

# 本文章已註冊DOI數位物件識別碼

## ► 高濃度氧氣對激烈運動後之乳酸、血氧飽和值及血糖之影響

The Effects of High and Normal Oxygen on Lactate, Blood Glucose, and Arterial Oxygen Saturation after Intense Exercise

doi:10.6127/JEPF.2004.01.08

運動生理暨體能學報, (1), 2004

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (1), 2004

作者/Author：蘇俊雄(Chun-Hsiung Su)

頁數/Page：74-89

出版日期/Publication Date：2004/09

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2004.01.08>



*DOI Enhanced*

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



# 高濃度氧氣對激烈運動後之乳酸、血氧飽和值及血糖之影響

蘇俊雄

輔英科技大學

## 摘要

本研究目的主要在探討激烈運動後給予較高濃度氧氣對運動員之乳酸、血糖及血氧飽和值的影響。受試者為大學男子排球代表隊 12 名，平均年齡  $22.66 \pm 1.92$  歲、平均身高  $176.50 \pm 4.94$  公分、平均體重  $73.83 \pm 7.48$  公斤，依隨機分配為正常氧氣組與 32% 氧氣組。受試者在進行連續扣球 25 球，耗時 2 分 5 秒的運動訓練後，32% 氧氣組立即配帶面罩給予 32% 氧氣比例之氣體，正常氧氣組則隨受試者個人需求自行控制呼吸。恢復期檢測時間設定為一小時，在第 3、5、7、10、15、30、60 分鐘分別採血檢測乳酸與血糖值及第 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 分鐘量測血氧飽和值。經獨立樣本 (t-test) 檢定結果：一、32% 氧氣組與正常氧氣組在 60 分鐘恢復期中血乳酸濃度上並無顯著差異 ( $p > .05$ )。二、血氧飽和值在第 4~5 分鐘 32% 氧氣組有顯著增加 ( $t = 2.58, p < .05$ )。三、血糖方面，32% 氧氣組在第十五分鐘與第六十分鐘時有明顯的下降，達顯著差異 ( $t = -2.55, -2.65, p < .05$ )。本研究結論為：32% 氧氣比例能有效的使激烈運動後血液中血氧飽和值上昇，但不會影響激烈運動後靜態恢復的乳酸濃度，而對血糖則有加速降低的功能。

**關鍵詞：**血乳酸、血氧飽和值、血糖、氧氣

連絡作者：蘇俊雄

聯絡電話：(07) 7811151 轉 227

投稿日期：93 年 5 月

通訊地址：高雄縣大寮鄉進學路 151 號

E-mail：ph020@mail.fy.edu.tw

接受日期：93 年 7 月

## 結論

### 前言

在運動場上，每位選手莫不竭盡所能，想要跑的更快、跳的更高、擲的更遠，不僅追求第一，更追求現有記錄的突破。在運動科技不斷研發之際，以前遙不可及的紀錄，如今卻變得稀鬆平常，有能力創造優異成績的運動員人數，也在不斷的増加。然而在創造優異成績的同時，運動員卻因為先前的長期訓練過程中，經年累月的激烈活動使得身體內部環境產生了極大的變化，生理機能亦可能在過勞的刺激下，造成運動員無法持久於一定的強度負荷，或須要更久的休息時間來使身體機能 and 能源物質回復至劇烈運動前的狀態。故此，生理恢復功能儼然成了高強度訓練中不可分割的一部分，甚至國內外學者也紛紛將之列為訓練科技研究的重要方向。

在各項運動的領域中，有許多的因素影響著運動員的表現，以往以著「跟著疲勞感覺走」的被動訓練方式極為不科學，顯然無法保證選手能獲得較高的訓練品質。而在身體恢復方面，高強度的競賽或運動訓練必定會引起機體上的疲勞，無論是在生理與心理上，如果不適時的消除疲勞，執意的繼續運動，將會造成疲勞的累積，進一步的使身體機能的衰退，甚至造成疲勞後所帶來的運動傷害。體育活動中，消耗體內的各種物質和各器官系統功能的下降，並且代謝物質的堆積，使運動後需經過一段時間才能恢復到運動前的水準，這段時間機體的功能變化，消除疲勞的效率與恢復過程的時間長短，都將深深地影響到運動員下一次比賽的成績，因

此，只有在恢復過程確實的情況下，才能保證運動成績的提升。所以，比賽或訓練後的恢復是消除身體疲勞、提升運動成績和保護運動員一項重要的課題。

目前，在運動恢復期間，除了提供高醣飲食、水份補充、刺激足三里穴等之方式外，提供較高濃度氧氣之方式也逐漸受到教練所矚目。觀察較高濃度氧氣的引用，似乎常見於美容、醫療、病患照護等領域，業界藉由氧氣製造機來取得高濃度氧氣，用以恢復疲勞、增進體力及紓解壓力，其適用之廣儼然已進入自由化及大眾化的階段。此亦引起筆者積極研究之動機，期能瞭解在運動恢復期間提供高於 21%濃度的氧氣時，能否促使身體機能快速恢復，達到提升運動成績之功效。本文試圖從多層次和多方位來探討選手對疲勞後之生理恢復之方法，期望提供研究結果，作為從事訓練的教練和運動員之參考。

### 問題背景

九十年代立體進攻戰術興起，為現代排球運動增添了新的內容及挑戰，也讓排球運動更吸引人們目光。近年來，世界排球比賽幾乎是以歐、美為主的強力扣球為導向，透過扣球攻擊力來取得競賽優勢，已成為今日的排球比賽最主要的手段。李安格和黃輔周(1995)的研究指出，扣球比例佔得分主要地位，女子隊約佔 70%，男子隊約佔 80%；林獻龍(1992)針對第十一屆亞洲盃男排比賽扣球統計，提出在比賽中扣球進攻佔了總得分的三分之二。林竹茂(1995)亦指出，在排球運動的技術結構中，扣球是最重要的攻擊技術之一，強而有力且落點良好的扣球技術，更是每一位攻擊手必備的技術。由此可

知，排球運動中的扣球，不管是在比賽或訓練上必定是重點的練習項目。然就扣球型態之能量系統來源而言，單純扣球動作源自磷酸化系統 (ATP-PC)，然在一場激烈競賽中，必然讓選手長時間處於相當程度之運動強度下，隨著不斷的移位、彈跳與扣舉動作中，無氧性肌肉收縮將造成選手肌肉內乳酸大量之堆積，進而擴散到血液與肌肉中，故筆者嘗試由連續扣球作為劇烈運動型態，以心跳率達 190 次/min 以上作為強度指標，建立本研究之架構。

