

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

增補螺旋藻之波耳效應在有氧能力運動表現之應用：(一)
以男子橄欖球隊與女子壘球隊, (二)以田徑中長跑男女選手
為對象 II

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 98-2410-H-028-007-

執行期間：98年08月01日至99年07月31日

執行單位：國立臺灣體育學院運動科學中心

計畫主持人：呂學冠

計畫參與人員：此計畫無其他參與人員：呂學冠

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 29 日

國科會專案計畫結案報告書

“增補螺旋藻之波耳效應在有氧能力運動表現之應用：(一) 以男子橄欖球隊與女子壘球隊,(二)以田徑中長跑男女選手 為對象 II” 結案

報告

計畫編號：98-2410-H-028-007

服務機關：國立臺灣體育學院

姓名職稱：呂學冠 副研究員

研究期限：2009年8月1日—2010年7月31日

撰寫報告日期：2010年10月28日

中文摘要

本研究旨在藉由波耳效應理論的實際應用，增補鹼性螺旋藻食品以維持運動員高強度運動中與運動後之血液正常酸鹼值，進而保有或增加運動員血紅素與氧氣的最佳攜帶飽和度，以提昇運動員有氧能力及競技運動表現。研究結果顯示，增補螺旋藻在抗氧化酵素過氧化物歧化酶 superoxide dismutase (SOD) 與古胱甘肽氧化酶 glutathione peroxidase (GPx)、肌酸肌酶 creatine kinase (CK)、心肌細胞之肌酸肌酶 creatine kinase type MB (CK-MB) 等之活性，以及紅血球 red blood cells (RBC) 數目、血球容積比 hematocrit (Hct) 上有顯著 ($p < .05$) 差異；增補螺旋藻在登階衰竭運動 TE (time to exhaustion) 表現上無顯著差異。綜合以上結果，增補螺旋藻可以促進運動員之健康，但對於有氧能力表現並無提升之作用。

Abstract

The purpose of our study is on the application of Bohr effects on exercise performance by eating Spirulina on the evaluating blood alkalinity and the saturation of hemoglobin with oxygen. We tested athletes from the National Taiwan College of Physical Education. The results showed that superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), creatine kinase (CK), creatine kinase type MB (CK-MB), red blood cells (RBC), and hematocrit (Hct) showed significant difference. However, the time to exhaustion (TE) was showed with no significant difference ($p < .05$). It is possible that the effect of spirulina supplementation was no effect on the endurance performance in athletes.

前言

競技與健康是運動追求的兩大目的，若能同時兼得，更能健康地突破人類運動表現的極限。本研究旨在探究如何使用安全健康的方法，維持運動員高強度運動中之正常血液酸鹼值來保有或增加血紅素與氧氣的最佳結合運送能力，藉此以提昇運動員的競技運動表現，研究對象為國立台灣體育大學（臺中）（以下簡稱本校）男子橄欖球隊與本校女子壘球隊。因此，實驗除可看波耳效應（Bohr effect）在不同運動專項之影響，亦可看波耳效應在不同性別之效應。再者，計畫除了探究增補螺旋藻對有氧運動表現之效果外，由於螺旋藻是地球上排名第一的鹼性食品，所以計畫亦以波耳效應為主軸探討研究可能增進運動表現之背後意義。

