國立台灣師範大學 運動科學研究所

碩士學位論文

咖啡因對於分次短時間運動能量代謝之影響

研 究 生：董向儀

指導教授：謝伸裕

中華民國一〇二年六月

中華民國 臺北市

咖啡因對於分次短時間運動能量代謝之影響

2013 年 6 月　　研 究 生：董向儀
指導教授：謝伸裕

摘　要

過去文獻指出分次短時間運動在總能量消耗上明顯高出於單次長時間運動，目前咖啡因對於分次短時間運動的能量代謝是否有正面的效益尚未明確。**目的：**探討咖啡因增補對於分次短時間運動能量代謝的影響。**方法**：招募 12 名大學一般健康男性，採雙盲設計，以平衡次序方式進行安慰劑或 5mg/kg 咖啡因增補。以 80% 最大攝氧量的強度在跑步機進行 3 次短時間運動（3 次 10 分鐘,每次間隔 20 分鐘），收集其攝氧量、能量消耗及呼吸交換率直到安靜狀態。以重複量數和二因子變異數分析考驗兩者之間的差異，顯著水準為 α = .05。**結果：**在總攝氧量方面，咖啡因為 114.0 ±16.4 L 顯著地高於於安慰劑 104.4 ±14.3 L（p < .05）; 在總能量消耗上，咖啡因（565.7 ± 83.0 kcal）也顯著高於安慰劑（520.6 ± 73.2 kcal）（p < .05）。即使呼吸交換率在不同處理間無差異，但咖啡因在恢復期的脂肪代謝顯著高於安慰劑（p < .05）。**結論：**咖啡因對分次短時間運動的能量代謝是有提升的效果，因此可推論咖啡因配合分次運動短時間運動可促進更多的能量和脂肪消耗，進而達到控制體重的功效。

關鍵詞：分次運動、脂肪代謝、運動後超額攝氧量、體重控制

Effects of Caffeine on Multiple Bouts of Short Duration Exercise Metabolism

June, 2013 Student: Xiang-Yi Dong

Advisor: Shen-Yu Hsieh

Abstract

It is apparent from the literature that multiple bouts of short duration exercise consume more energy than a bout of long duration exercise. Nevertheless, whether caffeine will enhance energy expenditure on multiple bouts of short duration exercise is not known. **Purpose:** To investigate the metabolism of multiple bouts of short duration exercise with caffeine supplement. **Methods:** With a double-blind and repeated measure design, 12 healthy male university students took placebo or caffeine (5mg/kg) in a counter-balanced order. Subjects performed 3 bouts of short duration exercise (10 min for each bout, with a rest interval of 20 min between each bout) at 80% VO2max. Oxygen consumption, energy expenditure, and respiratory exchange ratio (RER) were measured during exercise and though recovery to the resting level. A repeated measures two way ANOVA was used to determine differences for each trial. The significance level was $\alpha = .05$. **Results:** In total oxygen consumption, the caffeine trial (114.0 ±16.4 L) was significantly higher than placebo trial (104.4 ±14.3 L) ($p < .05$). In total energy expenditure, caffeine trial was also significantly higher than placebo trial (565.7 ± 83.0 kcal versus 520.6 ± 73.2 kcal)($p < .05$). Although RER was not significantly between two trials, but the fat metabolism of caffeine trial was significantly higher than placebe trial. **Conclusion:** Caffeine can enhance energy expenditure of multiple bouts of short duration exercise. Thus, caffeine plus multiple bouts of exercise is a good combination for weight control.

Key words: multiple bouts of exercise, fat metabolism, excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), weight control

謝誌

本論文得以順利完成，承蒙吾師　謝伸裕教授細心地指導，當學生在研究上有困惑時，老師總是不斷地替學生指點迷津，而在生活上也經常與學生分享人生經驗及喜悅，亦師亦父，十分榮幸可以與老師建立師徒關係，並在此獻上無限的感謝。

感謝班導　何仁育老師在這兩年對於學生在課務上的教導以及建議，以及感謝口試委員　徐台閣老師在課堂上的諄諄教誨，總是提醒學生必須積極向上。再來要感謝易廷學長、昕燐學姊以及亮瑋姊在行政及課務上的協助。接著，我要謝謝我的同學泰佑、冠麟、麟翔及童亢陪我一同度過這兩年的歲月， 還有厚諭學長、昀宗學長等，感謝你們在實驗過程的幫助以及時間的配合，以及所有台師大生理組的同學們，因為有您們才造就了這個溫馨的生理實驗室。也感謝我的實驗參與者，謝謝您們辛苦為我完成實驗，我很幸運在碩士生涯可以遇見您們大家。最後，我要感謝我親愛的家人，謝謝您們在我求學期間不斷地支持、幫助我，使我可以順利地取得碩士學位。因此，我想把這份喜悅及榮耀分享給所有關心我的師長及朋友，也在此與您們致上最深的謝意。

董向儀 謹誌於國立台灣師範大學運動科學研究所

中華民國一〇二年六月

目次

前序部分

本文部分

後篇部分

表次

圖次

第壹章、 緒論

第一節 問題背景

現代人由於飲食改變及不規律生活作息，近年來肥胖是日益嚴重的問題，特別是坐式生活者，平時缺乏規律運動是造成肥胖的原因。然而隨著肥胖的增加，相對地也容易引發心血管疾病以及高血壓等併發症狀，隨著現代對於運動促進健康的推廣，越來越多人開始進行體重控制的計劃，進而追求良好的體態。

目前有氧運動也已被眾多研究證實是對於減少脂肪最有效的方法，但由於現代人工作繁忙、生活步調加快，在一天當中也很難找到一段較長的時間來運動。不論在美國運動醫學會（American College of Sports Medicine, ACSM）還是美國疾病控制預防中心（Centers for Disease Control, CDC）對於促進健康上，皆建議運動時間必須累積最少30分鐘以上，才會有良好的效果（謝伸裕，2002）。

Pate等人在1995年也提到運動時間大於30分鐘時，分次短時間運動所累積的效果在健康促進和體適能維持上，和長時間運動效益相同。林瑞興和方進隆（2000）也進行維期3個月的快走探討訓練對血壓之影響，研究發現三次10分鐘和一次30分鐘的訓練效果是相同的。而在能量消耗方面，也有眾多研究發現在相同時間下，分次短時間運動的總能量消耗(運動中及運動後)及脂肪利用率顯著高於單次長時間的運動，在相同強度及運度時間下運動，發現分次短時間運動的總能量消耗顯著大於單次長時間運動（劉亦陞、謝伸裕，2007），而Goto等（2007）也發現分次短時間

運動組在運動後第20及30分鐘時，游離脂肪酸是顯著高於單次長時間運動組。因此對於欲控制體重的族群可建議從事分次短時間運動的方式，以達到體重控制的目的。

咖啡因除了在一般日常生活飲食會攝取到以外，也曾在1984年被國際奧會列為禁藥，直到2004年雅典奧運會前夕，咖啡因被國際反興奮劑組織從興奮劑名單除去後，世界運動禁藥管制組織(World Anti-Doping Agency, WADA) 也將咖啡因從禁藥名單去除，因此更多的教練與運動員開始攝取咖啡因 (McArdle, Katch, & Katch, 2007)，也因此在競技運動中被視為是官能增補劑（ergogenic aids）之一。

