuerie 等 (1998) 讓受試者

實施 5 次 10 秒的腳踏車最大運動測驗，次數間採動態休息 2 分鐘，結果發現 4 天的肌酸增補顯著地增進了每次腳踏車測驗的功率峰值與平均功率。而 McKenna 等（1999）則讓受試者在實施 5×10 秒的腳踏車測驗時，在第一次衝刺測驗後，採取靜態休息 3 分鐘，第二次衝刺測驗後，靜態休息 50 秒，隨後的第三次至第四次衝刺測驗後，則分別採靜態休息 20 秒，結果發現肌酸的增補並不會改變每次腳踏車測驗的功率峰值、總功率與功率遞減率。許多的研究（Greenhaff 等, 1994; Rico-Sanz, 2000; Snow 等, 1998）顯示肌酸的增補可以促進高強度運動後的磷酸肌酸再合成率，而磷酸肌酸的最大再合成率則發生在運動後恢復期的一分鐘之後，而 Cottrell 等（2002）的研究則發現，當間歇性高強度運動的次數間休息時間低於 6 分鐘時，肌酸增補對於 8×15 秒腳踏車測驗的平均功率與功率峰值具有最佳的促進效果。因此，當運動的間隔休息時間介於 1 至 6 分鐘之間時，肌酸的增補則較有利於促進間歇性高強度的運動表現。

儘管如此，本研究的肌酸組雖然在肌酸的增補後，明顯地增進了第一次溫蓋特測驗的平均功率，但第二次溫蓋特測驗的功率峰值、平均功率與功率遞減率卻未受到肌酸增補的影響，不過，肌酸+醣類組則在增補後明顯地增進了第二次溫蓋特測驗的功率峰值與功率遞減率。Green 等（1996a）的研究則顯示在每次 5 克的肌酸增補 30 分鐘之後攝取葡萄

糖，可擴大單獨增補肌酸時提升體內肌酸與磷酸肌酸含量的效果，而許多相關的研究也發現了相同的情形（Green 等, 1996b; Steenge 等, 1998; Steenge 等, 2000）。體內磷酸肌酸含量的提升，有助於增加短時間高強度運動時 ATP 的能量供給（Mesa 等, 2003; Terjung 等, 2000）。Casey 等（1996）的研究顯示肌肉內肌酸總量增加的程度分別與功率峰值及總功率在肌酸增補後所增進的幅度呈正比。本研究也發現肌酸＋醣類組在增補後明顯地增加了身體體重，而肌酸組的體重則在增補前後並無顯著差異，不過，兩組受試者的去脂體重與肌肉重在增補後均明顯地增加。同時，肌酸＋醣類組與肌酸組在溫蓋特測驗後的血氨濃度在增補前後之間並未有顯著改變。因此，可以推論本實驗中的肌酸組在體內肌酸保留效果上，可能略低於肌酸＋醣類組，但兩組受試者在間歇性高強度的運動表現，仍受到肌酸增補的促進，同時，肌酸對於間歇性高強度運動表現的增進效果，可能與體內游離肌酸與磷酸肌酸濃度的增加以及去脂體重與肌肉重的增加有關。

第五節 2000 公尺室內划船運動表現

在 2000 公尺室內划船的運動表現方面，本研究的結果顯示肌酸＋醣類組與肌酸組明顯地改善了 2000 公尺室內划船的運動時間（肌酸＋醣類組，－1.8%；肌酸組，－1.3%），而安慰劑組則無顯著改變。同時，肌酸＋醣類組與肌酸組在 2000 公尺划船運動的分段時間與平均功率

上，也都有明顯的進步。除此之外，三組受試者在 2000 公尺室內划船運動後的血氨濃度，在增補前與增補後之間並無明顯差異，但肌酸+醣類組與安慰劑組在 2000 公尺室內划船運動之後的血乳酸值，增補後則明顯地高於增補前，而肌酸組的血乳酸值在增補前後則無顯著差異。由此可見，肌酸的增補有助於提升西式划船選手 2000 公尺室內划船運動的成績表現。

