

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

咖啡因與碳水化合物增補對阻力運動後能量代謝與合成性荷爾蒙之影響

The Effects of Caffeine and Carbohydrate Supplement on Energy Metabolism and Anabolic Hormones after Resistance Exercise

計畫編號：NSC 96-2413-H-034 -002 -

執行期間：96年08月01日至97年07月31日

計畫主持人：林正常

一、中文摘要

背景：本研究的目的是在探討運動前攝取咖啡因與碳水化合物對阻力運動後能量代謝與合成性荷爾蒙反應的影響。**方法：**本研究的受試者為10名有規律阻力運動習慣的男性大學生。所有受試者在實驗前接受最大肌力(1RM)測驗後，以平衡次序分配進行攝取咖啡因(CAF; 6mg/kg)、碳水化合物(CHO; 1g/kg)、咖啡因+碳水化合物(CHO+CAF; 1g+6mg/kg)與安慰劑(CON)等4次實驗，每次實驗間隔7天，受試者在阻力運動開始前1小時攝取增補劑，隨後進行阻力運動(3組; 75%1RM強度進行10次反覆; 8個動作; 每組休息時間為5分鐘)。在運動前1小時(pre-60)、運動前立即(pre-exe)與運動後0、15、30分鐘(P0、P15、P30)抽取血液。本研究以相依樣本二因子(實驗處理×時間)變異數分析(ANOVA)檢定內分泌反應(睪固酮、生長激素、皮質固醇、胰島素)與能量代謝指標(血糖、血乳酸、游離脂肪酸)在不同實驗處理下是否有顯著差異。**結果：**數據分析後發現CHO在阻力運動後生長激素(P0)與胰島素(P0、P15)的濃度顯著提升，睪固酮(P0、P15、P30)和皮質固醇的濃度(P0、P15)顯著降低($p < .05$)，CAF在阻力運動後生長激素的濃度(P0、P15、P30)顯著降低($p < .05$)，CHO+CAF顯著提升阻力運動後胰島素濃度(P0)，降低睪固酮濃度(P0、P15、P30)($p < .05$)。**結論：**1.阻力運動前攝取葡萄糖提升運動後生長激素與胰島素的反應，降低血液中睪固酮濃度，並且抑制皮質固醇的分泌。2.攝取咖啡因降低運動後生長激素的反應，但對胰島素、睪固酮與皮質固醇沒有顯著影響。3.同時攝取咖啡因與葡萄糖提升運動後胰島素的反應與降低血液中睪固酮濃度，但對生長激素與皮質固醇並沒有顯著影響。因此，咖啡因的攝取可能會降低葡萄糖對阻力運動後同化性荷爾蒙分泌環境的影響。

關鍵詞：咖啡因、碳水化合物、阻力運動、合成性荷爾蒙

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of caffeine and carbohydrate intake on substrate metabolism and acute hormonal responses to a single bout of resistance exercise (RE). **Methods:** Ten university male students regularly perform RE participated in this study. All subjects performed 1RM test, then performed four treatments: caffeine (CAF, 6mg/kg), carbohydrate (CHO, 1g/kg), carbohydrate + caffeine (CHO+CAF, 1g+6mg/kg) and control (CON) in counter balance order. All subjects ingested supplement 1 hour prior RE, then, the subjects performed RE (eight exercises, 3 sets of 10 repetitions at 75% of 1RM). Blood samples collected prior supplement intake (pre-60), immediately prior RE (pre-exe), and 0, 15, 30 min after RE (P0, P15, P30) for analysis of testosterone, cortisol, growth hormone, insulin, glucose, free fatty acid and lactic acid. Each experiment separated by 7 days. In this study, statistical analysis of a two-way analysis of variance (treatment by time) with repeated measures was applied. **Results:** After RE, CHO's response of GH (P0) and insulin (P0, P15) were significantly higher than CON, the response of testosterone (P0, P15, P30) and cortisol (P0, P15) were significantly lower than CON ($p < .05$). CAF's response of GH (P0, P15, P30) was significantly lower than CON ($p < .05$). CHO+CAF's response of insulin (P0) was significantly higher than CON, the response of testosterone (P0,

P15, P30) was significantly lower than CON ($p < .05$). **Conclusion:** The results of this study indicated that intake glucose prior RE increased the response of GH and insulin, decreased the concentration of testosterone and cortisol. Moreover, intake caffeine prior RE inhibited the response of GH. Intake glucose and caffeine prior RE raised the response of insulin and decreased the concentration of testosterone, but there were no significant effects on GH and cortisol.