近年來在市面上許多飲品也強調可以降低三酸甘油脂、膽固醇等，其中在這些眾多飲品中，咖啡因（caffeine）是重要的成分之一。目前已經有眾多的研究證實咖啡因可以有效增進有氧耐力（Costill, 1978 ; Graham & Spriet, 1991），因為透過生理機制，長時間的有氧運動主要以碳水化合物和脂肪為主（Ahlborg, Berstrom, Ekelund, & Hultman, 1967），而如果在持續有氧運動前攝取咖啡因，具有節省使用肌肝糖的效果，換句話說，即增加了在運動中脂肪的利用率，並且減少肝糖的使用，而Ivy等（1979）研究發現咖啡因處理在運動時攝氧量是顯著大於安慰劑處理。因此而提升有氧耐力，這方法已被眾多研究利用肌肉穿刺術（muscle biopsy）所証實（Essig等，1980）。

因此，上述分次短時間運動和咖啡因增補對於能量消耗以及脂肪代謝都有正面的影響。但咖啡因的增補是否對分次短時間運動是否會如同持續運動一樣有正面的幫助，其結果還未被證實。因此本研究從能量消耗的觀點出發，探討在分次運動前增補咖啡因，是否對於能量消耗有正面的助益。

第二節、研究目的

探討咖啡因增補對於分次短時間運動能量代謝的影響。

第三節、研究假設

本研究假設為在增補咖啡因後，會增加分次短時間運動的能量代謝，並且會促進動員更多脂肪作為能量代謝。

第四節、研究範圍限制

一、 此研究並無嚴厲控制研究參與者飲食，但在實驗前必須空腹10小時，並實驗前和實驗期間要求避免攝取含有咖啡因之食物，並且維持正常規律之生活形態，避免激烈運動及熬夜等。

二、 本研究是以12名大學健康男性作為參與對象，平時有規律運動之習慣，故其研究結果僅限推估背景相似的群體，無法完全有效推論至其他年齡層、性別以及背景的群體身上。

第五節、名詞操作性定義

一、 咖啡因（caffeine）

本研究所使用之咖啡因品牌為Sigma-Aldrich（Missouri, USA），為無味無嗅的白色粉末，以5 mg/kg（caffeine）的劑量用膠囊包裝給受試者服用。

二、 80% $\dot{V}O_2max$ 的分次短時間運動

顧名思義，此研究所採 80%$\dot{V}O_2max$ 作用試驗的運動強度，控制運動強度的方式為回顧最大攝氧量測驗時，在 80%$\dot{V}O_2max$ 的坡度以及速度定為實驗強度，並實行分次短時間（3 次 10 分鐘，每次間隔 20 分鐘休息）的運動測試。

三、 運動後超額攝氧量

運動後超額攝氧量（excess post-exercise oxgen consumption, EPOC），即每次短時間運動後，超出休息狀態的攝氧量，也就是當運動後的攝氧量下降到休息狀態的攝氧量時，也是EPOC計算結束的時間。

第貳章、 相關文獻探討

在運動時的能量供應來源是十分重要，而過去研究也有很多因素，會進而影響能量代謝。對於控制體重及脂肪代謝是非常重要的課題之一，而在此章節，以下針對過去研究對於能量消耗有所幫助的因素做文獻探討，其中包括：一、咖啡因歷史與簡介; 二、咖啡因對於有氧運動能量消耗的影響; 三、相同時間單次長時間運動及分次短時間運動在能量代謝上的影響。

第一節、 咖啡因歷史與簡介

最早期的咖啡因使用，可推估到石器時代的人們，他們發現咀嚼特定的植物種子、樹皮、葉有減緩疲勞和提神的作用（Escohotado, Antonio & Symington, 1999）。含有咖啡因最多的物質不外乎就是咖啡以及茶葉，在咖啡的歷史記載並不明確，不過最早可以追朔到阿拉伯咖啡的發源地『伊索比亞』，根據記載大約十六世紀末，咖啡開始在歐洲東部廣泛流行，接近十七世紀流傳到全歐洲作為飲料，此時咖啡屋也開始增加。

回到現代在日常生活中咖啡因處處可見，天然中含有咖啡因的物質大約有六十幾種，如：咖啡豆、可可豆（cocoa beans）、茶葉以及可樂豆（kola beans）等，而目前最受歡迎的咖啡、茶類以及可樂也都含有咖啡因成分（梁文薔，2001）。

咖啡因（caffeine，化學名 1.3.7-dimethylxanthine），是一種黃嘌呤生物鹼的化合物，其化學分子式為 $C_6H_{10}N_4O_2$，而其他衍生物還包括了茶鹼（theophylline）及可可鹼（theobromine）等物質。

咖啡因是一種中樞神經系統興奮劑，由於咖啡因結構和人腦中的腺嘌呤核苷(adenosine)結構類似，而腺嘌呤核苷和腦中受器結合，會使大腦活動減緩，使人感到疲憊，而咖啡因可取代並與腺嘌呤核苷受器結合發生作用，促使神經細胞活性增加、造成腎上腺素分泌，進而使人體心跳加速、表皮血管收縮、血壓上升等，造成所謂的提神效果（梁文薔，2001）。

第二節、　咖啡因對於運動能量消耗之文獻

咖啡因會促使脂肪代謝，其原因主要是增加腎上腺素的分泌，進而抑制磷酸脂酵素，刺激腺苷酸環化酶活性增加，提高活化脂解酶，促使甘油和游離脂肪酸從三酸甘油脂游離出來。而在有氧耐力運動中，提高脂肪和碳水化合物的使用，可以減少肝糖的消耗，換句話說咖啡因可以活化脂解酶，進而促使分解脂肪。其實在早期的研究已經被証實，咖啡因的的介入增加脂肪的氧化並減少碳水化合物的使用。Costill 等（1978）以 9 名自行車選手（2 女 7 男）以重覆量數的方式進行兩次處理，第一次為不含咖啡因之飲料，第二次為攝取 330 mg 咖啡因，在一個小時之後，在腳踏車上進行 80 %最大攝氧量衰竭測試，結果顯示攝取咖啡因在運動時間上平均為 90.2 分鐘顯著高於安慰劑處理的 75.5 分鐘，而在游離脂肪酸、甘油以及呼吸交換率也證明了咖啡因處理的脂肪代謝較安慰劑處理高。

Ivy 等（1979）也發現在兩小時 80 %的運動強度下進行腳踏車運動。咖啡因處理在運動時的攝氧量相較於安慰劑處理多了 7.3 ％ 。Hutchison 等（1985）以 60 %的最大攝氧量下，進行 90 分鐘的腳踏車運動，結果發

現咖啡因處理的攝氧量顯著高於安慰劑處理 8 %。 而謝伸裕（1988）的研究中，利用咖啡因結合冷環境刺激對於有氧工作效率(aerobic work efficiency, AWE)的影響，以 10 名健康男性沉浸於水中作腳踏車試驗，運動前給予安慰劑以及咖啡因 5 mg/kg，在相同溫度情況下，有攝取咖啡因處理每分鐘耗氧量較控制處理來的高，也就是 AWE 的下降。Karen 和 Lars （1992） 以一般未訓練女性為受試者，分成安慰劑、5 mg/kg 咖啡因處理以及 10 mg/kg 咖啡因處理進行重複量數實驗，一小時候進行 55% $\dot{V}O_2max$ 腳踏車測驗，結果發現咖啡因處理在攝氧量都顯著高於控制處理。

而在少數研究中，Graham 和 Spriet（1991）以 7 位訓練者在 85%$\dot{V}O_2max$ 的運動強度下，分別進行跑步及腳踏車實驗，受試者在一小時前服用安慰劑或 9mg/kg 咖啡因，實驗結果發現咖啡因的增補對於游離脂肪酸及呼吸交換率都沒有顯著影響。而吳慶瑞（1994）以 5 名大學足球運動員分別攝取 200 毫升的水及咖啡因（3mg/kg）在運動一小時前，隨後進行 50% 最大攝氧量 90 分鐘腳踏車，發現兩處理在能量消耗並無顯著差異。Lamina 和 Musa（2008）以 20 名非洲年輕男性進行雙盲、重覆量數設計，在攝取安慰劑以及 5 mg/kg 咖啡因一小時後，進行 20 米往返跑測試，並評估其耐力指標，其耗氧量在咖啡因處理及安慰劑處理是沒有差異的。