文獻探討

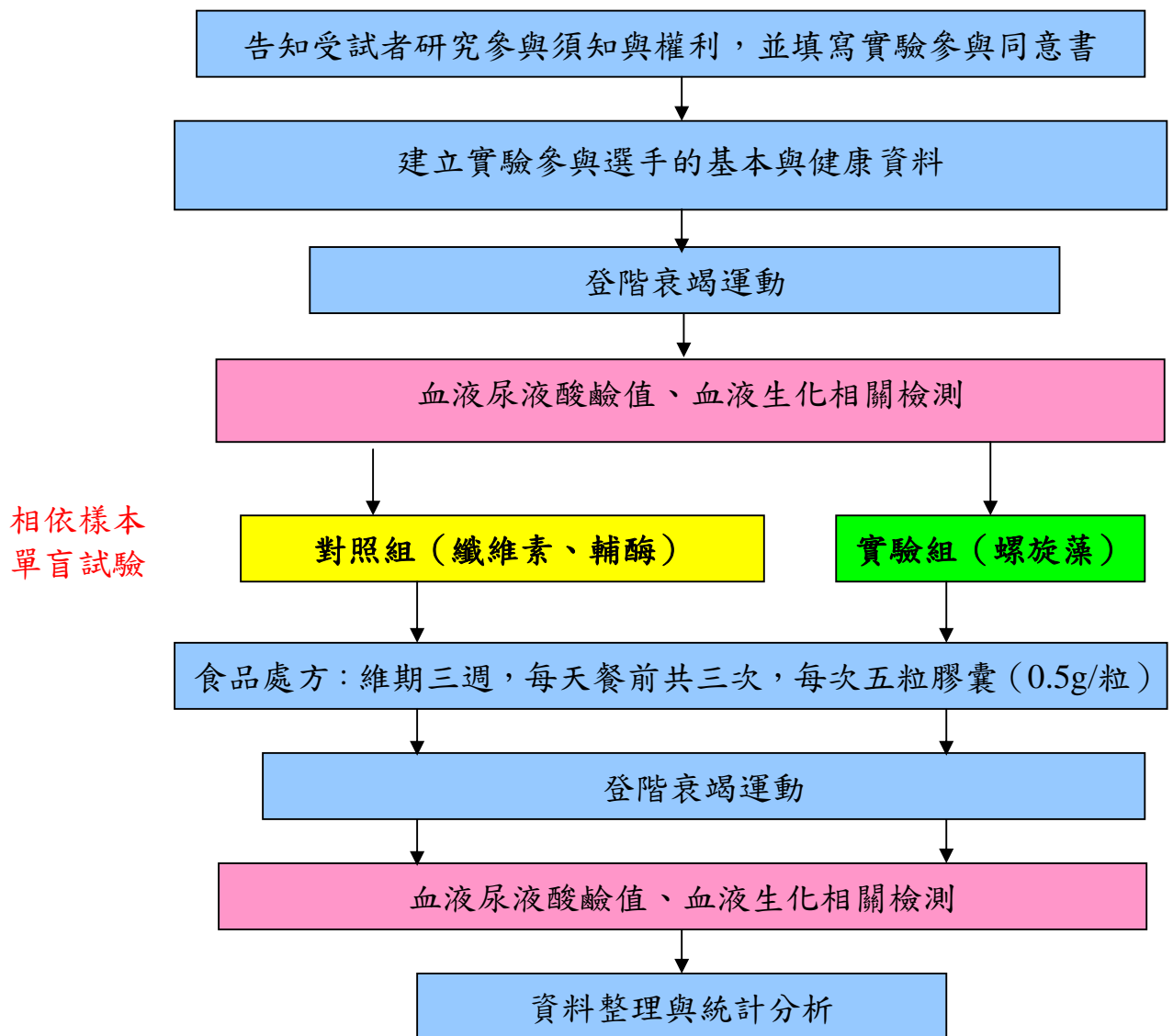
印度 Nagpur 省對於運動員的培育工作，自孩童時期就強制給予螺旋藻之增補 (1-2)；在中國與古巴奧林匹克級運動員於每日訓練前均會給予螺旋藻之增補 (3)。競技運動員增補螺旋藻必有他實質道理存在，不是為了健康就是為了競技運動表現。然而，有關增補螺旋藻在人體競技運動表現上的學術研究報告卻完全闕如。由於 2006 年後學在 *European Journal of Applied Physiology* 所發表之 SCI 期刊未經訓練受試者與與本研究計畫所提經訓練競技受試者有很大的受試對象差異 (2)；再者，不同運動專項、男女性別也有生理表現與適應上差異。因此，後學提出「增補螺旋藻之波耳效應在有氧能力運動表現之應用(一)以男子橄欖球隊與女子壘球隊(二)以田徑中長跑男女選手為對象」計畫。

