

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

► 游泳選手代謝適能之特性研究

Metabolic Fitness in Elite Swimmers

doi:10.6127/JEPF.2008.07.05

運動生理暨體能學報, (7), 2008

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (7), 2008

作者/Author：戴世然(Shi-Lan Tail);黃文成(Wen-Chen Huang);陳秀華(Shou-Hua Chen);劉德智(Te-Chi Liu);郭家驊(Chia-Hua Kuo)

頁數/Page：51-60

出版日期/Publication Date：2008/05

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.2008.07.05>



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



游泳選手代謝適能之特性研究

戴世然^{*1} 黃文成¹ 陳秀華² 劉德智² 郭家驊³

¹ 台北市立體育學院陸上運動學系 ² 台北市立體育學院水上運動學系

³ 台北市立體育學院運動生化學實驗室

摘要

游泳選手雖然運動訓練的時間較一般人長，但體脂肪比例卻較常人高。本研究的主要目的為觀察大學游泳選手葡萄糖耐受度與胰島素敏感度的特性。我們也觀察這些受試者其胰島素敏感度與血脂肪濃度之間的關聯。共有九位大學游泳校隊選手（年齡 20.6 ± 0.53 歲）與十六位無運動習慣的大學生（年齡 19.7 ± 0.11 歲）參與本研究。在 48 小時停止訓練後，空腹狀態下進行口服葡萄糖耐受度試驗（OGTT）並觀察血清胰島素反應。血液三酸甘油酯與膽固醇濃度同時被測定。這些游泳選手腰臀圍比值（WHR）與身體質量指數（BMI）明顯高於無運動習慣的大學生，顯示其相對肥胖的程度。在 OGTT 過程中葡萄糖濃度兩組雖無差異，但游泳選手之胰島素濃度反應較低。我們也觀察到無運動習慣的大學生其胰島素反應之變異程度較游泳選手高出 67%。此外，游泳選手血液三酸甘油酯與膽固醇濃度明顯高於無運動習慣的大學生。本研究結果顯示游泳訓練具有提昇胰島素敏感度的正面效益。本研究亦顯示血脂肪濃度似乎與其肥胖程度有關。

關鍵詞：葡萄糖耐受度、胰島素、三酸甘油酯、膽固醇

連絡作者：戴世然

聯絡電話：02-28718288 轉 6207

投稿日期：96 年 12 月

通訊地址：台北市忠誠路二段 101 號

E-mail：nishi@tpec.edu.tw

接受日期：97 年 02 月

緒論

問題背景

根據流行病學的研究顯示，第二型糖尿病的流行與肥胖具有統計上的高相關，而缺乏身體活動為導致肥胖的主要危險因子之一 (Kopelman, 2000)。研究顯示，上半身型肥胖 (upper-body obesity) 或腹腰部肥胖 (abdominal fatness) 為缺乏運動的主要特徵 (Samaras, Kelly, Chiano, Spector, & Campbell, 1999)，此類型的肥胖相對於一般型肥胖，與代謝性疾病的關連更高 (Kopelman, 2000)。研究顯示當脂肪細胞儲存過多三酸甘油酯時，血液中干擾胰島素訊息傳導機轉的分子釋出量相對增加，目前已發現的有 $\text{TNF-}\alpha$ 、resistin、FFA (Birnbaum, 2001)，因此肥胖可進而造成胰島素敏感度的下降，產生「抗胰島素現象 (insulin resistance)」，進而阻斷能源在組織層次上被正常吸收儲存，進而形成高血糖 (hyperglycemia) 或葡萄糖耐受度受損 (impaired glucose tolerance)。在大部份的狀況下，胰島素敏感度的退化與血脂肪異常 (dyslipidemia) 同時發生 (Reaven, 1988)，然而兩者之間是否互相影響目前在機轉上並不清楚。目前抗胰島素現象已被認為是造成代謝症候群 (metabolic syndrome or syndrome X) 的共同發源，包括第二型糖尿病、高血脂症、心血管疾病、中風、高血壓、癌症等 (Reaven, 1988; Facchini, Hua, Abbasi, & Reaven, 2001)。

