第三章　方法

第一節　研究架構

依據實驗之目的與假設，探討以咖啡因攝取與運動的雙重刺激下，對受試者的自律神經系統之影響，測量依變項為：心率變異性（時域分析、頻域分析）、血壓（收縮壓、舒張壓）、警覺度視覺類比量表與運動自覺量表。（見圖 3-1）。

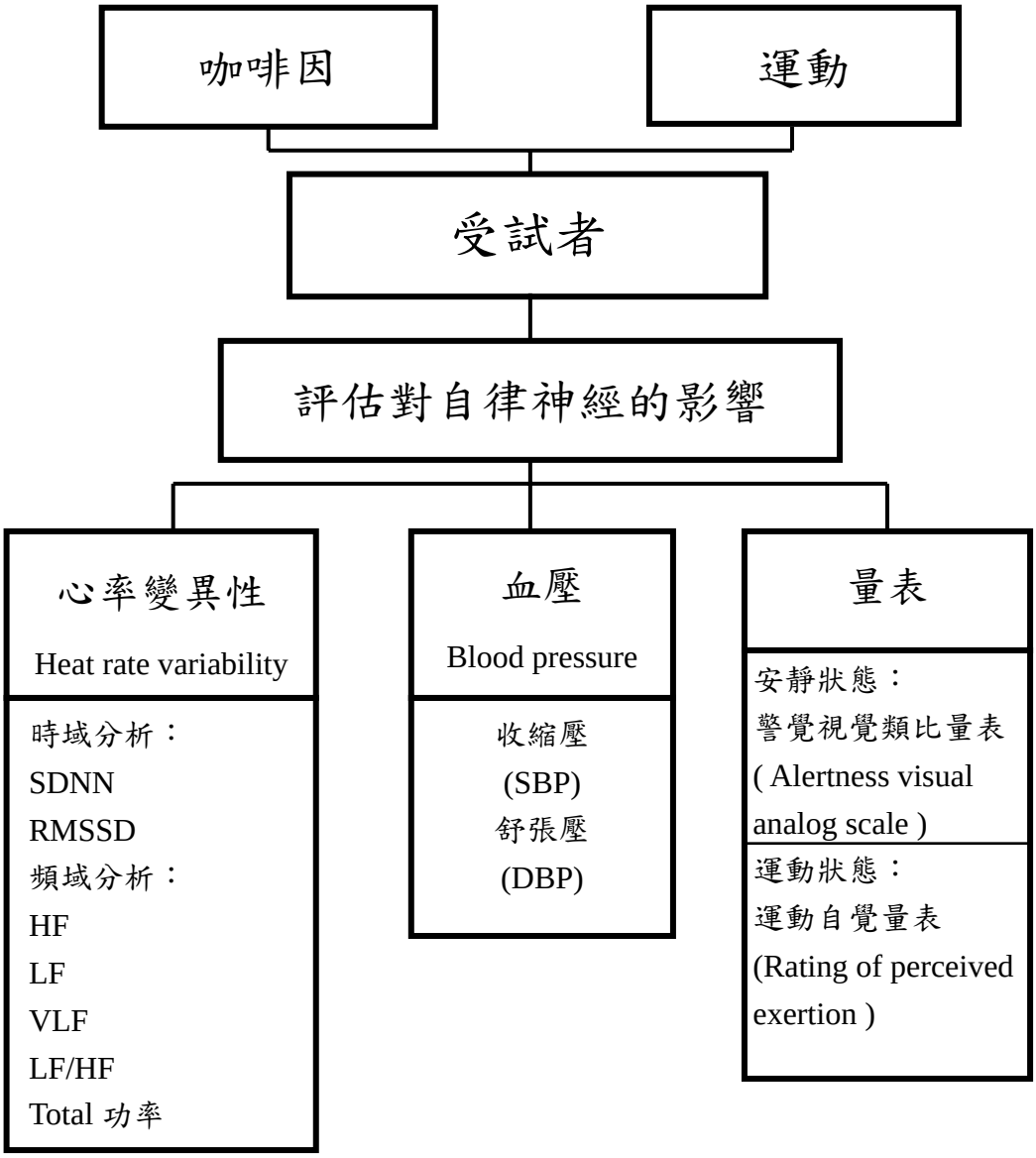

圖 3-1　研究架構圖

第二節　研究對象

本研究招募 11 名年齡大於 20 歲健康的受試者進行實驗（ 年齡為 24.8 ± 1.6 歲、身高為 175.0 ± 4.9 公分、體重為 70.7 ± 6.0 公斤、BMI 為 23.16 ± 2.28 ），且沒有喝咖啡習慣者。每位受試者在實驗前均了解本研究的目的、實驗流程及可能發生的危險，填寫健康情況調查表及受試者同意書之後，由資料顯示身體健康狀況良好，排除任何目前正在接受醫療者，有心血管疾病，吸菸者及酗酒者，才正式成為本研究的受試者。另外，在實驗測試中，心跳率訊號異常者（異位心跳數超過 15%），也須排除於資料分析。

