

國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文

NATIONAL TAIWAN NORMAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION
MASTER THESIS

指導教授：黃賢堅 Huang Hsien-Chien Prof.

衰竭運動對低密度脂蛋白膽固醇
預測公式適用性之探討

A Study on Friedewald's Equation to Estimate Serum
LDL-C Concentration After Exhaustive Exercise

研究生：劉碧華 Liu Bih-Hwa

中華民國七十八年一月

JANUARY, 1989

衰竭運動對低密度脂蛋白膽固醇 預測公式適用性之探討

目 次

摘 要.....	VII
第壹章 緒 論.....	1
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	4
三、研究範圍.....	4
四、名辭解釋.....	4
第貳章 文獻探討.....	7
一、有關單一的運動對TC、HDL - C、LDL - C、TG影響的 研究文獻.....	7
二、本章總結.....	10
第叁章 研究方法與步驟.....	11
一、實驗時間.....	11
二、受試者.....	11
三、實驗地點.....	12

四、實驗方法與過程.....	12
第肆章 資料處理與結果.....	19
一、資料處理方法.....	19
二、結果.....	21
第伍章 討 論.....	27
一、信度檢討.....	27
二、受試者.....	27
三、衰竭運動對TC、HDL-C、LDL-C及TG的影響.....	28
四、Friedewald低密度脂蛋白膽固醇預測公式適用性之檢討	30
第陸章 結論與建議.....	33
一、結論.....	33
二、建議.....	33
參考文獻.....	35
一、中文部分.....	35
二、英文部分.....	36
附 錄.....	43
附錄一 受試者須知.....	43
附錄二 進食餐飲記錄表.....	45
附錄三 健康情況調查表.....	46
附錄四 2R-R間隔心跳率對照表.....	48

附錄五 個人基本資料與血液分析記錄表.....	49
附錄六 受試者各項測驗資料總記錄表.....	50
英文摘要.....	51

表 次

表一	受試者年齡、身高、體重、休息時心跳率、最大心跳率統計表.....	12
表二	受試者運動前與衰竭運動後血液分析基本資料表.....	21
表三	台大醫院與 Reflotron 全血快速分析器之信度係數與信度係數 F 考驗表.....	22
表四	衰竭運動前後之各項血液分析 t 值表.....	22
表五	衰竭運動前後之各項血液成分變化百分比.....	23
表六	Friedewald 預測公式與實際測量所求得之 LDL - C 濃度，二者間之相關係數、估計標準誤與總誤差量.....	24
表七	Friedewald 預測公式、迴歸直線預測公式與實際測量之 LDL - C 濃度 t 考驗表.....	24

圖 次

- 圖一 衰竭運動前 Friedewald 預測公式與實際測量之 LDL - C
濃度的直線迴歸圖..... 25
- 圖二 衰竭運動後 Friedewald 預測公式與實際測量之 LDL - C
濃度的直線迴歸圖..... 25

國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文

研究生：劉碧華

指導教授：黃賢堅教授

衰竭運動對低密度脂蛋白膽固醇預測公式 適用性之探討

摘 要

本研究的目的是在於：(一)探討衰竭運動對血清脂質的影響。(二)檢討 Friedewald 之低密度脂蛋白膽固醇預測公式在休息時與衰竭運動後之適用性。本研究以十四位健康男性為受試者，平均年齡為 22.72 ± 2.08 歲，身高為 171.21 ± 5.32 公分，體重為 62.50 ± 5.43 公斤。

在實驗前受試者接受 12-14 小時的食物控制，而後參加一個以 4.4 mph，0% 的跑步機之跑步運動，直到衰竭為止。衰竭的判定為受試者無法跟得上跑步機所設定的速度。受試者分別在運動前及運動後立即抽血，經離心後分析血清之總膽固醇 (total cholesterol)、高密度脂蛋白膽固醇 (high-density lipoprotein cholesterol)、低密度脂蛋白膽固醇 (low-density lipoprotein cholesterol) 及三酸甘油脂 (triglycerides) 的濃度。所得資料分別以 CHOD-PAP 法來測量 TC 濃度，以 phosphotungstic acid-MgCl₂ 法來測量 HDL-C 濃度，以 PVS 法來測量 LDL-C 濃度，以 GPO-DAOS 法來測量 TG 濃度。並以相關係數 (r)、F 考驗、相依樣本 t 考驗及直線迴歸法來進行統計分析。

本研究之運動強度平均為最大心跳率的 81 % (全距 74 — 89 %) , 運動時間平均為 133 分鐘 (全距 83 — 222 分) 。結果發現 :

(一) 衰竭運動後 , 血清總膽固醇比運動前增加了 5.2 % , 高密度脂蛋白膽固醇增加了 10.4 % , 低密度脂蛋白膽固醇減少了 11.3 % , 三酸甘油脂減少了 39.6 % , 以上各項變化均達顯著差異水準 ($p < .01$) 。

(二) Friedewald 之低密度脂蛋白膽固醇預測公式在運動前有低估低密度脂蛋白膽固醇濃度的現象 , 反之在衰竭運動後則有高估的情形產生 , 因此有加以檢討的必要。

(三) 以 Friedewald 預測公式所得出之低密度脂蛋白膽固醇濃度為自變數 , 以實際測量之低密度脂蛋白膽固醇濃度為應變數 , 利用迴歸分析得出運動前與運動後之迴歸直線 , 再以此迴歸直線方程式計算出低密度脂蛋白膽固醇濃度 , 所得數值與實際測量之數值十分一致。

由以上之研究發現得到以下的結論 :

(一) 單一的長時間、高強度運動對引起血清脂質的改變是一個直接的重要因素。

(二) Friedewald 之預測公式在運動前應修正為 : $LDL - C \text{ 濃度} = 0.9634 \text{ (休息時 Friedewald 公式之預測值)} + 11.8476$ 。衰竭運動後應修正為 $LDL - C \text{ 濃度} = 0.9460 \text{ (運動後 Friedewald 公式之預測值)} - 10.0547$ 。

第壹章 緒 論

血中的膽固醇 (cholesterol) 常與蛋白質 (protein)、磷脂質 (phospholipids)、三酸甘油脂 (triglycerides) 等結合形成脂蛋白 (lipoprotein)，其功能主要是以一種可溶解的型式來傳送脂質 (lipids)。脂蛋白可以在組織的細胞表面上發現，其作用為維持細胞膜的原來狀態，並在細胞內之胞器 (organelles) 中，用以維持各種酵素之構造順序 (註 54)。血漿中脂蛋白的總濃度大約為 400 — 1200 mg/dl，其中膽固醇佔 26 %、磷脂質佔 23 %、蛋白質佔 28 %、三酸甘油脂佔 23 % (註 49)。脂蛋白以電泳法 (electrophoresis) 分離可以分成四類：①高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL)，②低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL)，③極低密度脂蛋白 (very low-density lipoprotein, VLDL)，④乳糜小滴 (chylomicrons) (註 9)。這些成分的正常值為：HDL 80—310 mg/dl、LDL 160—400 mg/dl、VLDL 50—180 mg/dl，以及微量 (可以忽略) 的乳糜小滴。其中 HDL 及 LDL 和膽固醇有很大的關係，因為膽固醇佔 HDL 淨重的 20 % 與佔 LDL 淨重的 45 %，並且 HDL 與 LDL 在傳送膽固醇的過程中，分別攜帶總血清膽固醇的 20 % 及 60—70 %。另外，乳糜小滴及 VLDL 與三酸甘油脂之關係亦極為密切，因為三酸甘油脂佔乳糜小滴淨重的 80—95 %，以及佔 VLDL 淨重之 40—80 % (註 49)。