Key words: caffeine, carbohydrate, resistance exercise, anabolic hormone

二、緣由與目的

阻力運動(resistance exercise)是運動員訓練計畫中的重要組成，也是身體活動愛好者普遍參與的運動項目。阻力訓練的目標在於增加肌肉纖維的橫斷面積(cross-session area)、肌肉力量(strength)、肌耐力(muscle endurance)與爆發力(power)的水準(ACSM, 2002)。阻力運動會刺激蛋白質的合成，而阻力運動後體內蛋白質的平衡受到血液中同化性荷爾蒙(anabolic hormones)濃度的影響(Hulmi, Volek, Harri, & Antti, 2005)。血液循環中荷爾蒙濃度在能量代謝的調節扮演重要的角色。因此，營養的攝取對阻力運動所引起的內分泌反應會產生顯著的影響(Volek, 2000)。目前，許多研究皆針對立即或長期的營養介入對於阻力運動後蛋白質平衡、肝醣分解及荷爾蒙反應的影響進行探討(Volek, 2004)。運動期間的營養攝取會影響血液循環中能量受質(substrate)的濃度，進而改變阻力運動後同化性荷爾蒙的反應。Chandler, Byrne, Paterson, 與 Ivy (1994)指出阻力運動後立即與運動後2小時增補碳水化合物提升血糖的水準，並且顯著增加胰島素(insulin)與生長激素(growth hormone)的分泌，但睪固酮(testosterone)的濃度卻顯著低於安慰劑組。胰島素濃度的增加理論上可以增加肝醣合成、脂肪的儲存、增加細胞對葡萄糖的攝入而降低血糖水準並增加細胞攝入胺基酸(amino acid)，進而增加蛋白質的合成並且抑制蛋白質的分解(Kraemer, 1992)。Roy, Tarnopolsky, Macdougall, Fowles, 與 Yarasheski (1997)的研究指出運動後立即與運動後1小時增補每公斤體重1g的碳水化合物可以顯著減少尿液中三甲基組胺酸(3-methylhistidine)與尿氮(urea nitrogen)的濃度，意指碳水化合物的攝取可以降低阻力運動後肌肉蛋白的降解(degradation)，同時，此研究也發現增補碳水化合物可以促進蛋白質的合成。Kraemer, Volek, Bush, Putukian, 與 Sebastianelli (1998)的研究指出運動前與運動後立即增補碳水化合物與蛋白質可以顯著增加血液中胰島素、生長激素與睪固酮的濃度，但部分研究指出單獨增補碳水化合物所引起的胰島素濃度增加似乎對血液中睪固酮的濃度沒有影響(Ebeling, Stenman, Seppala, & Koivisto, 1995; Pasquali 等, 1997)。然而，大多數的研究皆發現在攝取碳水化合物後引起的胰島素反應似乎有利於生長激素的分泌並且抑制皮質固醇(cortisol)的分泌。因此，理論上碳水化合物增補所引起的胰島素濃度上升似乎可以使體內的蛋白質趨向合成，進而增加肌肉質量(muscle mass)與阻力訓練的效果(Haff, Lehmkuhl, McCoy, & Stone, 2003)。然而，目前的研究對運動

前攝取碳水化合物、胰島素與同化性荷爾蒙之間交互作用的研究還不多。因此，還需更進一步的研究證實運動前攝取碳水化合物是否有利於運動後蛋白質合成環境的影響。

咖啡因 (caffeine) 攝取在人类的日常飲食中十分常見，普遍存在於咖啡、茶、巧克力與可可等日常飲食當中，在耐力性運動中，咖啡因的增補效果 (ergogenic effect) 也被許多研究所證實，在運動前與運動中攝取咖啡因被認為有延長運動衰竭時間與延緩疲勞的效果 (Graham, 2001)。咖啡因能刺激中樞神經系統 (central nervous system) 促進兒茶酚胺 (catecholamine) 的分泌，進而刺激肝臟與肌肉肝醣 (muscle glycogen) 分解釋放葡萄糖至血液當中，並且促進脂肪組織釋放游離脂肪酸 (free fatty acid) 與甘油 (glycerol)，兒茶酚胺的釋放同時會抑制胰島素的分泌 (Van Handel, 1983)。此外，咖啡因會促進鈣離子 (Ca^{2+}) 由肌漿網中釋放，促使肌肉細胞內鈣離子的活性增加，提升肌肉收縮的張力，研究亦指出自行車運動前攝取咖啡因可以顯著降低運動中大腿肌肉的疼痛感 (muscle pain) (Motl, O'connor, Tubandt, Puetz, & Ely, 2006)。因此，咖啡因的攝取可能有助於提升阻力運動中的表現並且降低疲勞的感覺。然而，許多研究 (Nakagawa 等, 2002; Van Loon 等, 2003; Van Dam 等, 2000; Kok 等, 2004) 皆指出血液中葡萄糖與游離脂肪酸的濃度增加可能會抑制生長激素的分泌。Alvarez 等 (1991) 的研究證實血液循環中游離脂肪酸的立即增加會直接抑制腦下垂體前葉分泌生長激素。Goto, Higashiyama, Ishii, 與 Takamatsu (2004) 的研究亦指出阻力運動前血液中高濃度的游離脂肪酸會顯著降低阻力運動後生長激素的反應。此外，有研究發現高濃度的游離脂肪酸會抑制睪固酮的分泌 (Meikle, Benson, Liu, Boam, & Stringham, 1989)。因此，運動前攝取含有咖啡因的飲食是否會對阻力運動後同化性荷爾蒙的反應產生不利的影響值得關注。碳水化合物與咖啡因是人类飲食中常見的成分。然而，目前對於碳水化合物與咖啡因的增補對阻力運動後同化性荷爾蒙與能量代謝的了解十分有限。因此，本研究的目的希望能夠了解在進行阻力運動前攝取咖啡因與碳水化合物對運動後恢復期能量代謝與肌肉蛋白合成環境的影響，進而對運動員與健身運動的參與者提供建議來促進運動表現與肌肉生長的效果。

