

動態恢復對密集運動訓練恢復期 體內血乳酸與尿酸之影響

陳玉英、林淑惠、蔡尚智、劉宏文、蕭淑芬、徐孟達

摘 要

本研究之目的在探討於短期運動訓練恢復期從事動態恢復對選手體內血乳酸與尿酸之影響。實驗共招募 20 位高中男生田徑選手，依其最大攝氧量配對分成動態恢復組（平均年齡為 16.17 ± 1.13 歲、平均最大攝氧量為 57.25 ± 8.71 ml/min-1 · kg-1）與靜態恢復組（平均年齡為 16.63 ± 1.03 歲、平均最大攝氧量為 58.52 ± 9.00 ml/min-1 · kg-1）。兩組受試者均進行連續七天的漸增式衰竭運動，動態恢復組在衰竭運動後進行 20 分鐘低強度（35%VO₂max）運動，而安靜休息組則採坐姿休息，此外，分別於第 1、第 4 及第 7 天運動前、運動後立即、運動後 20 分鐘及運動後 2 小時進行採血，以便分析血乳酸濃度與尿酸濃度。所得資料則以混合設計二因子變異數分析進行相關考驗。結果發現在血乳酸濃度部份：不論動態恢復組或靜態恢復組，運動結束立刻的血乳酸濃度都明顯高於運動前，且在運動後 2 小時即回復至基礎值，但動態恢復組在運動後 20 分鐘的濃度都明顯較靜態組來的低。在尿酸濃度部份：不論動態恢復組或靜態恢復組，運動後恢復期的濃度都明顯高於運動前，而基礎值在連續訓練後，有下降的趨勢，但未達顯著水準（ $p > .05$ ）。經由本研究可得到以下結論：運動後從事低強度之動態恢復能使血乳酸濃度儘早恢復，因此可減少身體產生疲勞的機會，至於運動後尿酸濃度過高部份，則應適度補充水分以增加尿酸排除率，進而達到保健身體之效。

關鍵詞：動態恢復、密集運動訓練、血乳酸、尿酸

壹、緒論

一、研究背景

在現代運動訓練中，爲了要提高運動成績、適應競爭激烈的比賽負荷，一般都採取高強度、大負荷量的訓練手段和方法。但如果在身體組織尚未完全恢復的情形下，又再進行運動訓練，長久之後便容易引發運動性疲勞。其不僅不利於提升運動表現，還可能造成各種運動傷害，以致損害選手的身體健康（楊錫讓，1997）。因此，掌握合理的診斷方法，以及運用恢復方式消除疲勞，降低血液中不利因子的濃度（如乳酸與尿酸），是提升訓練效果與改善運動成績的重要關鍵。

一般而言，多數田徑運動選手的訓練內容是以高強度負荷爲主，輔以大運動量訓練，其每次訓練負荷量經常是接近衰竭的，因此，適當的恢復運動對田徑選手來說就更加重要。過去有許多研究指出，在激烈運動之後進行動態恢復可提升攝氧量、血流量並加速乳酸的排除，而乳酸的排除甚至也有助於尿酸的排除（方進隆，1991）。所以，田徑選手往往在從事間歇訓練的休息期間，會進行慢跑或快走的緩和運動，藉以訓練乳酸系統，增進其功能。此外，林正常（1997）也指出慢縮肌比快縮肌更能氧化乳酸，因此，在激烈訓練過後從事低強度運動對乳酸的排除是有所助益的。

在運動訓練生理機能的評估上，除了乳酸外，尿酸也是值得去關注的焦點。Green, Thomson 與 Houston（1987）指出反覆的高強度訓練會使細胞中的 ATP 濃度下降，並增加肌核苷單磷酸（inosine-5-monophosphate, IMP）的量，由於 IMP 在肌肉內會被利用而形成次黃嘌呤（hypoxanthine）及黃嘌呤（xanthine），然後經血液由循環系統進入肝臟形成尿酸。因此，衰竭性訓練會增加對血液中尿酸濃度，進而引發病變，長久下來容易造成痛風，所以，要透過何種處理方式才能降低血液中尿酸的濃度也是一個不能忽視的問題。謝孟志（1993）觀察受試者在從事三次運動強度爲 120% VO max 的間歇運動後，分別接受靜態恢復、運動強度爲 35% VO max 的動態恢復（步行）30 分鐘、35% VO max 的動態休息（步行）30 分鐘並在第 10 分鐘與第 20 分鐘各飲用濃度爲 0.5% 的碳酸氫鈉溶液 250 毫升等三種不同恢復方式後，其體內血液尿酸濃度的變化情形，結果發現反覆高強度的間歇運動後 5 分鐘的血清尿酸濃度並未顯著升高；至運動後 30 分鐘才顯著高於安靜值，並且持續至運動後二小時仍顯著高於安靜值。至於預防激烈運動後高尿酸現象的效果方面，則發現動態休息並飲用碳酸氫鈉溶液的恢復方式效果最佳，運動恢復方式次之，靜態恢復方式的效果最小。此外，三上俊夫（1983）同樣也指出運動後飲用適量的蘇打水、運動飲料、碳酸氫鈉溶液可有效的降低尿酸的濃度。