針對乳酸堆積將會影響表現的狀況，綜合國內外之研究主題，對高強度的運動所導致的衰竭及疲勞，除了如何減少乳酸產生之議題外，對恢復期中如何有效的調適生理等相關因素，如氧氣的恢復方式 (recovery oxygen) 亦受到多數學者投入探究。

根據國內外學者研究結果，似乎節律性的呼吸配合氧氣治療，將減少呼吸困難的程度與增進運動的耐受量，使運動訓練成效更為突顯，Lake (1990) 及 Wijkstra (1996) 曾提出對慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 之病患在相同訓練負荷下訓練，運動時提供純氧，可因氧氣的使用減輕每分鐘換氣量，而延遲換氣受限情形提早產生，改善動脈血氧濃度得到較大氧氣輸送速率，對低氧造成支氣管收縮具可逆性作用、氧氣在呼吸肌 (橫膈) 作用時被重覆徵召使用；Bye (1982) 及 Zack (1985) 則認為氧氣治療可改善肺部有疾病之病患心肺功能指數，並提昇日常生活品質，使血氧飽和度能保持大於 90% 為原則；Scanlan (1995) 指出休息時氧氣治療的目的，可改善血中氧氣過低及組織缺氧的程度，並減輕因缺氧而造成的心肺功能之代償性負擔

(休息時呼吸困難) 及所造成的不適。然亦有很多研究報告提出不一致的結果，Pierce et al. (1965) 及 Vyas et al. (1971) 發現在運動時給氧並不會增加其運動表現反而會使其表現維持一致或變差。Zack (1985) 的報告發現在運動時給予 100% 氧氣濃度治療效果差，以 2~4 公升 (30~40%) 較佳。

研究運動供氧對生理所產生的影響，在肺功能方面，大多數的文獻報告沒有明顯的改善結果；對於呼吸功能的影響，大多數文獻提及可舒緩病患運動時帶來的呼吸困難情形，增加活動的意願及運動的時間與強度 (Zack, 1985; Rooyackers, 1997)；對運動能力方面的影響，部份學者提出可增加其整體持續性做功及耐力運動表現明顯增加 (Bradley, 1978; Zack, 1985)；另外學者研究發現運動會惡化低血氧的情形，但不會改變血中二氧化碳濃度，給予 30% 氧氣可改善低血氧而不會提升血中二氧化碳濃度，至於血中乳酸量及呼吸做功增加的情形，則是否有給予氧氣不受影響 (King, Cooke, & Leitch, 1973)。但也有學者 Rooyackers (1997) 提出相反的看法，其運動供氧之效益尚爭議中。

對運動恢復期所引用之方式，Ivy et al. (1980) 及 Komi et al. (1981) 利用腳踏車運動，探討乳酸閾值與股外側肌群有氧能力及慢縮肌纖維百分比之關係，結果發現運動後乳酸與肌群有氧能力及慢縮肌纖維百分比有顯著相關性 ( $r = 0.95, 0.74, p < .05$ )；林仁彬等 (1999) 則以毫針刺激足三里穴在運動後恢復期 5 分鐘時，持續刺激 15 分鐘，提出運動前 10 分鐘與運動後 3 分鐘血乳酸值未達顯著差異，運動後 15-20 分鐘時達顯著差異，運動後 25-60 分鐘時顯著降低運動後的血乳酸



值。鄭安城 (1993) 研究激烈運動後，靜態恢復與馬達驅動式恢復對生理之影響，提出採馬達驅動式恢復，在短時間內仍維持生理亢進、較高的恢復期心跳率、換氣量、耗氧量、加速代謝產物乳酸的排除和縮短恢復的時間。整合各學者之論述，運動後適當的休息方式也會顯著影響乳酸的排除效率。運動結束後，以其他輕鬆的運動方式，進行放鬆，確實提昇運動後血乳酸的排除效率。如果運動後，完全停止活動，使用的是被動的休息與恢復，肌肉與血液中之乳酸排除率耗費時間較長。本文為了探討供氧對恢復之生理影響，排除可能造成影響的他項因素，採以靜態休息中作為實驗條件，藉以瞭解機體恢復及排除乳酸等反應。

運動可以改變身體血液血糖恆定狀態外，胰島素在食物補充時分泌量會隨血糖濃度增加而增加，胰島素會刺激肌肉對血液中的血糖吸收，進而維持全身血糖的恆定狀態 (Etgen et al., 1996)。運動後血糖變化之情況，Noussa et al. (2003) 在短時間超強運動後血漿中葡萄糖控制的變化 (N=7) 研究中指出，超最大離心運動 6 秒後與出超最大溫蓋特運動 30 秒後，在 5、10、20 與 30 分鐘恢復期時觀察兩種不同類型與時間運動後血糖、血乳酸、胰島素與腎上腺素的變化。結果在血糖方面第五分鐘與第十分鐘未達顯著差異，不過在第二十分鐘與第三十分鐘時，超最大離心運動 6 秒後比超最大溫蓋特運動 30 秒後血糖值高，達顯著差異。在胰島素方面兩種不同類型運動後三十分鐘恢復期中胰島素都保持不變的狀態；在討論中提及超強運動中或後會使血糖濃度上升，但在第二十分鐘與第三十分鐘時，超最大溫蓋特運動 30

秒後比超最大離心運動 6 秒後血糖值較低是因為較長時間的超強運動後所造成血糖的消耗也較多。Tsintzas et al. (2003) 在不同運動方式胰島素過多對血糖的影響指出，不同的運動量與運動強度胰島素會導致肌群與肌纖維對血糖產生下降的影響。Hughes, Davies, Powis, and Press (2003) 在氧氣提供增進先天胰臟病患存活的動物實驗指出組織缺氧會危及先天胰臟病患，因此研究氧氣對胰臟移植者的影響，研究針對血糖濃度、葡萄糖耐受力、體型及存活的數量分析。移植後在 48 小時中分別提供 100% 高濃度氧、11% 低氧與 21% 正常氧。結論指出提高氧氣濃度對胰臟移植之後會增加胰島素的數量，使移植者保持血漿中葡萄糖的正常。

