

血乳酸與運動之探討

林文郎 / 中國文化大學副教授

何忠鋒 / 國立聯合工商專科學校

壹、前言

血乳酸是肌肉活動時能量代謝的一種產物，能量代謝越快速，血乳酸的產生就越快、越多，而堆積的量和肌肉酸痛與疲勞等息息相關。血乳酸是運動訓練中研究較早的指標。十九世紀末期科學家開始對人體或動物作運動前後血乳酸的研究(Karlssohn & Saltin, 1971)。在不同運動強度運動時，血液中乳酸堆積的量，能反映出能量系統的供應情形。短時間高強度的肌肉收縮是造成乳酸堆積的最主要因素，而且乳酸的濃度可直接或間接損害肌肉功能。因此，血乳酸指標，可作為教練制訂訓練方法、掌握適當的運動負荷強度及評定選手有氧代謝和無氧代謝的指標。

現代運動訓練的特點是大運動量訓練，但隨著現代競技運動水平的提高，運動強度越來越大，運動性疲勞及恢復也越來越受到人們的重視。適度的運動性疲勞，施以合理的恢復手段可以促進人體機能水平的不斷提高；而過度疲勞不僅對提高運動成績不利，還可能造成各種運動損傷，以致損害運動員的身體健康。因此，

了解運動員疲勞產生的機制，掌握合理的診斷方法有效的消除疲勞，對於提高運動成績，增進健康有著十分重要的理論價值與實踐意義(楊錫讓等，民86)。

人體的化學組成及物質代謝與運動訓練是相適應的。運動訓練會使人體產生適應反應，如進行無氧代謝訓練，則可提高無氧代謝能力，從而提高速度、速耐力及力量素質。耐力訓練，可提高人體的有氧代謝能力。不同的運動項目，由於其負荷強度、量及持續時間不同，在運動過程中人體的物質代謝及化學組成的變化是不同的，因此，透過某些生化指標的測定，就可達到科學評定負荷強度及負荷量的目的(林文弢，1996)。因此本文乃藉由過去的研究發現，了解血乳酸與運動的關係，所得結果可供教練在實施高強度、大訓練量時，作為評定和控制的科學訓練參考。

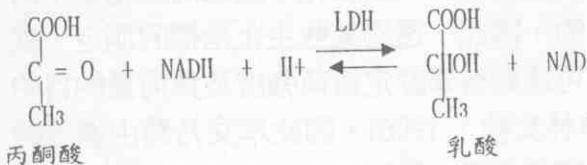
貳、血乳酸與運動

一、人體安靜時的血乳酸值：人體在正常情況下，安靜時的血乳酸濃度為 1 (Powers & Howley, 1997) 動脈血為 0.4-0.8 靜脈血為 0.45-1.30(王永盛, 1994)。選

手安靜時的血乳酸值與正常人沒有差異，而運動時與運動後血乳酸會有顯著提高。選手在比賽期間或比賽前，安靜時血乳酸比平時訓練高出2-3倍，其主要原因乃是賽前緊張，儿茶酚安類物質分泌過多導致糖酵解代謝加強的原因。

二、乳酸的產生

乳酸(lactate)是糖類代謝(無氧糖酵解)的中間重要產物。當肌肉持續劇烈運動時其主要能量來自糖解作用所產生的ATP；在有氧狀況下，糖解作用所產生的丙酮酸，在腺粒體中被氧化而形成乙醯輔酶A (acetyl CoA)並釋放一分子的二氧化碳。反之在缺氧狀況下丙酮酸則被還原形成乳酸(樓迎統等，民85；丁文琴，民85)。



三、運動與血乳酸反應

(一)血乳酸在運動後的變化：血乳酸數值的變化與運動時能量消耗息息相關，不同能量系統的消耗量對血乳酸值產生變化，例以磷酸系統為主要供應能量時血乳酸較少，一般不超過4 mmol/L；以糖酵解系統為主要供應能量時可

達15 mmol/L；以有氧能量系統為主要供應能量時在4 mmol/L(王永盛,1994)。運動中乳酸產生的主要因素乃是1.運動強度 2.參與的肌肉量 3.持續時間(Hultman & Saholm,1980;Itoh & Ohkuwo,1991)。Fleck 和Kraemer (1997)發現在不同強度訓練後，對血乳酸的產生有顯著的區別，例健美訓練血乳酸高達27.5 mmol/L；短時間高強度訓練可達25 mmol/L；高強度循環訓練為14 mmol/L；低強度循環訓練為7.5 mmol/L；而奧林匹克重量訓練和爆發性肌力訓練為4 mmol/L及3 mmol/L。