三、研究方法

(一) 受試對象

本研究以 10 名台灣師範大學男性體育系大學生為受試對象，每名受試者每週至少參與兩次阻力運動達三個月以上。

(二) 實驗設計

本研究的 10 名受試者以對抗平衡次序 (counter balance order) 的分配方式進行咖啡因攝取 (CAF)、碳水化合物攝取 (CHO)、咖啡因+碳水化合物 (CHO+CAF) 攝取與安慰劑攝取 (CON) 等 4 次實驗處理，每次實驗的間隔為 7 天，每位受試者於實驗當天早晨 6 點 30 分到達實驗室食用研究者所準備的早餐，安靜休息三小時後，在阻力運動開始前 60 分鐘攝取增補劑，隨後完成本實驗所設計的阻力運動課表，在攝取增補劑前 (pre-60)、運動前立即 (pre-exe) 與運動後恢復期的第 0、15、30 分鐘 (P0、P0、P30) 抽取靜脈血，探討阻力運動前攝取增補劑對阻力運動後血液中的相關同化性荷爾蒙與能量代謝的影響。

(三) 實驗方法

1. 最大肌力 (1RM) 測驗

本研究的最大肌力測驗方式採用 Essentials of Strength Training and Conditioning (Baechle & Earle, 2000) 書中所建議的測驗方法。

2. 增補劑調配與攝取

本研究中 CAF 的受試者在運動前 60 分鐘攝取每公斤

體重 6 mg 的咖啡因 (Sigma, USA)；CHO 的受試者在運動前 60 分鐘每公斤體重 1 g 的葡萄糖 (Sigma, USA)；CHO + CAF 的受試者的受試者在運動前 60 分鐘攝取每公斤體重 6 mg 的咖啡因 + 每公斤體重 1 g 的葡萄糖；CON 除白開水外並無攝取任何食品，本研究中咖啡因皆放入膠囊中給予受試者服用，在本研究實驗期間受試者可充分飲水，並沒有限制。

3. 飲食控制

- (1) 為確保血液分析結果之準確性，受試者進行每次實驗時必須在前一天晚餐 (PM 7:30) 後禁食隔夜空腹。此外，在抽血前 3 天不得從事激烈的身體活動或飲用含酒精與咖啡因之飲料。
- (2) 受試者早餐的成分與限制：受試者起床後保持空腹狀態，並於 AM 6:30 抵達實驗室，攝取固定品牌的吐司 (每 100 公克的營養成分：碳水化合物 52 g；脂肪 10 g；蛋白質 12 g)，白吐司的熱量為每 100 公克 348 大卡 (kcal)，受試者早餐的攝取份量為每公斤體重 0.5 g。

4. 血液生化分析檢測

- (1) 採血流程：本研究於攝取增補劑 (運動前 60 分鐘)、阻力運動前立即和阻力運動後第 0、15、30 分鐘時，聘請領有證照之護士抽取受試者手臂之橈骨靜脈血 10 ml。
- (2) 血液處理：取得血液後，先將血液分裝至血清真空採血管 (8 ml) 與血糖真空採血管 (2 ml)，血糖於實驗結束立即檢驗，而血清真空採血管則在抽血後立即離心處理 20 分鐘後，分裝至離心管中，再放入零下 67°C 冰箱保存，至實驗結束後，將所有血清樣本統一分析，檢測項目分別為血清游離脂肪酸、血漿葡萄糖、血清乳酸、胰島素、睪固酮、生長激素和皮質固醇。