彙集以上研究文獻所得，針對氧氣治療對運動訓練的利與弊至今仍頗受爭議，其對肺功能、循環機能之助益依舊眾說紛紜；對於所提昇運動成就及日常生活能力的效益、所倚賴氧氣給予的介入時間點、給予的量、時間長短、效果之評估，目前論點尚無一致性。本研究參閱相關文獻及理論分析後，提出本研究之實驗架構及流程，以探討劇烈排球運動後，提供較高濃度氧氣對運動恢復期之乳酸、血氧飽和度及血糖之影響，期望為運動恢復期供應較高氧氣之效益確立一個肯定之結果。

## 研究目的

本研究在探討高濃度氧氣對激烈運動恢復期之生理反應的影響，藉由受試者在激烈的排球連續扣球訓練運動後，比較提供 32% 濃度氧氣與正常氧氣呼吸之受試者兩者間的血乳酸 (blood lactate)、血氧飽和值 (arterial

oxygen saturation) 及血糖 (blood glucose) 之差異, 依三個變項所得結果驗證較高濃度氧氣對激烈運動恢復期生理反應的影響。歸納本研究目的如下所列:

- (一) 瞭解激烈運動後, 供應較高濃度氧氣對於運動恢復期之血乳酸值的影響。
- (二) 瞭解激烈運動後, 供應較高濃度氧氣對於運動恢復期之血氧飽和度的影響。
- (三) 瞭解激烈運動後, 供應較高濃度氧氣對於運動恢復期之血糖的影響。

#### 研究重要性

本研究之重要性主要在觀察藉由實驗的進行來瞭解以簡便攜帶氧氣機, 給予氧氣的

恢復方式, 是否能加速體腔或組織內游離氣體的吸收, 能否有效恢復激烈運動所引起的疲勞。筆者期望透過實驗正確的評估, 驗證給氧方式的有效性, 若能發覺供氧結果, 有助於運動後的生理疲勞能盡速恢復至安靜水平, 將可作為教練與運動員運動後新的恢復方法之選擇參考。

#### 名詞操作定義

##### 32% 氧氣比例

利用氧氣製造機 (AIR SEP NEW LIFE) 在運動後立即戴上面罩施予受測者 3L/min 流速之 100%濃度的氧氣, 氧氣濃度之確定請參閱下表一。

表一 氧氣濃度對照表

輸送裝置	氧氣流速 (liter/min)	預期的氧氣濃度
Nasal cannula	1	24%
	2	28%
	3	32%
	4	36%
	5	40%
	6	44%
Simple mask	5	40%
	6	45~50%
	8	55~60%

摘自李皎正 (2002)

#### 正常氧氣恢復

運動後不使用任何供氧系統, 正常呼吸即可(氧氣比例為 21%)。

#### 運動後生理反應

本研究所指之運動後生理反應包括運動後恢復期的血乳酸 (blood lactate)、血氧飽和

值 (arterial oxygen saturation) 及血糖 (blood glucose)。

#### 氧氣比例

空氣中的氧氣濃度為 21%, 正常呼吸狀況下, 吸入的氧氣比例(fraction of inspired

oxygen concentration;  $\text{FiO}_2$ ) 為 21% ; 若吸入的氣體中增加氧氣的流量, 便可使氧氣比例 ( $\text{FiO}_2$ ) 增加。

## 研究方法與步驟

### 實驗對象

本研究以國立中央大學男子排球代表隊 12 名為受試對象, 等級為 92 學年度大專排球聯賽第二級選手, 平均年齡  $22.66 \pm 1.92$  歲、平均身高  $176.50 \pm 4.94$  公分、平均體重  $73.83 \pm 7.48$  公斤。

### 實驗時間與地點

民國 93 年 2 月 3 日至 9 日假國立中央大學體育館排球場進行實驗操作。

### 實驗儀器規格及使用原理

#### 氧氣製造機 (AIR SEP NEW LIFE)

高維實業股份有限公司製, 係採 PSA 壓縮、轉換、吸附原理, 使空氣通過一種特殊的物質叫做「分子濾網 (Molecular Sieve)」空壓機將  $7\text{Kg}/\text{cm}^2$  的潔淨空氣, 通過分子篩在  $5\text{Kg}$  壓力下依  $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  分子擴散速率之不同吸附  $\text{N}_2$ , 將  $\text{O}_2$  分離至儲槽, 這些氧氣一部份供應呼吸, 一部份將剛剛濾出的氮氣排出過濾, 以便下一循環的過濾, 計輸出達  $4.5\text{Kg}$ ,  $\text{O}_2$  濃度可達 95% 以上。

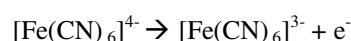
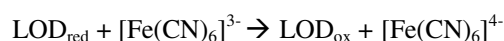
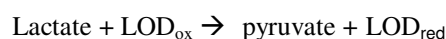
#### 手錶型心跳率監示器 (Polar, USA)

#### 掌上型血乳酸分析儀 (Lactate Pro LT-1710

Portable Lactate Analyzer)

利用其  $5\mu\text{l}$  的全血來做乳酸的測量, 將血液檢體放置於測試片上, 血液會擴散並進入反應層, 與鐵氰化物 (Ferricyanide) 及氰亞鐵

酸鹽 (Ferrocyanide) 反應, 反應時間 60 秒。反應原理如下:



掌上型血糖分析儀 (EZ smart)

是一種電流式生物感測器, 其利用  $1.5\mu\text{l}$  的全血來做葡萄糖的測量。將血液檢體放置在 EZ smart 測試片上, 血液會擴散並溶解進入反應層, 此層具有 1.4%w/w 葡萄糖氧化酵素、2.6%w/w 鐵氰化鉀以及 96%w/w 的化學成分。檢體中的葡萄糖會與葡萄糖氧化酵素以及鐵氰化鉀反應, 進而產生電子形成一個電流, 然後測量此電流與全血檢體中葡萄糖濃度的相互關係。

#### 非侵入式血氧濃度計 (MD600P)

血氧濃度計可即時測得血液中血氧飽和值, 其原理是感應器上有一發光二極體, 可發出紅光 (red-light) 及紅外線光 (infra-red light) (波長為 660-940 nm)。二極體對側有一光電二極管 (photodetector), 可接受紅光及紅外線光。在血中去氧紅血球 (deoxygenated Hb) 可吸收紅光與紅外線光。經光電二極管接收後, 電腦即可算出血氧飽和值。