(二)血乳酸與代謝的關係：運動時肌肉產生大量的乳酸，並且不斷地擴散至血液。運動後，氧供給增加，糖無氧代謝逐漸減弱；乳酸生成減少。基本上乳酸代謝路徑有1.骨骼肌、心肌或其它組織器官，在乳酸脫酸氫酉每催化下，轉變為丙酮酸再經丙酮酸脫酸氫酉每系催化下，生成乙醯輔酉每A，乙醯輔酉每A與草醯乙酸結合為檸檬酸，通過三段循環後被氧化；2.糖發生轉變作用。

運動後幾分鐘，人體的代謝快速的提昇，而代謝量與持續時間受到運動強度的影響，過去有關於運動和無氧代謝常存在著三個錯誤的觀念：即是1.運動時無氧代謝導致氧債，而氧債在運動後償還。2.乳酸是固定的代

謝終產物，運動中只能產生不能移除。3. 運動血乳酸濃度增加，表示肌肉依靠無氧獲得能量(楊錫讓等人，民80)。

四、乳酸、氧債與運動後過度氧耗之探討

1920-1930 年代英國的生理學家希爾(Hill, A.V.)和其它歐洲和美國的研究者認為氧債(Oxygen debt)可分為(一)運動後快速恢復部份，佔總氧債量的 20%，主要在於 1. ATP 和 PC 再合成及儲存和 2. 轉換 O_2 在組織中的供給(運動後 2-3 分鐘)，及(二)運動後慢速恢復部份佔總氧債量的 80%，主要在於乳酸在肝中氧化轉換為葡萄糖(運動後 2-3 分鐘)(Power & Howley, 1997)。林正常(民 76)將該兩部份稱為非乳酸性氧債及乳酸性氧債。

但從近代許多研究發現，只有 20% 的氧債利用運動所產生的乳酸轉換成葡萄糖稱為醣原異化作用或醣生成作用(gluconeogenesis)。因此希爾等人所提出的第二部份乳酸氧化轉化成葡萄糖的論點並非準確的出現，再者 Gaesser 和 Brooks, (1984)也認為氧耗量的提昇並非從身體所儲存的氧氣中"借貸"而來的。運動後的氧消耗量提昇的可能因素包括(一)PC 在肌肉中的再儲存；(二)乳酸的排除；(三) O_2 在血液及組織中的再儲存；(四)體溫的提昇；(五)運動後心跳和呼吸頻率提高；和(六)賀爾蒙的提高(Powers 和 Howley, 1997)。因此

Gaesser 和(Brooks, 1984)將運動恢復期內超過安靜水準的過度氧耗稱為運動後過度氧耗(excess post-exercise oxygen consumption, EPOC)

參、乳酸堆積與運動疲勞

一、乳酸堆積的原因：

由於乳酸的堆積會干擾神經衝動的傳導、肌肉的收縮和肌肉收縮的能源，因而導致疲勞，長久以來受運動教練、選手與體育人士關心。(Klausen 等人，1972；Karlsson 等人，1975；Fitts & Holloszy，1976；Stamford 等人，1981；Yates 等人，1983；浦鈞宗、高崇玄、馮煒權等人，1989)；有關血液中乳酸的堆積，事實上是經過乳酸的產生(production)、輸送(transport)、堆積(accumulation)等三個過程後的綜合結果(黃永任，民 83)。而血液中的乳酸與肌肉中的乳酸是不相同的，運動後肌肉中的乳酸需要經過一段時間後才會進入血液。Gollnick 等人(1973)研究指出，肌肉和血液中的乳酸值需 5~10 分鐘才能達到平衡。而 Gass, Rogers & Mitchell(1981)等人研究發現，運動後靜脈乳酸最高值出現在，運動後的第六分鐘。馮煒權、翁慶章等人(1990)研究指出，運動發生乳酸堆積的情況有以下兩種：(一)在肌肉局部缺氧時，氧供應不足使腺粒體呼吸受到限制，細胞只能由糖無氧代謝以維持 ATP 的生成。第(二)當 ATP 需求超過腺粒體檸檬酸