第二節　實驗時間與地點

實驗時間：本研究於民國 96 年 3 月份進行實驗，實驗期約一個月。

實驗地點：國立臺灣師範大學分部運動生理學實驗室。

第四節　實驗器材

一、高純度咖啡因（ Caffeine Powder, TerraVita, USA ）。

二、原地型腳踏車（ Excalibur Sport Ergometer, Lode Inc, Netherlands ）。

三、氣體分析儀（ Sensormedics Vmax29, The CardioPulmonary Care Company™, USA ）。

四、Polar心率紀錄器（ Polar S810i™, Polar Electro Inc, Finland ）。

五、紅外線傳輸線（ Polar IR interface, Polar Electro Inc, Finland ）。

六、Polar Precision Performance SW 3.0 軟體（Polar Electro Inc, Finland）。

七、心率變異性分析軟體（HRV Analysis Software for Windows V1.1）。

八、電子血壓器（Automatic Digital Electronic Blood Pressure Monitor DS-157, NISSEI Inc, Japan）。

第五節　實驗設計

本研究旨在探討在運動前攝取咖啡因對自律神經的影響，其實驗流程為下（圖 3-2）：

（一）、在實驗前一週，徵求受試者，並告知實驗類型及形式。確定受試者之後，開始進行實驗準備。

（二）、實驗的前一天，先跟受試者說明實驗注意事項，讓受試者填具參與實驗告知同意書，建立基本資料，採重複量數雙盲實驗設計，並採平衡次序原則。以一公正第三者以隨機分派進行分裝咖啡因（代號為C）或安慰劑（代號為P）膠囊，並在服用膠囊 60 分鐘後進行強度 60%VO_2max的運動測試共計 30 分鐘，研究者及受試者皆不知道受試者接受咖啡因或是安慰劑。

（三）、正式實驗的第一天，進行第一次檢測（基礎值，A），並進行最大運動測驗，找出 60VO_2max對應的運動強度。

（四）、經過 3 天的排空期，以確保體內無咖啡因。

（五）、第 4 天，受試者服用 6mg/kg的咖啡因（C）或安慰劑（P）60 分鐘

之後，進行運動前檢測。接著進 60%VO_2max的腳踏車運動 30 分鐘，並進行運動初期（C2 或P2）、運動中期（C3 或P3）、運動末期（C4 或P4）的檢測，在運動完畢之後以坐姿安靜休息 10 分鐘，並進行運動後恢復期的檢測（C5 或P5）。

（六）、經過 3 天的排空期，以確保體內無咖啡因。

（七）、第八天，受試者重複步驟（五）的流程，接受另一種實驗處理。

實驗期間要求受試者除了正常三餐之外，避免服用其他營養增補劑、接受藥物治療、飲用含咖啡因飲料，或刻意攝取大量高蛋白食物。同時，還需保持正常的生活習慣，並且進行飲食紀錄。

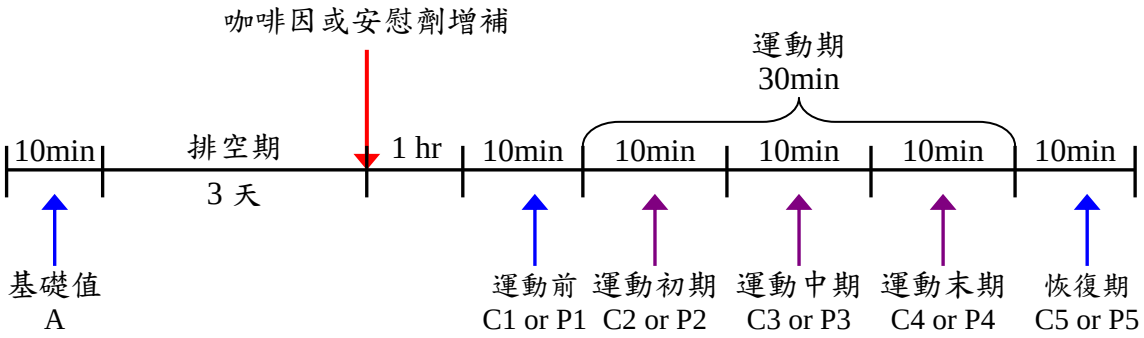

圖 3-2 實驗流程圖

A 表示基礎值安靜狀態下，C 表示服用咖啡因，P 表示服用安慰劑，1 表示運動前（服用膠囊後 1 小時），2 表示運動初期，3 表示運動中期，4 表示運動末期，5 表示恢復期。