#### 採血筆

### 實驗方法

本實驗取十二名排球攻擊手, 隨機分配至實驗與對照兩組各六名, 以恢復期間接受 32% 濃度氧氣供應者作為實驗組, 採正常氧氣恢復者為對照組, 在建立個人資料及簽署同意書後, 進行排球連續攻擊 25 次, 由國家級排球教練拋球, 以節奏器控制時間, 每 5 秒拋出一球, 施以長攻型態運動的運動強

度，每員耗時 2 分 5 秒。再運動實施後，32% 濃度氧氣組立即配帶面罩，提供較高濃度之氧氣；正常氧氣組之呼吸深度頻率，隨個人需求未加管控，監測時間為一小時整。

#### 實驗步驟及流程

本實驗過程含下列步驟，分別陳述如下：

##### 實驗前準備階段

###### 1. 儀器之校正及檢視

實驗前將掌上型血乳酸、血糖分析儀依照校正手冊所列程序與方法進行儀器校正；並將手錶型心跳率監示器，將心跳偵測錶 (Polar) 戴於胸骨上偵測心跳，並設定最大運動心跳率為 190 次/分，經對初步測試後，使用無誤。

###### 2. 受試者認知引導

實驗前發給每位受試者一份受試者須知及同意書，再解說本研究之目的、過程及血液生化分析，於受試者簽署同意書後，由合格醫檢師進行採血及測試。

###### 3. 實驗環境記錄

實驗進行時，室溫控制在 20-22℃，相對濕度在 50-60%。

###### 4. 資料判定

本研究運動強度之判定採 Nikiforov (1974) 所述，藉由心跳率達 (220-年齡) 次/分 $\pm$ 10 作為負荷強度判定指標。

##### 受試者基本資料建立

測量身高、體重、安靜時脈搏、血氧飽和值及血糖濃度等數據。

運動介入與恢復期自由呼吸及給予氧氣呼吸

##### 處理實驗

本測驗對受試者進行運動介入、氧氣呼吸處理，並進行血液採樣及資料彙集，實施

要點如下：

###### 1. 運動強度監控

以手錶型心跳率監示器，在運動前將心跳偵測錶 (Polar) 戴於胸骨上偵測心跳，並設定最大運動心跳率為 190 次/分，隨後以排球連續攻擊 25 次的強度，運動後檢測心跳是否有到達 (220-年齡) 次/分 $\pm$ 10 之標準，未到達心跳率之受試者數據不予採用。

###### 2. 血氧飽和值取樣

在運動測試前先令受試者安靜休息 10 分鐘後，夾上血氧分析儀的接收器，測得其安靜血氧飽和值；隨後進行以排球連續扣球 25 次的測驗，運動後立即夾上血氧分析儀的接收器，測得在恢復期第 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 及 10 分鐘血氧飽和值，所得數據在 0~3 分鐘、4~5 分鐘、6~7 分鐘與 8~10 分鐘各時段平均並加以統計分析。

###### 3. 血乳酸值與血糖取樣

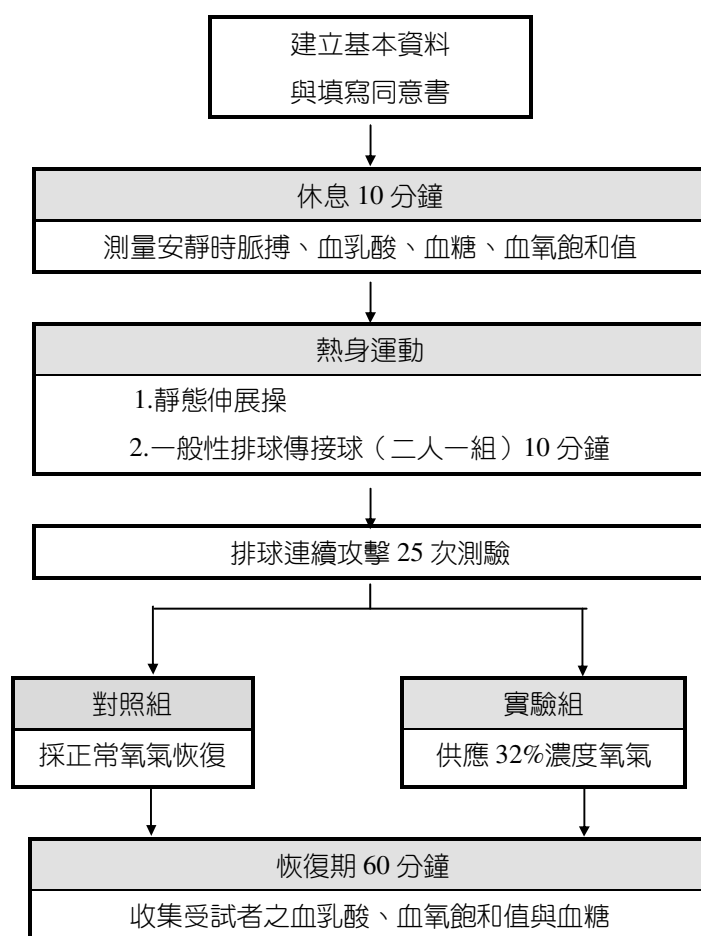
在運動前安靜時，以採血筆採取指尖血 5.0 $\mu$ l，分別以乳酸分析儀、血糖分析儀檢測安靜時血乳酸值與血糖值，隨後以排球連續攻擊 25 次的強度，在運動恢復期第 3、5、7、10、15、30、60 分鐘均以採血筆採取指尖血 5.0 $\mu$ l，同樣以乳酸分析儀、血糖分析儀測量受試者各時段之血乳酸值與血糖值。

###### 4. 供應 32% 濃度氧氣之步驟

排球連續攻擊運動結束後，受試者坐在座椅上，立即由助理協助確實戴緊消毒過之氧氣面罩，並檢視確定其不會漏氣。氧氣瓶之流速設定為 3L/min 之 100% 濃度的氧氣，連續 60 分鐘，測驗過程中盡量避免受試者與旁人交談。