循環的氧化能力時，乳酸也可在供氧充足時生成。Trivedi & Panforth (1966)認為乳酸堆積造成疲勞的因素為(一)當乳酸鹽和氫離子濃度提高後會影響神經末梢而產生疼痛；(二)肌肉內部變成酸性後將會阻礙產生ATP的化學過程和(三)阻礙Ca²⁺轉化為肌鈣蛋白而影響肌肉收縮。

二、血乳酸堆積與PH值的變化：

王永盛(1994)指出肌肉和血液中乳酸堆積是引起肌肉機能下降的重要因素，在劇烈運動時，肌肉中的乳酸可增加30倍。乳酸在體液中分解成乳酸根子和輕離子導致血液中的PH值下降。PH值在血液中一般維持在7.4 ± 0.02，當高強度的腿部運動時，PH值從7.4下降至7.0，若反覆或間歇從事該運動則將下降至6.8 (Powers & Howley, 1997; Rogbers, 1990; Linderman et al, 1990; Hultman & Sahlin, 1980;)。王永盛(1994)也認為在肌肉疲勞時，肌肉的PH值大約為6.5-6.6,而血液中的PH值為6.9-7.1。

三、不同時間肌肉疲勞的生化特點：

馮煒權(1990)指出不同時間全力運動所產生的疲勞和乳酸堆積的程度有所不同。因此教練應依據選手個人與專項的特點選擇適當的訓練方法來實施(如表一)。

表一：不同時間全力運動時的疲勞特點

階段	運動時間	疲勞特點
I	0-5秒	神經肌肉接點處
II	5-10秒	ATP、CP減少，快肌中乳酸堆積
III	30秒-15分	ATP、CP消耗，血乳酸上昇最高，尤其3-4分鐘時最高，肌肉PH值下降約0.5單位
IV	15-30分	ATP、CP消耗，肌糖原大量消耗
V	1-5小時	肌糖原接進零，肝糖原大量消耗，體溫上昇，失水，電解值紊亂
VI	>5-6小時	能量物質消耗，代謝失調，體溫上昇，失水，電解值紊亂，身體結構變化

肆、乳酸的排除與恢復

雖然氧債(或EPOC)和乳酸排除的關係一直被質疑，認為身體的組織可以藉由骨骼肌、心肌、腎臟、肝臟和腦有氧化代謝乳酸。百分之六十堆積的乳酸被有氧化代謝形成二氧化碳和水，其餘百分之四十則是轉化為葡萄糖和蛋白質，其中有少部份藉由尿液和汗水排出體外(Powers & Howley, 1997;馮煒權,1990)。Fleck和Kraemer(1997)認為95%的乳酸從血液中排除需一小時十五分鐘。但如果在訓練後作輕微的運動如走路、慢跑或伸展操可比完全休息更快速地排除乳酸(Powers & Howley, 1997)。

Fleck & Kraemer (1997)發現消耗的ATP和PC在20-48秒重新補充50%；40-96秒重新補充75%；60-144秒重新補充87%，因此儲存於肌肉內大部份的ATP和PC在3-4分可重新裝填。

Boileau, Misner, Dykstra & Spitzer(1983)以十二名受試者，在各種強度的原地跑步機和固定腳踏車上運動，研究血乳酸排除的情形，結果發現以37.2%VO₂max的運動

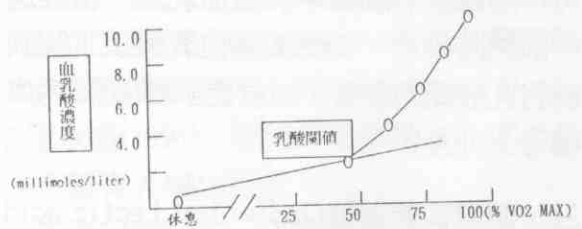
強度進行恢復，對乳酸的排除效果最好。同年 Weltman & Regan 等人(1983)以九位男性為研究對象，研究高乳酸對最大負荷持續運動表現的影響，發現以 40%VO₂max 的運動強度進行動態恢復，對乳酸的排除率優於靜態休息。而 Mero(1988)以十九名有訓練及六名未訓練的青春男子，研究無氧運動後乳酸的產生和恢復，結果發現主動恢復期血乳酸的排除大於被動恢復期。另 Kaczynski, Montgomery, Koziris, Travlos & Turcotte 等人(1988)，以溜冰、踏車和被動恢復等三種恢復方式，比較模擬冰球比賽的血乳酸濃度和運動表現，結果發現：踏車恢復對降低血乳酸濃度以及增進運動表現上均勝過被動恢復。因此在激烈運動後的恢復期中，施以適度的運動(動態恢復)對乳酸的排除比靜態休息(靜態恢復)來得快；而在動態恢復的強度方面，大多數的研究指出，在 30%~40%VO₂max 為最適宜的強度，超過非但無助於乳酸的排除，反會造成乳酸的堆積增多。