過去的研究都指出單次衰竭性運動後從事動態恢復有助於體內不利因子的排除與代謝，但如果選手在從事密集運動訓練期間，是否對其有不同的影響值得進一步的探討。

二、研究目的

- (一) 瞭解密集運動訓練後，恢復期乳酸與尿酸濃度之變化情形。
- (二) 比較動態與靜態恢復在衰竭運動後恢復期，體內乳酸與尿酸濃度之差異狀況。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以 20 名田徑選手為研究對象，受試者依其最大攝氧量採配對分組，分為動態恢復組與靜態恢復組兩組，每組各 10 人。

二、實驗設計

- (一) 自變項：受試者進行連續七天的衰竭運動後所接受的不同恢復方式，分為動態恢復與靜態恢復。
- (二) 依變項：乳酸濃度與尿酸濃度

三、研究步驟

- (一) 每一位受試者在測量身高體重後，先採集其安靜狀態下的血液，於休息片刻後，隨即進行一次最大攝氧量測試，並依其進行配對分組。
- (二) 受試者於跑步機上進行連續七天的密集運動訓練，同時在運動結束後進行 20 分鐘動態恢復或坐姿靜態恢復。
- (三) 血液樣本採集則分別於第 1 天 (D1)、第 4 天 (D4) 及第 7 天 (D7) 的運動前、運動後立即、運動後 20 分鐘及運動後 2 小時進行。

四、統計分析

所得資料以 SPSS 統計軟體 (19.0 for windows) 進行統計分析。以混合設計二因子變異數分析 (mixed design two-way ANOVA) 考驗動態與靜態恢復後，乳酸與尿酸濃度的變化情形。當交互作用顯著時，且單純主要效果達顯著差異時，則以杜凱氏法 (Tukey) 進行事後比較。本研究的顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

參、結果

一、受試者基本資料

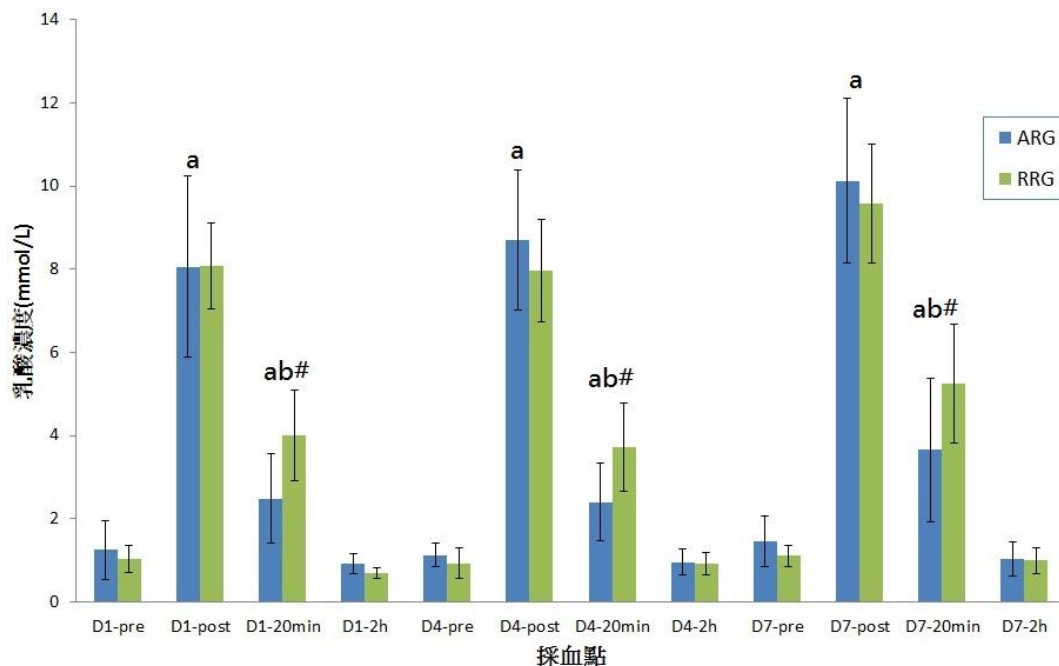
本研究以 20 名自願參加本實驗之高中男性田徑選手為研究對象，將受試者依最大攝氧量、運動專項配對分組，其基本資料如表一所示。