(四) 資料處理與統計分析

本研究以相依樣本二因子 (實驗處理×時間) 變異數分析 (ANOVA) 檢定內分泌的反應 (胰島素、睪固酮、生長激素、皮質固醇) 與能量代謝指標 (血糖、血乳酸、血中游離脂肪酸) 在不同實驗處理後是否有顯著差異，若交互作用達顯著差異，則進一步考驗單純主要效果，並以 LSD 法進行事後考驗，本研究中，皆以 $\alpha = .05$ 為顯著水準。

四、結果與討論

(一) 受試者資料

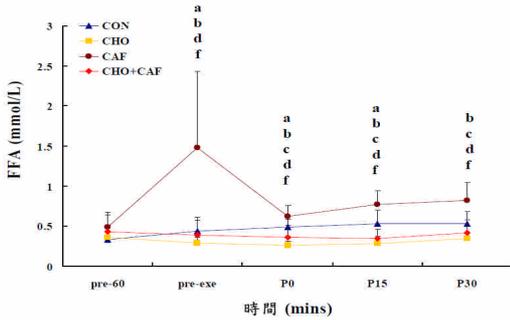
本研究 10 名受試者皆為大學體育學系之男性學生，受試者各項基本資料如下表所示：

項目	平均	標準差
年齡(years)	21.5	1.4
身高(cm)	174.6	4.6
體重(kg)	73.5	8.5
體脂肪百分比(%)	15.9	3.5

(二) 不同實驗處理在不同時間點血液分析之濃度變化

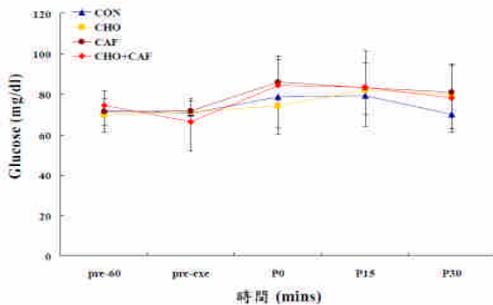
本研究的數據分析後發現在阻力運動前後 (pre-exe、P0、P15 與 P30) CAF 的血清游離脂肪酸濃度顯著高於 CON、CHO 與 CHO+CAF ($p < .05$)。而 CHO 則在阻力運動前後 (pre-exe、P0 與 P15) 顯著低於 CON ($p < .05$)。此外，在阻力運動後 (P0、P15 與 P30) CHO+CAF 顯著低於 CON ($p < .05$) (圖一)。從本研究的結果發現攝取咖啡因會顯著提升阻力運動前後的血清游離脂肪酸濃度。然而，攝取含有葡萄糖的實驗處理 (CHO 與 CHO+CAF) 在阻力運動前後的游離脂肪酸濃度卻顯著低於 CON。攝取葡萄糖會刺激胰島素的分泌，而血液中胰島素濃度上升會增加組織細胞對能量受質 (葡萄糖、胺基酸、游離脂肪酸) 的攝入，並抑制荷爾蒙敏感性脂肪酶的分泌，降低脂肪組織三酸甘油脂的解脂作用 (Williams, 2005)。因此，攝取含葡萄糖的飲食可能增加細胞對游離脂肪酸的攝入，並減少脂肪組織釋放游

離脂肪酸，而降低血液中游離脂肪酸的濃度。而本研究中 CHO+CAF 雖然也有攝取咖啡因，但是由於血液中的胰島素反應並沒有受到抑制，因此，反而導致游離脂肪酸濃度下降。



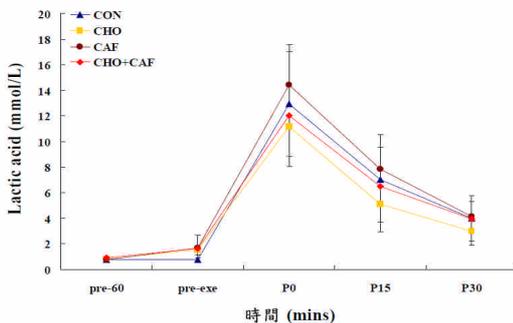
圖一 血清游離脂肪酸濃度變化

本研究的數據分析發現各實驗處理在阻力運動前後各時間點血漿葡萄糖濃度皆無顯著差異 ($p > .05$)，但 CHO 與 CAF 在時間因子方面則有顯著差異 ($p < .05$) (圖二)。先前的研究發現葡萄糖的攝取可以在 15 分鐘內顯著提高血糖濃度，然而，高血糖會刺激胰島素分泌導致血糖濃度下降 (Stephen 等, 2006)。本研究在 CHO 與 CHO+CAF 攝取葡萄糖後 1 小時抽血分析發現血糖濃度並無顯著變化，但 2 組血液中胰島素濃度皆顯著高於 CON。本研究的結果雖與過去的研究有所差異 (Haff 等, 1999; Haff 等, 2000; Haff 等, 2001)，但這可能與本研究葡萄糖攝取與抽血的時間點間隔太長(60 分鐘)有關。