因此大部多數研究中，在運動前攝取咖啡因，血液中的游離脂肪酸濃度會上升，而呼吸交換率會下降，也就是有效提供脂肪的利用率，是有幫助於減肥的，只有少部分研究則認為咖啡因不會影響能量消耗。

第三節、　單次長時間及分次短時間運動能量消耗之文獻

近年來開始有研究對於相同運動時間下，單次運動和分次運動的能量消耗進行了比較。近年來全民推廣< 333 運動>，其中包括每週 3 次持續運動 30 分鐘，但對於現代工作繁忙的坐式生活者，在時間上較為不一定，分次短時間運動的方法對於這些族群也較為便利。美國運動醫學會（ACSM）在 1995 年也聲明運動時間可以修改，從原本須持續 30 分鐘的運動時間，改為每天累積 30 分鐘以上的運動時間。

劉亦陞和謝伸裕（2007）以 16 名健康高中生為受試者，以平衡次序的方式進行 60 % $\dot{V}O_2max$ 跑步機測試，運動時間為 30 分鐘，一組為單次 30 分鐘測試，另一組為分三次的 10 分鐘測試，每次間隔 3 小時。其結果發現分次式的恢復期超額耗氧量及能量消耗顯著大於單次長時間運動，在總能量消耗中的脂肪利用率，分次式的運動也較高。還有，Goto 等（2007）以七名男性進行腳踏車試驗，其以 60 % $\dot{V}O_2max$ 為運動強度，其中包括單次 60 分鐘運動與雙次 30 分鐘運動（每次間隔 20 分鐘），在分次運動組在休息的 20 分鐘時，游離脂肪酸濃度是迅速地增加。而在後 30 分鐘的腎上腺素以及游離脂肪酸，在分次運動組也顯著高於單次運動組。

因此不論在總能量消耗以及脂肪利用率，分次短時間運動是比單次長時間運動為佳，其應用價值可提供控制體重的族群可以採分次短時間運動的方式，不單單只是工作繁忙、沒有時間做較長時間運動的族群。

第參章、研究方法

一、研究對象

此研究招募 12 名大學健康男性為研究受試參與者(18-22 歲)，參與者平時有一般規律運動習慣，並且無心血管疾病及其他疾病史，對咖啡因並無依賴以及過敏(如心悸等)，並且規定在受試前一星期及受試期間避免含有咖啡因相關飲食，而在受試前必須空腹十小時，在參與實驗前須先詳讀且填寫『參與者告知同意書』(附錄一)以及『參與者健康調查表』(附錄二)，並確認身體現況是符合以及完全自願參與本研究。

二、實驗設計

（一）參與者為 12 位大學健康男性(N=12)，而受試者必須到實驗室 3 次，每次皆間隔一週休息時間，第一次測其身高、體重、安靜心跳、安靜攝氧量之後，必須在跑步機上進行最大攝氧量測試（$\dot{V}O_2max$ test）。之後所得攝氧量資料比照線性迴歸方式評估 80% $\dot{V}O_2max$ 的運動強度(即為跑步機的速度與坡度) ，之後 兩次到實驗室分別給予安慰劑（麵粉）或 5 mg/kg 的咖啡因(Sigma-Aldrich)劑量的膠囊作為增補，在增補後第 60 分鐘，戴上測量面罩和 Polar 心跳監測器採坐姿休息，直到心跳率以及攝氧量達到安靜值後，隨後以 80 % $\dot{V}O_2max$ 作為強度在跑步機上進行 30 分鐘的跑步測試。其測試採分次短時間運動（3 次 10 分鐘的運動，中間間隔 20 分鐘的休息）。此兩次咖啡因和安慰劑的處理（treatment）相隔一週並採用平衡次序的方式進行。實驗設計圖如圖 3-1:

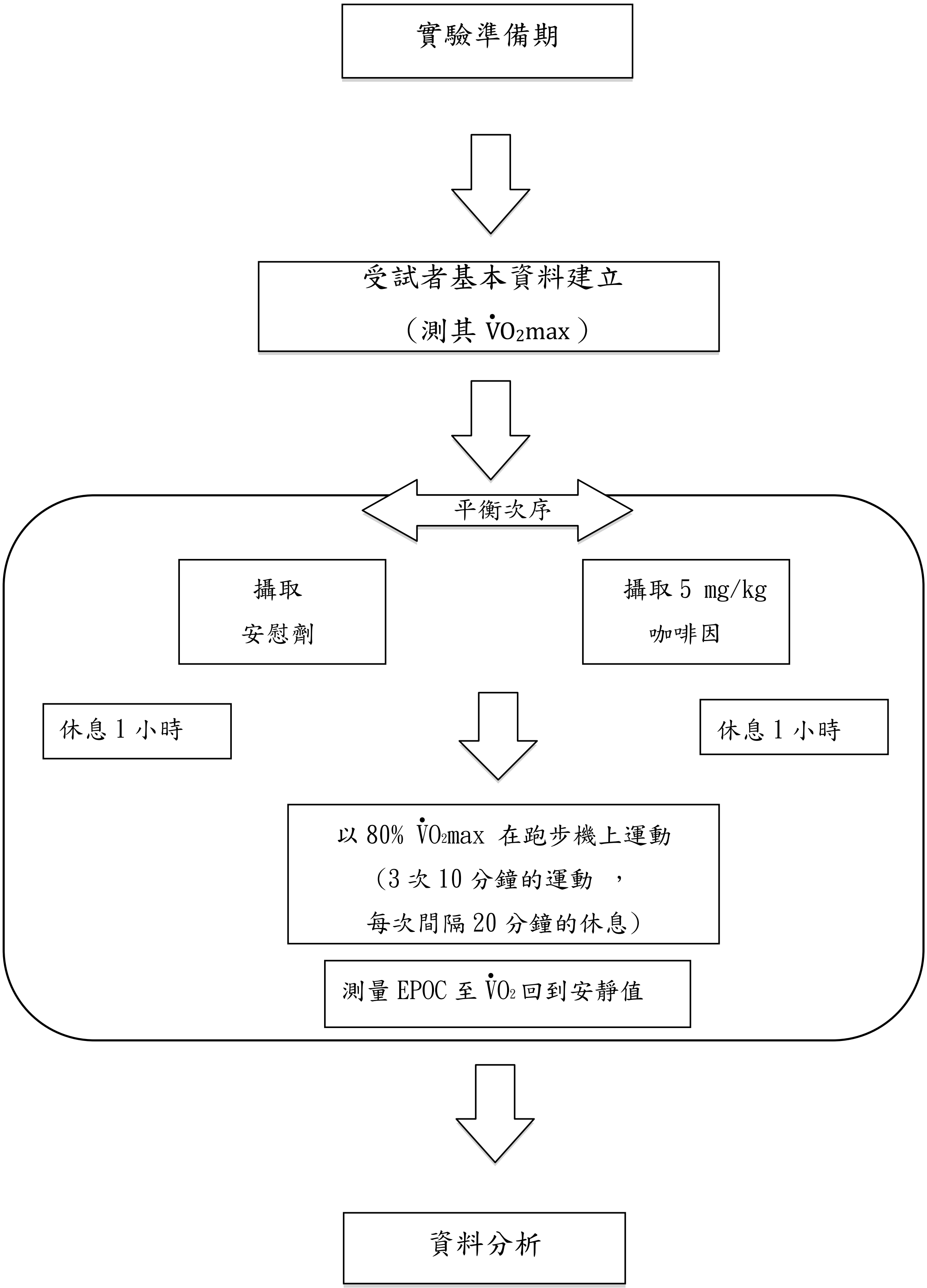
實驗準備期
受試者基本資料建立
（測其 $\dot{V}O_{2}max$）
平衡次序
攝取
安慰劑
攝取 5 mg/kg
咖啡因
休息 1 小時
休息 1 小時
以 80% $\dot{V}O_{2}max$ 在跑步機上運動
(3 次 10 分鐘的運動 ，
每次間隔 20 分鐘的休息)
測量 EPOC 至 $\dot{V}O_{2}$ 回到安靜值
資料分析

