

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

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2410-H-028-006-
執行期間：97年08月01日至98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：碩士班研究生-兼任助理人員：楊嘉穎
碩士班研究生-兼任助理人員：李明潔

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 98 年 10 月 27 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” 結案報告

計畫編號：97-2410-H-028-006

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：2008年8月1日—2009年7月31日
撰寫報告日期：2009年10月26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。研究對象為男子橄欖球隊與女子壘球隊，結果顯示 MDA, SOD, GPx, CK-MB, GOT, GPT, TE, WBC, RBC, Hgb, Hct, MCV, MCH, 以及 MCHC 等，然而血液、尿液 pH 值與血氧飽和度在統計上並無顯著差異，推論螺旋藻組在運動強度表現上有較高之趨勢，此結果在登階衰竭運動 TE (time to exhaustion) 數值上之表現可驗證，實驗組運動強度登階衰竭時間表現上之延長抵消在血液、尿液 pH 值之中和效應。

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 test the members the National Taiwan Sport University rugby male players, softball female players in 2008, and will test both the gender of long distance runners in 2009. The results showed that MDA, SOD, GPx, CK-MB, GOT, GPT, TE, WBC, RBC, Hgb, Hct, MCV, MCH, and MCHC were significant difference between experimental and control group. However, the pH of blood and urea were showed with no significant difference. It is possible that the effect of alkalinity of spirulina was neutralized by the increased time on all-out protocol on the experimental trial..

