

第五章 討論

本章分成以下四個部分加以說明：

- 第一節、不同恢復對運動耗竭時間的影響。
- 第二節、不同恢復方式對血液中乳酸濃度變化的影響。
- 第三節、不同恢復方式對血液中尿酸濃度變化的影響。
- 第四節、結論。

第一節 不同恢復對運動耗竭時間的影響

由本研究結果可發現，連續性的一週衰竭運動訓練能明顯增加選手的運動耗竭時間 ($p < .05$)，雖然兩組間在第一天、第四天與第七天的運動耗竭時間沒有明顯差別，代表不同恢復方式並不會影響連續衰竭運動的運動至衰竭時間，這可能是因為兩組受試者的個別間差異較大（未達顯著），使得兩組差異不容易達到顯著。但如以組內變化來看，則不同恢復方式之介入使其趨勢變化上仍有不同之處，在動態恢復組中，受試者第一、四、七天之運動衰竭時間是呈現持續明顯增加狀態，這代表適當的動態恢復有助於延長運動至衰竭時間，但在靜態恢復組中，受試者運動至衰竭時間則是先減少再增加（表 4-2）。

觀察靜態恢復組受試者在第四天的運動耗竭時間是減少的現象，吳家慶（2005）指出連續的衰竭運動也是一種激烈性運動，而在激烈運動及離心運動後，將導致肌肉細胞的結構受損，進而降低肌肉的功能而影響運動表現。在肌肉功能受到影響的情形之下，欲維持同樣的運動強度，勢必徵召更多的運動單位，使能量代謝增加（Clarkson, Nosaka, & Braun, 1992），若肌肉在損傷的情況下運動，會徵召更多的快縮肌運動單位 (type II motor unit)，使肌肉提早疲勞，因此使得運動至衰竭時間減少。再者肌肉在疲勞的狀態之下，會有酸中毒的情形出現，使得肌肉力量流失，而股四頭肌的肌肉比例是以快縮肌為主，因此肌肉力量流失的情形便更加的嚴重（Adams, Fisher, & Meyer, 1991）。但是到了連續衰竭運動的第七天，靜態恢復組的運動至衰竭時間有所增加 (1298.5-1399.85)，甚至高出第一天，除了受試者可能

因最後一天實驗，因此其努力程度高出平常，另一原因可能來自於肌肉已經產生某種程度的適應，部份學者發現肌肉在損傷的情況下，會產生一種保護作用，而使得肌肉免於在繼續接受訓練時，進一步產生更大的傷害 (Chen & Hseih, 2001)。

而在動態恢復組之中，受試者運動至衰竭時間是一直增加的，代表動態恢復有助於肌肉力量的恢復，並延長運動至衰竭時間。在肌肉有損傷的情形之下，從事輕度的向心收縮可增該部位的血流量 (Roberg, Icenogle, Hudson, & Greene, 1997)，在肌肉受損的情形下，血流量的增加可改善局部的血液循環，增加受損肌肉的氧氣運送量、提升受傷肌肉的恢復 (Mohr, Akers, & Wessman, 1997) 及增加肌肉恢復的效率 (Clemente, Matulions, Barron, & Currier, 1991)。此外，肌肉內因酸性物質的累積造成酸中毒的情形亦會影響到運動表現，Tardieu-Berger, Thevenet, Zouhal, and Prioux (2004) 的研究中也出現過，作者是探討主動恢復對間歇運動模式表現的影響。在此研究中，作者讓受試者在 6 趟的間歇訓練之後，就給予 20 分鐘的動態恢復，結果發現，與完全休息組比較，從事動態恢復組的運動至衰竭時間較長，作者認為除了動態恢復有助於磷酸肌酸的再合成，延緩運動至衰竭時間之外，酸中毒亦會影響到運動表現。在本研究中，運動形式雖然不同，但是同樣是讓受試者運動至衰竭，而從事動態恢復可能有助於酸性物質的代謝，因此，對運動表現的影響程度就沒有靜態恢復組多。