第六節　實驗方法

一、最大攝氧量測驗

本研究最大攝氧量測驗以原地型腳踏車（Excalibur Sport Ergometer, Lode Inc, Netherlands），以漸增負荷方法進行運動直到衰竭。測驗開始時，受試者以 50W 的負荷，速度為 60 rpm，進行 5 分鐘的熱身，接著 3 分鐘增加 25W，直到受試者衰竭為止。衰竭的判定原則為：(1) 呼吸交換率（respiratory exchange ratio, RER）大於 1.2；(2) 心跳率大於預估最大值（220-年齡）；(3) 當運動強度增加，但每分鐘的攝氧量維持水平、沒有增加或甚至減少（< 150 ml/min）。

運動過程中以氣體分析儀（Sensormedics Vmax29, The CardioPulmonary Care Company™, USA）進行蒐集分析攝氧量，並定義出受試者的最大攝氧量（VO_2max）。根據最攝氧量測試的結果，訂定相當於 60% VO_2max的運動負荷強度。

二、心率變異性的測量與分析

本實驗以Polar心率紀錄器（Polar S810i™, Polar Electro Inc, Finland），紀錄受試者的心跳率資料。受試者在整個實驗期間禁止攝取含咖啡因或酒精的飲料或藥物。為達心跳率的穩定狀態（steady state），基礎值安靜狀態採取先以仰臥的方式躺 30 分鐘，並避免其他外界的干擾，

如：音樂、燈光、談話聲等等，接著以坐姿方式記錄安靜心跳。安靜狀態記錄 10 分鐘，以最後 5 分鐘的資料進行分析，運動初期、運動中期、運動末期與恢復期則紀錄 10 分鐘的資料，並取後面 5 分鐘資料進行分析。透過紅外線傳輸線（Polar IR interface, Polar Electro Inc, Finland），讀取Polar心率紀錄表所記錄之R-R間隔數資料，並以Polar Precision Performance SW 3.0 軟體進行異位性心跳數修正（ectopic beats）的自動修正，再轉換成ASCⅡ檔，本實驗僅使用異位性心跳數修正在 15％以內的R-R間隔數資料進行功率頻譜分析。

透過心率變異性分析軟體（HRV Analysis Software for Windows V1.1），將擷取到的R-R間隔數資料（取樣頻率至少 512 或 1,024 Hz），進行快速傅力葉轉換（Fast Fourier Transform）的處理，在功率頻譜圖上定義出HF（0.15-0.4 Hz）、LF（0.04-0.15 Hz）、VLF（0.00-0.04 Hz）的絕對功率值（ms^2）與峰值頻率（Hz），其中LF與HF的絕對功率值分別代表交感神經與副交感神經對於心臟節律的控制情形；總功率是指三種頻率區間功率值的總和，代表R-R間隔的總變異情形；而LF/HF的比值，則代表交感神經與副交感神經互相調節（modulation）的評估指標。此外，本實驗所指的VLF%、LF%與HF%，則分別指各頻率間的功率值，佔總功率的百分比，而其中LF%與HF%可分別作為評估交感神經與副交感神經對心臟節律驅策情形的指標。

三、血壓測量

血壓的測量使用臂式電子血壓計（Automatic Digital Electronic Blood Pressure Monitor DS-157, NISSEI Inc, Japan）。在測量安靜狀態血壓之前，請受試者先安靜地坐姿休息五分鐘以上，處於合適的環境，測量前內沒有激烈的運動、吸菸或食用含有咖啡因的食物。在測量血壓時，受試者應坐在椅子上，雙腳著地，除去上臂的衣物，保持身心的輕鬆，並將上臂置於能穩定支持手臂的扶手或桌面上，位置保持在大約心臟的高度，再進行血壓測量。手臂懸空或上臂低於心臟均會導致血壓測量值偏高，上臂高於心臟則會導致血壓測量值偏低。

四、警覺程度測量

本研究以 Sondermeijer, van Marle, Kamen, 與 Krum (2002) 在研究中所使用的警覺程度視覺類比量表（alertness visual analog scale）來測量警覺程度。受試者在一條垂直 10 公分的直線上指出他們目前的警覺狀態，分數有 0 到 10 分，最上面為 10 分表示 ”非常警覺”，最下面為 0 分表示 ”非常熟睡”。「警覺」的定義包含：興奮、清醒、覺醒、靈活、靈敏等等。在整個實驗中都使用同一個量表來評估。

第七節　資料蒐集及處理

本實驗測得之所有數據，以電腦 SPSS 14.0 視窗版統計軟體進行統計處理。以重複量數二因子變異數（2-way ANOVA）分析五個不同時間點（運動前、運動初期、運動中期、運動末期、恢復期）咖啡因與安慰劑兩組之間心率變異性的差異，以相依樣本 t 考驗咖啡因對於血壓、警覺度視覺類比量表（alertness visual analog scale）與運動強度自覺量表（rating of perceived exertion)的影響，所有資料以平均數±標準誤（Mean ± SEM）來表示，統計顯著水準為 $p < .05$。

分析變項為：收縮壓、舒張壓、警覺度量表、運動自覺量表、心跳率、VLF、LF、HF 的功率值，總功率，VLF、LF、HF 的功率百分比，LF/HF 比值。