有許多研究都認為血清膽固醇含量的升高與動脈硬化及冠狀動脈心臟病 (coronary heart disease, CHD) 的危險性有高度的相關

(註 11、13、19、34、46、59)。一般總膽固醇 (total cholesterol , TC) 濃度的正常值為 130 — 300 mg/dl 之間，然而在心臟發作的人當中，卻有 75 % 的人，其總膽固醇濃度都在這些範圍之內(註 18)。最近的資料指出：血液中膽固醇被傳送的方式，可能對於潛在冠狀動脈疾病之診斷，要比血液中 TC 濃度更為精密可靠 (註 42)。有許多流行病學上的資料指出 (註 15、16、17、30、32、43、60) 具有較高的高密度脂蛋白膽固醇 (HDL - C) 和較低的低密度脂蛋白膽固醇 (LDL - C) 的羣體，其冠狀動脈心臟病的罹患率較低。因為由 LDL 來傳送膽固醇，可以滲透動脈的血管內膜 (intima) 而引起動脈硬化，影響血液循環 (註 14) ；當由 HDL 來傳送膽固醇時，可以將膽固醇從動脈血管壁傳送到肝臟，作為分解代謝及排泄之用，因而對人體有一種保護的效果 (註 43)。故增加高密度脂蛋白膽固醇濃度或減少低密度脂蛋白膽固醇濃度，要比減少總膽固醇含量更能有效地預防動脈硬化 (註 42、43)。因此，低密度脂蛋白膽固醇可被用來做為診斷潛在冠狀動脈疾病的因素之一。

一、研究動機

要瞭解運動對血液脂蛋白的影響，最普遍的方法就是測量不同脂蛋白之膽固醇含量 (註 27)。一般測量低密度脂蛋白膽固醇的方法有三種：①超高速離心法 (Ultracentrifugation)，②電泳法 (Electrophoresis)，③沉澱法 (Precipitation)，其中超高速離心法須要昂貴的裝置及設備，故一般實驗室多不採用；電泳法則因操作費時而無法適用於大量分析的用途；沉澱法之測定手續簡易且精確度高，故一般研究者較常採用此法 (註 36)。雖然沉澱法具有上述之優點，但在實際應用上，通常有關血脂肪的檢查大都必須同時測量多種項目，如 TC、TG、HDL - C、LDL - C 及 VLDL - C 等。因此，

如果能有一個與直接測定值非常接近之間接測定公式，那麼在使用上將更爲經濟、省時。故自從Friedewald等人於1972年（註28）提出「 $LDL - C = TC - (HDL - C + TG / 5)$ 」之公式後，立即廣泛地被醫學界與運動科學研究人員所應用，在許多探討運動與血脂肪之間的關係之研究報告中，均普遍地以這個公式來計算低密度脂蛋白膽固醇的濃度（註21、25、29、33、39、41、45、48、51、52、53、56、57）。

雖然Friedewald之LDL - C預測公式與超高速離心法所測得之LDL - C值之間的相關係數高達.85～.99，但是在使用這個公式時仍有三個限制：第一，它不適用於含有乳糜小滴的血液樣本；第二，它對於具有Type III型血脂蛋白過多的病人會產生較高的LDL - C濃度之錯誤結果；第三，當血漿三酸甘油脂的濃度超過400 mg/dl時，則不能正確地估計出LDL - L值（註28）。其次Friedewald之研究大部分資料是得自有家庭式的高脂蛋白血症的病人以及他們的親戚，因而與一般大眾之取樣樣本有偏差存在。再者相關係數高並不表示精確度高，故其所得只是一個近似值，尚不夠精確，因此有加以探討的必要，期使預測的正確性更臻完美，並提供更廣泛的應用。

在以往的研究中，大都是以一段長期的運動訓練（例如三個月或半年）來探討運動與血脂肪之間的關係，很少考慮到單一的激烈運動（acute）後對血脂肪的影響（註2）。事實上，激烈運動後血脂肪會受到影響而有所改變，例如Cullinane等人（註22）研究發現，自由車選手在完成二個小時的自由車競賽後，其TC與HDL - C會立即增加7.56%與7.27%。Enger等人（註26）則指出在經過一個七十公里的越野賽跑後，HDL - C立即增加了12%，TG則減少了30%。Durstine等人（註24）研究發現以45% $\dot{V}O_{2max}$ 的強度運動直到衰竭時（約爲4小時），其TC昇高了3%，HDL - C也增

加了 10.8 %。既然以上證據指出 TC、HDL - C 及 TG 等三個公式上的變數在運動後會有所變化，如果將此一測量休息時之 LDL - C 濃度的公式運用到運動後之測量，尤其是運動至衰竭時，其適用性如何則有待進一步深入探討。

二、研究目的

本研究的目的在於：

- (一)探討衰竭運動對於血清總膽固醇、高密度脂蛋白膽固醇、低密度脂蛋白膽固醇、三酸甘油脂濃度的影響。
- (二)檢討及修正使用 Friedewald 低密度脂蛋白膽固醇預測公式在休息時之適用性。
- (三)檢討使用 Friedewald 低密度脂蛋白膽固醇預測公式在衰竭運動後之適用性。

三、研究範圍

本研究以十四位健康男性，志願參加本實驗者為受試者。受試者分別在運動前一分鐘內抽血完畢，然後立即參加運動，直到衰竭為止。並且在衰竭運動後一分鐘內予以抽血，經離心後分析血清中之總膽固醇、高密度脂蛋白膽固醇、低密度脂蛋白膽固醇及三酸甘油脂等濃度，所得資料為本研究的範圍。

四、名辭解釋

(一)衰竭運動 (exhaustive exercise ; all-out exercise) :

指受試者在電動跑步機上，步行或跑步直到他無法繼續再走或再跑下去為止。亦即受試者無法維持原先設定的跑步機速度 (pace)。

(二)總膽固醇 (total cholesterol ; TC) :

膽固醇是一種脂類的硬脂醇，是細胞之胞漿膜與細胞生長的基本組成要素。血液中若膽固醇含量過多，將會使膽固醇酯沉積成斑 (plaque) 而引起動脈粥樣硬化。一般人總膽固醇的正常值為130—300 mg/dl。本研究的總膽固醇濃度主要是做為檢定 LDL - C 預測公式之用。

(三)高密度脂蛋白膽固醇 (high - density lipoprotein cholesterol ; HDL - C) :

高密度脂蛋白是脂蛋白的一種，含有高濃度的蛋白質與磷脂類以及低濃度的三酸甘油酯。其作用主要是將膽固醇由動脈血管壁傳送到肝臟，以作為分解代謝及排泄之用。高密度脂蛋白膽固醇乃高密度脂蛋白中所含的膽固醇濃度，以 mg/dl 表示。本研究的高密度脂蛋白膽固醇濃度主要是做為檢定 LDL - C 預測公式之用。

(四)低密度脂蛋白膽固醇 (low-density lipoprotein cholesterol ; LDL - C) :

低密度脂蛋白是脂蛋白的一種，包含有高百分比的膽固醇酯 (ester)，其作用是將膽固醇傳送到周邊組織。低密度脂蛋白膽固醇乃低密度脂蛋白中所含的膽固醇濃度，以 mg/dl 表示。本研究之低密度脂蛋白膽固醇濃度主要是做為檢定 LDL - C 預測公式之用。