由於本研究由於人力物力之限制，並無檢測肌肉的 pH 值以及血液中的 CK，故無法確認兩組之間的差異，是否起因於動態恢復有助於肌肉內的酸性物質代謝以及提升肌肉損傷的恢復。因此對於其造成不同的變化趨勢之因果值得進一步加以追蹤研究，以便釐清其關係。但不論其變化趨勢，都可看出短期密集的一週衰竭運動訓練對於選手運動時間的提升是有所幫助的。

第二節 不同恢復方式對血液中乳酸濃度變化的影響

在高強度運動期間，肌肉內的乳酸累積是造成疲勞的主要原因之一，因此，乳酸能否順利的排除，是影響運動表現的關鍵因素。由實驗數據可看出：在衰竭運動的第一天，兩組在進行完衰竭運動之後，乳酸濃度都有顯著的增加（表 4-3-1），而在兩種恢復方式對乳酸濃度的變化有達顯著差異，而在進行完恢復運動後立即抽血所測出來的乳酸濃度，動態恢復組更是顯著的低於靜態恢復組；在連續衰竭運動的第四天，恢復方式與時間之交互作用有達顯著（表 4-3-2），而在進行事後比較後發現運動後立即與恢復運動後立即這兩個時間點，動態恢復組的血乳酸濃度有顯著的低於靜態恢復組，當連續衰竭運動到了第七天時，兩種恢復方式與時間之交互作用有達顯著差異（表 4-3-3），而經過事後比較，結果發現，各個時間點血乳酸濃度之差異均有達顯著，代表即使是連續七天從事衰竭性運動，在運動後立即進行動態恢復，有助於血乳酸的排除。

從表 4-3-1 至 4-3-3 中可以發現，在衰竭運動的第一、四、七天，動態恢復組的第三個採血點，其乳酸濃度有顯著的低於靜態恢復組，代表動態恢復有助於乳酸的立即排除。而在恢復後的 2 小時，動態恢復組與靜態恢復組的血乳酸濃度有低於安靜值的趨勢，可能為心理壓力舒緩所造成。林文郎與何忠鋒（1998）指出，選手在比賽期間或比賽前，安靜的血乳酸比平時訓練高出 2-3 倍，這是因為兒茶酚胺類物質分泌過多，使糖酵解代謝加強的關係。同樣的，當受試者在採第一次血時，也有可能因為過於緊張的關係，使得糖酵解代加強，血乳酸濃度升高，而到了運動後 2 小時，已經沒有那麼緊張，因此血乳酸濃度反而低於安靜值。

在高強度運動或是衰竭運動後，進行低強度動態恢復對排除血乳酸的文獻相當的多（Powes, & Howley, 1997；陳武山，1999；萬利，2003；謝軍、劉斌，2004），結果都給予正面的肯定，不管是進行無氧運動，或是長時間的有氧運動，進行動態都有助於血乳酸的排除，其主要原因在於動態恢復有利於氧的攝取，肌肝醣的再合成，而且當