伍、血乳酸的指標在運動訓練上的應用

一、使用乳酸閾值(Lactate Threshold,LT)評估運動成績 一般認為在漸增強度的劇烈運動中 VO₂ 呈線性遞增時，乳酸在血液中的水準是一個平穩的線性指數。Gollnick, Bayly & Hodgson,(1986)發現無訓練者大約在 50-60% 的 VO₂ max 及有訓練者大約在 65-85% 的 VO₂ max

以後血乳酸水準急遽增加。

許多學者(Yoshida,1986; Hollman, 1985; England, 1985; Jones & Ehrsam,1982; Davis, 1976)相信此一乳酸曲線的轉變點乃是來自無氧代謝，所以誤稱該點為無氧閾值(Anaerobic Threshold, AT)。然而乳酸曲線的轉變點本身並不能說明無氧代謝的問題，而只能反映乳酸進入和移出血液間的平衡(楊錫讓,民80)因此近代學者稱該點為乳酸閾值(LT)。當血乳酸接近4mmol/L時，乳酸拐點(Onset of blood lactate accumulation, OBLA)則立即出現(如圖一)。



圖一：漸增運動之血乳酸濃度變化情形
(Powers & Howley,1997)

訓練可增加乳酸的耐受能力，因此，訓練應增加乳酸的生成能力並減少乳酸的堆積，使運動員在訓練時，骨骼肌內生成更多的乳酸，從而提高糖無氧能力，在較長的運動時間內，維持較快的速度，並降低乳酸堆積的速度，增加乳酸轉運的速率，以提高身體對乳酸堆積的耐受能力。

從乳酸的速度曲線中可了解到，在相同的乳酸值下，曲線右移代表選手的乳酸耐力提高，乳酸延遲出現，這是運動能力提高的表現。如果出現左移，則是乳酸提早出現，選手的耐乳酸能力降低，這是運動能力降低的表現。再者曲線如徘徊或沒有移動，則是說明了訓練並未得到改善。

二、乳酸閾心率(HR4)訓練

乳酸閾心率(HR4)訓練，是指運動強度達4mmol/L時的心跳率。因此，在測量乳酸閾時並同時測定心跳率，以找出HR4的值。如此在訓練過程中即可用心跳率，來控制血乳酸4mmol/L時的訓練強度，就可不用每次於訓練中測量血乳酸，但經過一訓練階段後，仍應測量血乳酸以了解訓練對乳酸閾的影響，並評定訓練效果(馮煒權等人,1994)。

三、個體乳酸閾值(Individual Lactic acid threshold, ILAT)

由於不同的運動項目及個別差異，每個人都具備不同的血乳酸動力學特點，運動員不僅可藉由ILAT值的測量瞭解個人有氧能力的優劣，更重要的是可以利用ILAT依據不同的運動個體選擇最佳的訓練強度及提供有氧訓練計劃。ILAT測量的目的在於(一)評定運動的代謝能力；(二)指導有氧耐力訓練；(三)科學的選材與預測成績；(四)評定有氧耐力訓練效果。

四、OBLA 與體力自覺量表的配合訓練

體力自覺量表(Rating of Perceived Exertion, REP)可與訓練相互配合，在運動場上可將血乳酸測定結果和選手主觀感覺結合以掌握訓練強度。Maglischo(1982)提供血乳酸、心跳律和REP的負荷強度評定法(如表二)。

表二：血乳酸、心跳律和REP負荷強度評定法

訓練型態	血乳酸水平 (mmol/L)	速度 (%)	心跳率 (次/分)	REP (1-10)	適宜的時間和距離	休習時間 (分)
無氧能力訓練	6-12	85-95%	最大	9-10	600-1000M	15-60秒
無氧耐力訓練	12-20	95-100%	最大	9-10	300-600M	5-15分
無氧力量訓練	-	97-100%	-	10	300-600M	1-5分
無氧速度訓練	-	-	-	-	-	-
有氣能力訓練	2.0	65-75%	135-150	6-7	>30分	5-30秒
維持有氣訓練	3-4	70-90%	150-180	7-8	>30分	5-30秒
發展有氣能力	5-6	80-95%	180-200	8-9	15-20分	30-60秒
超負荷訓練	-	-	-	-	-	-