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。

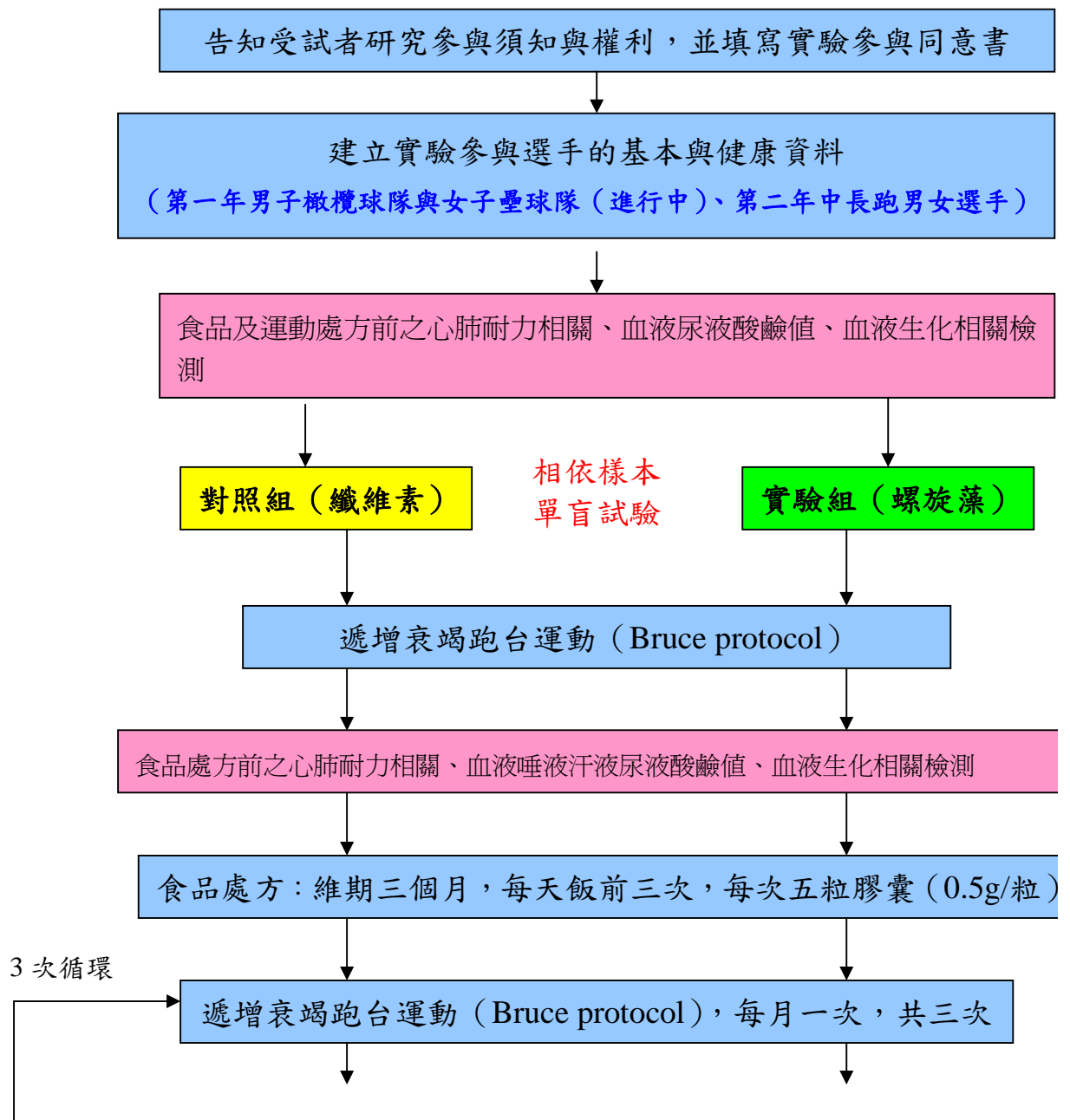
研究方法

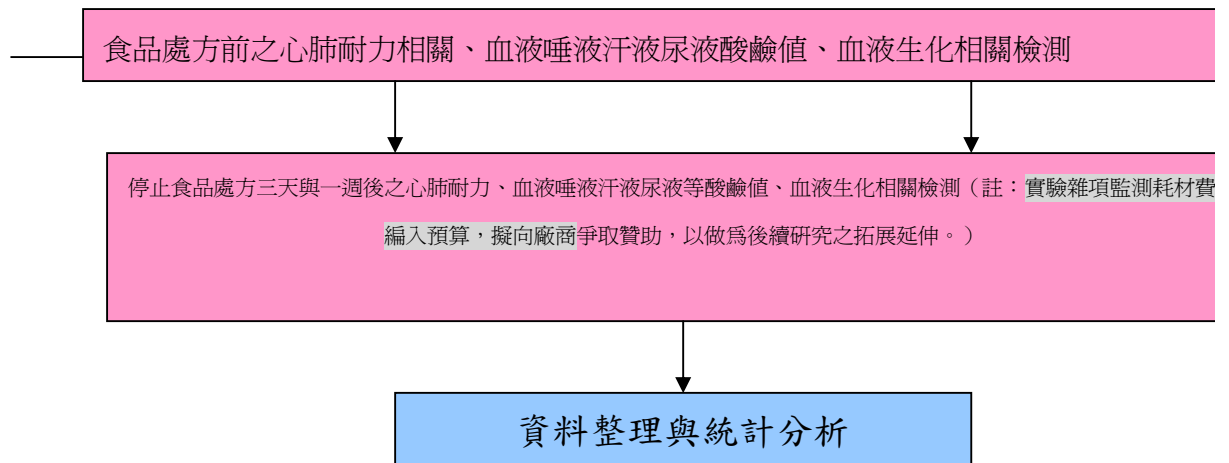
受試者皆為自願參與之國立台灣體育大學(臺中)專長項目選手。各隊之受試以相依樣本單盲設計進行，實驗組擬給予味丹企業從純淨螺旋藻直接噴霧乾燥之螺旋藻膠囊(0.5g/粒)或同等級螺旋藻膠囊(台鹽、南寶或遠東藍藻工業股份有限公司)；給予對照組食用纖維素膠囊(0.5g/粒)；原則上先給予對照組處方再給予實驗組處方，對照組與實驗組處方相隔三週以上。給各組處方維期三個月，每天三次，每次五粒膠囊(增補食品劑量換算每天攝取螺旋藻共計7.5g，在國際每日食補螺旋藻建議量每天10g之內，飯前食用，並於食品處方期開始、開始後每月與結束分別測試運動員之血液尿液酸鹼值、心肺耐力相關指數以及運動傷害血液生化相關指數之評估，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

實驗監測項目分三大項，一為心肺耐力監測，包括換氣量(V_E)、呼吸商(RQ)、無氧閾值(AT)、遞增跑步衰竭時間(sec) 心律、與末梢血流含氧量；二為酸鹼值監測，包括血漿酸鹼值、尿液酸鹼值；三為血液生化監測，

包括血乳酸、運動傷害、抗氧化及其他雜項。

實驗進行之前首先必須建立實驗參與學生的基本資料，再依流程順序進行連接 SENSORMEDICS, Vmax-29C 心肺功能測試儀之高強度跑台運動，以遞增跑步運動達呼吸商($RQ=[VCO_2]/[VO_2]$)趨近於 1.2、 VO_{2max} 之 75% 或心率 160 ± 5 次/分之運動強度，並配合自覺量表達到最大極限，跑步其間可一併蒐集受試者的換氣量 (V_E)、心律無氧閾值 (AT)、遞增跑步衰竭時間 (sec)