(五)三酸甘油酯 (Triglycerides ; TG) :

三酸甘油酯是一種含有脂肪酸 (fatty acids) 與甘油 (glycerol) 的脂肪，以 mg/dl 表示，正常值為 10—150 mg/dl。本研究之三酸甘油酯濃度主要是做為檢定 LDL - C 預測公式之用。

(六)低密度脂蛋白膽固醇預測公式 (estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol) :

指由 Friedewald 等人於 1972 年所提出的公式，其公式為：

$LDL - C = TC - (HDL - C + TG/5)$ 。

(七)最大心跳率 (maximum heart rate) :

最大心跳率為個人在逐漸增加負荷量的運動中，每分鐘所能達到的最高心跳次數。本研究乃是以心電圖記錄根據 2R - R 長度來判斷受試者之心跳率。

第貳章 文獻探討

本研究旨在探討 Friedewald 低密度脂蛋白膽固醇預測公式於衰竭運動後之適用性，故不列出有關運動訓練對血脂肪之影響的文獻，僅就單一 (Single) 的運動對血液總膽固醇、三酸甘油脂、高密度脂蛋白膽固醇、低密度脂蛋白膽固醇等血脂肪變數提出討論，最後再根據本文獻探討有關發現，綜合整理，做為本章總結。

一、有關單一的運動對 TC、HDL-C、LDL-C、TG 影響的研究文獻

Cullinane 等人 (註 22) 探討長時間的運動對受過訓練者及未受過訓練者之血脂肪的影響。他以十位 21 — 33 歲坐式生活的男性與九位 18 — 37 歲的自由車選手，在踏車上做固定式踏車為期六十分鐘。自由車選手在做完一小時之踏車後一週，再做一次為期二小時的運動。分別在運動前、運動後立即 (immediately after)、運動後第 1、4、24、48 及 72 小時抽血。結果發現自由車選手在踏車一小時及踏車二小時之後，其 LDL - C 都會增加 (本研究之 LDL - C 乃由公式計算求出)；TC 與 HDL - C 則只有在運動二小時之後才會增加；但是當校正血漿量的變化時，這些膽固醇的變化則不顯著。在運動之後的四小時，血清 TG 則沒有顯著的改變。自由車選手在運動一小時與運動二小時之後的 24 小時，其 TG 分別減少了 17% 與 33%；未受過訓練者在運動一小時之後，TG 減少了 22%。這些結果證實了 TG 濃度會有延遲減少的現象。Cullinane 認為 TG 濃度之所以會延遲減

少與運動的時間長短有關，並且可能沒有顯著減少的開始時間。

Thompson 等人（註 58）以十二位受過訓練的男性跑者，年齡 24 — 50 歲，探討他們在參加一個四十二公里馬拉松賽跑後對血脂肪的影響。完成馬拉松賽的時間為 152 — 322 分鐘，平均 232 分鐘。分別在比賽前 1 小時，比賽後的第 5 分鐘和第 1、4、18、42 和 66 小時抽血（最後的三個抽血時間是在比賽後的三個連續的早晨）。結果發現，血清 TG 含量在比賽後直到 4 小時均無變化，但是在運動後的第 18、42 與 66 小時平均減少了 65%、39% 與 32%。TC 和 LDL - C（由公式計算求出）在比賽後 5 分鐘與 1 小時和比賽前均無顯著差異，但是在四小時以後則 TC 減少了 6 — 10%，LDL - C 減少了 9%。而 HDL - C 則在運動後 5 分鐘及 18 小時，比賽前增加了 6%，其他取樣時間則無顯著差異。

Durstine 等人（註 24）以美國南加州大學十位平常有參加身體活動的男學生為對象，探討長時間、低強度（ $45\% \dot{V}O_{2max}$ ）的衰竭運動對血漿脂質含量、HDL - C 濃度，以及連續運動時間對這些血液成分的影響。其運動型式是在電動跑步機上步行直到衰竭為止。並分別在運動之前、運動開始後的第 30、60 分鐘，以及之後的每一小時進行抽血，直到衰竭的那一刻，並在休息 30 分鐘之後再抽血一次。結果發現，TC 濃度在運動開始後的 30 分鐘由 163.7 mg/dl 減少為 162.1 mg/dl（0.01%），然後在運動後 1 小時回到運動前的值，並且在整個實驗期間均持續上升。在衰竭時 TC 顯著地昇高了 3%，並且在休息 30 分鐘後又昇高了 3%。HDL - C 在運動開始後的 2 小時顯著地昇高，並且持續昇高到運動衰竭的時候。HDL - C 在衰竭時比運動前增加了 10.8%，同時維持到恢復期的 30 分鐘。LDL - C 濃度在整個實驗期間均無顯著的影響（LDL - C 是由公式計算而得）。TG 在運動期間只引起些微的變化，而且運動前與衰竭運動後的值並無顯著的

差異。Durstine 認為長時間、低強度的運動可以促使人類的脂質產生變化。

Enger 等人 (註 26) 爲了探討單一的長時間運動對 TC、HDL - C、LDL - C + VLDL - C、TG 的影響。他以二十位受過良好訓練的男性，年齡 21—57 歲，分別在參加一次越野賽跑 (cross-country) 之前、比賽後的那一刻、比賽後的第 1、2、4 天測量他們的血清 HDL - C、TC 與 TG，LDL - C + VLDL - C 則以 TC 減 HDL - C 來求出。結果發現，TC 濃度在運動後立即測量與運動前沒有顯著改變，但是在比賽後的第一與第二天則顯著地減少了 8% 與 5%，而在運動四天後回到運動前的水準。HDL - C 在比賽後那一刻顯著地比比賽前增加了 12%，比賽後第一天則比最初的含量高出 17%，並持續昇高四天。LDL - C + VLDL - C 在比賽後立即測量，減少了 4%，在比賽後的第一、二天則分別減少了 17% 與 11%。TG 在比賽後那一刻比最初的水準減少了 30%，而在比賽後第二天即恢復到原來的水準。Enger 認為一次單一的長時間、高強度的運動會引起 HDL - C 的增加、TG 的減少以及 LDL - C + VLDL - C 的減少，且會持續好幾天。表示運動對血液脂質的變化扮演一個很重要的角色。

Lawernce 等人 (註 47) 爲探討連續的單一運動對血脂質過多 (hyperlipidemia) 男性之血清 TG 濃度的影響，以七位中年男性，其 TG 濃度爲 235 ± 16 mg/dl，進行一天運動 (在午後慢跑 3~4 哩，大約 40 分鐘) 一天休息，連續做四次，以及三至七天的恢復期的研究，分別在禁食 12 小時之後的每一個早晨測量血清 TC 與 TG。結果發現，TG 在第一次運動後降到 173 ± 12 mg/dl (26%)，第二次運動後降到 136 ± 12 mg/dl (42%)，第三次運動後降到 119 ± 7 mg/dl (49%)，第四次運動後降到 104 ± 8 mg/dl (56%)；而在恢復期中，TG 於三至七天內回到正常值。TC 在整個實驗