圖二 血漿葡萄糖濃度變化

本研究的數據分析後發現各實驗處理在阻力運動前後各個時間點之血清乳酸濃度皆無顯著差異 ($p > .05$)，但在時間因子方面則有顯著差異 ($p < .05$) (圖三)。

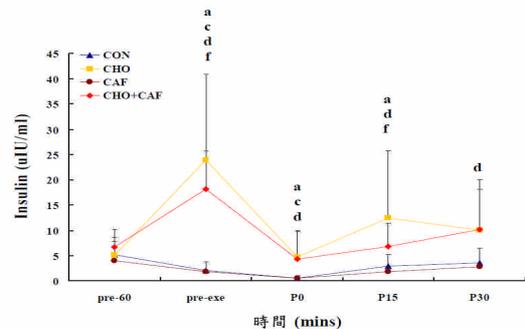


圖三 血清乳酸濃度變化

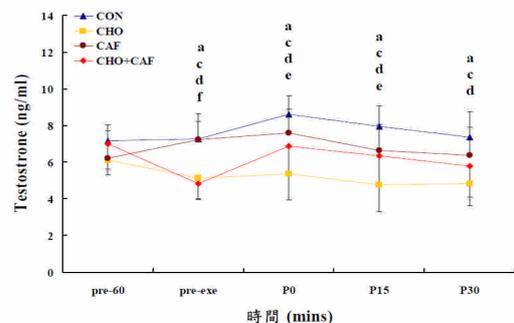
本研究在阻力運動前一小時讓受試者分別攝取葡萄糖、咖啡因與葡萄糖+咖啡因，研究數據分析後發現 CHO 在 pre-exe、P0 與 P15 等時間點，血清胰島素的濃度皆顯著高於 CON ($p < .05$)，而 CHO+CAF 在 pre-exe 和 P0 與 CON 亦有顯著差異 ($P < .05$) (圖四)，因此，本研究發現攝取含有葡萄糖的實驗處理 (CHO 與 CHO+CAF) 在阻力運動前後的血清胰島素濃度皆顯著增加。過去的研究指出咖啡因的攝取會顯著提升血液中兒茶酚胺的濃度，因而抑制胰島素的分泌 (Van Handel, 1983; Greer, 1998)。從本研究結果發現 CAF 在攝取咖啡因後的胰島素濃度雖然顯著低於安靜休息值 (pre-60) ($p < .05$)，但與 CON 之間並沒有顯著差異 (p

$> .05$)。此外，同時攝取咖啡因與葡萄糖並不會顯著抑制胰島素的分泌，反而在阻力運動前後 (pre-exe 和 P0) 顯著增加。因此，咖啡因的攝取似乎並不會顯著降低葡萄糖攝取對胰島素濃度提升的效果，這樣的結果與 Wells 等 (1985) 的研究指出碳水化合物搭配咖啡因的攝取可能會抵消咖啡因在能量代謝上的增補效果相同。

本研究的數據分析後發現 CHO 與 CON 和 CHO+CAF 與 CON 的血清睪固酮濃度在時間點 pre-exe、P0、P15 與 P30 有顯著差異 ($p < .05$)，而 CAF 與 CON 在阻力運動前後皆無顯著差異 ($p > .05$)。此外，CHO 在阻力運動前後 (pre-exe、P0、P15 與 P30) 的血清睪固酮濃度皆顯著低於安靜休息值 (pre-60) ($p < .05$)，而 CHO+CAF 僅在運動前 (pre-exe) 顯著低於安靜休息值，而 CAF 與 CON 則與過去的研究結果相似，在阻力運動後 (P0) 顯著提升 ($p < .05$) (圖五)，隨後下降。因此，由本研究的結果可以發現攝取含有葡萄糖之實驗處理 (CHO 與 CHO+CAF) 的確會導致阻力運動前後血清睪固酮濃度的顯著下降，先前研究結果認為碳水化合物攝取會導致阻力運動後血液中胰島素與睪固酮濃度呈現負相關 (Bloomer 等, 2000; Volek 等, 2001; Stephen 等, 2006)，而本研究也發現類似的結果。然而，在阻力運動後 (P0 與 P15) CHO 的血清睪固酮濃度又顯著低於 CHO+CAF ($p < .05$)。因此，CHO 比起 CHO+CAF 似乎更可以在阻力運動後增加肌肉細胞對睪固酮的攝入，進而促進蛋白質的合成。先前雖然有研究發現高濃度的游離脂肪酸會抑制睪固酮的分泌 (Meikle 等, 1989)，但是根據過去的動物研究發現老鼠攝取每公斤體重 30 與 60 mg 的咖啡因會顯著增加血液中睪固酮的濃度 (Pollard, 1989)。然而，本研究發現單獨攝取咖啡因雖然顯著提升血液中游離脂肪酸濃度，可是對阻力運動後恢復期血液中睪固酮的濃度並沒有顯著影響。因此，同時攝取葡萄糖與咖啡因為何會降低肌肉細胞對睪固酮的攝入，是否咖啡因的攝取會降低阻力運動後肌肉組織內雄性荷爾蒙接受器的數量或活性，導致肌肉細胞對睪固酮的攝入減少，未來可能還需要更多進一步的研究來證實相關的機制。