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 97 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 (97-2410-H-028-006)” 結果數據如下表一與表二：

表一：增補螺旋藻之血液生化等之變化

Table 1. Change in Basal Parameters (mean \pm SE) of Malondialdehyde (MDA), Superoxide Dismutase (SOD), Glutathione Peroxidase (GPx), Creatine Kinase (CK), Lactate Dehydrogenase (LDH), Creatine Kinase type MB (CK-MB), Glutamic-Oxaloacet Transaminase (GOT), Glutamic-Pyruvic Transaminase (GPT), pH of blood, pH of urea, blood oxygen saturated and Time to Exhaustion (TE) in Spirulina- and Placebo-Supplemented Subjects Before and After 3-week Nutritional Intervention.

Variable	Before	After	T	S	TxS
MDA (nmole/mL)					
Spirulina	181.38 \pm 27.87	485.04 \pm 73.58	**	ns	*
Placebo	315.47 \pm 27.06	421.62 \pm 41.85			
SOD (U/gHb) (normal range 1102-1601 U/gHb)					
Spirulina	1249.63 \pm 313.73	4454.82 \pm 323.46	**	ns	ns
Placebo	963.76 \pm 158.99	3280.31 \pm 626.53			
GPx (U/gHb) (normal range 27.5-73.6 U/gHb)					
Spirulina	25.31 \pm 3.27	69.66 \pm 5.62	**	ns	ns
Placebo	20.29 \pm 3.15	66.67 \pm 4.96			
CK (U/L) (normal range 24 U/l for men; 24-170 U/l for women)					
Spirulina	476.8 \pm 147.83	602.61 \pm 26.91	ns	ns	ns
Placebo	795.32 \pm 292.36	513.75 \pm 38.27			
LDH (U/L) (normal range 230-460 U/l)					
Spirulina	1018.06 \pm 157.74	889.63 \pm 168.87	ns	ns	ns
Placebo	714.5 \pm 129.25	753.78 \pm 179.07			
CK-MB (U/L) (normal range under 24 U/l)					
Spirulina	37.1 \pm 9.8	24.53 \pm 11.08	*	ns	ns
Placebo	38.85 \pm 7.85	13.02 \pm 3.74			
GOT (U/L) (normal range up to 18 U/l for men; up to 15 U/l for women)					
Spirulina	52.77 \pm 3.24	15.24 \pm 4.55	**	ns	ns
Placebo	52.7 \pm 3.22	16 \pm 3.07			
GPT (U/L) (normal range up to 22 U/l for men; up to 17 U/l for women)					
Spirulina	58.54 \pm 3.25	23.75 \pm 6.53	**	*	ns
Placebo	48.19 \pm 3.3	17.6 \pm 1.47			
pH Blood (normal range 7.2-7.6)					
Spirulina	7.44 \pm 0.33	7.31 \pm 0.43	ns	ns	ns
Placebo	7.41 \pm 0.32	7.36 \pm 0.46			
pH Urea					
Spirulina	6.97 \pm 0.76	5.94 \pm 0.95	ns	ns	ns

Placebo	6.54	±	0.83	6.05	±	1.02			
Blood oxygen (%)									
Spirulina	98.57	±	0.83	98.29	±	0.91	ns	ns	ns
Placebo	98.36	±	0.96	98.33	±	0.96			
TE (sec) stair up									
Spirulina	4270	±	245.15	1560	±	502.81	**	ns	ns
Placebo	3705	±	338.23	1105	±	84.02			

Note. Values for each group represent means \pm SE (n = 17). T (time): comparing the mean difference between before and after test of supplementation; S (supplementation): comparing the mean difference between two supplementation groups; T×S = the interaction effect of time and supplementation with the two way ANOVA test; ns = no significant different; *Indicates with significant difference ($p < .05$); ** Indicates with highly significant ($p < .01$).