過程中則沒有顯著影響。因此 Lawerence 認為運動本身可以使血清 TG 的濃度急劇地降低。

二、本章總結

綜觀上述文獻探討中和本研究有關之結果，大致可歸納成下列幾點加以說明：

(一) 大部分的研究均認為在單一運動後立即抽血測量，(一般研究均設定在五分鐘以內) 血清 TC 濃度與運動前的水準沒有顯著差異，但在衰竭運動後卻有顯著的增加。

(二) 運動後 HDL - C 濃度會立即有顯著的增加，大部分研究結果均呈現出此一趨向。

(三) 運動對 LDL - C 濃度的影響，到目前為止研究結果並不一致。

(四) 運動後的 TG 濃度，有研究認為會立即減少，有的研究則認為不會立即減少，而是有延遲減少的現象。

(五) 大部分研究都使用 $LDL - C = TC - (HDL - C + TG/5)$ 的公式來計算運動前與運動後之 LDL - C 濃度，事實上，運動本身對改變 TC、HDL - C 與 TG 的濃度上佔了一個相當重要的因素，因此對於此一測定公式之適用性，值得進一步探討。

第叁章 研究方法與步驟

一、實驗時間

(一)初步研究 (Pilot Study)

於民國七十七年十月二十六日起至十月三十一日止共六天進行初步研究，以確定每次實驗所須時間、跑步機之速度與坡度、抽血情況，並測量安靜時心跳率、運動時心跳率與血液前處理，以期於正式實驗中減少人為誤差及瞭解受試者之實驗狀況。

(二)正式實驗

於民國七十七年十一月一日起至十一月十六日止共十六天進行正式實驗。

二、受試者

本研究以十五位男性，志願參加本實驗者為受試者。實驗時其中一位因為跑步中途小腿痙攣，故只有十四位完成本實驗。

受試者之年齡、身高、體重、休息時心跳率、最大心跳率之平均數、標準差、最大值、最小值如表一所示（受試者各項原始資料參見附錄六）。於實驗前發給「受試者須知」（附錄一）、「進食餐飲記錄表」（附錄二），並填寫「健康情況調查表」（附錄三）。

表一 受試者年齡、身高、體重、休息時心跳率、最大心跳率統計表

項 目 \ 統 計 值	平 均 數	標 準 差	最 大 值	最 小 值
年 齡 (歲)	22.72	2.08	26.50	20.00
身 高 (公分)	171.21	5.32	181.0	164.0
體 重 (公斤)	62.50	5.43	71.0	54.0
休息時心跳率(次/分)	63.71	8.56	76	47
最大心跳率(次/分)	197.57	4.89	203	190

三、實驗地點

抽血、衰竭運動測驗及血液前處理在國立台灣師範大學體育研究所生體力學實驗室與實驗準備室實施。血脂肪(TC、HDL-C、LDL-C及TG)測定在國立台灣大學醫學院附設醫院生化室進行。

四、實驗方法與過程

本研究之實驗包含三個過程：(一)實驗前準備階段，(二)衰竭運動測驗，(三)血液分析。

(一)實驗前準備階段

1.儀器校正與檢視：

(1)跑步機：本實驗採用Model Q 65型跑步機與Model 645型跑步機微電腦控制器，使用前依操作手冊所列之程序與方法進行坡度與速度之校正(註44)。

(2)心電圖分析器：本實驗採用福田牌Model 501 D心電計，其校正方法為先將心電計溫熱五分鐘，使一毫伏特(mV)的電壓筆尖作

一厘米的移動，亦即速度為 25 mm/ sec (註 7)。

(3)離心機：本實驗之離心機為日本國產遠心器株式會社所製，型式為 H- 72 C。使用前將每分鐘回轉速調整為 2500 rpm。

(4)Reflotron全血快速分析器：為西德 Boehringer Mannheim CO. 所製，使用前依操作手冊說明之方法進行校正(註 23)。

(5)檢視抽血針筒、止血帶、試管、吸管等是否在安全及良好的使用狀態下。

2. 受試者的準備：

(1)在實驗前四十八小時，不得參加任何運動，禁止喝酒及抽煙並食用日常的食物，同時記錄這期間內所吃的食物及飲料之名稱與數量。

(2)在實驗前十二至十四小時，除了白開水之外，不得食用任何食物，亦不得飲用咖啡、茶及其他含咖啡因的飲料。

(3)在經過四十八小時不運動及十二至十四小時食物控制之後的清晨穿著運動服裝到達實驗室。

(4)抽血前，受試者會被詢問是否符合實驗之規定，如未遵守規定則另訂實驗時間。

3. 抽血人員：

本實驗之抽血人員為國立台灣大學醫學院附設醫院之護士一人，長庚紀念醫院護士一人與國立台灣師範大學分部健康中心護士一人，共計三人，均具有多年之抽血經驗者。

4. 記錄實驗室之溫度與濕度。

(二)衰竭運動測驗

本實驗之衰竭運動測驗共包括四個過程：1. 抽血，2. 心電圖設置，3. 從事衰竭運動，4. 衰竭運動後再抽血。

1. 抽血

受試者採坐姿，手臂伸直放在棉花墊上，以便抽取肘前窩靜脈之血液。抽血的步驟如下：

(1)針頭和針筒之準備：將 20 號針頭緊緊地固定在 10cc 的針筒上。

(2)使用止血帶綁在上臂處，以使前臂靜脈擴大而變得比較明顯，並阻止血流經靜脈回流到心臟。

(3)將最明顯的靜脈找出，如靜脈不明顯，則令受試者握拳而有助於靜脈擴張。

(4)在要插入針頭處沾 70 % 消毒酒精棉花擦拭之。

(5)將針頭插入靜脈，慢慢地抽血，每次抽 10 cc 血液。

(6)受試者鬆開拳頭，再解開止血帶。

(7)移去針頭後，在穿刺處覆以消毒棉花並用手壓住以防止流血。

2. 心電圖之設置：

先用酒精擦拭電極部位，然後塗上離子糊，再以負極貼在受試者的胸骨柄上端，正極貼在左側第五肋骨和左鎖骨正中央向下垂線交點（即 V_5 位置），地線則接於身體右側和 V_5 相對位置上，最後將電極由導線接至心電圖分析器上以記錄心跳率（註 4）。

3. 衰竭運動測驗：

由於 Durstine 等人（註 24）曾做過有關衰竭運動對血脂肪變化的影響之研究，故本研究乃根據他的研究方式來進行。首先受試者在電動跑道上以 1.4 mph 速度，0 % 坡度進行熱身運動五分鐘，接著以 4.4 mph 速度，4 % 坡度慢跑，一直跑到衰竭為止。衰竭（all-out）的判定為受試者無法再繼續維持原先設定的速度（pace）（註 24）。運動後記錄運動多久時間。

在運動期間依受試者之意願供其喝水，記錄其總喝水量。並以心電圖測量每十分鐘之最後十秒以及衰竭前十秒之心跳次數，心跳次數

以「2R - R 間隔心跳率對照表」來判讀（註 5）（附錄四）。當受試者自覺已非常累時，鼓勵其儘量跑下去。分別在運動前與運動後各抽取 10 cc 血液。

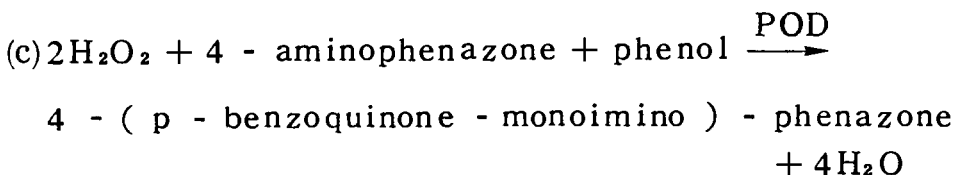
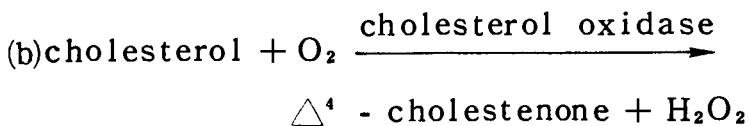
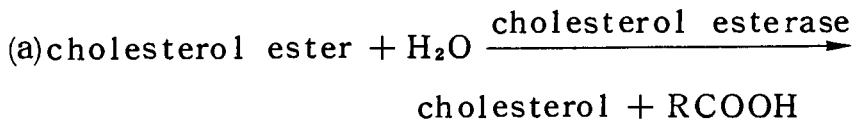
(三) 血液分析