## 測驗程序與流程



圖一 實驗操作流程圖

## 資料處理

本研究以 SPSS/PC 10.0 軟體進行分析統計，所有顯著差異訂為  $\alpha=.05$ 。

本實驗中各數值以平均數加減標準差型式表示 (Mean  $\pm$ SD)。

以獨立樣本 (t-test) 檢定 32%濃度氧氣組與正常呼吸組，比較兩組間在運動恢復期之生理差異。

## 結果與討論

本研究將十二名受試者隨機分配於 32% 氧氣組 (實驗組) 及正常氧氣組 (對照組) 兩組，於實驗前量測個人基本資料及實驗變項等數據，所得結果如表二，兩者間並無顯著差異性存在。

表二 實驗組與對照組各變項基本資料一覽表

變項	組別	
	32%氧氣組 (n=6)	正常氧氣組 (n=6)
年齡	23.00±1.67	22.33±2.25
身高	174.17±5.49	178.83±3.25
體重	72.83±4.26	74.83±10.13
安靜血乳酸	1.85±0.70	1.98±0.69
安靜血氧飽和度	98.00±0.63	98.33±0.52
安靜血糖值	120.33±16.86	123.00±19.69

依據本研究架構，將實驗組與對照組所得之乳酸值、血氧飽和度及血糖值進行分析比較，以驗證較高濃度氧氣對劇烈運動後之生理恢復功能。所得結果如下：

#### 靜態 32%氧氣比例對乳酸排除之影響

結果顯示，32%氧氣組與正常氧氣組在 60 分鐘恢復期中血乳酸濃度並無明顯的變化 ( $p>.05$ )，如表三。

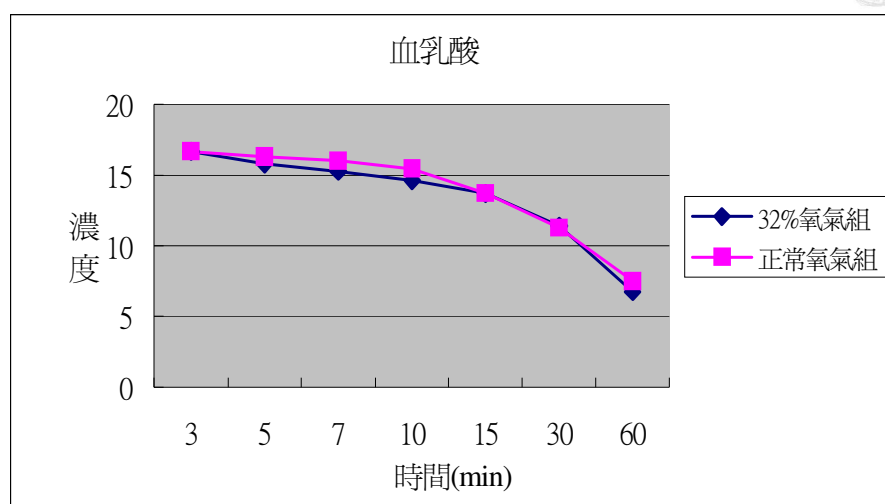
高強度運動後如何克服乳酸可能引起之疲勞與肌肉酸痛，根據 Neubauer (1999) 指出高壓艙中會減少運動後末梢神經處的血乳酸值，及高壓環境會增加氣體溶解於血漿中，進而釋放更多的氧氣到工作肌和組織中。馮峰權和翁慶章 (引自林麗娟和林學宜，1993) 亦表示高強度運動在 3~5 分鐘內所導致乳酸的生成與堆積達到頂點，若運動後補充足夠的氧氣，將有助於乳酸的排除，大約在運動後 10~15 分鐘後開始消除，約 30 分鐘就可恢復至安靜時的水準。

本研究在血乳酸方面，發現提供 32%濃度之氧氣組與正常呼吸氧氣組之間並未有顯著差異 ( $p>.05$ )，探究原因，或許誠如 Billat 等 (2003) 所言，乳酸的交換和排除應與固定速度的恢復方式及最大攝氧能力有關；陳相榮 (1988) 亦在研究乳酸排除的半衰期舉出，靜態恢復約需 2 小時才能將乳酸從血液中完全排除；或因本研究是在一般大氣壓力下完成實驗，並沒有過多的氧分子溶解於血漿中，正常狀態下血氧飽和值維持 95~98%，短時間 2-3 分鐘無氧運動後，恢復期中提供 32%的氧氣比例雖能提高血氧飽和度，但並沒有明顯的使血乳酸濃度下降，可能是有限的恢復血液中的血氧飽和值，仍未能有效的對血乳酸產生氧化作用；甚或探討一小時的恢復期及靜態休息之實驗設定，亦可能無法有效呈顯血乳酸值降低之趨勢，此將是未來應深入探討之方向。

表三 32%氧氣組與正常氧氣組各時段血乳酸值之 t 考驗數值表

血乳酸值	32%氧氣組	正常氧氣組	t 值
安 靜	1.85±0.70	1.98±0.69	-0.33
第 3 分	16.68±2.05	16.67±4.00	0.01
第 5 分	15.80±1.21	16.32±2.42	-0.47
第 7 分	15.27±1.13	16.00±2.11	-0.75
第 10 分	14.62±1.47	15.45±1.68	-0.91
第 15 分	13.72±1.64	13.70±2.69	0.01
第 30 分	11.40±1.45	11.28±3.93	0.07
第 60 分	6.75±1.72	7.50±3.20	-0.51

p&lt;.05



圖二 32%氧氣組與正常氧氣組在各時間點乳酸值的變化

靜態 32%氧氣比例對運動後血氧飽和值之影響

血氧飽和值的檢測結果顯示 (如表四), 兩組間在各時段均互有高低, 唯有在第 4~5 分鐘時, 32%氧氣組血氧飽和值增加值顯著高於正常氧氣組, 並達顯著水準 ( $t = 2.58$ ,  $p < .05$ )。

Killen & Corris (2000) 指出, 對組織缺氧的病患和在運動時血中氧飽和值減少的人

, 在運動前或運動後補充氧氣, 可增加血氧飽和值, 促進運動時肌肉對氧氣的利用。本研究受試者為健康的有規律訓練的運動員, 依圖三顯示激烈運動後兩組在第 0 至 3 分鐘未達顯著差異 ( $p > .05$ ), 32%氧氣組在第 4 至 5 分鐘, 血氧飽和上升值已達顯著差異 ( $p < .05$ ), 但在第 6 分鐘之後均未達顯著差異 ( $p$