過去非常多的研究已發現運動訓練可改善全身胰島素敏感度與葡萄糖耐受度 (Ivy,

Zderic, & Fogt, 1999)，這個正面效應可能與運動所造成的減肥效果有關 (Kopelman, 2000)。而研究顯示運動訓練可直接增加肌肉胰島素的敏感度 (Ivy et al., 1999)。由於肌肉組織為身體飯後葡萄糖吸收的主要位置，在胰島素刺激下約 85% 血糖由肌肉組織吸收 (DeFronzo et al., 1981)，因此肌肉組織胰島素敏感度提高將影響全身的胰島素敏感度與血糖控制能力。顯然肌肉組織與脂肪組織兩者對於全身胰島素敏感度與葡萄糖耐受度均具有其獨立的影響力。儘管一般發現運動訓練可減少身體的肥胖程度 (Broeder, Burrhus, Svanevik, Volpe, & Wilmore, 1997)，然而過去研究發現游泳選手體脂肪較跑者高 (Vogel & Friedl, 1992)，但研究結果並不一致 (Flynn et al., 1990; Lavoie & Montpetit, 1986)。部份文獻顯示長期游泳訓練可使體脂肪質量提高 (Almeras, Lemieux, Bouchard, & Tremblay, 1997)，且亦有研究顯示游泳訓練未必如其他運動訓練一樣可改善人體對胰島素的反應 (Tyndall, Kobe, & Houmard, 1996)，因此游泳訓練對於人體胰島素敏感度與葡萄糖耐受度的效應在結果上並不一致。我們最近的游泳研究在動物模式上發現與人體研究的結果不同，可使體重降低，並改善胰島素敏感度 (Hou et al., 2003)。因此，本研究的目的為進一步觀察規律游泳訓練對於人體全身的胰島素敏感度與血糖控制能力之影響，以及與身體肥胖程度的關連程度。由於過去的相關研究顯示血脂肪代謝與胰島素敏感度有關，本研究亦測量血脂肪與胰島素的關連。

材料與方法

受試者

本研究之對象包括游泳校隊 9 人 (平均年齡 20.6 ± 0.53 歲) 及一般無規律運動之學生作為對照組 16 人 (平均年齡 19.7 ± 0.11 歲) 作為受試者, 游泳校隊於上下學期均保持相同訓練量; 無規律運動之學生其每週運動僅發生於體育課中。本研究經過台北市立體育學院人體試驗委員會通過後實施, 所有受試者在接受過檢測流程說明後開始進行試驗。兩組之每週運動時間 (weekly exercise time) 以問卷方式記錄, 不考慮其運動強度。所有受試者在隔夜空腹狀態下進行葡萄糖耐受度試驗 (oral glucose tolerance test, OGTT)、胰島素濃試驗、血脂肪分析。

葡萄糖耐受度試驗 (Oral Glucose Tolerance Test, OGTT)

在進行 OGTT 當天受試者在未進食早餐的狀況下, 在 0830-0930 向實驗者報到。血液樣本由指尖採集。空腹血糖標記為零點, 在口服 500 毫升含 75 公克的葡萄糖後的 30、50、80 分鐘後分別進行採樣分析血糖濃度 (採約 25 μ l) 與血清胰島素濃度 (採約 200 μ l)。葡萄糖分析方式採用典型葡萄糖氧化酵素 (glucose oxidase) 原理以呈色法, 在可投射固定波長之血糖機 (Life Scan II, USA) 上進行吸收值分析計算, 本方法係參考過去建立之方法 (Lee et al., 2004)。