圖 3-1、實驗設計圖

三、 實驗地點

國立台灣師範大學公館校區運動生理學實驗室。

四、 實驗時間

中華民國 101 年 12 月至 102 年至 2 月。

五、 實驗流程與步驟

（一）前置工作：

1. 準備實驗儀器與校正：主要包括身高體重計（DS-102, Jenix, Korea）、氣體分析儀（Vmax29, SensorMedics, California, USA）、跑步機（h/p/Cosmos Mercury, Germany）、心率錶（Polar S810i^{TM}, Polar Elector Inc, Finland）、心率接收器（Polar IR interface, Polar Elector Inc, Finland）以及運動自覺努力程度量表RPE (Borg 6-20)。

2. 安慰劑及咖啡因之分裝：主要依受試者體重，由第三人以實驗用天平測量，將每公斤體重5毫克的劑量的麵粉（安慰劑）或純咖啡因（Sigma-Aldrich）裝入外觀相同的膠囊中。而在同一個受試者中，安慰劑與咖啡因的膠囊數量，必須相同一致，因此本實驗採取雙盲隨機的設計。

（二）參與者基本資料建立（第一次見面）：

1、參與者進到實驗室以後，先利用身高體重計（DS-102, Jenix, Korea）量其身高、體重。之後必須戴上氣體分析儀（Vmax29, SensorMedics, California, USA）之面罩以及心率錶（Polar S810i™, Polar Elector Inc, Finland）以坐姿形態休息十分鐘，隨後記錄其安靜心跳率， 將休息末三分鐘攝氧量平均作為安靜攝氧量。休息十分鐘後，受試者必須進行最大攝氧量跑步機（h/p/Cosmos Mercury, Germany）測試，直到受試者衰竭為止。之後取其最大攝氧量以統計迴歸方式，計算其 80%$\dot{V}O_2max$ 的運動強度（速度及坡度），並建立個人資料檔案。

2、最大衰竭運動：

(1) 此實驗採用跑步機來進行衰竭測試，採用 4 mile/hr 的角度進行五分鐘熱身，之後每三分鐘會增加速度 1 英哩，增加到 10 英哩後，每三分鐘開始增加 2%坡度，直到受試者衰竭為止（吳家慶，2008）。在過程中，強度主要有速度以及坡度，兩者都會隨著時間增加而漸漸上升，直到受試者衰竭為止。

(2) 衰竭原則：

在此試驗中，運動能力無法達到該強度水準，無法保持運動即為衰竭，而判定衰竭的方法有：

a. 心跳率(heart rate) = (220-年齡) ± 10 下/分。

b. 當運動強度上升時，每分鐘耗氧量未上升時（小於 2.1 ml。kg^{-1}。min^{-1}）。

c. 呼吸交換率(RER) = VCO_2/VO_2 >1.15。

d. 感受疲勞衰竭，無法在持續。

上述四項中，受試者有上述三項者，即判定已達衰竭。

（Riechman 等, 2002）

（三）正式測驗（第二、三次見面）:

進入實驗室後，先讓受試者服用已裝好的安慰劑膠囊（麵粉）或咖啡因膠囊，隨後休息一個小時，在休息末 10 分鐘讓受試者帶上氣體分析儀面罩，以坐姿休息並確認其心跳率及攝氧量已回到安靜值，接著在 80%$\dot{V}O_2$max 的強度下進行分次短時間的跑步機測試，顧名思義，受試者在 80%$\dot{V}O_2$max 運動強度下進行第一次 10 分鐘運動後，離開跑步機，以坐姿型態進行休息 20 分鐘，之後在進行第二次 10 分鐘運動，再休息 20 分鐘，隨後第三次 10 分鐘運動完，休息 30 分鐘。並且在每次運動期的第八分鐘詢問受試者自覺努力程度 (Borg rate of perceived exertion 6-20, 1985)。在實驗全部過程中，受試者都必須戴著面罩，以收集三次運動期與三次恢復

期 EPOC 的氣體，氣體收集以每 20 秒為最小單位，並且平均求得每分鐘的攝氧量。而兩次正式測驗採對抗平衡次序，以避免因測驗次序對實驗結果所產生的干擾，兩次測驗相隔一週。實驗詳細流程如圖 3-2：

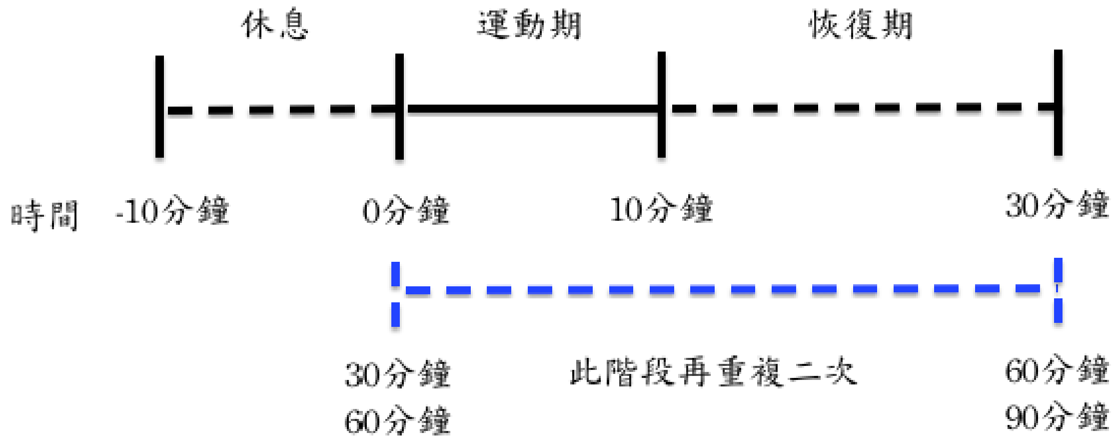

圖 3-2、實驗流程

（四）實驗測試所需的材料和器材

圖 3-3 將咖啡或安慰劑裝入膠囊中

圖 3-4 罐裝咖啡因粉末外觀

圖 3-5　DS-102 身高體重計

圖 3-6　Vmax29 氣體分析儀

圖 3-7　Polar 心律感應器

圖 3-8　Polar 心率接收器

圖 3-9 h/p/Cosmos Mercury 跑步機

圖 3-10 Borg 運動自覺努力程度量表

（五）能量消耗的計算

本研究能量消耗指受試對象在服用安慰劑或5mg/kg咖啡因後，測量其運動期以及恢復期之攝氧量以及呼吸交換率（respiratory exchange ratio, RER）,並利用對照表換算其能量消耗（McArdle, Katch and Katch，2007），如表3-1：

表3-1、RER與能量消耗對照及脂肪利用換算表

呼吸交換率(RER)	能量消耗(kcal / L / O_2)	脂肪來源(%)
0.70	4.686	100.0
0.71	4.690	98.9
0.72	4.702	95.2
.	.	.
.	.	.
.	.	.
0.98	5.022	6.4
0.99	5.035	3.2
1.00	5.047	0.0

改自McArdle et al., (2007)