Rossiter 等 (1996) 的研究發現，連續 5 天每天攝取每公斤體重 0.25 克的肌酸，明顯地促進西式划船選手在 1000 公尺划船運動的表現 (從 211.0 ± 21.5 至 208.7 ± 21.8 秒)，同時，肌酸的增補也減少了 600~800 公尺與 800~1000 公尺的分段時間。Lawrence 等 (1997) 的研究則發現西式划船選手在連續 5 天每天攝取每公斤體重 0.60 克的肌酸後，明顯地降低了 2500 公尺划船運動所花費的時間約 3.4 秒，同時，該研究也發現肌酸組在 250~500、500~750、750~1000、1250~1500、1500~1750 以及 2000~2250 公尺的分段時間均有明顯的進步。Lawrence 等 (1997) 認為肌酸增補促進 1000 公尺之前分段運動表現的效果，可能的原因在於肌酸的增補提升了 ATP 的再合成作用，而 1500 公尺以後分段運動表現的進步，則與肌肉氫離子的緩衝能力有關。本研究則發現肌酸+醣類組在 0~500 公尺、500~1000 與 1500~2000 公尺的分段時間在增補後均明顯減少，而肌酸組則在 0~500 與 1500~2000 公尺的分段時間顯著地降

低之外，500~1000 公尺的分段時間也有減少的傾向 ($p = 0.08$)，而安慰劑組則僅在 500~1000 公尺的分段時間在增補後顯著地降低。由此可見，肌酸的增補有助於提升西式划船選手在 2000 公尺划船運動時的前 500 公尺與後 500 公尺的運動表現，而 500~1000 公尺分段時間的進步，可能與增補期間的高訓練量有關。

不過，本研究在 2000 公尺划船運動分段平均功率的結果不同於 Syrotuik 等 (2001) 的研究結果。Syrotuik 等 (2001) 將 22 名受試者 (12 男, 10 女) 分成肌酸組與安慰劑組進行 5 天高劑量 (每公斤體重 0.3 克) 與 5 週低劑量 (每公斤體重 0.03 克) 的肌酸或安慰劑增補，並在 5 週的維持劑量下進行每週 2 天的重量訓練與每週 4 天的高強度室內划船訓練，該研究結果發現 5 天高劑量肌酸的增補並未改善 2000 公尺划船運動中每 200 公尺的分段平均功率。而本研究的結果則發現肌酸 + 醣類組在增補後明顯地促進了 0~500、500~1000 與 1500~2000 公尺的分段平均功率，而肌酸組與安慰劑組則分別促進了 0~500 公尺與 500~1000 公尺的分段平均功率。造成研究結果不同的原因可能在於受試者的訓練經驗、肌酸增補效果以及實驗設計等。Syrotuik 等 (2001) 的受試者訓練經驗包括初學者至數年的訓練與比賽經驗者，而本研究的受試者則是參與過數年西式划船訓練與比賽的經驗者。Syrotuik 等 (2001) 在高劑量肌酸增補階段，僅讓受試者採取維持體能的訓練課表，而本研究則是在

增補期間採取高訓練量的訓練課表。Syrotuik 等 (2001) 的肌酸組在 5 天高劑量增補後的體重 (+0.7 kg) 與去脂體重 (+0.5 kg) 並無顯著地改變，而本研究的肌酸+醣類組在增補後則明顯地增加了體重 (+0.8 kg) 與去脂體重 (+1.1 kg)，肌酸組雖未顯著增加體重 (+0.4 kg)，但去脂體重則明顯增加約 1.0 公斤。