血清胰島素試驗

進行 OGTT 的四個時間點血液樣本, 在凝血後血清樣本使用作為胰島素分析之用。使用 Diagnostic Systems Laboratories

(Webster, Texas, USA) 之試劑組合, 依廠商提供之步驟以 ELISA 方式在 TECAN Genios ELISA analyzer (Salzburg, Australia) 上進行分析。

血脂肪 (三酸甘油脂與膽固醇) 分析

在空腹狀態下指尖以毛細管採集血液進行三酸甘油脂與膽固醇分析, 以乾式生化分析儀 Refrontron (Roche Diagnostic Inc., Germany), 在試紙上進行讀取吸收值 (absorbance) 與自動計算兩項測驗指標之濃度。

統計方法

本研究在兩組之所有測量指標的平均值差異進行 *t* 考驗 (Student's *t*-test) 鑑別兩者之差異顯著程度, 每週運動時間與胰島素濃度、膽固醇與 WHR 之相關值以皮爾遜積差相關 (Pearson's product-moment correlation) 計算。統計上的顯著水準, 定為第一型誤差機率小於 .05 ($\alpha < .05$)。所有數值以平均值 \pm 標準誤 (mean \pm SE) 表示。

結果

受試者基本資料

兩組基本資料列於表一。兩組受試者年齡無顯著差異。游泳校隊平均 BMI (身體質量指數) 與腰臀圍比值 (waist-to-hip ratio) 均顯著高於無規律運動的非校隊組。游泳校隊組每週運動總分鐘數, 為非校隊組的 11 倍左右。BMI 為超重指標, 以衛生署定義超重為 BMI > 24 。

表一 受試者基本資料

	年齡	每週運動時間 (分鐘)	BMI	腰臀圍比
非校隊	19.6 ± 0.72	37 ± 7	21.2 ± 0.73	0.75 ± 0.011
游泳校隊	20.7 ± 0.53	410 ± 59	24.2 ± 1.15	0.85 ± 0.013
α	NS	SD	SD	SD

* $p < .05$

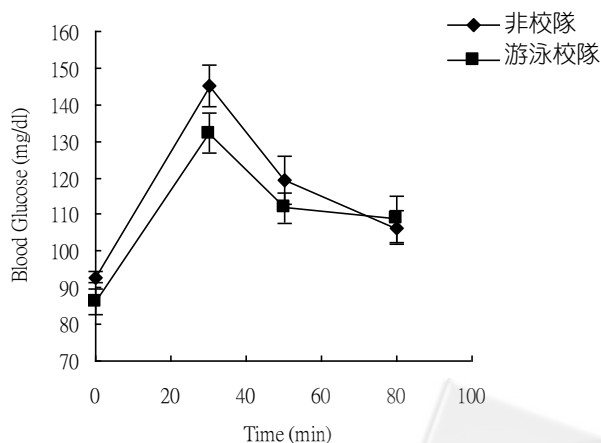
葡萄糖耐受度試驗 (OGTT)

圖一顯示兩組在葡萄糖耐受度上之差異，而游泳校隊組與非校隊組血糖曲線無明顯差異。兩組在空腹血糖濃度為非校隊 92 ± 1.4 mg/dl、校隊 86 ± 3.5 mg/dl，與在口服 75 公克葡萄糖後，非校隊組之 30、50、80 分鐘之平均血糖為 145 ± 5.7 mg/dl、119 ± 6.5 mg/dl、106 ± 4.6 mg/dl；游泳校隊為 132 ± 5.5 mg/dl、111 ± 4.0 mg/dl、108 ± 6.4 mg/dl。