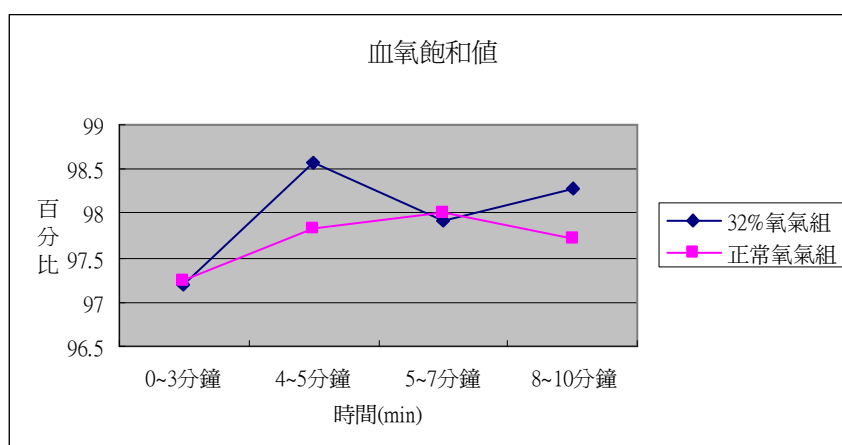
>.05)。結果顯示 32% 氧氣組，可能是血氧飽和值方面恢復比對照組快，在第 4 至 5 分鐘達顯著差異，而正常氧氣組到第 6 分鐘後才逐漸恢復，因此在第 5 分鐘後未達顯著性。本研究實驗發現受試者在完成連續 25 次排球攻擊後恢復期中血氧飽和值之變化，32% 氧氣組與正常氧氣組在第 4 至 5 分鐘血氧飽和上升值已達顯著差異 ( $p < .05$ )。Stuessi (2001) 曾提出結論，在獨特性的呼吸肌訓練後對血氧飽和值 ( $\text{SaO}_2$ ) 96-98% 是沒有影響的，此與可能是因為進行固定式強度最大運動 70% 測試後，血氧飽和值並沒有明顯的下降有關。本研究是無氧性的激烈運動，導致運動

後血液中血氧飽和值下降，在恢復期中提供 32% 氧氣幫助恢復，與 King, Cooke and Leitch (1973) 的研究相似，而 32% 氧氣組使用氧氣比例為 32% 的恢復方式，比一般空氣的氧氣比例還高的恢復方式，進而實驗組使血液中血氧飽和值，在第 4~5 分鐘時達顯著差異，得以較快速的恢復的原因。32% 氧氣組雖然在第 4~5 分鐘有達差異，但在血氧飽和值的百分比數值差異並不是很大，所以推論氧氣的補充對激烈運動後，短期效益上有迅速恢復的幫助，但在長時間的補充在臨床上沒有明顯的效果。

表四 32% 氧氣組與正常氧氣組各時段血氧值之 t 考驗數值表

血氧飽和值	32% 氧氣組	正常氧氣組	t 值
安 靜	98.00±0.63	98.33±0.52	-1.00
第 0~3 分鐘	97.21±0.62	97.25±1.15	-0.78
第 4~5 分鐘	98.58±0.20	97.83±0.68	2.58*
第 6~7 分鐘	97.92±1.11	98.00±0.63	-0.16
第 8~10 分鐘	98.28±0.44	97.72±0.71	1.62

\* $p < .05$



圖三 32% 氧氣組與正常氧氣組在各時間點血氧飽和值的變化



## 靜態 32%氧氣比例對運動後血糖值之影響

比較血糖值之表現 (如表五), 32%氧氣組血糖值均低於正常氧氣組, 尤其在第十五分鐘後, 兩組間血糖降低值差距明顯, 而在第十五分鐘與第六十分鐘時更達到顯著差異水準 ( $t = -2.545, -2.645, p < .05$ )。

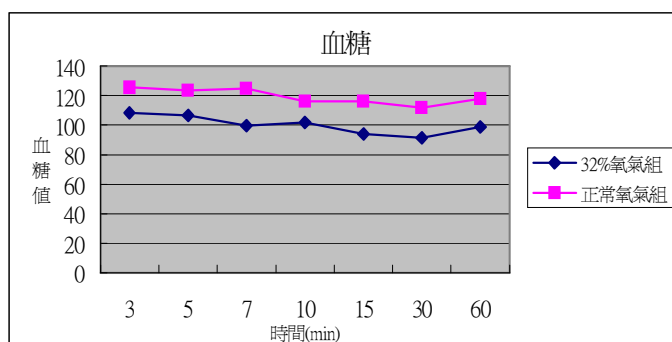
Tsintzas 等 (2003) 曾述及不同的運動量與運動強度會造成高胰島素對肌群與肌纖維對血糖產生下降的影響; Hughes (2003) 亦提出, 運動後增加氧氣比例的補充可能會提高胰島素的反應, 進而造成血糖值的下降。本研究雖未對胰島素濃度進行分析, 僅對提供較高濃度之氧氣探討對選手恢復期之功能, 透過 32%氧氣組與正常氧氣組的血糖濃度下降情況比較, 顯示 32%氧氣組在血糖下降值上均優於正常氧氣組, 尤其第十五分鐘之後

更為明顯, 在十五分鐘與六十分鐘時之下降值更達顯著差異, 與 Hughes, Davies, Powis, and Press (2003) 提出的結論: 提高氧氣濃度對胰臟移植之後會增加胰島素的數量, 使移植者保持血漿中葡萄糖的正常有關。由此推論, 在運動恢復期中提高呼吸的氧氣比例供給, 將促使胰島素分泌加強, 導致血糖值有效的下降。以安靜時正常狀態下血糖標準值是 80~120 mg/dl, 雖然六十分鐘的恢復期中, 在第十五分鐘與第六十分鐘血糖值有顯著性的下降, 但仍然維持在正常的範圍內, 這顯示血液中的葡萄糖可能因為胰島素的關係使葡萄糖進入細胞中重新儲存至肝臟中或肌纖維內, 不過當提高呼吸時氧氣比例的恢復方式時還是要注意碳水化合物的補充。