在 2000 公尺划船運動測驗後血液生化數值分析方面，本研究的結果發現三組受試者在增補前後的血氨濃度並未有顯著的差異，但肌酸+醣類組與安慰劑組在增補後的運動後血乳酸值則明顯高於增補前，而肌酸組則無明顯變化。由此可見，肌酸+醣類組與肌酸組在肌酸的增補後明顯地促進了 2000 公尺划船運動的後 500 公尺運動表現，而血氨濃度並未有增加的情形，這個結果顯示肌酸的增補可能減少了運動時腺嘌呤核苷酸的降解作用，並促進了 ATP 的供給來源 (Bellinger 等, 2000)。不過，肌酸+醣類組與肌酸組在划船運動後血乳酸值增補前後的變化情形，並不容易解釋。體內乳酸的堆積會伴隨著氫離子的產生 (Sahlin 等, 1978)，因此，肌酸+醣類組增補後的血乳酸值明顯高於增補前的情形，可能與葡萄糖的增補有關，而肌酸組在增補前後的血乳酸值並未有明顯改變，則可能與肌酸增補緩衝氫離子的功能有關。不過，Lawrence 等 (1997) 也發現受試者在 2500 公尺划船運動後，增補後的血乳酸值顯著地高於增補前。因此，肌酸的增補後明顯促進 2000 公尺划船運動的

後 500 公尺運動表現，較有可能的解釋在於肌酸的增補縮短了橫橋在連續收縮過程中，回復至放鬆位置的時間（relaxation time, Van Leemputte 等, 1999）。

除此之外，西式划船運動是屬於水上的運動項目，運動員的體重是藉由水來承載，因此些微的體重增加，並不會對單人的運動表現造成過分負面的影響。不過，西式划船的比賽項目尚包含了四人雙槳、四人單槳以及八人單槳等多人乘坐一艘船的情形，若以本研究肌酸+醣類組明顯增加 0.8 公斤的結果計算，在八人單槳的比賽中，一艘船便增加了 6.4 公斤，而肌酸組也可能增加了 3.2 公斤，體重的上升會增加船身下沉的情況，進而增加了水流對於整艘船的阻力。因此，雖然肌酸的增補有助於提升個人在 2000 公尺室內划船的運動表現，但是在針對西式划船選手實施肌酸增補的訓練策略時，必須考量體重在水上比賽情境時的限制。

第六節 心跳率變異性

本研究的結果發現三組受試者在坐姿休息心跳率變異性方面，增補前與增補後之間並無顯著改變，但安慰劑組在增補後的心跳率顯著地低於增補前，而肌酸組在增補後的 HF 絕對功率值則明顯地低於增補前。在血液肌酸激酶同功酶濃度方面，三組受試者在增補前後亦無明顯改變。

許多研究證實在休息心跳率變異性的功率頻譜圖上，所區隔出的頻率區間 LF 與 HF 分別代表著交感神經系統（Aubert 等, 2003; Pomeranz 等, 1985; Pagani 等, 1986）與副交感神經系統（Aubert 等, 2003; Pomeranz 等, 1985）對心臟節律的調節作用。

本研究是第一篇嘗試利用心跳率變異性來評估肌酸增補對自主神經調控心臟節律影響的研究，而本研究的結果發現肌酸組在連續 5 天高劑量的肌酸增補後，明顯地降低了副交感神經系統對心臟調控的活動情形，而肌酸+醣類組也有類似的現象，同時，肌酸+醣類組與肌酸組的坐姿心跳率在增補後有些微上升的情形。Shin 等（1997）比較 15 位長跑選手與 15 非運動員的研究發現，運動員組的安靜心跳率明顯地低於非運動員組，且運動員組的 HF 絕對功率顯著地高於非運動員組，但兩組之間的 LF 絕對功率則無顯著差異。該作者認為耐力性運動訓練所造成的運動員徐脈現象（bradycardia），部分原因可能來自於迷走神經活動的增加，而此現象對於心臟具有保護的效果。由此可見，短期高劑量的肌酸增補似乎降低了副交感神經系統對於心臟的保護效果。

Hultman 等（1996）認為肌酸增補所造成的水分保留效果，可能會出現在血管內壁間隙，因而增加了心臟的前負荷而提高血壓。本研究嘗試將肌酸+醣類組與肌酸組的受試者混合後（ $n = 11$ ），分別計算坐姿心跳率、HF 絕對功率、細胞內液與總水分的改變量（增補後減去增補前），