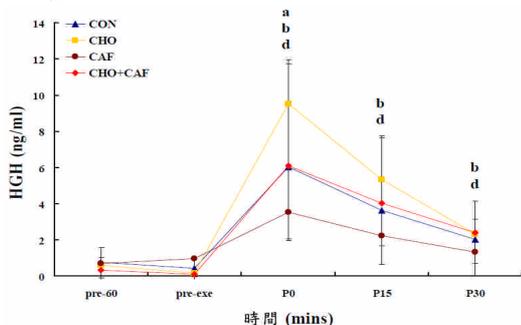
圖四 血清胰島素濃度之變化



圖五 血清睪固酮濃度之變化

本研究的數據分析後發現在阻力運動後恢復期 (P0 與 P15) CON、CHO、CAF 與 CHO+CAF 的血清生長激素濃度皆顯著高於安靜休息值 (pre-60) ($p < .05$)。然而，CHO 在時間點 P0 的血清生長激素濃度顯著高於 CON ($p < .05$)，而 CAF 在時間點 P0、P15 與 P30 時則顯著低於 CON ($p < .05$)

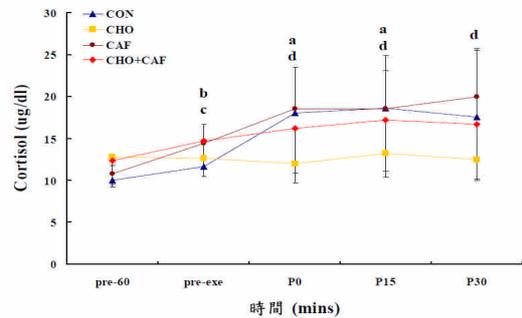
(圖六)。因此，本研究的結果指出在阻力運動前攝取葡萄糖會使血糖上升，導致阻力運動前後 (pre-exe、P0 與 P15) 血液中胰島素濃度顯著增加，的確有利於阻力運動後恢復期生長激素的分泌。此外，本研究亦發現在阻力運動前攝取咖啡因，會導致阻力運動前後 (pre-exe、P0、P15 與 P30) 血液中游離脂肪酸濃度的顯著高於其它各組，並且導致阻力運動後恢復期 (P0、P15 與 P30) 生長激素的濃度顯著低於 CON。過去的動物實驗指出讓老鼠攝取每公斤體重 30 與 50 mg 的咖啡因會促使下視丘釋放生長激素抑制素抑制生長激素的分泌 (Spindel, Arnold, Cusack, & Wurtman, 1980)。此外，先前的研究指出當血液中游離脂肪酸濃度下降時，可以促進生長激素的分泌進而增加脂肪組織的解脂作用，提升血液中游離脂肪酸的濃度，然而，血液中游離脂肪酸濃度過高也會對下視丘產生負回饋，抑制促生長激素釋放激素 (GHRH) 的分泌，因而導致腦下垂體前葉降低生長激素的釋放 (Lanzi, 1999)。Goto 等 (2004) 的研究亦指出阻力運動前血液中高濃度的游離脂肪酸會顯著降低阻力運動後生長激素的反應。而本研究亦認為攝取咖啡因導致游離脂肪酸濃度的立即提升 (0.5 ± 0.2 mmol/L 至 1.5 ± 1.0 mmol/L) 的確不利於阻力運動後恢復期生長激素的釋放，而 CHO 在運動前攝取葡萄糖導致游離脂肪酸濃度的立即下降則有利於運動後生長激素的分泌。然而，長期攝取咖啡因是否會降低阻力訓練的訓練效果則有待研究進一步證實。此外，本研究的結果發現 CHO+CAF 在阻力運動前後 (pre-exe 與 P0) 的胰島素濃度雖然顯著高於 CON，但是生長激素的濃度與 CON 卻沒有顯著差異。此外，CHO+CAF 在阻力運動前後血液中游離脂肪酸濃度並無顯著提升，反而在時間點 P0、P15 與 P30 時顯著低於 CON。因此，本研究的結果發現儘管攝取咖啡因不利於阻力運動後生長激素的釋放。然而，同時攝取咖啡因與葡萄糖雖然顯著增加胰島素濃度並且降低游離脂肪酸濃度，但生長激素的濃度與控制處理並無顯著差異。所以似乎還有其它因素會顯著影響阻力運動後生長激素的反應，未來仍需更多進一步的研究來證實。