氧氣分壓 (PO_2)、二氧化碳分壓 (PCO_2)、2,3-diphosphoglycerate (2,3-DPG)、體溫與酸鹼度會影響血紅素與氧氣的結合飽和度 (4, 5)。有關酸鹼度方面，雖然酸性血液血紅素與氧氣的結合飽和度低，為適應此狀況下

血紅素雖有較低攜氧率，亦較易於把氧氣卸載到組織 (4)；但是，在相同氧氣分壓的條件下，血紅素與氧氣的結合飽和度會隨著血漿鹼性的增加而上升，併使血漿總攜氧量上升，最終造成氧氣卸載到組織的總濃度也跟隨提升 (5)；換言之，血紅素與氧氣的結合飽和度會隨著血漿酸性的增加而下降，並造成氧合血紅素解離曲線向右偏移，此現象稱為波耳效應 (4,5)。本研究旨在探究如何使用安全健康的方法，維持運動員高強度運動中之正常血液酸鹼值來保有或增加血紅素與氧氣的最佳結合運送能力，藉此以提昇運動員的競技運動表現。

研究方法

受試者皆為自願參與之國立台灣體育大學(臺中)專長項目選手。各隊之受試以相依樣本單盲設計進行，實驗組擬給予味丹企業從純淨螺旋藻直接噴霧乾燥之螺旋藻膠囊 (0.5g/粒) 或同等級螺旋藻膠囊 (台鹽、南寶或遠東藍藻工業股份有限公司)，；給予對照組食用纖維素膠囊 (0.5g/粒)；原則上先給予對照組處方再給予實驗組處方，對照組與實驗組處方相隔三週以上。給各組處方維期三個月，每天三次，每次五粒膠囊 (增補食品劑量換算每天攝取螺旋藻共計 7.5g，在國際每日食補螺旋藻建議量每天 10g 之內，飯前食用，並於食品處方期開始、開始後每月與結束分別測試運動員之血液尿液酸鹼值、心肺耐力相關指數以及運動傷害血液生化相關指數之評估，結束食品處方後 (校代表隊訓練持續中) 3 天 與一周也分別測試運動員之心肺耐力以及運動傷害保護作用相關之血液生化評估，一併了解停止食品處方後之變化 (圖一)。



圖一：“增補螺旋藻之波耳效應在有氧運動表現的應用”實驗流程

與呼吸商 (RQ) 等。經六十分鐘後，再抽 15ml 之靜脈血，5ml 以室溫靜置凝血取血清 (若干分析項目血清檢體不可含 heparin 或 EDTA)，10c.c 裝入含 heparin 或 EDTA 之抗凝血劑試管，輕微搖晃後，對分裝成兩管 5ml 之靜脈血，5ml 用於分析全血，例如每一位運動員之血紅素 (hemoglobin) 含量均不相同，尤其運動後更加明顯，運動傷害抗氧化酵素 SOD (superoxide dismutase) 監測需先求出實

驗參與者血紅素含量，再進行 SOD 與血紅素比值標準化之工作；另 5ml 以 4°C，3000rpm 離心十分鐘取出上層血清，進行生化分析。

結果與討論

有關 98 年國科會補助研究計畫“增補螺旋藻之波耳效應在有氧能力運動表現之應用：(一)以男子橄欖球隊與女子壘球隊,(二)以田徑中長跑男女選手 為對象 II (98-2410-H-028-007)” 結果數據如下表一：