表二：增補螺旋藻之血球數量與體積變化

Table 2. Change in Basal Parameters (mean \pm SE) of White Blood Cell (WBC), Red Blood Cell (RBC), Hemoglobin (Hgb), Hematocrit (Hct), Mean Corpuscular Volume (MCV), Mean Corpuscular Hgb (MCH), Mean Corpuscular Hgb Concernation (MCHC), and Platelet (PLT) in Spirulina- and Placebo-Supplemented Subjects Before and After 3-week Nutritional Intervention.									
Variable	Before			After			T	S	T×S
WBC($\times 10^3$ /ul)	(normal range: 3.8~9.8)								
Spirulina	7.61	±	0.71	3.32	±	0.35	**	**	ns
Placebo	10.8	±	1.51	5.41	±	0.7			
RBC($\times 10^6$ /ul)	(normal range: 4.2~6.2)								
Spirulina	5.04	±	0.41	3.36	±	0.29	**	ns	ns
Placebo	4.99	±	0.45	3.85	±	0.22			
Hgb(g/dl)	(normal range: 12.9~17.9)								
Spirulina	15.47	±	1.23	10.3	±	0.58	**	ns	ns
Placebo	15.61	±	1.6	11.4	±	0.77			
Hct(%)	(normal range: 38~53)								
Spirulina	43.42	±	3.49	33.11	±	2.19	*	ns	ns
Placebo	43.33	±	4.25	37.1	±	2.07			
MCV(fl)	(normal range: 82~98)								
Spirulina	86.25	±	0.56	96.6	±	0.73	**	ns	ns
Placebo	86.83	±	1.64	95.99	±	1.52			
MCH(pg)	(normal range: 27~32)								
Spirulina	31.62	±	0.68	30.14	±	0.31	*	ns	ns

Placebo	31.26 ± 0.8	29.27 ± 1.3			
MCHC(g/dl)	(normal range: 31~36)				
Spirulina	35.63 ± 0.34	31.21 ± 0.38	**	ns	ns
Placebo	35.97 ± 0.44	30.28 ± 1.32			
PLT(×103/ul)	(normal range: 120~320)				
Spirulina	225 ± 29.65	222.86 ± 17.61	ns	ns	ns
Placebo	242.57 ± 32.88	209.71 ± 32.03			

Note. Values for each group represent means ± SE (n = 17). T (time): comparing the mean difference between before and after test of supplementation; S (supplementation): comparing the mean difference between two supplementation groups; T×S = the interaction effect of time and supplementation with the two way ANOVA test; ns = no significant different; *Indicates with significant difference ($p < .05$); ** Indicates with highly significant ($p < .01$).

研究中雖有許多數據有顯著之差異，例如 MDA, SOD, GPx, CK-MB, GOT, GPT, TE, WBC, RBC, Hgb, Hct, MCV, MCH, 以及 MCHC 等，然而血液、尿液 pH 值與血氧飽和度在統計上並無顯著差異，分析其主要原因可能有以下三點：首先，由於實驗過程中之最後抽血日前一天，橄欖球隊才剛進行為期 3 天，每天一場之友誼比賽，雖經賽後一天之休息再進行衰竭測試與抽血檢驗，增補後之各項數值有反預期之發展趨勢；其次，增補螺旋藻組之運動衰竭時間比安慰劑組平均延長約 4.23% 【(螺旋藻組增補後之衰竭時間-螺旋藻組增補前之衰竭時間)×100%/(安慰劑組增補後之衰竭時間-安慰劑組增補前之衰竭時間)】，造成增補螺旋藻組之運動量大於安慰劑組之事實；再者，雖然選手不知道增補之選項內容，由於橄欖球教練指定安排較優選手使用螺旋藻之增補，不但使原先之相依樣本變成獨立樣本實驗，部份數值顯示，無論在友誼比賽中或抽血前之衰竭運動測試，螺旋藻組確有運動強度較高之趨勢，尤其是在登階衰竭運動 TE (time to exhaustion) 數值上之表現，TE 數值之表現與運動負荷有關，會影響到血液與尿液 pH 值甚巨，此乃後學猜測增補螺旋藻之波耳效應被所增加之運動負荷所抵消，亦是血液、尿液 pH 值與血氧飽和度在統計上並無顯著差異之主因之一。再者，女壘組也有不可

預期之問題發生，因為研究規劃在寒假中進行，寒假有寒訓，寒訓期間作息與飲食皆有控制，是理想的實驗時間規劃。然期間遇到多場比賽，因此亦影響到實驗數據的解讀。因此前半年於橄欖球隊之研究結果若要撰寫成論文，後學認為必須由“增補螺旋藻之波耳效應在男子橄欖球隊之有氧能力運動表現之應用”調整成“增補螺旋藻在男子橄欖球隊之比賽前後氧化壓力之研究”，此研究成果目前正在進一步分析，擬撰寫投稿國際相關期刊。

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)