圖六 血清生長激素濃度變化

本研究的數據分析後發現 CAF 與 CON 在阻力運動後恢復期 (P0、P15、P30) 的血清皮質固醇濃度皆顯著高於運動前安靜休息值 (pre-60) ($p < .05$)，而 CHO 與 CHO+CAF 在阻力運動後的濃度則與安靜休息值沒有顯著差異 ($p > .05$)，在阻力運動前 (pre-exe) CAF 與 CHO+CAF 的血清皮質固醇濃度皆顯著高於 CON ($p < .05$)，而在阻力運動後恢復期 (P0 與 P15) CHO 顯著低於 CON ($p < .05$)，但 CAF 組和 CHO+CAF 與 CON 則無顯著差異 ($p > .05$) (圖七)。因此，本研究的結果發現在阻力運動前攝取含有葡萄糖的實驗處理 (CHO 與 CHO+CAF) 的確可以緩和阻力運動後皮質固醇的反應。然而，雖然在阻力運動前後 CHO 與 CHO+CAF 的胰島素濃度皆顯著上升，但是僅有 CHO 在阻力運動後皮質固醇的反應顯著低於 CON。此外，本研究發現攝取咖啡因並不會促進或抑制阻力運動後恢復期皮質固醇的反應。Lovallo 等 (2006) 的研究指出攝取咖啡因可以

顯著提高安靜休息時血液中皮質固醇濃度，而研究者認為這與咖啡因會刺激中樞神經系統興奮有關。因此，本研究的結果與先前的研究結果相似。在阻力運動前攝取含有咖啡因的實驗處理 (CAF 與 CHO+CAF) 的確會顯著提高運動前安靜休息時血液中皮質固醇的濃度，但是在阻力運動後則無顯著差異。此外，雖然在阻力運動前攝取葡萄糖可以有效降低運動後皮質固醇的反應。然而，若同時攝取咖啡因與葡萄糖則會抵消葡萄糖增補效果。



圖七 血清皮質固醇濃度變化

- a 代表 CHO 與 CON 之間有顯著差異 ($p < .05$)
- b 代表 CAF 與 CON 之間有顯著差異 ($p < .05$)
- c 代表 CHO+CAF 與 CON 之間有顯著差異 ($p < .05$)
- d 代表 CHO 與 CAF 之間有顯著差異 ($p < .05$)
- e 代表 CHO+CAF 與 CHO 之間有顯著差異 ($p < .05$)
- f 代表 CHO+CAF 與 CAF 之間有顯著差異 ($p < .05$)

五、計畫成果自評

- (一) 本研究發現在阻力運動前攝取咖啡因會顯著提升運動前後血液中游離脂肪酸的濃度，而攝取葡萄糖則會顯著降低運動前後血液中游離脂肪酸的濃度。
- (二) 本研究發現在阻力運動前攝取葡萄糖有利於阻力運動後蛋白質合成的環境。而在阻力運動前攝取咖啡因則會顯著降低阻力運動後生長激素的反應，此外，在阻力運動前同時攝取咖啡因與葡萄糖，咖啡因的攝取可能會抵消葡萄糖攝取對阻力運動後同化性荷爾蒙分泌環境所產生的增進效果。
- (三) 本研究結果發現單一次阻力運動前攝取咖啡因可能會抑制運動後立即的生長激素的反應。因此，建議可以針對長期攝取是否會影響阻力訓練的效果作進一步的研究。
- (四) 過去的研究指出血液中高濃度的游離脂肪酸可能降低生長激素的反應，而本研究也發現相同的結果。因此，建議未來的研究可進一步分析促進或抑制生長激素分泌的 (促生長激素釋放激素與生長激素抑制素) 的相關荷爾蒙以便能夠更詳細的解釋咖啡因攝取對生長激素抑制的機轉。

六、參考文獻

- American College of Sports Medicine. (2002). Position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364-80.
- Bloomer, R. J., Sforzo, G. A., & Keller, B. A. (2000). Effects of mealform and composition on plasma testosterone, cortisol, and insulin following resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition*, 10, 415-424.
- Ebeling, P., Stenman, U. H., Seppala, M., & Koivisto, V. A. (1995). Cute hyperinsulinemia, androgen homeostasis and insulin sensitivity in healthy man. *Journal of Endocrinology*, 146, 63-69.
- Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N., & Takamatsu, K. (2005). Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 333-338.