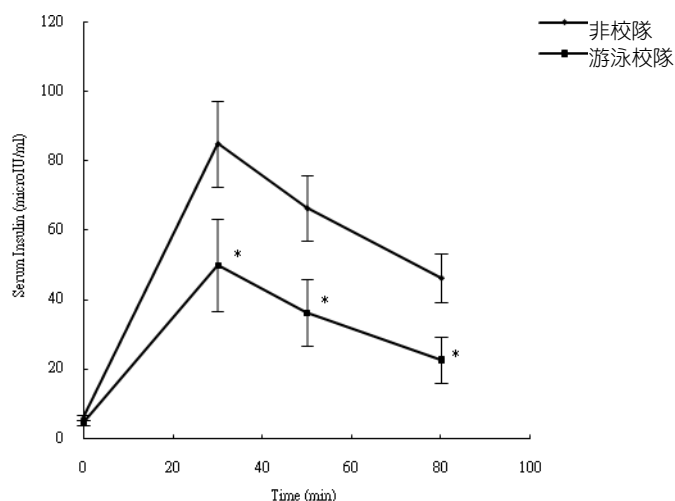
血清胰島素反應

圖二顯示兩組在葡萄糖耐受度試驗時，胰島素濃度反應之差異。胰島素濃度較高

者，顯示胰島素敏感度相對較差，身體需要分泌較多的胰島素，來促進葡萄糖在組織細胞的吸收。兩組在空腹血清胰島素濃度（非校隊組 5.9 ± 0.85 μU/ml；游泳校隊組 4.7 ± 0.76 μU/ml， $p < .05$ ），與口服 75 公克葡萄糖後，血清胰島素濃度均有顯著差異。游泳校隊組之 30、50、80 分鐘之平均血清胰島素濃度均較同時間點非校隊組濃度低（非校隊組 85 ± 12.4 μU/ml、66 ± 9.3 μU/ml、46 ± 6.8 μU/ml；游泳校隊組 49 ± 13.3 μU/ml、36 ± 9.5 μU/ml、22 ± 6.5 μU/ml，所有時間點 $p < .05$ ），顯示游泳校隊具有較佳的胰島素敏感度。



圖一 口服葡萄糖耐受度試驗 (OGTT)。兩組在口服 75 公克葡萄糖前與後之血糖濃度均無顯著差異。



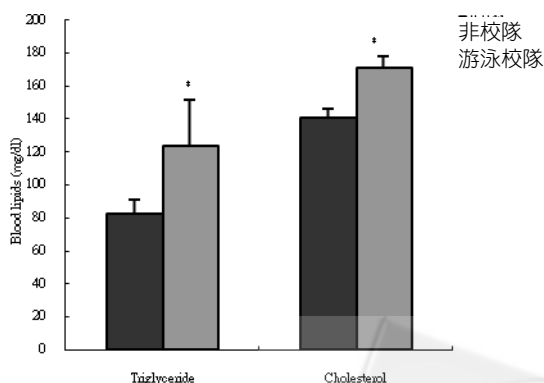
圖二 OGTT 過程胰島素反應 (Insulin response during, OGTT)

註：*代表該時間點兩組之血清胰島素濃度具顯著差異 ($p < .05$)。

空腹血脂肪濃度

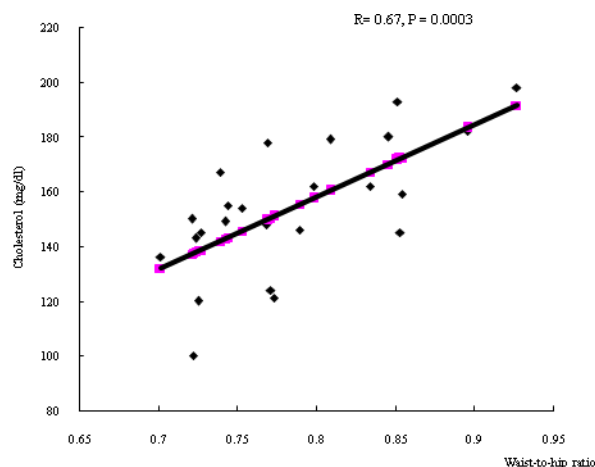
圖三顯示兩組在空腹下血液三酸甘油酯與膽固醇濃度之差異，已知血脂肪濃度異常為心血管疾病與腦血管疾病之危險指標。較肥胖的游泳校隊組，平均三酸甘油酯與膽固醇濃度，均較無運動習慣之非校隊組高。非校隊組三酸甘油酯濃度 82.7 ± 8.5 mg/dl；游