六、資料收集處理與統計分析

本研究重點在於咖啡因對於分次短時間運動能量消耗上的差異，以咖啡因以及安慰劑兩種處理為自變項，以 RPE（分次運動時間，每次第 8 分鐘）、攝氧量、運動時能量消耗、EPOC 、總能量消耗為依變項和呼吸交換率(RER)。其資料採重覆量數及二因子變異數分析比較之間差異，顯著水準為 $p < .05$。

第肆章、 結果

一、 參與者基本資料

研究參與者平均年齡為 20.4 ± 1.0 歲的大學健康男性，平均身高為 175.4 ± 5.4 公分、體重為 69.5 ± 8.6 公斤，其身體質量指數平均為 22.5 ± 1.8 kg/m^2，在實驗數據方面，安靜心跳率 67.3 ± 9.5 bpm、安靜攝氧量 4.1 ± 0.6 ml/kg/min、最大攝氧量 56.0 ± 5.2ml/kg/min。

如表 4-1：

表4-1、實驗參與者基本資料（N=12）

項目	平均數	標準差
年齡(歲)	20.4	± 1.0
身高(公分)	175.4	± 5.4
體重(公斤)	69.5	± 8.6
身體質量指數(kg/m2)	22.5	± 1.8
安靜心跳率(bpm)	67.3	± 9.5
安靜攝氧量(ml/kg/min)	4.1	± 0.6
最大攝氧量(ml/kg/min)	56.0	± 5.2

二、咖啡因對分次短時間運動攝氧量的影響

（一）運動期：處理（有、無咖啡因）與時間兩因子之間的影響

以二因子變異數分析進行處理，結果發現在處理因子主要效果上是有顯著差異的($p < .05$)，在時間因子主要效果並無顯著差異，而在處理與時間兩自變項之交互效果未達顯著。

在 80%VO_2max 的分次短時間運動下，若將分次短時間運動一一細部地比較，結果發現在第一次運動期安慰劑處理的攝氧量為 25.7 ± 2.9

L；而咖啡因處理的攝氧量 27.1 ± 3.5 L。第二次運動期安慰劑處理攝氧量為 25.8 ± 3.4 L；咖啡因處理為 27.5 ± 4.1 L，第三次運動期安慰劑處理攝氧量為 25.4 ± 3.8 L；咖啡因處理為 27.5 ± 4.8 L。在三次運動期中，咖啡因處理在攝氧量皆顯著大於安慰劑處理 ($p < .05$)。而在時間因子方面，不論是咖啡因處理或安慰劑處理中，在攝氧量並沒有顯著的差異，詳見表 4-2。

表 4-2、運動期：處理與時間兩因子之間攝氧量(L)比較表

自變項	第一次 10 分鐘運動	第二次 10 分鐘運動	第三次 10 分鐘運動
安慰劑	25.7 ± 2.9	25.8 ± 3.4	25.4 ± 3.8
咖啡因	27.1 ± 3.5*	27.5 ± 4.1*	27.5 ± 4.8*

*代表兩處理之間相同時期比較達到統計顯著水準，$p < .05$

（二）恢復期：處理（有無咖啡因）與時間兩因子之間的影響

以二因子變異數分析進行處理，結果發現在處理因子主要效果上是有顯著差異的($p < .05$)，在時間因子主要效果並無顯著差異，而在處理與時間兩自變項之交互效果未達顯著。

在細分三次恢復期 EPOC 方面，在第一次安慰劑處理攝氧量為 9.3 ± 1.7 L; 咖啡因處理為 10.4± 1.9 L，第二 次安慰劑處理攝氧量為 9.4 ± 1.8 L；咖啡因處理為 10.7 ± 2.1 L，第三次安慰劑處理攝氧量為 9.0 ± 2.0 L; 咖啡因處理為 10.9 ± 2.1 L。在三次的 EPOC，咖啡因處理在攝氧量皆顯著大於安慰劑處理($p < .05$)。但在時間因子方面，咖啡因處理或安慰劑處理

中，攝氧量也沒有差異，如表 4-3。

表 4-3、恢復期：處理與時間兩因子之間 EPOC (L)比較表

自變項	第一次 EPOC	第二次 EPOC	第三次 EPOC
安慰劑	9.3 ± 1.7	9.4 ± 1.8	9.0 ± 2.0
咖啡因	10.4 ± 1.9*	10.7 ± 2.1*	10 .9 ± 2.1*

*代表兩處理之間相同時期比較達到統計顯著水準，$p < .05$

（三）運動期、恢復期、運動期加恢復期總攝氧量之比較

在運動期方面，咖啡因處理的三次運動期加總攝氧量為82.1 ± 12.0 L; 而安慰劑處理的三次運動期加總為76.9 ± 9.9 L，咖啡因處理在總運動期的攝氧量多6.7 %，顯著大於安慰劑處理 ($p < .05$)。在恢復期，咖啡因處理三次EPOC加總為31.9 ± 5.4 L，顯著高於安慰劑處理的27.7 ± 5.1 L ($p < .05$)。整體總攝氧量（運動期加恢復期）而言，安慰劑處理為104.4 ± 14.3 L，咖啡因處理為114.0 ± 16.4 L，咖啡因處理在總攝氧量也顯著高於安慰劑處理($p < .05$)。如圖4-1。各項平均值與標準差，見表4-4。

表 4-4、安慰劑處理與咖啡因處理之攝氧量(L)比較表

變項	安慰劑	咖啡因	t 值
運動期攝氧量	76.9 ± 9.9	82.1 ± 12.0 *	-3.6
運動後超額攝氧量	27.7 ± 5.1	31.9 ± 5.4 *	-4.6
總攝氧量	104.4 ± 14.3	114.0 ± 16.4 *	-4.3

*p<.05

三、咖啡因對於分次短時間運動能量消耗的影響

（一）運動期：處理（有無咖啡因）與時間兩因子之間的影響

本研究能量消耗換算是藉由每分鐘的攝氧量和呼吸交換率（RER），並且依照非蛋白呼吸交換率對照表（McArdle, Katch & Katch, 2007）進而換算以計算出每分鐘的能量消耗，由於此表當中RER最低為0.7、最高為1.0，因此在實驗數據收集中，低於0.7 者以0.7 計算，高於1.0 者則以1.0 計算之。

以二因子變異數分析進行處理，結果發現在處理因子主要效果上有顯著差異的($p < .05$)，在時間因子主要效果並無顯著差異，而在處理與時間兩自變項之間的交互效果未達顯著。

在相同強度（80 % $\dot{V}O_2max$）的分次短時間運動下，細分成三次結果發現在第一次運動時期，安慰劑處理的能量消耗為127.6 ± 16.3 kcal，而咖啡因處理為134.9 ± 17.8 kcal，但未達顯著水準（p= .056）。在第二次運動期安慰劑處理的能量消耗128.5 ± 17.8 kcal，咖啡因處理為136.2 ± 20.6 kcal ，咖啡因處理顯著高於安慰劑處理($p < .05$)，而第三次運動期咖啡因處理的能量消耗136.5 ± 23.7 kcal也顯著高於安慰劑處理的127.4 ± 18.6 kcal ($p < .05$)。在運動期能量消耗上，第一次運動期咖啡因處理是較安慰劑處理來得高，但未達顯著水準，而在第二、三次運動期咖啡因處理在能量消耗上明顯高於安慰劑處理。另一方面，在時間因子上，不論在安慰劑處理或咖啡因處理上都未達顯著水準，見表4-5。

表4-5、運動期：處理與時間兩因子之間能量消耗(kcal)比較表

自變項	第一次10分鐘運動	第二次10分鐘運動	第三次10分鐘運動
安慰劑	127.6 ± 16.3	128.5 ± 17.8	127.4 ± 18.6
咖啡因	134.9 ± 17.8	136.2 ± 20.6*	136.5 ± 23.7 *