表五 32%氧氣組與正常氧氣組各時段血糖值之 t 考驗數值表

血糖值	32%氧氣組	正常氧氣組	t 值
安 靜	120.33±16.86	123.00±19.69	-.25
第 3 分	108.33±25.65	125.67±23.42	-1.22
第 5 分	106.67±20.27	123.50±10.07	-1.82
第 7 分	99.83±22.84	124.83±23.46	-1.87
第 10 分	101.83±16.80	116.50±14.28	-1.63
第 15 分	94.17±14.22	116.17±15.69	-2.55*
第 30 分	91.50±16.84	112.17±17.45	-2.09
第 60 分	99.00±12.38	118.00±12.51	-2.65*

\* $p < .05$



圖四 32%氧氣組與正常氧氣組在各時間點血糖值的變化

## 結論與建議

### 結論

本研究主要目的在探討 32%濃度氧氣對激烈排球訓練後，在生理恢復過程中的血乳酸、血氧飽和值及血糖的影響，經實驗、量測及分析比較後，獲得結論如下：

(一) 在恢復期給予 32%濃度氧氣並不會使運動後的血乳酸值有明顯下降，因此推論血乳酸的堆積是因為連續性高強度的運動所造成，並不是運動疲勞所導致。

(二) 32%氧氣組在第 4~5 分鐘的血氧飽和值有顯著性的上升，可能是因為激烈的無氧運動後所造成血氧飽和值的下降。因此，提高至 32%氧氣比例的恢復方式，可以使得激烈運動後血氧飽和值迅速的恢復且提高。

(三) 32%氧氣組在第十五分鐘與第六

十分鐘血糖值顯著性的下降。

(四) 32%氧氣比例能有效的使激烈運動後血液中血氧飽和值上昇，但不會影響激烈運動後靜態恢復乳酸濃度的排除，而對血糖則有加速降低的功能。

### 建議

(一) 氧氣的補充對激烈運動後短期效益上有迅速恢復的幫助，但在長時間的補充沒有明顯的效果。

(二) 32%氧氣比例的給予，在不同的運動量與運動強度會造成高胰島素對肌群與肌纖維催化，進而影響血糖下降，尤其球類運動項目，因此，對於身體血糖吸收能力的差異性，可作進一步的討論。

(三) 在後續的研究可探討多少氧氣比例對運動訓練後恢復的效果最佳。

## 引用文獻

王順正 林正常 (2001): **乳酸的產生與排除**。引自運動生理週訊 [http://www.epsport.idv.tw/epsport/week\\_july09.htm](http://www.epsport.idv.tw/epsport/week_july09.htm)