氧攝取量變多時，輸送到肌肉的營養物質也會增加，肌肉中的乳酸與二氧化碳也能迅速的被氧化帶走（劉聰，2000）。肌肉中的乳酸是屬於一種動態的平衡，陳武山（1999）就以 32 名游泳運動員為受試者，探討不同強度（靜坐休息以及 3 種成績百分比之 50%、60%、70%）的恢復運動對血乳酸清除速率的影響，結果發現以成績之 50% 的強度進行緩和運動，其恢復期血乳酸清除速率明顯高於其他 3 種強度，因此認為高血乳酸值基本相同下，血乳酸下降百分比的大小，清除速率的快慢受恢復活動強度的影響，最大值只存在一個適宜的強度。提高血乳酸清除速率的關鍵在於提高體內乳酸清除的能力和維持高清除速率的時間，安靜狀態雖然能保持低的生成率，但不能有效的提高清除率，處於低效率狀態；而較高強度的活動則體內有一定量的乳酸生成，使清除率的比重減少，因此只有最適宜的運動強度才能有效的提高乳酸的清除率並減少生成率。此外，陳樹屏（1990）用九名體育系男生為受試者，以 $110\dot{V}O_{2max}\%$ 的強度連續在電動跑步機上跑 4 分鐘（平均強度為 $8.54\pm 0.87\text{mph}$ ），隨後分別用動態恢復（分別為電動跑步機、固定腳踏車及手搖腳踏車等三種方式）及安靜休息從事恢復，以探討不同部位從事動態恢復對血液乳酸排除的影響。結果發現以電動跑步機或固定腳踏車從事運動恢復，對乳酸排除的效果優於安靜休息（ $p < .05$ ），但手搖腳踏車組與安靜休息組間則無顯著差別。而本研究也印證了，以 35% 的 $\dot{V}O_{2max}$ 為恢復運動的強度，確實能清除血液中的乳酸，進而緩和衰竭運動後恢復期的疲勞狀況，即使是連續七天的衰竭運動，也可使血乳酸濃回到安靜值，不再在體內堆積進而影響運動表現。不過值得注意的是，在連續七天衰竭運動訓練期血乳酸濃度的變化趨勢上，在第七天的恢復結束立刻的值已明顯較第一天來的高，此一鈍化的趨勢有可能在於動態恢復組受試者其運動耗竭時間連續七天訓練後已明顯增加，但動態恢復所進行的強度並未隨之加以調整，因此，未來從事相關訓練時應加以監控與調整，以使動態恢復之效率有所維持。

至於靜態恢復組部份，從表 4-3-1 至 4-3-3 之中還可觀察到靜態恢復組在進行恢復運動後的 2 小時，血乳酸濃度較動態恢復組低

($p > .05$)，同時在恢復後 2 小時就回復至基礎值，除了靜態組的血乳酸安靜值原本就低於動態組之外，也表示即使不從事動態恢復，血液中的乳酸在運動後 2 小時內即可排除，這可能是因為血乳酸排除的速率會受到訓練狀態的影響。Gmada, Bouhel, Mrizak, Debabi, Men Jabrallah, and Tabka (2005) 比較不同訓練狀態的受試者，在超最大運動 (120% 之最大有氧動力) 後，接受三種主動恢復方式：20% 的第一無氧換氣閾值 (VT_1)、20% 的第二無氧換氣閾值 (VT_2) 以及結合 VT_1 與 VT_2 與靜態恢復 (靜坐休息)，兩者的血乳酸濃度有無顯著差異。實驗結果發現，有受過訓練的受試者在接受結合兩種強度的主動恢復後，其血乳酸之排除速率最快，也比未受訓練者快，因此，除了恢復運動的強度之外，受試者訓練狀態也會影響血乳酸的排除速率。而在本研究中，受試者的都有受過良好的耐力訓練，加上因為年紀還輕，循環代謝的功能都很好，因此，即使在運動後沒有接受動態恢復，也能依靠本身的代謝能力將血乳酸順利的排除，減少疲勞的發生。再者，在恢復運動後到恢復運動後的 2 小時，沒有進行任何的採血動作，故無法判斷進行動態恢復的受試者，是否能比靜態恢復組的受試者，更快的將血乳酸排除，即使在恢復運動 2 小時，兩組的血乳酸濃度皆已回到安靜值。

第三節 不同恢復方式對血液中尿酸濃度變化的影響

當從事激烈或高強度運動時，肌肉內的肝醣和磷酸肌酸會大量消耗，因此大大減少了 ATP 的濃度，但為了維持活動肌群的肌肉收縮，便需要不斷地提供 ATP 以做為能量來源，因此，便藉由 2ADP 產生 ATP 與 AMP 來提供身體活動所需能量。而伴隨 AMP 濃度的增加，同時在酵素的催化下，將使得尿酸予以產生。此外，運動時由於血液大都集中在活動肌群上，因此造成腎臟的血液相對變少，進而也使得其排除尿酸的量也降低不少，而乳酸濃度的上升亦會對腎臟排除尿酸的功能產生抑制的現象 (方進隆, 1990)。因此，運動時或運動後血液尿酸值增加的原因主要與尿酸生成量增加、尿酸排除率降低有關。