泳校隊組三酸甘油酯濃度 123 ± 27.8 mg/dl；非校隊組血膽固醇濃度 140 ± 5.6 mg/dl；游泳校隊組血膽固醇濃度 171 ± 6.4 mg/dl。圖四顯示血液膽固醇濃度與腰臀圍比之相關程度 ($r = 0.67, p < .05$)。本結果顯示血膽固醇濃度與腹腰部肥胖有關。



圖三 空腹血脂肪濃度 (Fasting blood lipid profile)

*代表該時間點兩組之血液血脂肪濃度具顯著差異 ($p < .05$)。

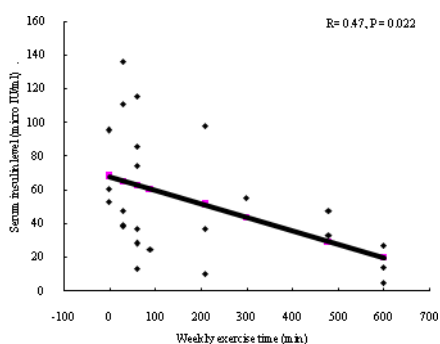


圖四 血液膽固醇濃度與腰臀圍比之相關 (Correlation between blood cholesterol level and waist-to-hip ratio)。本結果顯示血膽固醇濃度與腹腰部肥胖有關。

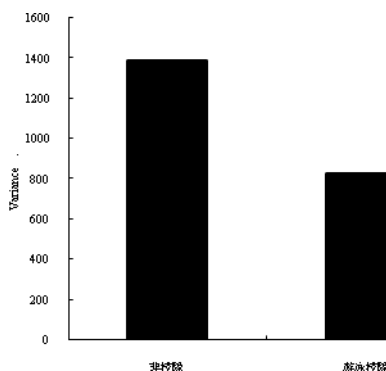
每週運動時間與胰島素濃度之關係

圖五 A 為所有受試者每週運動時間之總分鐘數，與葡萄糖耐受度試驗第 30、50、80 分鐘胰島素的濃度，兩者間的資料分佈圖 (scatter plot)。每週運動時間愈長者，胰島

素濃度似乎愈低，然而結果發現對於缺乏運動的非校隊組，其胰島素濃度的個別差異程度很大，圖五 B 顯示非校隊組的胰島素濃度之變異數較游泳校隊組高約 67%。



A



B

圖五 A 為 OGTT 時胰島素濃度與每週運動時間之相關 (Correlation between 30th min insulin level during OGTT and weekly exercise time)。本結果顯示規律運動使口服葡萄糖挑戰下之胰島素反應降低；B 為游泳校隊與非校隊分別在胰島素濃度之變異量。本結果顯示游泳訓練使胰島素之個別差異下降。

討論

在過去的研究發現肥胖為導致抗胰島素現象或胰島素敏感度下降的主要原因 (Birnbaum, 2001)。而缺乏運動為導致肥胖的主要因素之一 (Kopelman, 2000)。由於不同類型運動訓練對於身體組成的效應不同 (Vogel & Friedl, 1992; Flynn et al., 1990; Broeder et al., 1997)，其中特別以游泳選手之體脂肪比例偏高，因此我們更進一步觀察從事規律游泳訓練之游泳校隊之 BMI 與腰臀圍比與非運動員之差異，以及此差異與胰島素敏感度與葡萄糖耐受度之關連。本研究發現雖然游泳選手較非運動員肥胖，其 BMI 與腰臀圍比較高，其胰島素敏感度卻較非運動員佳。在面臨口服葡萄糖挑戰下，缺乏運動的非運動員相對於游泳選手，需要更高的胰島素濃度使葡萄糖正常吸收，顯示游泳選手全身胰島素敏感度較非運動員佳。本研究結果顯示規律游泳訓練使肌肉組織胰島素敏感度提高，顯然超過脂肪組織對胰島素效應的抑制效果。本研究的另外一個發現為血脂肪濃度與腹腰部的肥胖程度成正比，與胰島素敏感度無關。過去研究曾假設「抗胰島素現象 (insulin resistance)」，所造成的高胰島素濃度為造成血脂肪代謝異常的原因，顯然本研究結果並不支持這個假設。