並利用皮爾遜積差相關進行分析，結果發現 HF 絕對功率改變量與細胞內液改變量的相關為 $r = -0.46$ ($p = 0.15$)，與總水分改變量的相關則為 $r = -0.15$ ($p = 0.66$)，而心跳率改變量與細胞內液改變量的相關為 $r = -0.39$ ($p = 0.23$)，與總水分改變量的相關則為 $r = -0.09$ ($p = 0.80$)。因此，HF 絕對功率改變量與心跳率改變量在與細胞內液改變量的相關方面，屬於低度相關且並未達統計顯著水準，所以肌酸增補所造成的副交感神經活性降低現象，與細胞內液的增加並無明顯的關係。Mihic 等 (2000) 也發現在短期高劑量的肌酸增補後，收縮壓、舒張壓與平均血壓並不會受到肌酸增補的影響。

先前的動物研究證實肌酸的增補會明顯增加心肌內的游離肌酸與肌酸總量 (Constantin-Teodosiu 等, 1995) 以及促進心肌蛋白質的合成作用 (McClung 等, 2003)。而本研究發現肌酸的增補改變了自主神經系統對於心臟節律的調控作用，不過，這個情形似乎與細胞內液的增加無明顯關連，而這是否意味著心肌細胞中肌酸總量的上升可能是造成副交感神經活性降低現象的原因之一，其確實的影響機制仍需未來的研究作進一步地探討，例如心臟功能的超音波掃瞄檢查、血液中兒茶酚胺濃度的監控等。

除此之外，肌酸 + 醣類組與肌酸組在增補後，各有 2 名受試者的血液中出現了心肌纖維特有的 CK-MB。因此，雖然 CK-MB 的濃度值仍

在正常的生理範圍內，但對於心臟功能不健全者，在增補肌酸時應該進行審慎地評估（Brudnak, 2004）。

第七節 結論與建議

本研究的目的主要在探討肌酸增補或肌酸合併葡萄糖的增補，對於西式划船選手運動表現的影響，並探討肌酸的增補對於心跳率變異性的影響，所得到的結論如下：

- 一、 在高訓練量階段實施短期高劑量的肌酸增補，不論是否配合葡萄糖的補充，均具有增加身體去脂體重與水分保留的效果，而肌酸配合葡萄糖的增補則會明顯地增加身體體重。
- 二、 肌酸的增補並無法提升西式划船選手的最大攝氧量與個體無氧閾值，但是肌酸的增補有助於增進最大划船運動測驗時運動至衰竭的時間。肌酸配合葡萄糖的增補方式對於有氧運動表現的影響，則無異於單獨增補肌酸的效果。
- 三、 不論是否額外配合增補葡萄糖，肌酸的增補均有助於提升間隔4分鐘、連續兩次的30秒溫蓋特測驗運動表現。
- 四、 在高訓練量階段（亦即技術體能訓練階段），不論是肌酸配合葡萄糖的增補方式，或是單獨的肌酸增補均有助於提升西式划船選手在2000公尺划船運動時的前500公尺與後500公尺的運動表現。不過，仍需考量體重增加對於西式划船項目的

限制。

- 五、肌酸的增補明顯地降低了副交感神經系統對於心臟節律的調控，但這個現象似乎與細胞內液的增加並無顯著相關性。

根據本研究的結果與討論，可提供下列一些建議以供未來有關肌酸增補效果的研究作參考：

- 一、關於短期高訓練量配合高劑量增補肌酸而增加去脂體重與肌肉量的確實機制，仍有待未來的研究繼續探究，例如荷爾蒙的調節與肌纖維轉譯或轉錄因子的表現。
- 二、未來的研究仍須繼續探討肌酸增補對於延長運動至衰竭時間的效果，以釐清肌酸增補在非最大運動時的影響與機制，例如肌酸對於非最大運動時醣類代謝的影響。
- 三、未來的研究應繼續探討肌酸增補對於心臟功能的影響，例如心臟超音波掃描，以瞭解肌酸增補降低副交感神經系統對心臟保護功能的確實影響機制。
- 四、肌酸的增補可以促進西式划船選手在 2000 公尺室內划船測功儀上的運動表現，但在實際應用於西式划船選手身上時，應先進行前導試驗（pilot study）以了解體重增加幅度，並於重大比賽前實施時，進行適度調整肌酸增補的時機與策略。