*代表兩處理之間相同時期比較達到統計顯著水準，$p < .05$

（二）恢復期：處理（有無咖啡因）與時間兩因子之間的影響

先以二因子變異數分析進行處理，結果發現在處理因子主要效果上是有顯著差異的($p < .05$)，在時間因子主要效果並無顯著差異，而在處理與時間兩自變項之間交互效果也未達顯著。

在恢復期EPOC方面的能量消耗，第一次安慰劑處理為46.5 ± 8.7 kcal，而咖啡因處理則為51.7 ± 9.3 kcal，兩者之間達顯著水準（$p < .05$），第二次安慰劑處理為46.9 ± 8.8 kcal，咖啡因處理為53.3 ± 10.2 kcal，兩處理之間亦達顯著水準（$p < .05$），第三 次咖啡因處理為53.3 ± 9.1 kcal也顯著大於安慰劑處理的44.5 ± 9.2 kcal（$p < .05$）。因此在三次恢復期，咖啡因處理的能量消耗都顯著大於安慰劑處理，如表4-6。

表4-6、恢復期：處理與時間兩因子之間能量消耗(kcal)比較表

自變項	第一次EPOC	第二次EPOC	第三次EPOC
安慰劑	46.5 ± 8.7	46.9 ± 8.8	44.5 ± 9.2
咖啡因	51.7 ± 9.3*	53.3 ± 10.2*	53.3 ± 9.1*

*代表兩處理之間相同時期比較達到統計顯著水準，$p < .05$

（三）運動期、恢復期、運動期加恢復期總能量消耗之比較

運動期方面，咖啡因處理三次運動期加總能量消耗為407.5 ± 60.4 kcal;而安慰劑處理三次運動其加總為382.8 ± 51.9 kcal，咖啡因處理在總運動期的能量消耗多出約6.5%，顯著大於安慰劑處理(p < .05)。在恢復期，咖啡因處理三次EPOC加總為158.2 ± 26.7 kcal，顯著高於安慰劑處理的137.8 ± 25.3 kcal

（p < .05）。整體總能量消耗（運動期加恢復期）而言，安慰劑處理為520.6 ± 73.2 kcal，咖啡因處理為565.7.5 ± 83 kcal，咖啡因處理在總能量消耗也顯著高於安慰劑處理（p < .05）。如圖4-2。各項平均值與標準差，見表4-7。

表 4-7、安慰劑處理與咖啡因處理之能量消耗(kcal)比較表

變項	安慰劑	咖啡因	t 值
運動期能量消耗	382.8 ± 51.9	407.5 ± 60.4*	-3.3
恢復期能量消耗	137.8 ± 25.3	158.2 ± 26.7*	-4.3
總能量消耗	520.6 ± 73.2	565.7 ± 83.0*	-3.8

*p < .05

四 、 咖啡因對於分次短時間運動呼吸交換率（RER）的影響

無論在運動期、恢復期、運動加恢復期的RER，咖啡因處理皆略低於安慰劑處理，但並無達顯著水準（p > .05），如表4-8。

表 4-8、咖啡因與安慰劑在各時期 RER 比較表

處理	安慰劑	咖啡因	t 值
運動期呼吸交換率	0.94 ± 0.06	0.93 ± 0.04	0.47
恢復期呼吸交換率	0.93 ± 0.06	0.91 ± 0.03	1.19
總體呼吸交換率	0.93 ± 0.05	0.92 ± 0.03	1.13

雖然 RER 未達顯著水準，但探討兩處理之間以脂肪來源的消耗比例，此百分比計算是以每分鐘加總後的平均值求得，在運動期時，在咖啡因處理能量來源為脂肪的比例佔 23.5%，而安慰劑處理則是 17.6%; 在恢復期咖啡因處理能量來源佔 30.1%, 安慰劑處理為 24.1%，在總體以脂肪為能量來源比例中，咖啡因處理的 28.0%高於安慰劑處理的 21.4%。以脂肪為能量來源的能量消耗來說，在運動期以及總體（運動期＋恢復期）未達顯著水準，但在恢復期，咖啡因處理利用脂肪為能量消耗了 37.3 ± 16.0 kcal 顯著地高於控制處理的 23.9 ± 20.5 kcal ($p < .05$)，如表 4-9。

表 4-9、兩處理之間以脂肪為能量來源的能量消耗(kcal)比較表

處理	安慰劑	咖啡因	t 值
運動期	57.0 ± 65.6	84.9 ± 51.3	-1.1
恢復期	23.9 ± 20.5	37.3 ± 16.0*	-2.5
總體	80.9 ± 80.7	122.3 ± 50.6	-1.4

*$p < .05$

五、處理與時間兩因子之間自覺程度（RPE）的影響

在RPE方面，第一次運動時，咖啡處理為11.8 ± 1.3較安慰劑處理的12.4 ± 1.5 來得低，但未達顯著水準，而在第二次運動，咖啡因處理的11.8 ± 1.0 顯著小於安慰劑處理的12.7 ± 1.4（$p < .05$）。第三次運動，安慰劑處理為13.3 ± 1.4，咖啡因處理為12.3 ± 1.2，兩者之間亦達顯著水準（$p < .05$）。在兩處理之間，第二、三次運動期，RPE 達顯著水準。詳見表4-10。

表4-10、運動期：處理與時間兩因子之間自覺努力程度(RPE)比較表

變項	第一次10分鐘運動	第二次10分鐘運動	第三次10分鐘運動
安慰劑	12.4 ± 1.5	12.7 ± 1.4	13.3 ± 1.4
咖啡因	11.8 ± 1.3	11.8 ± 1.0*	12.3 ± 1.2*

* 代表兩處理之間相同時期比較達到統計顯著水準，$p < .05$

第五章、討論與結論

一、討論

（一） 咖啡因對分次短時間運動 - 攝氧量的影響

由於咖啡因是一種興奮劑，因此對人體所造成的並不是單一反應，過去文獻也提出到咖啡因使攝氧量增加的原因眾多，Poehlman 等（1985）也提出休息代謝率（resting metabolic rate, RMR）也是其中因素之一，其餘還有些生理反應，如咖啡因會讓肺微血管擴張，進而增加其血流量、加強換氣功能。Essig 等 (1980)指出咖啡因會加速心跳率，並增加心輸出量，加強氧的運送速度。這些種種原因都可能是造成攝氧量提高的原因。

本實驗研究結果發現服用咖啡因後，在總攝氧量方面，咖啡因處理較安慰處理提升了 9.2%，達到顯著水準。 咖啡因對攝氧量的結果與 Ivy 等（1979）、Hutchison 等（1985）以及謝伸裕（1988）的研究結果是相符的。但相較不同的是運動模式，由於過去文獻都是咖啡因增補對於單次長時間運動，而本實驗是以分次短時間運動進行設計，若細分成三次運動期：第一次運動期、第二次運動期以及第三次運動期，個別單次比較攝氧量，結果發現咖啡因處理的攝氧量也是顯著高於控制處理，亦可推論咖啡因對單次短時間的運動（10 分鐘），在攝氧量也有提升的功效，而在總運動期（3 次 10 分鐘，共 30 分鐘）的攝氧量咖啡因處理亦高於安慰劑處理。