過去的研究發現肥胖可使胰島素敏感度降低，而游泳選手雖較肥胖，其胰島素敏感度卻較缺乏運動者高，顯示游泳訓練對這些受試者提昇胰島素敏感度的效應與脂肪組織三酸甘油酯儲存量無關。由於在胰島素刺激下肌肉組織為身體最主要的醣類儲存位置，肌肉組織胰島素敏感度提高的效果可影響全身葡萄糖耐受度與胰島素敏感度。骨骼肌經

過游泳訓練，可能產生下列幾個結果對於改善肌肉本身的胰島素敏感度有正面效果：一、肌肉血流量增加。已知運動訓練可刺激骨骼肌微血管增生，在胰島素刺激下，供應肌肉的局部血流因此相對增加，進而提高肌肉葡萄糖與胰島素的供應量 (Rattigan, Clark, & Barrett, 1997)；二、肌肉 GLUT4 蛋白表現量增加。肌肉組織在口服葡萄糖後胰島素刺激下，肌肉細胞內的葡萄糖轉運體蛋白 GLUT4 可移送至細胞膜表面幫助葡萄糖的轉運。我們過去的研究發現游泳訓練可提高動物肌肉的 GLUT4 蛋白表現，使得肌肉肝醣儲存能力明顯提昇 (Kuo, Browning, & Ivy, 1999; Ivy et al., 1999)；三、胰島素訊息傳遞機轉的改善。最近的研究顯示運動訓練可使得肌肉細胞內的胰島素訊息傳遞途徑的幾個關鍵蛋白分子之活性增加，這些分子包括 IRS-1 (insulin receptor substrate-1)、IRS-2 (insulin receptor substrate-2) 與 PI3K (phosphatidylinositol 3-kinase) 等 (Zierath, 2002)。過去研究發現運動訓練對於以上這三種骨骼肌肉的內在改變，均可能解釋我們所觀察到的胰島素敏感度提昇效果。

除了流行病學的研究外 (Kopelman, 2000)，最近有不少研究結果證實脂肪組織對於全身血糖控制的影響。當脂肪組織儲存較多的三酸甘油酯時，可造成脂肪細胞內幾種負回饋訊息分子表現增加來抑制身體對胰島素的敏感度。這些分子包括 resistin、TNF- α 、FFA 等 (Birnbaum, 2001)。根據本研究的結果發現來顯然自脂肪組織的潛在干擾對於這些游泳選手並不足以使得運動訓練提高胰島素敏感度的效果受到影響。亦可能游泳訓練對於肌肉胰島素敏感度的提昇效果大於肥胖

的負面效果，最後仍使得這些游泳選手全身胰島素敏感度表現較好。

本研究並未發現血脂肪濃度與胰島素濃度的關連性。雖然過去一般假設抗胰島素現象為導致血脂肪代謝異常的導因 (Reaven, 1988; Kopelman, 2000; Facchini et al., 2001)，然而在活體上的研究證據仍然很缺乏。上述假設主要是基於胰島素敏感度多半與肥胖通常是伴隨發生的觀察結果。這個相關性在這一群年輕受試者身上卻無法直接驗證血脂肪代謝異常是由胰島素敏感度下降所導致的。本研究針對肥胖的游泳選手與體型正常但缺乏運動的非運動員比較，發現儘管游泳訓練使胰島素敏感度提高，血脂肪與肥胖兩者間仍具有高相關度 (Tanaka, Clevenger, Jones, Seals, & DeSouza, 1998)。顯然血脂肪代謝異常與肥胖有關，而在過去研究有關運動改善血脂代謝的結果可能侷限於那些可使體脂肪減少的運動訓練項目。