血乳酸在訓練上的應用：訓練是相當複雜，為了提供最適當的訓練課程(計劃)，教練通常需要找出對身體反應非常精確的適應量和訓練刺激，而血乳酸可用來評定運動員的(一)無氧ATP-CP供能能力；(二)無氧速耐力供能能力；及(三)負荷強度的指標(江界山,民86)。林文郎(民86)認為在不同程度的耐力訓練上血乳酸和心跳率亦有所不同。Bompa(1994)也提出從能量系統上區分五種不同訓練強度的關係(如表三)。

表三：不同能量系統的訓練強度之關係

編號	耐力訓練	血乳酸 (mmol/L)	心跳 (次/分)
1	基礎有氧耐力	1-2	120-140
2	長時間有氧耐力	2-4	140-170
3	中時間有氧耐力	10-15	170-190
4	短時間有氧耐力	17-20	190以上
5	特殊性速耐力	20-25	190以上

陸、結論

1. 訓練所引起的生化反應乃是身體受訓練刺激所獲得的適應情況，教練若能瞭解實用的運動生化知識，可依乳酸分析的數值擬定訓練處方並作為訓練強度與疲勞恢復的指標，例如間歇訓練與循環訓練。
2. 血乳酸的濃度依訓練強度的不同而有所差異。安靜時約為 1mmol/L，運動後最高可達到 27.5mmol/L。高強度運動後 PH 值也由 7.4 下降至 6.5-6.6 左右。
3. 運動後百分之六十堆積的乳酸被有氧代謝形成為二氧化碳和水，其餘百分之四十則是轉化為葡萄糖和蛋白質，其中有少部份藉由尿液和汗水排出體外。而 ATP 可在 3-4 分鐘重新裝填。
4. 無訓練者大約在 50-60% 的 VO_2 max 及有訓練者大約在 65-85% 的 VO_2 max 以後血乳酸水準急遽增加。
5. 訓練後作輕微的運動如走路、慢跑或伸展操可比完全休息更快速地排除乳酸，其最佳的強度為 30-40% 的 VO_2 max。

6. 當運動員負荷量和強度增加到某一程度時，肌肉和血液中乳酸會大量的生成與堆積，而乳酸開始大量堆積的關鍵點，就達到了無氧閾值的臨界點(拐點)，此點為一般教練在運動訓練中所最常採用的訓練重點。
7. 運動訓練科學不斷地被探索，新的觀念亦不斷被發現如過度氧耗(EPOC)取代了氧債(O_2 Debt)，而乳酸閾值也推翻了無氧閾值的觀念，二十一世紀如何讓運動科學與訓練結合將成為我國教練訓練上的重要課題之一。

參考文獻

1. 丁文琴(民 85)。不同運動強度恢復期女性血乳酸最高值之探討。國立台灣師範大學體育研究所，碩士論文。
2. 王永盛(1994)。現代運動訓練。北京：北京體育大學出版社。
3. 江界山(民 86)。簡易實用運動訓練生化評量與控制。1997國際大專運動教練研討會，中華民國大專院校體育總會編印，89~105。
4. 林文郎(民 86)。肌力與體能訓練的基本概念：課程設計、潛在危機與風險管理。1997國際大專運動教練研討會，中華民國大專院校體育總會編印，151-164。
5. 林文弢(1996)。運動負荷的生化評定。廣東高等教育出版社。
6. 林正常(民 76)。運動生理學。台北：健行