1. 血液前處理：

當完成靜脈抽血後，從針筒移去針頭，將血液輕輕壓入玻璃試管中，置於室溫約一小時，使血液凝結成血塊，再以每分鐘回轉速 2500 rpm 離心十五至二十分鐘後，然後用塑膠吸管吸出上端之澄清液（即血清）置於另一試管中，再用軟木塞塞住。將含血清之試管置於 4°C 之冰箱中冷藏，再送往台大醫院生化室測總膽固醇、三酸甘油脂、高密度脂蛋白膽固醇及低密度脂蛋白膽固醇之濃度。

2. 總膽固醇測定 (TC ; total cholesterol) :

(1) 測定原理：



(2) 測定方法：CHOD - PAP method (Enzymatic colorimetric test) (註 40、55)。

(3) 測定試藥：西德 Boehringer Mannheim, Cat.No. 791440。

(4) 測定儀器：日立 736 - 60 E 生化自動分析儀。

總膽固醇濃度之測定除了將血清樣本送往台大醫院生化室分析外，並在師大體研所實驗準備室以 Reflotron 全血快速分析器加以分析。其測定程序為：以此分析器之專用吸量管吸出抗凝管中的血液 32 μ l, 滴入試紙之紅色區域內，再將試紙放入機器內，等候 173 秒，閱讀銀幕上之數值並記錄之。

3. 高密度脂蛋白膽固醇測定 (HDL - C ; high-density lipoprotein cholesterol) :

(1) 測定原理：在血清中加入 phosphotungstic acid 與 magnesium 則 HDL 會沉澱，離心後 HDL 會浮在上層，再以酵素法來測量其中的膽固醇濃度。

(2) 測定方法：phosphotungstic acid-Mgcl₂ Precipitant method (註 35)。

(3) 測定試藥：西德 Boehringer Mannheim, Cat.No.543004。

4. 低密度脂蛋白膽固醇測定 (LDL - C ; low-density lipoprotein cholesterol) :

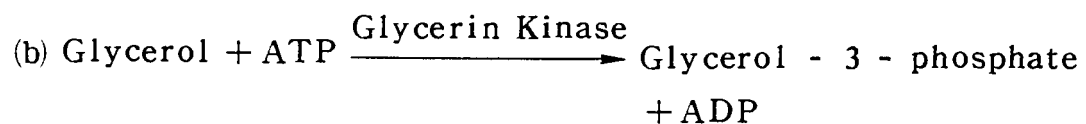
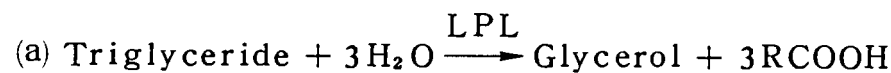
(1) 測定原理：在血清中加入 polyvinylsulphate 則 LDL 會沉澱，離心後，計算上層之膽固醇濃度與血清總膽固醇濃度之差異，即可得出 LDL - C 濃度。

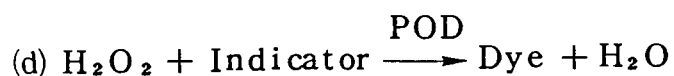
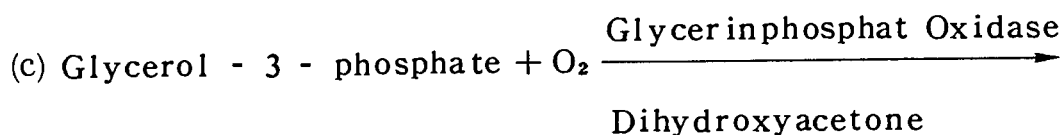
(2) 測定方法：PVS method (註 38)。

(3) 測定試藥：西德 Boehringer Mannheim, Cat.No. 726290。

5. 三酸甘油脂 (TG ; triglycerides) :

(1) 測定原理：





(2)測定方法：GPO-DAOS法（註1）。

(3)測定試藥：日本和光純藥コード番號 439-09291, 435-09391, 431-09491, 437-09591, 272-56794。

(4)測定儀器：日立 736-60E 生化自動分析儀。

另以 Reflotron 全血快速分析器加以測量，其測量程序與測總膽固醇相同，惟須等候 191 秒。

第肆章 資料處理與結果

一、資料處理方法

(一)本研究經實驗處理後以十四位受試者於運動前與衰竭運動後所抽取之血液經分析後，求出TC、HDL-C、LDL-C、TG各項之平均數、標準差、最大值、最小值等基本資料。

(二)以受試者運動前之血液樣本，分別使用 Reflotron 全血快速分析器與台大醫院所測出的TC濃度，以相關係數 (correlation coefficient) 與F考驗 (F-test) 來比較二種方法之信度 (註8)。

(三)以相依樣本t考驗 (t-dependent test) 來考驗運動前與衰竭運動後之TC、HDL-C、LDL-C、TG等之平均數差異顯著性 (註8)。

(四)以 $(| \text{運動後} - \text{運動前} | / \text{運動前}) \times 100\%$ 來計算各項血脂脂肪濃度之變化百分比。

(五)以相關係數 (correlation coefficient) 與F考驗 (F-test) 來檢定運動前與運動後之由 Friedewald 公式計算所得之 LDL-C 濃度與實際測量所得之 LDL-C 濃度二者之間的相關程度，並求其估計標準誤 (SEE) 與總誤差量 (E) (註3)。

(六)以直線迴歸法 (linear regression) 分別求出運動前與衰竭運動後，以 Friedewald 公式計算之 LDL-C 濃度與實際測量之 LDL-C 濃度二者之間的迴歸直線 (regression line) (註8)，再分別以衰竭運動前後之迴歸直線求出運動前與衰竭運動後之 LDL-C 修

正值。

(七)以相依樣本 t 考驗 (t - dependent test)來檢定運動前與衰竭運動後，Friedewald 公式計算之 LDL - C 濃度與實際測量之 LDL - C 濃度，以及由迴歸直線計算之 LDL - C 濃度與實際測量之 LDL - C 濃度，彼此二者之間的平均數差異顯著性 (註 8)。

(八)本研究之各項統計分析皆採 .01 的顯著水準 ($\alpha = .01$)。

(九)以上各項資料皆使用國立台灣師範大學體育研究所之 Cannon BX - 1 電子計算機與 Cannon fx - 3800 p 電子計算機處理。

二、結果

(一)基本資料

受試者於運動前與衰竭運動後所採取之血液，經分析後，TC、HDL-C、LDL-C、TG 及由 Friedewald 公式計算所得之 LDL-C，各項之平均數、標準差、最大值、最小值資料如表二。