- Graham, T. E., Helge, J. W., MacLean, D. A., Kiens, B., & Richter, E. A. (2000). Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. *The Journal of Physiology*, 529, 837-847.
- Greer, F., Friars, D., & Graham, T. E. (2000). Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1837-1844.
- Haff, G. G., Koch, A. J., Potteiger, J. A., Kuphal, K. E., Magee, L. M., Green, S. B., & Jakicic, J. J. (2000). Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition*, 10, 326-339.
- Haff, G. G., Schroeder, C. A., Koch, A. J., Kuphal, K. E., Comeau, M. J., & Potteiger, J. A. (2001). The effects of supplemental carbohydrate ingestion on intermittent isokinetic leg exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 216-222.
- Haff, G. G., Lehmkuhl, M. J., McCoy, L. B., & Stone, M. H. (2003). Carbohydrate supplementation and resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 187-196.
- Hulmi, J. J., Volek, J. S., Harri, S., & Antti, A. M. (2005). Protein ingestion prior to strength exercise affects blood hormones and metabolism. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1990-1997.
- Koch, A. J., Potteiger, J. A., Chan, M. A., Benedict, S. H., & Frey, B. B. (2001). Minimal influence of carbohydrate ingestion on the immune response following acute resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition*, 11, 149-161.
- Kraemer, W. J. (1992). Hormonal mechanisms related to the expression of muscular strength and power. In: *Strength and Power in Sport*. P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific.
- Kraemer, W. J., Volek, J. S., Bush, J. A., Putukian, M., & Sebastianelli, W.J. (1998). Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1544-1555.
- Kok, P., Buijs, M. M., Kok, S. W., Van Ierssel, I. H., Frolich, M., Roelfsema, F., Voshol, P. J., Meinders, A. E., & Pijl, H. (2004). Acipimox enhances spontaneous growth hormone secretion in obese women. *American Journal of Physiology*, 286, R693-R698.
- Lanzi, R., Losa, M., Mignogna, G., Caumo, A., & Pontiroli, A. E. (1999). The control on growth hormone release by free fatty acids is maintained in acromegaly. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 84, 1234-1238.
- Lovallo, W. R., Farag, N. H., Vincent, A. S., Thomas, T.L., & Wilson, M. F. (2006). Cortisol responses to mental stress, exercise, and meals following caffeine intake in
- Meikle, A. W., Benson, S. J., Liu, X. H., Boam, W. D., & Stringham, J. D. (1989). Nonesterified fatty acids modulate steroidogenesis in mouse Leydig cells. *American Journal of Physiology*, 257, E937-E942.
- Motl, R. W., O'connor, P. J., Tubandt, L., Puetz, T., & Ely, M. R. (2006). Effects of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 598-604.
- Nakagawa, E., Nagaya, N., Okumura, H., Enomoto, M., Oya, H., Ono, F. et al. (2002). Hyperglycaemia suppresses the secretion of ghrelin, a novel growth-hormone releasing peptide: responses to the intravenous and oral administration of glucose. *Clinical Sciences*, 103, 325-328.
- Pollard, I. (1989). Increases in plasma concentrations of steroids in the rat after the administration of caffeine: comparison with plasma disposition of caffeine. *The Journal of Endocrinology*, 119, 275-280.
- Roy, B. D., Tarnopolsky, M. A., Macdougall, J. D., Fowles, J., & Yarasheski, K. E. (1997). Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 82, 1882-1888.
- Stephen, P. B., Tarpenning, K. M., Marino, F. E. (2006). Effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on acute hormonal response during a single bout of resistance exercise in untrained men. *Nutrition*, 22, 367-375.
- Van Dam, P. S., Smid, H. E., de Vries, W. R., Niesink, M., Bolscher, E., Waasdorp, E. J., Dieguez, C., Casanueva, F. F., & Koppeschaar, H. P. (2000). Reduction of free fatty acids by acipimox enhances the growth hormone (GH) responses to GH-releasing peptide 2 in elderly men. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 85, 4706-4711.
- Van Loon, L. J. C., Saris, W. H. M., Kruijshoop, M., & Wagenmakers, J. M. (2000a). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 106-111.
- Van Loon, L. J. C., Saris, W. H. M., Verhagen, H., & Wagenmakers, J. M. (2000b). Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 96-105.
- Van Loon, L. J. C., Kruijshoop, M., Menheere, P. P., Wagenmakers, J. M., Saris, W. H. M., & Keizer, H. A. (2003). Amino acid ingestion strongly enhances insulin secretion in patients with long-term type2 diabetes. *Diabetes Care*, 26, 625-630.
- Volek, J. S. (2000). General nutritional considerations for strength athletes. *Nutrition and the Strength Athlete*, C. Jackson (Ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, pp: 31-51.
- Volek, J. S. (2004). Influence of nutrition on responses to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 689-696.
- Wells, C. L., Schrader, T. A., & Stern, J. R., et al. (1985). Physiological responses to a 20-mile run under three fluid replacement treatments. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 364-369.
- Williams, M. W. (2005). *Nutrition for Health, Fitness, & Sport*. New York: McGraw Hill.