表一 全體受試者之基本資料 (N = 20)

組別 (yd)	年齡 (cm)	身高 (kg)	體重 (ml/min/kg)	最大攝氧量 (km/h)	動態恢復速度
動態恢復組 (n=10)	16.17 ±1.13	174.00 ±5.33	62.60 ±4.45	57.25 ±8.71	5.44 ±0.82
靜態恢復組 (n=10)	16.63 ±1.03	173.20 ±6.16	64.20 ±4.10	58.52 ±9.00	----

二、不同恢復方式受試者其血乳酸濃度之變化情形

不同恢復方式受試者其血乳酸濃度之變化情形如圖一所示。實驗數據以混合設計二因子變異數分析得知，恢復方式與血乳酸濃度變化有顯著的交互作用 ($F=3.85$, $p<.05$)。接下來分別就恢復方式及採血點進行單純主要效果考驗，結果發現不同恢復方式在 T3、T7、T11 三點上有顯著差異 (F 值分別為 10.21、7.67 與 4.60, $p<.05$)，因此，由實驗數據可看出在衰竭運動後，從事動態恢復能夠加速血乳酸的排除與代謝。

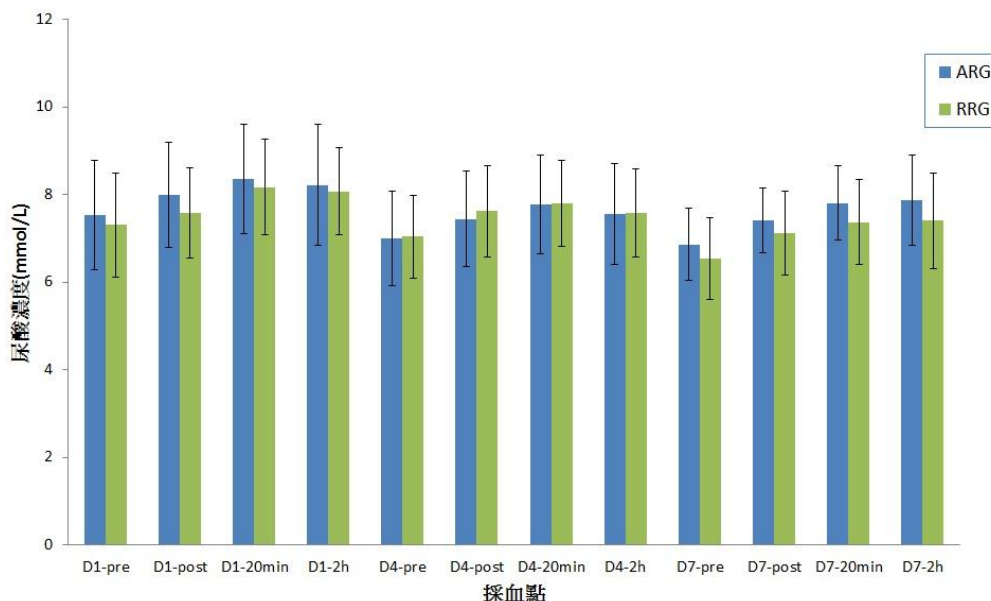


其次，以單因子重複量數考驗各組內不同採血點血乳酸濃度的變化情形，結果發現不論是動態恢復或靜態恢復，受試者在衰竭運動後血乳酸濃度的變化趨勢是相類似的，血乳酸濃度在運動結束後達到最高峰，然後在 2 小時後則回復至運動前基礎值。最後，觀察連續七天運動訓練的血乳酸變化情形可發現，基礎值之血乳酸濃度的變化並沒有太大的起伏，而經過七天的運動訓練，運動後血乳酸濃度有明顯變高的趨勢，而在進行恢復處理後血乳酸濃度在第七天的恢復效果已明顯較第一天及第四天來得不理想，但所有運動中血乳酸的變化狀況在運動後二小時即可回復至運動前之基礎值水準。

圖一 不同恢復方式受試者其血乳酸濃度之變化情形(ARG，動態恢復組；RRG，靜態恢復組；pre，運動前；post，運動後立即；20min，運動後 20 分鐘；2h，運動後 2 小時；a 代表與運動前有顯著差異；b 代表與運動後立刻有顯著差異；#代表不同組別間有顯著差異)