表二 受試者運動前與衰竭運動後血液分析基本資料表

項 目		統計值	平均數	標準差	最大值	最小值
運 動 前	TC (mg/dl)		167.92	33.95	223	102
	HDL-C (mg/dl)		52.14	10.88	72	33
	LDL-C (mg/dl)		102.50	29.56	142	47
	TG (mg/dl)		112.00	28.78	151	61
	Friedewald 公 式計算之 LDL-C (mg/dl)		94.10	30.27	134.4	38.8
衰 竭 運 動 後	TC (mg/dl)		176.28	33.95	230	113
	HDL-C (mg/dl)		57.50	11.66	78	36
	LDL-C (mg/dl)		89.28	30.13	132	37
	TG (mg/dl)		68.92	25.11	98	32
	Friedewald 公 式計算之 LDL-C (mg/dl)		105.10	31.07	150.0	49.2

(二)信度檢討

本研究由台大醫院與 Reflotron 全血快速分析器所測得之 TC 的信度係數及信度係數 F 考驗表如表三所示。可看出 TC 之 r 為 0.59，且未達顯著相關之水準 ($p > .01$)。

表三 台大醫院與Reflotron全血快速分析器
之信度係數與信度係數F考驗值

項 目 統計值	TC	備 註
r	0.59	$F = \frac{r^2/1}{(1-r^2)/(n-2)}$
F	6.52	

$r_{.01(12)} = 0.661$ $F_{.01(1,12)} = 9.25$ $p < .01^{**}$

(三) 衰竭運動前後各項血液分析 t 考驗

茲以相依樣本雙側 (two - tail) t 考驗來檢定運動前與衰竭運動後各項血液分析值之平均數差異顯著性，結果如表四所示。由表四中可看出 TC、HDL-C、LDL-C、TG 等項目之 t 值均達顯著差異水準 ($p < .01$)。

(四) 衰竭運動前後之各項血液成分變化百分比

由表五得知，受試者運動至力竭後，其 TC 濃度比運動前增加了 5.2%，HDL-C 濃度也增加了 10.4%；反之 LDL-C 卻減少了 11.3%，TG 也減少了 39.6%。

表四 衰竭運動前後之各項血液分析 t 值表

項 目	TC	HDL-C	LDL-C	TG
運 動 前	167.92	52.14	102.50	112.00
運 動 後	176.28	57.50	89.28	69.92
t 值	-16.07 **	-11.26**	8.33 **	12.35 **

$t_{\frac{.01}{2}(13)} = 3.0024$

$p < .01^{**}$

(五) Friedewald 公式與實際測量之 LDL-C 濃度二者之相關係數、估計標準誤與總誤差量

由表六可知，無論運動前或衰竭運動後，由 Friedewald 預測公式計算之 LDL-C 濃度與實際測量之 LDL-C 濃度二者均具有高度的正相關存在（運動前的 $r = 0.99$ ，運動後的 $r = 0.98$ ），且均達統計上的顯著性（ $p < 0.1$ ）。運動前與運動後的估計標準誤（SEE）分別為 4.9063 與 6.9105，總誤差量（E）分別為 4.6057 與 6.4110。

表五 衰竭運動前後之各項血液成分變化百分比

項 目	TC	HDL-C	LDL-C	TG
運 動 前	167.92	52.14	102.50	112.00
運 動 後	176.28	57.50	89.28	68.92
變化百分比 (%)	+5.2	+10.4	-11.3	-39.6

(六) 衰竭運動前後由 Friedewald 預測公式所修正之迴歸直線

欲由 Friedewald 預測公式計算所求出的 LDL-C 濃度來預測實際測量之 LDL-C 濃度，其迴歸直線圖如圖一與圖二所示。運動前的迴歸直線方程式為： $Y = 0.9634 X + 11.8476$ ；運動後之迴歸直線方程式為 $Y = 0.9460 X - 10.0547$ （X 乃 Friedewald 預測公式計算之 LDL-C 濃度，Y 為實際測量之 LDL-C 濃度）。

表六 Friedewald 預測公式與實際測量所求得之 LDL-C 濃度, 二者間之相關係數、相關係數 F 考驗、估計標準誤與總誤差量表

統計值	r	F	SEE	E
運動前	0.99 **	445.30 **	4.9063	4.6057
運動後	0.98 **	235.28 **	6.9105	6.4110

$$r_{.01(12)} = 0.661 \quad F_{.01(1,12)} = 9.25 \quad p < .01 **$$

$$E = \text{total Error}, E = \sqrt{\sum (\hat{Y} - Y_i)^2 / N}$$

$$F = \frac{r^2 / 1}{(1 - r^2) / (n - 2)}$$

(七) 衰竭運動前後 Friedewald 預測公式、迴歸直線預測公式與實際測量的 LDL-C 濃度之 t 考驗

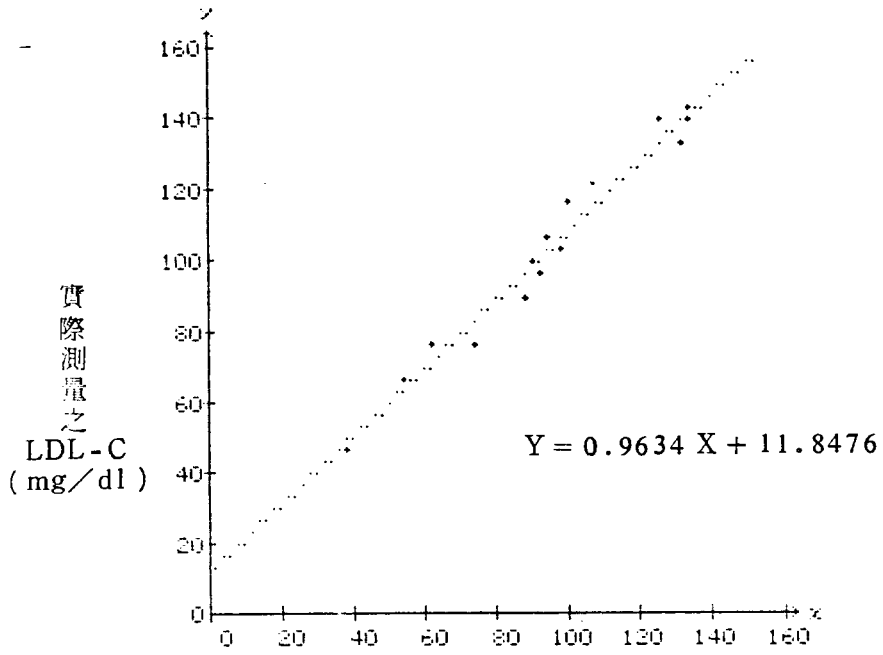
由表七可知, 無論是運動前或運動後, 由 Friedewald 預測公式計算之 LDL-C 濃度與實際測量之 LDL-C 濃度二者之間均有顯著差異存在 ($p < .01$)。但是由迴歸直線公式所求出之 LDL-C 濃度則與實際測量之 LDL-C 濃度沒有顯著差異存在 ($p > .01$)。