在運動過後，攝氧量會升高的原因眾多，其中包括運動時呼吸、循環系統的工作量較穩定狀態來得高，當運動後這些系統未能即時回到安

靜狀態，因此導致攝氧量、體內激素、運動後呼吸及心跳及核心溫度的提高，還有氧在肌肉血液中的儲存、必須移除運動所產生的乳酸等。Bahr 等（1996）也提到運動後身體溫度會上升持續好幾個小時，也會提升休息代謝率而使休息的攝氧量因此增加，這些都是 EPOC 產生的原因。在實驗的恢復期方面，若細分成三次恢復期：第一次 EPOC、第二次 EPOC 及第三次 EPOC，個別比較其攝氧量，咖啡因處理也是顯著高於安慰劑處理，在 EPOC 總攝氧量咖啡因處理也顯著高於安慰劑處理約 15.2%，在恢復期攝氧量咖啡因處理較高，可能是因為在運動期咖啡因處理的攝氧量本身就較高，在恢復期的起始點本身就較安慰劑處理來得高，也可能是 Poehlman 等所提出咖啡因會造成 RMR 提升的關係。

另外，在劉亦陞和謝伸裕（2007）的實驗中發現在運動期時，單次長時間運動的攝氧量和多次短時間運動相近，並無顯著差異，而在恢復期及總攝氧量（運動期加恢復期）方面，多次短時間運動的攝氧量是顯著高於單次長時間運動。而 Goto 等（2007）實驗也發現在運動後恢復期，分次短時間運動的確比單次長時間運動代謝更多的脂肪。以上兩實驗因為無咖啡因介入，在運動期無顯著差異，但本實驗結果發現因為咖啡因的影響，在運動期也會提升攝氧量，而恢復期 EPOC 攝氧量及總攝氧量都顯著增加，因此可推論咖啡因配合分次短時間運動對於脂肪的代謝是有正面的幫助。

（二） 咖啡因對分次短時間運動 - 能量消耗的影響

在運動期三次的能量消耗方面，第一次運動時，兩處理未達顯著水準（p = .053，趨近顯著水準），而其餘兩次咖啡因處理的能量消耗是顯著高於控制處理的，在運動期總能量消耗上，咖啡因處理亦顯著多出安慰劑處理大約 6.5%。

在恢復期三次能量消耗上，第一次恢復、第二次恢復及第三次恢復，咖啡因處理都顯著高於安慰劑處理，而三次加總恢復期，咖啡因處理顯著多於安慰劑處理14.8%，咖啡因對於分次短時間運動在恢復期的能量消耗是有正面的提升。

在總能量消耗（運動期加恢復期）方面，咖啡因處理顯著高於安慰劑處理約9%，也代表咖啡因對於分次短時間運動的能量消耗是有所提升的，其實驗結果與 Karen 和 Lars（1992）的研究結果類似。劉亦陞和謝伸裕（2007）發現在分次短時間運動在總能量消耗顯著高於單次長時間運動，而本實驗發現咖啡因對於分次短時間運動能量代謝是有助益的，因此或許咖啡因可能額外消耗更多的能量。

（三）咖啡因對分次短時間運動 - 呼吸交換率的影響

在本研究中，不論在運動期、恢復期、運動期加恢復期的呼吸交換率皆無顯著差異，但咖啡因處理在三時期的呼吸交換率都略低於安慰處理。本結果與 Graham 和 Spriet（1991）的結果相似，呼吸交換率皆無顯著差異，比較之下，兩實驗所控制的運動強度皆在80-85% $\dot{V}O_2max$，但這與Costill等(1978)的實驗結果有所出入，兩實驗都將運動強度定為

80% $\dot{V}O_2max$，但不同的是運動模式，本實驗是以分次短時間運動，故中間有停止運動休息的時間，而 Costill 的實驗則是以衰竭測試，運動時間長達一小時以上。故推測在本實驗咖啡因處理在呼吸交換率無顯著下降，可能是因為分次運動的時間不夠長（每次僅10分鐘），隨後休息20分鐘，又達穩定狀態，所以無法有效達到利用脂肪代謝的生理反應。亦可能是RER數值相差極小，故在統計上無法達到顯著水準，因此進而去比較兩處理之間在不同時期以脂肪為能量來源的能量消耗，結果發現只有在恢復期時，咖啡因處理在脂肪的能量消耗上是顯著大於安慰劑處理，而在運動期未達顯著，也可能是因為80%$\dot{V}O_2max$屬中高強度的運動測試，因無氧代謝的成分較大，也較難比較出在運動中兩處理之間脂肪消耗的差異性。

（四）咖啡因對分次短時間運動 – 自覺努力程度的影響

在運動過程當中，在第一次運動時兩處理之間未達顯著。而在第二次和第三次運動時，咖啡因處理的自覺努力程度顯著低於安慰劑處理，也就是說受試者認為服用咖啡因後在第二次和第三次運動期時，自我的感覺是較為輕鬆的，也因為咖啡因為一種興奮劑，在身體反應會較為亢奮，而在第二次及第三次運動期結果與Doherty和Smith（2005）統合分析結果是相似的，在同一運動型態與強度下，咖啡因會造成了運動時自覺努力程度降低。

由以上資料，咖啡因對於分次短時間運動，不僅在總體攝氧量方面是有提升，也提高了總體的能量消耗，並且在自覺努力程度，在分次運動後期也較為輕鬆。

二、結論與建議

（一）咖啡因對於分次短時間運動（3 × 10分鐘）能量代謝上，不論在運動期、恢 復期及總體的攝氧量都有所提升。在總體能量消耗方面，咖啡因處理為565.7 kcal，而安慰劑處理為520.6 kcal，較安慰劑處理高出約8.7%。

（二）劉亦陞和謝伸裕（2007）發現在總體能量消耗方面，分次短時間運動是較於單次長時間運動來的高，可以消耗更多的能量。而本實驗發現咖啡因的增補，對於分次短時間運動在能量消耗上又有更大的效益。

（三）根據以上研究及資料，鼓勵欲控制體重者在進行分次短時間運動前一小時服用咖啡因，分次短時間運動本身較為單次長時間來得輕鬆，再加上咖啡的提神效果，可利用咖啡因搭配分次短時間運動可以消耗更多的能量，進而達到控制體重的效果。

（四）本實驗以大學一般健康男性為實驗參與者，要將結果應用到其他族群，可能不完全能適用，但在未來研究可建議將方法運用到肥胖族群上，看是否有助於減重之用。

引用文獻

林瑞興、方進隆 (2000)。十二週不同形式快走訓練對血壓偏高青少年血壓值及血液分析值的效果探討。*體育學報，29*，115-125。

李寧遠、王忠茂 (1994)。咖啡因與運動表現。*中華體育，8* (2)，137-145。

吳家慶、謝伸裕 (2008)。動態恢復強度對損傷肌肉之功能及跑步經濟性的影響。*體育學報,41*（4）, 1-14。

吳慶瑞 (1994)。持續運動前攝取咖啡對運動前後人血脂及血脂蛋白之影響。*體育學報*, 17，391-410。

梁文薔 (2001)。咖啡因與健康 (上)。*健康世界，181*(300)，65-70。

劉亦陞、謝伸裕(2007)。單次長時間與多次短時間運動隊能量消耗之影響。*體育學報*，*40* (1)，15-27。

謝伸裕(1988)。咖啡因和冷刺激對運動代謝和有氧工作效率的影響。*師大學報，33* (1),147-161。

謝伸裕(譯)(2002)。*ACSM 體適能手冊*。臺北市：九州圖書。

Ahlborg, B., J. Berstrom, L.G. Ekelund, & E. Hultman. (1967). Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. *Acta Physiologica Scandinavica.* 70, 129-142.

Costill, D. L., Dalsky, G. P., & Fink, W. J. (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Medicine and Sience in Sports, 10*(3), 155-15.

Doherty M., & Smith PM. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis.

Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 15(2), 69-78.

Escohotado, A., & Symington, K. (1999). *A brief history of drugs: From the stone age to the stoned age*. Rochester, Vermont : Park Street Press.

Essig, D., Costill, D. L., and Vanhandel, P. J.(1980). Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *International Journal of Sports Medicine*. 1,86-90.