三、不同恢復方式受試者其尿酸濃度之變化情形

不同恢復方式受試者其尿酸濃度之變化情形如圖二所示。實驗數據以二因子變異數分析後發現，恢復方式與尿酸濃度變化之間並無顯著的交互作用存在 ($F=0.71$, $p > .05$)，進一步的考驗其主要效果，結果發現，兩種恢復方式之間並無顯著差異存在 ($F=0.11$, $p > .05$)，但不同的採血點的尿酸濃度變化，則有顯著的差異存在 ($F=12.71$, $p < .05$)。



其次，以單因子重複量數考驗組內不同採血點尿酸濃度的變化情形，結果發現不論是動態恢復或靜態恢復，受試者在衰竭運動後尿酸濃度的變化趨勢是相類似的，尿酸濃度在運動結束後即開始明顯上升，然後在運動後 20 分鐘時達到最高峰，而此一情形持續到運動後 2 小時都仍存在。最後，觀察連續七天運動訓練的尿酸變化情形可發現，基礎值之尿酸濃度的變化並沒有太大的起伏，而經過七天的運動訓練，運動後尿酸濃度的變化上並沒有明顯的改變，其數值仍處於正常值範圍內（3.5~8.5 莫耳濃度/每 100 毫升）。

圖二 不同恢復方式受試者其尿酸濃度之變化情形(ARG，動態恢復組；RRG，靜態恢復組；pre，運動前；post，運動後立即；20min，運動後 20 分鐘；2h，運動後 2 小時)

肆、討 論

一、動態恢復對密集運動訓練恢復期血乳酸濃度之影響

從事高強度運動期間，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。關於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），結果也都給予正面的肯定，不管是進行無氧運動，或是長時間的有氧運動，進行動態恢復都有助於血乳酸的排除，此主要原因是動態恢復有利於氧的攝取與肌肉肝醣的再合成，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）。而由圖一變化情形又再次驗證了，衰竭運動後從事動態恢復確實能加快體內乳酸的排除與代謝，此外，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，仍都能獲得其效益。

而以訓練效益的角度來看的話，不論運動後是否進行動態恢復，連續七天從事衰竭性運動都已能夠使選手在生理機能上產生適應的效果，此可由其第七天運動後立即的乳酸濃度明顯較第一天來的高可以看見一些端倪，因為運動後血乳酸值的提升正反映了選手體內乳酸耐受度的增加，當然，此一情形也可由受試者第七天的運動衰竭時間明顯較第一天有所增加的現象獲得支持。不過值得注意的是，在連續七天衰竭運動訓練恢復期血乳酸濃度的變化趨勢上，第七天動態恢復後的血乳酸值已明顯較第一天同時期來的高，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或時間並未隨之加以調整，進而使得

動態恢復對血乳酸排除率有所減緩。

陳武山 (1999) 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。因此作者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。此外，Hermansen & Osnes (1972) 認為 60% VO₂max 的強度是最適宜的運動強度。在運動結束後，以此強度從事動態恢復，可以加速乳酸的排除，但若採以靜態休息，乳酸的排除則會較慢。而 Belcastro & Bonen (1975) 則認為，最適宜的恢復運動強度為 22% VO₂max-63% VO₂max。兩個學者的認知有如此大的差異，可能與恢復運動的運動型態、強度以及受試者的特性有關。

本研究中的受試者都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。選手在接受密集運動訓練後，依據其乳酸耐受度與運動時間皆明顯增加的狀況，可以瞭解選手身體機能已對密集運動訓練產生適應現象，因此，在動態恢復運動型態固定下，其採用的強度與時間將是乳酸排除率是否有效的關鍵。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。

二、動態恢復對密集運動訓練恢復期尿酸濃度之影響

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。而本實驗也發現不論是動態恢復組或靜態恢復組，在運動後恢復期的尿酸濃度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 與 Fraser (1988)、Jassen, Degenaar, Menheere, Habets 與 Geurten (1989) 等人的結果相一致，其主要原因在於運動強度。當從事強度大於 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，但從事強度較低的運動，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是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。此外，在高強度運動訓練後，僅採用動態恢復方式並不能增加尿酸的排除率，因此，在此訓練階段之恢復期，也應加強選手水分的補充，包含飲用適量的蘇打水、運動飲料、碳酸氫鈉溶液方能有效的降低尿酸的濃度。

而就訓練效益對尿酸濃度的影響來看，雖然受試者在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，甚至選手尿酸濃度的每日基礎值反而有降低的趨勢，此一結果與 Cronau, Rasch, Hamby, 與 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速度的體能訓練；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 (1983) 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。本實驗受試者不論是由血乳酸耐受度及運動時間明顯增加，或尿酸濃度的每日基礎值產生下降的趨勢，皆可反映出選手已對密集運動訓練產生適應。此外，本研究受試者為田徑選手，雖然嘗試以其最大攝氧量做為配對分組的依據，以減少因其運動項目不同而可能形成的反應差異，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。