表七 Friedewald 預測公式、迴歸直線預測公式與實際測量之 LDL-C 濃度 t 考驗表

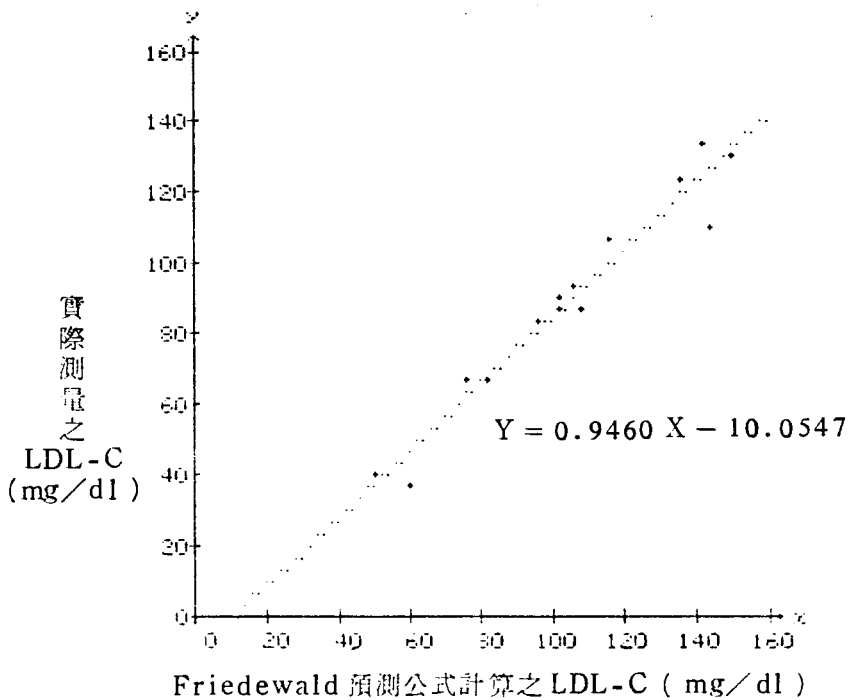
比較	運動前		衰竭運動後	
	F公式—實測	迴歸公式—實測	F公式—實測	迴歸公式—實測
t 值	-6.394 **	-0.011	-8.593 **	-0.004

$$t_{.01/2(13)} = 3.0024$$

$$p < .01 **$$



圖一 衰竭運動前 Friedewald 預測公式與實際測量之 LDL-C 濃度的直線迴歸圖



圖二 衰竭運動後 Friedewald 預測公式與實際測量之 LDL-C 濃度的直線迴歸圖

第五章 討 論

一、信度檢討

本實驗之血液樣本分別以 Reflotron 全血快速分析器與台大醫院生化室同時測定血液中的總膽固醇 (TC)、三酸甘油脂 (TG) 的含量。在總膽固醇方面，其相關程度並不高 ($r = 0.59, p > .01$)。而且限於 Reflotron 全血快速分析器之三酸甘油脂測定範圍為 70.0 — 600 mg/dl，因此當受試者血液三酸甘油脂濃度小於 70.0 mg/dl 時，則無法以 Reflotron 全血快速分析器來測量。故為求實驗統計資料之一致性，本研究有關各項血液分析之原始資料，均採用台大醫院所測出的結果為準。

二、受試者

本研究以十四位健康男性，年齡 22.72 ± 2.08 歲為受試者。完成本實驗之運動時間平均為 133 分鐘 (全距 83 — 222 分)，運動強度平均為個人最大心跳率的 81% (全距 74 — 89%)。實驗室溫度為 $22.16 \pm 1.20^{\circ}C$ ，濕度為 $74.71 \pm 5.26\%$ 。

Wells (註 61) 與 Christensen (註 20) 等人曾以運動中的心跳率來判分運動負荷的等級，依其分法，本實驗之運動時的心跳率在 147 — 176 次 / 分之間，介於重型 (heavy) 及過重型 (too heavy) 之間，而且運動時間長達一個半小時以上，足見本運動強度符合激烈運動的條件。同時為維持受試者強烈的運動動機，主試者隨

時在側予以精神上的鼓勵，直到受試者再也無法跟上跑步機的速度為止。且經由受試者在運動停止時的表現（氣喘、面有痛苦的表情、汗流夾背、軟弱無力）可知受試者的運動態度相當認真並已盡其最大努力。

三、衰竭運動對TC、HDL-C、LDL-C及TG的影響

本研究結果發現，受試者在以運動強度平均為最大心跳率的81%，跑步直到衰竭為止（運動時間平均為133分鐘），測量其運動前與衰竭運動後的血清樣本，跑步至衰竭後，其血清總膽固醇濃度（TC）由運動前的 167.92 ± 33.95 mg/dl 升高到 176.28 ± 33.95 mg/dl，增加了5.2%。高密度脂蛋白膽固醇濃度（HDL-C）也由 52.14 ± 10.88 mg/dl 升高到 57.50 ± 11.66 mg/dl，增加了10.4%。相反的，低密度脂蛋白膽固醇濃度（LDL-C）則由運動前的 102.50 ± 29.56 mg/dl 下降到 89.28 ± 30.13 mg/dl，減少了11.3%。三酸甘油脂濃度（TG）也由 112.00 ± 28.78 mg/dl 降低到 68.92 ± 25.11 mg/dl，減少了39.6%。以上各項血液脂質的變化均達顯著差異水準（ $p < .01$ ）。Berg 等人（註12）研究發現在經過一個三十公里的路跑之後，TC濃度與HDL-C濃度均有顯著地增加。Durstine 等人（註24）的研究結果指出長時間（大約4小時）低強度（ $45\% \dot{V}O_{2max}$ ）的運動後，在衰竭時TC濃度與HDL-C濃度分別顯著地增加了3%與10.8%。Carlson 與Mosefeldt（註16）的研究報告指出在參加一個八十五公里的越野賽跑後，TG濃度由 107 mg/dl 下降到 60 mg/dl（43.9%）。Thompson 等人（註58）研究發現參加一個四十二公里的賽跑後，血清LDL-C濃度減少了11%。Engen 等人（註26）研究結果指出在參加一個七十公里的越野賽跑之後，HDL-C濃度比起賽前增加了12%，LDL-C濃度

減少 4.1 %，TG 濃度也減少了 30 %。這些研究發現均和本研究之結果互相一致，表示單一的長時間、高強度運動，對於人類血液脂質的改變扮演一個很重要的角色。同時本研究之受試者在實驗前四十八小時起即禁止喝酒、抽煙及參加任何運動，食用的食物也和平常沒有差別。在實驗前十二至十四小時起即開始進行食物控制，包括不得飲用咖啡、茶及其他含咖啡因的飲料（除了白開水之外）。因此，本研究之有關運動後血液脂質的改變可說是由於一個單一的高強度運動之直接的反應結果，而與抽煙、飲食與飲水習慣、酒精的攝取量、身體組成等足以影響膽固醇含量的因素（註 62）無關。

有關運動和血液脂質改變之間的生理機轉至今尚不清楚。從事長時間的運動時，游離脂肪酸（Free fatty acid；FFA）是骨骼肌的主要能量來源（註 10）。Durstine 等人（註 24）研究發現，血漿 FFA 在運動期間會呈直線地上升；Berg 等人（註 12）的研究則顯示在運動中 HDL-C 的濃度與 FFA 的含量有顯著的相關存在（ $r=0.76$ ），因此 FFA 濃度的增加可能是 HDL-C 濃度增加的機轉之一。第二個增加 HDL-C 濃度的機轉可能是脂蛋白脂酶（lipoprotein lipase；LPL）活性的增加，它同時也是降低 TG 濃度的機轉之一。有研究發現因運動而使得 TG 濃度的降低與骨骼肌或肌肉組織中 LPL 活性的增加有關，而 LPL 活性增加可促進乳糜小滴與 VLDL 之分解代謝，當這些脂蛋白分解時，HDL 就可以從乳糜小滴及 VLDL 的表面成分中析出，因此這也是形成增加 HDL-C 濃度的原因（註 24、26、27）。另一個增加 HDL-C 濃度的機轉可能是卵磷脂——膽固醇醯基轉移酶（lecithin：cholesterol acyl transferase；LCAT）酵素活性的增加，LCAT 酵素於血漿脂肪酸中由卵磷脂轉變為膽固醇以產生 HDL 的過程中擔任催化的角色，因此增加 LCAT 可能是引起 HDL-C 濃度增加的原因（註 24、27）。由於至今尚無研究明白地指