表一：增補螺旋藻之血液生化等之變化

Variable	Before	Control	Anti-Control	Spirulina
MDA (nmole/mL)	274.48 ± 45.66	257.86 ± 88.34	269.40 ± 75.05	267.38 ± 81.39
SOD (U/gHb)	708.19 ± 612.44 *1*2	989.78 ± 360.82 #1#2	2968.03 ± 1599.32 *1#1	3495.51 ± 625.35 *2#2
GPx (U/gHb)	21.99 ± 4.68 *1*2	27.25 ± 4.31 #1#2	58.97 ± 15.68 *1#1	49.45 ± 15.77 *2#2
CK (U/L)	186.84 ± 196.08 *	119.59 ± 204.05	80.86 ± 70.03	53.47 ± 63.00 *
LDH (U/L)	2187.84 ± 729.27 ?	797.69 ± 242.51	194.35 ± 116.88	959.08 ± 1580.06
CK-MB (U/L)	41.48 ± 15.30 *	32.51 ± 22.84	32.59 ± 15.10	28.10 ± 13.32 *
GOT (U/L)	64.07 ± 19.17 ?	43.38 ± 14.92	8.30 ± 5.88	25.16 ± 11.19
GPT (U/L)	65.81 ± 48.79 *1*2	47.13 ± 7.83 #1#2	21.35 ± 11.23 *1#1	11.59 ± 7.03 *2#2
RBC*10 ⁵ (count/uL)	48.83 ± 5.41 *	50.92 ± 8.35 #	36.51 ± 12.24 *#&	46.85 ± 8.36 &
Hct (%)	43.09 ± 4.85 *	45.72 ± 7.42 #	32.03 ± 10.44 *#&	41.65 ± 7.06 &
TE (sec) stair up	2800.67 ± 1577.98	3850.07 ± 1387.88	3958.56 ± 1048.41	4042.00 ± 1348.98

註：Control：不具抗氧化之對照食品纖維素； Anti-Control：具抗氧化之對照食品輔酶。*、#、&、代表顯著差異 ($p < .05$)。

本研究旨在藉由波耳效應 (Bohr effect) 理論的實際應用，增補鹼性螺旋藻食品以維持運動員高強度運動中與運動後之血液正常酸鹼值，進而保有或增加運動員血紅素與氧氣的最佳攜帶飽和度，以提昇運動員有氧能力及競技運動表現。

競技與健康是運動追求的兩大目的，若能同時兼得，更能健康地突破人類運動表現的極限。由於螺旋藻於 20 年前已是日本健康食品，在中國、古巴、墨西哥等國家視為運動員的重要營養補充品，因此其食用目的與安全性已廣被接受與認同。

實驗採相依樣本單盲試驗，實驗組每天給予從純淨天然螺旋藻直接噴霧乾燥之螺旋藻膠囊 7.5g，增補為期 3 週，對照實驗分別食用等量之中性不具抗氧化纖維素以及中性具抗氧化輔酶膠囊。研究結果顯示，增補螺旋藻在抗氧化酵素過氧化物歧化酶 superoxide dismutase (SOD) 與古胱甘肽氧化酶 glutathione peroxidase (GPx)、肌酸肌酶 CK (creatine kinase)、心肌細胞之肌酸肌酶 CK-MB (creatine kinase type MB) 等之活性，以及紅血球數目、血球容積比 (hematocrit) 上有顯著 ($p < .05$) 差異；增補螺旋藻在登階衰竭運動 TE (time to exhaustion) 表現上無顯著差異。綜合以上結果，增補螺旋藻可以促進運動員之健康，但對於有氧能力表現並無提升之作用。

參考文獻：

1. Lu, H. K., C. C. Hsieh, J. J. Hsu, Y. K. Yang, and H. N. Chou. Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2): 220-226, 2006.
2. Fox, R. D. Health benefits. In D. F. Ripley (ed.) *Spirulina production & potential*, pp. 36-48, 1995. Edisud, USA.
3. 黃立新、呂小川、楊斌、林敬松。螺旋藻對大鼠運動性骨骼肌損傷保護作用的研究。頁 58-59，2000。體育科學，北京。
4. 林貴福、徐台閣、吳慧君譯；林正常總校閱。運動生理學。2002。台北市，藝軒圖書出版社。
5. Lehninger, A. L. Principles of biochemistry, pp.1011, 1982, Worth Publishers. Inc., New York.