伍、結論與建議

一、結論

綜合上述的討論可得以下之結論：密集運動訓練後進行動態恢復，同樣皆能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，進而加快身體機能的回復，不過隨著密集訓練之適應效應的產生，將會使其排除效率有逐漸鈍化的趨勢，因此，在固定動態恢復型態的情況下，適度地去調整動態恢復之強度或時間，將能使身體對於乳酸之排除率獲得有效維持。至於在尿酸濃度方面，雖然密集訓練同樣會使身體產生適應性，但在密集運動訓練後僅進行動態恢復，將無法將運動訓練產生之尿酸進行有效排除。

二、建議

本研究建議在密集運動訓練後可採運動強度為 35%VO₂max 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，但隨著運動訓練天數的拉長，動態恢復之強度與時間必須予以調整，以避免血乳酸的排除上產生鈍化的現象。至於在清除尿酸的部分，運動後應多加注意水分的補充，方可減少腎臟負擔，降低尿酸濃度。

引用文獻

- 三上俊夫。(1983)。如何預防運動引起的尿酸過多症。中華民國大專體育總會 72 年度體育學術研討會專刊，300-311。
- 方進隆 (1990)。長跑訓練和運動強度對青年男子血清尿酸之影響。中華民國體育學會體育學報，12，115-142。
- 方進隆 (1991)。運動與高尿酸血症。中華體育，5 (1)，1-9。
- 伊藤朗 (1983)。各種運動和運動性高尿酸現象。中華民國大專體育總會 72 年度體育學術研討會專刊，296-302。
- 林正常。(1997)。運動生理學。台北：師大書苑。
- 吳慧君、林正常 (1989)。身體活動對老年人血脂肪與尿酸的影響。中華民國大專體育總會 78 年度體育學術研討會專刊，181-182。
- 黃政典 (1987)。先天遺傳性與後天運動量對血清尿酸、膽固醇、三酸甘由脂、脂蛋白新陳代謝之影響調查報告，台北市。
- 陳武山 (1999)。影響大強度負荷後血乳酸清除速率的因素。體育與科學，20，17-22。
- 萬利 (2003)。中長跑不同運動負荷對血尿素和血乳酸水平的影響及相關性研究。遼寧體育科技，25 (2)，2-9。
- 楊錫讓 (1997)。運動生理學原理及應用。台北市：文化大學出版部。
- 謝孟志 (1993)。運動與尿酸。成大體育，36 (2)，39-40。
- 謝軍、劉斌 (2004)。整理活動方式對消除運動員運動後血乳酸效果的分析。上海體育學院學報，28 (5)，69-71。
- 劉聰 (2000)。大運動量訓練後不同放鬆練習乳酸排出量的觀察。湖北體育科技，4，41-43。
- Belcastro, A. N. & Bonen, A. (1975). Lactic removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *Journal Applied Physiology*, 39, 932-936.
- Cronau, L. H. Jr., Rasch, P. J., Hamby, J. W., & Burns, H. J. Jr. (1972). Effects of strenuous physical training on serum uric acid levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 12(1), 23-25.
- Green, H. J., Thomson, J. A., & Houston, M. E. (1987). Supramaximal exercise after training-induced hypervolemia. II. Blood/muscle substrates and metabolites. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1954-1961.

- Green, H. J., & Fraser, I. G. (1988). Differential effects of exercise intensity on serum uric acid concentration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(1), 55-59.
- Hermansen, L., & Osnes, J. B. (1972). Blood and muscle PH after maximal exercise in man. *Journal Applied Physiology*, 32, 304-308.
- Janssen, G. M., Degenaar, C. P., Menheere, P. P., Habets, H. M., & Geurten, P. (1989). Plasma urea, creatinine, uric acid, albumin, and total protein concentrations before and after 15-, 25-, and 42-km contests. *International Journal of Sports Medicine*, 10(suppl), 132-138.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (1997). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (3rd Ed.). Dubuque, IA: Brown & Benchmark Publishers.
- Sutton, J. R., Toews, C. J., Ward, G. R., & Fox, I. H. (1980). Purine Metabolism during Strenuous Muscular Exercise in Man. *Metabolism*, 29(3), 254-260.
- Zachau-Christiansen, B. (1959). The rise in the serum uric acid during muscular exercise. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 11(1), 57-60