過去一般認為抗胰島素現象與高血脂症的發展與缺乏運動有關 (Kopelman, 2000)，且研究顯示運動訓練可以提昇胰島素敏感度與使血脂肪降低 (Ivy et al., 1999)。而本研究所突顯的是運動種類上的個別差異對於胰島素敏感度與血脂兩者影響的專一性。就針對血糖控制能力與胰島素敏感度的提昇，游泳訓練顯然是不錯的選擇，然而其肥胖效應對於血脂濃度似乎可能造成負面影響。游泳對於體脂肪的增加效應，在過去就已經被發表過 (Almeras et al., 1997; Tuuri, Loftin, & Oescher, 2002)，然而亦有研究呈現相反的研究結果，顯示游泳訓練可使體脂肪下降 (Vaccaro, Clarke, & Morris, 1980)。這些過去研究結果不一致的原因可能與全年訓練是否

有較長的休息期有關，例如選手幾乎全年訓練；而大學校隊其寒暑假幾乎停止訓練，而這些停止訓練期可能成為大學校隊脂肪儲存增加的機會。過去曾有文獻顯示，當運動員停止訓練兩星期內，身體 LPL (lipoprotein lipase) 活性在脂肪組織與肌肉組織的比值增加近 8 倍 (Simsolo, Ong, & Kern, 1993)。由於表現在組織微血管中的 LPL 決定血液中三酸甘油脂的水解，因此影響該組織對於脂肪的吸收量，運動員停止訓練期間飯後脂肪能源儲存的重新分配 (供應肌肉組織減少、供應脂肪組織增加)，造成脂肪囤積，可能為影響本研究觀察結果的原因之一。

結論

本研究發現大學游泳校隊相對於無運動習慣的大學生較傾向肥胖，然而這些運動員身體胰島素敏感度較高。此外，游泳校隊平均血液三酸甘油脂與膽固醇濃度較高，我們同時發現這些受試者血液膽固醇濃度與腰臀圍比值呈顯著正相關。這些研究結果顯示且游泳訓練雖對胰島素敏感度具改善效果，但它的肥胖效應對於血脂肪代謝可能造成不利影響。

引用文獻

- Almeras, N., Lemieux, S., Bouchard, C., & Tremblay, A. (1997). Fat gain in female swimmers. *Physiology & Behavior*, 61, 811-817.
- Birbaumer, M. J. (2001). Diabetes. Dialogue between muscle and fat. *Nature*, 409, 672-673.
- Broeder, C. E., Burrhus, K. A., Svanevik, L. S., Volpe, J., & Wilmore, J. H. (1997). Assessing body composition before and after resistance or

- endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 705-712.
- DeFronzo, R. A., Jacot, E., Jequier, E., Maeder, E., Wahren, J., & Felber, J. P. (1981). The effect of insulin on the disposal of intravenous glucose. Results from indirect calorimetry and hepatic and femoral venous catheterization. *Diabetes*, 30, 1000-1007.
- Facchini, F. S., Hua, N., Abbasi, F., & Reaven, G. M. (2001). Insulin resistance as a predictor of age-related diseases. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 86, 3574-3578.
- Flynn, M. G., Costill, D. L., Kirwan, J. P., Mitchell, J. B., Houmard, J. A., Fink, W. J., et al. (1990). Fat storage in athletes: metabolic and hormonal responses to swimming and running. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 433-440.
- Hou, C. W., Chou, S. W., Ho, H. Y., Lee, W. C., Lin, C. H., & Kuo, C. H. (2003). Effect of exercise training and growth hormone administration on glucose tolerance and muscle GLUT4 protein expression. *Journal of Biomedical Science*, 10(6), 689-696.
- Ivy, J. L., Zderic, T. W., & Fogt, D. L. (1999). Prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 27, 1-35.
- Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404, 635-643.
- Kuo, C. H., Browning, K. S., & Ivy, J. L. (1999). Regulation of GLUT4 protein expression and glycogen storage after prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 165, 193-201.
- Lavoie, J. M., & Montpetit, R. R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 3, 165-189.
- Lee, W. C., Chen, J. J., Hunt, D., Hou, C. W., Lai, Y. C., Lin, F. C., et al. (2004). Effects of hiking at altitude on body composition and insulin sensitivity in recovery drug addicts. *Preventive Medicine*, 39(4), 681-688.
- Rattigan, S., Clark, M. G., & Barrett, E. J. (1997). Hemodynamic actions of insulin in rat skeletal muscle: Evidence for capillary recruitment. *Diabetes*, 46, 1381-1388.
- Reaven, G. M. (1988). Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes*, 37(12), 1595-1607.
- Samaras, K., Kelly, P. J., Chiano, M. N., Spector, T. D., & Campbell, L. V. (1999). Genetic and environmental influences on total-body and central abdominal fat: the effect of physical activity in female twins. *Annals of Internal Medicine*, 130, 873-882.
- Simsolo, R. B., Ong, J. M., & Kern, P. A. (1993). The regulation of adipose tissue and muscle lipoprotein lipase in runners by detraining. *The Journal of Clinical Investigation*, 92, 2124-2130.
- Tanaka, H., Clevenger, C. M., Jones, P. P., Seals, D. R., & DeSouza, C. A. (1998). Influence of body fatness on the coronary risk profile of physically active postmenopausal women. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 47, 1112-1120.
- Tuuri, G., Loftin, M., & Oescher, J. (2002). Association of swim distance and age with body composition in adult female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 2110-2114.
- Tyndall, G. L., Kobe, R. W., & Houmard, J. A. (1996). Cortisol, testosterone, and insulin action during intense swimming training in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73, 61-65.
- Vaccaro, P., Clarke, D. H., & Morris, A. F. (1980). Physiological characteristics of young well-trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 44, 61-66.
- Vogel, J. A., & Friedl, K. E. (1992). Body fat assessment in women. Special considerations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 13, 245-269.
- Zierath, J. R. (2002). Invited review: Exercise training-induced changes in insulin signaling in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 93, 773-781.

Metabolic Fitness in Elite Swimmers

Tail, Shi-Lan^{*1} Huang, Wen-Chen¹ Chen, Shou-Hua² Liu, Te-Chi²
Kuo, Chia-Hua³

¹Department of Exercise Science, Taipei Physical Education College

²Department of Sport Science-Aquatic, Taipei Physical Education College

³Department of Exercise Biochemistry, Taipei Physical Education College

Abstract

Trained swimmer typically exhibits greater fatness during training period but exhibits significantly greater exercise time than average people. The purpose of the study was to determine the characteristic in glucose tolerance and insulin sensitivity in collegiate swimmers. The relationship between insulin sensitivity and blood lipid profile were also investigated. Nine collegiate swimmers (age 20.6 ± 0.53 yr) and sixteen sedentary college students (age 19.7 ± 0.11 yr) voluntarily participated in this study. Under fasted condition, oral glucose tolerance test (OGTT) and insulin response were measured at least 48 hours after the last bout of regular swimming training. The blood cholesterol and triglyceride were also determined. These swimmers displayed significant greater waist-to-hip ratio and BMI than those of sedentary students ($p < .05$), indicating a trend toward obesity. Regardless, glucose tolerance was not different between swimmers and sedentary students, but the insulin response during OGTT was significantly smaller in swimmers than that in sedentary students. In addition, blood cholesterol and triglyceride levels were significantly higher in swimmers than sedentary students. The current study demonstrated that swimming training could enhance insulin sensitivity but greater blood lipid levels appeared to be associated with greater fatness.

Key words: glucose tolerance, insulin, cholesterol, triglyceride