出國報告（出國類別：國際會議）

Scottish Aquaculture: A sustainable future

服務機關：國立臺灣體育學院

姓名職稱：呂學冠 副研究員

赴參國家：英國

出國期間：2009年4月20日—4月24日

報告日期：2009年10月26日

心得

98年4月21日至22日於英國Edinburgh城市舉行的「Scottish Aquaculture: A sustainable future」研討會，發表 ” Protective effects of *Spirulina platensis* supplementation against liver inflammation during exercise training in human” ，與會多為藻類學專家，且多為西方國家學者，由於我的題目比較特別，又是少數亞洲參與者之一，研究發表題目是直接與人體健康相關，具實際應用價值，獲得許多學者興趣，研討會期間，經多方交流收穫良多。

摘要

Protective effects of *Spirulina platensis* supplementation against liver inflammation during exercise training in human

Suggested running title: Effects of spirulina against liver inflammation

Chi-cheng Wang¹, Shien-ming Yang², Yu-ywan Chang¹, Yu-kwan Yang³, & Hsueh-kuan Lu^{3*}

¹ { **HYPERLINK**
"http://english.ntcpe.edu.tw/sp.asp?xdURL=./school/school_2-1_departments_department.asp&SchoolID=0111&SchoolAcademyID=&AcademyDepartmentID=1368&ctNode=2849&href_from=&eat_subcategory_str=&mp=0111" \o "Department and Graduate School of Physical Education" },
National Taiwan Sport University, Taichung 404, Taiwan, ROC

² Athletics Department & Graduate school, National Taiwan Sport University, Taichung 404, Taiwan, ROC

³ Sport Science Research Center, National Taiwan Sport University, Taichung 404, Taiwan, ROC

Correspondence: H-K Lu, Sport Science Research Center, National Taiwan Sport University, Taichung 404, Taiwan, ROC. E-mail: hklu@ntcpe.edu.tw

KEYWORDS

Algae • *Spirulina platensis* • supplementation • liver • antioxidation

ABSTRACT

To evaluate the effects of supplementation of aquiculture blue-green algae, *Spirulina platensis*, against liver inflammation during exercise training, sixteen National Taiwan

Sport University students volunteered were recruited. Before and after three weeks period of exercise training with spirulina or methyl cellulose (control) dietary supplementation, blood samples of subjects were drawn. The results showed that plasma concentrations of malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), and glutathione peroxidase (GPx) existed no significant difference between spirulina and control group. However, lactate dehydrogenase (LDH) and glutamic-oxaloacet transaminase (GOT) existed significant difference ($p < .05$) between spirulina and control supplementation. In conclusion, these results suggested that the dietary supplementation of spirulina exerts protective effects against liver inflammation after the exercise training, and that was not related to antioxidation enzyme system.

附錄：攜回重要相關資料

會議論文摘要集 (備查)

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：呂學冠		計畫編號：98-2410-H-028-007-					
計畫名稱：增補螺旋藻之波耳效應在有氧能力運動表現之應用：(一)以男子橄欖球隊與女子壘球隊, (二)以田徑中長跑男女選手為對象 II							
成果項目		量化			單位	備註 (質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等)	
		實際已達成數 (被接受或已發表)	預期總達成數 (含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究旨在藉由波耳效應理論的實際應用，增補鹼性螺旋藻食品以維持運動員高強度運動中與運動後之血液正常酸鹼值，進而保有或增加運動員血紅素與氧氣的最佳攜帶飽和度，以提昇運動員有氧能力及競技運動表現。研究結果顯示，增補螺旋藻在抗氧化酵素過氧化物歧化酶 superoxide dismutase (SOD) 與古胱甘月太氧化酶 glutathionie peroxidase (GPx)、肌酸肌酶 creatine kinase (CK)、心肌細胞之肌酸肌酶 creatine kinase type MB (CK-MB) 等之活性，以及紅血球 red blood cells (RBC) 數目、血球容積比 hematocrit (Hct) 上有顯著 ($p < .05$) 差異；增補螺旋藻在登階衰竭運動 TE (time to exhaustion) 表現上無顯著差異。綜合以上結果，增補螺旋藻可以促進運動員之健康，但對於有氧能力表現並無提升之作用。