- 文化出版社。
7. 浦鈞宗、高崇玄、馮煒權(1989)。優秀運動員機能評定手冊。北京：人民體育出版社。
 8. 黃永任(民 83)。運動科學講座。台北：八熊星出版社。
 9. 許樹淵(民 86)。運動科學導論。台北：偉彬體育研究社出版。
 10. 馮煒權、翁慶章等著(1990)。血乳酸與運動訓練—應用手冊。北京：人民體育出版社。
 11. 馮煒權等著(1994)。運動生化學原理。北京：人民體育出版社。
 12. 楊錫讓等譯(民 80)。運動生理學。台北：中國文化大學出版部印行。
 13. 楊錫讓等著(民 86)。運動生理學原理及應用。台北：中國文化大學出版部印行。
 14. 樓迎統、陳君侃、黃容棋、王錫五(民 85)。實用生理學。匯華圖書出版社。
 15. Boileau, R. A., Misner, J. E., Dykstra, G. L., & Spitzer, T. A. (1983). Blood lactate acid removal during treadmill and bicycle exercise at various intensities. *J. Sports. Med*, 23,159~167.
 16. Bompa, T. (1994). *Theory and methodology of training: The key to athletic performance* (3rd ed.). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
 17. Davie, J et al. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for the three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 41, 544-50.
 18. England, P et al (1985). The effect of acute thermal dehydration on blood lactate accumulation during incremental exercise. *Journal of Sport Science*, 2,105-11.
 19. Fitts, R. H., & Holloszy, J. O. (1976). Lactate and contractile force in frog muscle during development of fatigue and recovery, *American Journal of Physiology*, 231, 430~433.
 20. Fleck, S.J. & Kraemer, W.J.(1997). *Designing resistance training programs*(2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
 21. Gass, G. C., Rogers, S., & Mitchell, R.(1981). Blood lactate concentration following maximum exercise in trained subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 15(3),172-176.
 22. Gaesser, G. and Brooks, G.(1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption : A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 29-43.
 23. Gollnick, P. D., & Hermansen, L.(1973). Biochemical adaptations to exercise : anaerobic metabolism. *Exercise Sports Science Review*, 1,1~43.
 24. Gollnick, P., Bayly, W. & Hodgson, D.(1986). Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 18,334-40.

25. Hollman, W (1985). Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *International Journal of Sport Medicine*, 6, 109-116.
26. Hultman, E. and Saholm K. (1980). Acid-base balance during exercise. *Exercise and Sport Science Review* 8, 41-128.
27. Itoh, H and Ohkuwa (1991). Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 22-25.
28. Jones, N & Ehram, R. (1982). The anaerobic threshold. *Exercise and Sports Science Review*, 10, 49-83.
29. Kaczynski, M., Montgomery, D. L., Koziris, P., Travlos, A. K. and Turcotte, R. A. (1988). The Effects of Active and Passive Recovery on Blood Lactate Concentration and Performance in a Simulated Ice Hockey Task. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 13, 3, Sept.
30. Karlsson, J., Peterson, F. B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G. (1975). Effect of previous exercise with arms and legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 38, 763-767.
31. Karlsson, J. & Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 31(2), 203-206.
32. Klausen, K., Knuttgen, H. G., & Forster, H. (1972). Effect of preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavia Journal of Clinical Laboratory Investigate*, 30, 415-419.
33. Linderman, J. et al (1990). A comparison of blood gases and acid-base measurements in arterial, arterialized venous and venous blood during short-term maximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 294-310.
34. Maglischo, E.R. (1982). *Swimming faster*. Mayfield Publishing.
35. Mero, A. (1988). Blood Lactate Production and Recovery from Anaerobic Exercise in Trained and Untrained Boys, *Eur. Journal of Physiology*, 57(6):660-6.
36. Powers, S.K. & Howley, E.T. (1997). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (3rd Ed.). Dubuque, IA: Brown & Benchmark Publishers.
37. Rogbergs, R. (1990). Effects of warm-up on blood gases, lactate and acid-base status during sprint training. *International Journal of sports medicine*, 11, 273-78.
38. Stamford, B. A., Weltman, A., Moffatt, R., & Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below the anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology : Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, 51, 840-844.
39. Trivedi, B. & Danforth, W.H. (1966). Effect of PH on the kinetics of frog muscle phospho-

- ructokinase. *Journal of Biological Chemistry*, 241, 4110-12.
40. Weltman, A., Regan, J. D. (1983). Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance. *Int. J. Sports Medicine*, 4(3), 184-189.
41. Yates, J. W., Gladden, L. B., & Cresanta, M. K. (1983). Effects of prior dynamic leg exercise on static effort of the elbow flexors. *Journal of Applied Physiology : Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, 55(3), 891-896.
42. Yoshida, T (1986). Effect of dietary modifications on the anaerobic threshold. *Sports Medicine*, 3 4-9.