Goto, K., Ishii, N., Mizuno, A., & Takamatsu, K. (2007). Enhancement of fat metabolism by repeated bouts of moderate endurance exercise. *Journal of Applied Physiology, 102*(6), 2158-2164.

Graham, T.E., & Spriet, L. L. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 2292-2298.

Hutchison, W.W., J.W. Miller., L.D. Kesl. & J. Jeske (1985). Effect of caffeine ingestion on cardiovascular responses during maximal and submaximal exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 17*(2), 220.

Ivy, J., Costill, D., Fink, W., & Lower, R. (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine and Science in Sports*. 11, 6-11.

Karen D. & Lars M. (1992). The effects of two levels of caffeine ingestion on excess postexercise oxygen consumption in untrained women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(5), 459-463.

Lamine S. & Musa D. I. (2009). Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects. African Health Sciences, 9(4), 270-274.

McArdle, W. D., Katch, F. L., & Katch, V. L. (2007). *Exercise physiology: Energy, nutrition, & human performance* (6th). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King, A. C.,Kriska, A., Leon, A. S., Marcus, B. H., Morris, J., Paffenbarger, R. S., Patrick, K., Pollock, M. L., Rippe, J. M., Sallis, J., & Wilmore, J. H. (1995). Physical activity and public health: A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Journal of American Medical Association, 273(5),* 402-407.

Poehlman, E. T., Despres J. P., Bessatte H., Fontaine E., Tremblay A. & Bouchard C.(1985). Influence of caffeine on the resting metabolic rate of exercise-trained and inactive subjets. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 17*(6), 689-694.

附錄一　　　　參與者告知同意書

實驗名稱: 咖啡因對分次短時間運動能量代謝之影響

研究者: 董向儀（國立台灣師範大學運動科學研究所）

聯絡電話: 0956-293480

實驗地點: 國立台灣師範大學運動生理學實驗室

測驗時間: 西元________年___月__日起至________年___月__日止

本研究目的在探討咖啡因對分次短時間運動能量代謝的影響。您必須到實驗室 3 次，每次皆間隔一週休息時間，第一次測其身高、體重、安靜心跳、安靜攝氧量之後，必須在跑步機上進行最大攝氧量測試（$\dot{V}O_2max$ test），之後兩次到實驗室分別給予安慰劑（麵粉）或 5mg/kg 的咖啡因劑量作為增補，在增補後第 60 分鐘，隨後以 80 % $\dot{V}O_2max$ 作為強度在跑步機上進行 30 分鐘跑步測試，其測試採分次短時間運動（3 次 10 分鐘，間隔休息 20 分鐘）。所有個人資料及數據將絕對保密，如果在實驗過程中有任何身心問題或改變意願，亦可以隨時退出。如您願意參與本實驗，請於本告知同意書簽名填寫聯絡資料及簽名，謝謝您的參與。

受試者簽名: ______________________________ 日期: ______________________________

聯絡電話: ______________________________ 手機: ______________________________

緊急聯絡人: ______________________________ 電話: ______________________________

研究者簽名: ______________________________ 日期: ______________________________

聯絡電話: ______________________________ 手機: ______________________________

附錄二　　　　　　參與者健康調查表

本表有助於研究者瞭解您的健康狀況,並確認您合乎實驗參與者的健康條件。本表所得資料為研究參考，本資料內容將會保密，不予對外公開，為了維護您的安全及實驗的順利進行，務必請您照實勾選內，過去醫師是否告訴您有下列健康方面的狀況:
(請您在有、無或不確定欄內打x)

	有	無	不確定
1、心臟病或其它心血管疾病	☐	☐	☐
2、糖尿病	☐	☐	☐
3、支氣管炎	☐	☐	☐
4、貧血	☐	☐	☐
5、心率不整	☐	☐	☐
6、藥物過敏	☐	☐	☐
7、緊張、焦慮或心理異常	☐	☐	☐
8、氣喘	☐	☐	☐
9、暈倒或失去知覺	☐	☐	☐
10、習慣性胃痛	☐	☐	☐
11、運動後極為疲憊，較難恢復	☐	☐	☐
12、對咖啡因有無過敏症狀	☐	☐	☐
13、過去半年內是否有其他病症發生	☐	☐	☐

請說明:____________________

參與者簽名：________________

日期：________________

附錄三 原始資料

（一）安慰劑處理:

	運動期 攝氧量	運動期 能量消耗	恢復期 EPOC 攝氧量	恢復期 EPOC 能量消耗	總體 攝氧量	總體 能量消耗
編號 1	80.93	398.44	30.52	152.13	111.45	550.57
編號 2	72.85	360.89	30.52	150.28	103.37	511.17
編號 3	66.41	320.55	20.25	99.68	86.66	420.23
編號 4	79.01	398.65	27.21	136.68	106.22	535.33
編號 5	88.33	444.35	27.02	135.36	115.35	579.71
編號 6	64.40	321.69	22.18	111.35	85.58	433.04
編號 7	75.18	359.81	31.85	155.26	107.03	515.07
編號 8	68.74	345.93	26.32	132.13	95.06	478.06
編號 9	64.49	324.36	20.91	103.10	85.40	427.46
編號 10	93.58	471.23	37.94	189.40	131.52	660.63
編號 11	80.35	404.66	26.56	133.09	106.91	537.75
編號 12	87.94	443.07	30.80	155.42	118.74	598.49

利用 McArdle et al.,（2007）非蛋白呼吸交換率對照表，將每一分鐘的攝氧量對照RER計算出每一分鐘的能量消耗，再進行加總。

（三） 咖啡因處理：

	運動期 攝氧量	運動期 能量消耗	恢復期 EPOC 攝氧量	恢復期 EPOC 能量消耗	總體 攝氧量	總體 能量消耗
編號 1	81.29	402.35	29.91	147.04	111.20	549.39
編號 2	78.46	393.25	36.68	180.27	115.14	573.52
編號 3	71.51	352.02	26.38	131.08	97.89	483.10
編號 4	78.10	380.07	26.93	132.27	105.03	512.34
編號 5	97.42	479.54	32.22	159.98	129.64	639.52
編號 6	63.26	314.42	26.17	131.05	89.43	445.47
編號 7	78.32	392.38	36.76	181.98	115.08	574.36
編號 8	71.42	355.97	26.56	132.56	97.98	488.53
編號 9	76.74	382.38	29.66	146.09	106.40	528.47
編號 10	104.51	524.48	43.47	216.87	147.98	741.35
編號 11	92.91	465.69	35.10	173.04	128.01	638.73
編號 12	90.76	447.36	33.16	166.05	123.92	613.41

利用 McArdle et al.,（2007）非蛋白呼吸交換率對照表，將每一分鐘的攝氧量對照 RER 計算出每一分鐘的能量消耗，再進行加總。

作者小傳

一、 基本資料

姓名: 董向儀

出生日期: 1987 年 11 月 12 日

二、 學歷

國立臺灣師範大學運動科學研究所 (2011 - 2013)

私立天主教輔仁大學體育學系 (2008 - 2011)

三、 經歷

教育部頂尖大學研究計畫 兼任助理 (2012 - 2013)

台灣斯伯丁籃球夏令營 籃球教練 (2010 - 2011)

UBA 大專籃球聯賽甲一級 籃球選手 (2008 - 2011)

四、 重要成就

輔仁大學鼓勵學士班成績優異學生獎學金 (2008 - 2011)

99 學年度大專籃球聯賽公開組一級第三名 (2010 - 2011)

98 學年度大專籃球聯賽公開組一級第二名 (2009 - 2010)

97 學年度大專籃球聯賽公開組一級第三名 (2008 - 2009)

五、 證照

中華民國 CPR 急救證

中華民國 C 級籃球教練證

六、 術科專長

籃球