李皎正 (2002): **內外科護理技術**，195-207頁。台北：文京。

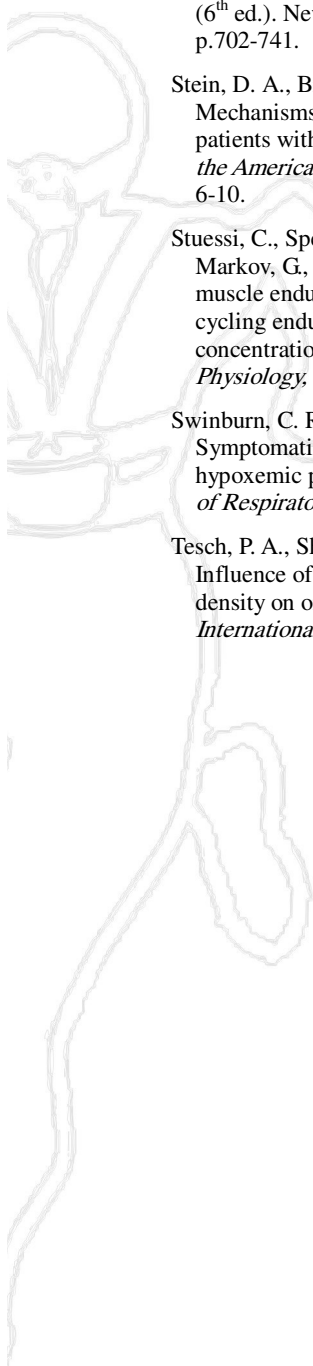
李安格 黃輔周 (1995): **排球**。北京：北京體育學院出版社。

吳英黛 (2000): **呼吸循環系統物理治療**。台北：金名圖書有限公司。

林仁彬等 (1999): 毫針刺激對運動後恢復期血乳酸值之

- 研究, **親民學報**, 3, 193-201。
- 林竹茂 (1995): 排球扣球技術運動生理學暨訓練策略研析。 **臺灣師大體育研究**, 1, 123-137頁。
- 林茂村譯 (1998): **人體生理學**。台北市: 麥格羅希爾出版。
- 林麗娟、林學宜 (1993): 乳酸與延遲性肌肉酸痛的關係。 **體育學報**, 16, 299-311。
- 林獻龍 (1992): 排球扣球技術發展之探討。 **大專體育**, 62, 57-63。
- 陳相榮 (1988): **運動生理學**。台北, 精華出版社。
- 鄭光生 曹雪春 (1999): 對1998福州四國男排邀請賽後排進攻比較分析。 **福建體育科技**, 8(3), 26-28。
- 鄭安城 (1993): **馬達驅動式恢復對激烈運動後生理反應之影響**。國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文。
- 蔡光超 羅仕錡編譯 (1991): **呼吸生理學**, 101-103頁。台北: 藝軒。
- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztejn, J. P., & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, 33(6), 407-426.
- Bradley, B. L., Garner, A. E., & Billiu, D. (1978). Oxygen-assisted exercise in COLD. *American Review of Respiratory Disease*, 118, 239-243.
- Bye, P. T., Anderson, S. D., & Woolcock, A. J. (1982). Bicycle endurance performance of patients with interstitial lung disease breathing air and oxygen. *American Review of Respiratory Disease*, 126, 1005-1012.
- Cotes, J. E., & Gilson, J. C. (1956). Effect of oxygen on exercise ability in chronic respiratory insufficiency. *The Lancet*, 9, 872-879.
- Dewan, N. A., & Bell, C. W. (1994). Effect of low and high flow oxygen delivery on exercise tolerance and sensation of dyspnea. *Chest: Official Publication of the American College of Chest Physicians*, 105, 1061-1065.
- Etgen, G. J. Jr., Wilson, C. M., Jensen, J., Cushman, S. W., & Ivy, J. L. (1996). Glucose transport and cell surface GLUT-4 protein in skeletal muscle of the obese Zucker rat. *American Journal of physiology*, 271, E294-301.
- Evans, T. W., Waterhouse, J. C., & Carter, A. (1986). Short burst oxygen treatment for breathlessness in COAD. *Thorax*, 41, 611-615.
- Hughes, S.J., Davies, S.E., Powis, S.H., & Press, M. (2003). Hyperoxia improves the survival of intraportally transplanted syngeneic pancreatic islets. *Transplantation*, 75(12), 1954-1959.
- Ivy, J. L., Withers, R.T., Van Handel, P. J., Elger, D. H., & Costill, D. L. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 48, 523-527.
- Jacobs, I. B. (1986). Lactate: Implication for training and sports performance. *Sports Medicine*, 3, 10-25.
- Killen, J. W., & Corris, P. A. (2000). A pragmatic assessment of the placement of oxygen when given for exercise induced dyspnoea. *Thorax*, 7, 544-46.
- King, A. J., Cooke, N. J., & Leitch, A. G. (1973). The effect of breathing 30% oxygen on the respiratory response to treadmill exercise in chronic respiratory failure. *Clinical Science*, 44, 151-162.
- Komi, P. V., Ito, A., Sjodin, B., Wallenstein, R., & Karlsson, J. (1981). Muscle metabolism, lactate breaking point, and biomechanical features of endurance running. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 148-153.
- Lake, F. R., Henderson, K., & Briffa, T. (1990). Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. *Chest: Official Publication of the American College of Chest Physicians*, 97, 1077-1082.
- Light, R. W., Mahutte, C. K., & Stansbury, D. W. (1989). Relationship between improvement exercise performance with supplemental oxygen and hypoxic ventilatory drive in patients with CAO. *Chest: Official Publication of the American College of Chest Physicians*, 95, 751-756.
- Moussa, E., Zouhal, H., Vincent, S., Proix, J., Delamarche, P., & Gratas-Delamarche, A. (2003). Effect of sprint duration (6 s or 30 s) on plasma glucose regulation in untrained male subjects. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(4), 546-553.
- Neubauer, B., Tetzlaff, K., Buslaps, C., Schwarzkopf, J., Bettinghausen, E., & Rieckert, H. (1999). Blood lactate changes in men during graded workloads at normal atmospheric pressure (100 kPa) and under simulated caisson conditions (400 kPa). *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 72(3), 178-181.
- Nikiforov, I. (1974). About the structure of training in boxing. *Scientific Work(Moscow)*, 6, 81-91.
- Pierce, A. K., Paez, P. N., & Miller, W. F. (1965). Exercise training with the aid of portable oxygen supply in patients with emphysema. *American Review of Respiratory Disease*, 91, 653-659.
- Rooyackers, J. M., Dekhuijzen, P. N., & Herwarden, C. L. (1997). Training with supplement oxygen in patients with COPD and hypoxaemia at peak

- exercise. *The European Respiratory Journal: Official Journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 10, 1278-1284.
- Scanlan, C. L., Spearman, C. B., & Sheldon, R. L. (1995). *Egan's Fundamentals of Respiratory Care* (6<sup>th</sup> ed.). New York: Mosby-Year Book; p.702-741.
- Stein, D. A., Bradley, B. L., & Miller, W. C. (1982). Mechanisms of oxygen effects on exercise in patients with COPD. *Chest: Official Publication of the American College of Chest Physicians*, 81, 6-10.
- Stuessi, C., Spengler, C. M., Knopfli-Lenzin, C., Markov, G., & Boutellier, U. (2001). Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *European Journal of Applied Physiology*, 84(6), 582-586.
- Swinburn, C. R., Mould, H., & Stone, T. N. (1991). Symptomatic benefit of supplemental oxygen in hypoxemic patients with CLD. *American Review of Respiratory Disease*, 143, 913-915.
- Tesch, P. A., Sharp, D. S., & Danuels, W. L. (1981). Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 252-255.
- Tsintzas, K., Simpson, E. J., Seevaratnam, M., & Jones, S. (2003). Effect of exercise mode on blood glucose disposal during physiological hyperinsulinaemia in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 89(2), 217-220.
- Vyas, M. N., Banister, E. W., & Morton, J. W. (1971). Response to exercise in patients with chronic airway obstruction. *American Review of Respiratory Disease*, 103, 401-412.
- Weltman, A. (1988). Factor affecting the blood lactate response. In *The blood lactate response to exercise* (pp.29-47). Canada: Human Kinetics.
- Wijkstra, P. J., Van de Mark, T. W., & Kraan, J. (1996). Effects of home rehabilitation on physical performance patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The European Respiratory Journal: Official Journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 9, 104-110.
- Zack, M. B., & Palange, A. V. (1985). Oxygen supplemented exercise of ventilatory and non-ventilatory muscles in pulmonary rehabilitation. *Chest: Official Publication of the American College of Chest Physicians*, 88, 669-675.





## The Effects of High and Normal Oxygen on Lactate, Blood Glucose, and Arterial Oxygen Saturation after Intense Exercise

Su Chun-Hsiung

Foo Yin University

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this study was to compare the effects between high (32%) and normal (21%) oxygen on blood lactate (BL), blood glucose (BG), and arterial oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>) after intense exercise. **Methods:** Twelve males (age=22.66 ± 1.92 years, height=176.50±4.94 cm, and body weight=73.83±7.48kg) were randomly divided into two groups. The experimental group received 32% oxygen and the control group received 20% oxygen. Blood samples were taken after subjects had performed continued volleyball spike 25 times. The BL and BG were tested on the samples taken at 3, 5, 7, 10, 15, 30 and 60 minutes after the exercise and the SaO<sub>2</sub> was monitored right after the exercise and every minute in the first 10 minutes after that. Data were compared between these 2 groups by independent t-test. **Result:** The BL was not statistically different between two groups. The SaO<sub>2</sub> was higher in the experimental group than in the control group at the 4th to 5th minute after exercise. The BG was lower in the experimental group than in the control group at 15 and 60 minutes after exercise. **Conclusion:** This study suggested that high concentration oxygen would probably increase arterial oxygen saturation and recover BG after intense exercise. The effect of high concentration oxygen on removing BL was not clear, at least during the first hours after exercise. More studies with larger sample size are recommended.

**Keywords:** Blood lactate, Arterial oxygen saturation, Blood glucose, Oxygen