而由本研究實驗數據上，可獲得相同的印證，不論是動態恢復組或靜態恢復組，在運動後恢復期都明顯較運動前來的高，且此一現象持續到運動結束後二小時都尚未回復。此一結果與方進隆（1990）、Green and Fraser（1988）、Jassen, Degenaar, Menheere, Habets, and Geurten（1989）、Sutton, Toews, Ward, & Fox（1980）等人的結果相一致，其主要原因在於運動強度。Ito 等人（1980）指出強度大於 60%VO₂max 的運動，比較容易影響身體尿酸的排除率，而使得體內血液的尿酸值有所提升，但強度較低的運動，如走路、快走或適度騎腳踏車，如果不過度運動至衰竭或疲勞狀態的話，並不容易引起尿酸的上升。而本研究受試者在從事運動時，採用的是衰竭運動的模式以模擬選手進行運動訓練時之狀態，因此，此一高強度運動訓練後恢復期產生高尿酸的現象值得教練與選手加以注意，以期能維持選手之健康。

其次觀察整個訓練期的尿酸變化部份，兩組受試者雖然運動恢復期的尿酸都較運動前高，但其尿酸的濃度並不會隨著訓練天數而有所增加，此外，基礎值的尿酸濃度也降低的趨勢，此一結果與 Cronau, Rasch, Hamby, and Burns（1972）相符合，但與黃政典（1987）、吳慧君與林正常（1989）不同，其研究顯示為不變亦或兩者無關。造成此一結果不一致的原因與運動所從事的運動方式及強度有所關聯，有些運動較著重反覆性高強度或高數度的體能訓練；有些運動則要在短時間內反覆使用最大的力量，直到精疲力竭。這類型的運動較易導致細胞內 ATP 濃度下降（Zachau-Christiansen, 1959），進而產生較多的尿酸。此外，伊藤朗和三上俊夫（1983）也指出：受試者對訓練的適應性也是一個影響因素，有訓練的跑者在在同樣相對的運動強度下，其無氧閾值會較不運動者為高，因此在運動過程中產生的乳酸量會較沒訓練者來的低。由於本研究受試為田徑選手，雖然在運動項目有所不同，但在分組上採配對分組法進行之，以期能儘量減少受試者因不同運動項目所造成之干擾，但有關受試者本身對訓練強度的反應，仍無法有效加以監督，因此，在日後相關研究上可以考慮將此一因素予以考量，以釐清其真正因果關係為何。

第四節 結論

本研究經過討論之後可歸結出下列幾點結論：

- (一) 在運動衰竭時間方面：不論動態或靜態恢復組，連續七天的衰竭運動訓練都能有效地增加運動衰竭時間。
- (二) 在血乳酸濃度方面：衰竭運動後進行動態恢復，可增加乳酸的清除速率，有效的降低恢復運動後之血乳酸濃度，進而減少身體產生疲勞的機會，但其效果有逐漸鈍化的趨勢，可能與動態恢復時間未隨運動耗竭時間變化而調整有關，因此值得加以注意。
- (三) 在尿酸濃度方面：在連續七天的衰竭運動後立即，不管採用何種恢復方式，都無法使尿酸濃度恢復到安靜狀態，但基礎值尿酸有下降地趨勢，顯示選手身體對運動訓練產生的適應效果。

本研究建議：在連續的衰竭運動後可採運動強度為 $35\% \dot{V}O_2\max$ 做為緩和運動，血液中乳酸堆積的情形可較快速地獲得舒解，至於在清除尿酸的部分，運動後應注意水分的補充，可減少腎臟負擔，降低尿酸濃度。