出運動後 LDL-C 濃度之所以會降低的原因,但是在本研究中由於在衰竭運動後,同時出現 LDL-C 與 TG 濃度減少,以及 HDL-C 濃度增加的現象,顯示出增加 HDL-C 濃度與減低 TG 濃度的機轉可能也是降低 LDL-C 濃度的原因。Thompson 等人(註 58)與 Durstine 等人(註 24)認為單一的運動後,TC 濃度的增加則可能是由於 HDL-C 濃度的增加或 LDL-C 濃度減少的緣故。

四、Friedewald 低密度脂蛋白膽固醇預測公式適用性之檢討

本研究有關 Friedewald 等人所提出的低密度脂蛋白膽固醇預測公式於衰竭運動前後適用性之探討,茲分為相關程度、平均數之差異、估計標準誤(SEE)與總誤差量(total error)等方面來加以討論。

就相關程度而言,本研究以受試者在運動前與衰竭運動後由 Friedewald 低密度脂蛋白膽固醇預測公式與實際測量所得的 LDL-C 濃度,二者之間的相關係數為 0.99 與 0.98,這二個 r 值與 Friedewald 的研究有相同的結果($r = 0.98$)(註 28),表示二者之間有高相關存在,且均達統計上的顯著性($p < .01$)。但是相關是指二個變數間關連的強度,並不表示當自變數(X)增減一個測量單位時,應變數(Y)應相對地變化若干個測量單位之準確度是多少(註 8),因此雖然 Friedewald 之預測公式與實測值之間有高相關存在,但並不表示其準確度也高,故應從其他方面再加以探討,以期找出一個相關既高,並且準確度亦高的預測公式來應用。

就估計標準誤(SEE)與總誤差量(E)而言,預測公式之準確性如何,應考慮到估計標準誤及總誤差量。因為相關係數愈大則估計標準誤愈小,愈可以正確的預測。而在迴歸預測時,總誤差量包含兩

種變異來源，一個是估計標準誤，另一個是實測值與預測值兩者之間的差距，若預測公式極為準確，則其總誤差量會與估計標準誤的值相同（註 6）。本研究之運動前與運動後以 Friedewald 預測公式來求 LDL-C 濃度，得出估計標準誤分別為 4.9063 與 6.9105，而總誤差量分別為 4.6057 與 6.4110（見表六），顯然不論運動前或衰竭運動後的估計標準誤之值皆高於總誤差量之值，可見 Friedewald 預測公式之預測值與實際測量值間有差距存在，故無論是運動前或運動後之預測公式如欲實際應用均有加以修正的必要，期使預測值與實際測量值相互一致。

本研究以直線迴歸法（Linear Regression）將運動前與運動後之 Friedewald 預測公式做一適當之修正後，得到運動前的迴歸直線方程式為： $Y = 0.9634 X + 11.8476$ ，運動後的迴歸直線方程式為： $Y = 0.9460 X - 10.0547$ （ X 為 Friedewald 公式預測之 LDL-C 濃度， Y 為實際測量之 LDL-C 濃度）。並分別進行運動前與運動後，由 Friedewald 預測公式、迴歸直線預測公式等二種公式所求得的 LDL-C 濃度與實際測量之 LDL-C 濃度之間的平均數差異顯著性考驗，結果如表七所示。由 Friedewald 預測公式與實際測量所得之 LDL-C 濃度，運動前與運動後之 t 值均顯示有顯著差異（ $p < .01$ ）。但是由迴歸直線預測公式所得之 LDL-C 濃度，根據 t 考驗結果，無論是運動前或運動後，預測值皆與實測值平均數之間皆未達顯著水準（ $p > .01$ ），表示兩者之間沒有顯著差異存在。同時可明顯地看出由迴歸直線公式來預測的 LDL-C 濃度，運動前平均為 103.04 mg/dl，比由 Friedewald 公式所預測的值 94.10 mg/dl，更接近實際測量值 102.50 mg/dl。運動後，由迴歸直線公式所預測的 LDL-C 濃度為 89.29 mg/dl，比由 Friedewald 公式所預測的值 105.01 mg/dl，更接近實際測量值 89.28 mg/dl。由以上研究結果發現，運動前

由 Friedewald 公式所預測之 LDL-C 濃度比實際之 LDL-C 濃度來得低，而運動後又因為 TC、HDL-C 與 TG 等三個變數會因運動本身而引起不成比例的變化，使得由 Friedewald 公式所預測的值比實際之 LDL-C 值要高。但是經過直線迴歸修正後，所得到的 LDL-C 值則與實際測量值相當吻合，故本研究認為欲求休息時（有食物控制者）之 LDL-C 濃度，應採用公式：

$$\text{LDL-C 濃度} = 0.9634 (\text{Friedewald 公式之預測值}) + 11.8476$$

當受試者經過長時間高強度之運動後，則採用公式：

$$\text{LDL-C 濃度} = 0.9460 (\text{Friedewald 公式之預測值}) - 10.0547。$$

第陸章 結論與建議

一、結論

本研究以十四位年齡 22.72 ± 2.08 歲的健康男性為受試對象，分別於食物控制十二至十四小時後之清晨採血，然後在跑步機上以速度 4.4 mpm ，坡度 4% ，跑步至衰竭為止，並於衰竭時立即採血。分析二次血液樣本之總膽固醇、高密度脂蛋白膽固醇、低密度脂蛋白膽固醇與三酸甘油酯濃度。所得資料經統計處理、分析及討論後，得到如下之結論：

(一) 衰竭運動後，血清總膽固醇濃度立即增加 5.2% ，高密度脂蛋白膽固醇濃度亦增加了 10.4% 。反之，低密度脂蛋白膽固醇濃度則減少了 11.3% ，三酸甘油酯濃度也下降了 39.6% ，並且各項變化均達顯著差異水準 ($p < .01$)。

(二) Friedewald 預測公式對於運動前的 LDL-C 濃度有低估的現象，反之對於衰竭運動後之 LDL-C 濃度則有高估的現象，應做適當之修正。

(三) 運動前的預測公式應修正為：

LDL-C 濃度 = 0.9634 (Friedewald 公式之預測值) + 11.8476

(四) 衰竭運動後的預測公式應修正為：

LDL-C 濃度 = 0.9460 (Friedewald 公式之預測值) - 10.0547

二、建議

科技的進步為人類的生活方式帶來舒適與便利，同時也直接減少

了身體上的活動而趨於坐式的靜逸羣體。缺乏運動與飲食攝取過高的熱量，使人們面臨了冠狀動脈心臟病與肥胖症等健康問題。因此如何利用運動來促使血液中的脂質產生有利的改變，以減低冠狀動脈心臟病的危險性，是現代人刻不容緩的課題。

本研究僅探討長時間、高強度之衰竭運動後對血液脂質的影響，並提出運動前與運動後預測低密度脂蛋白膽固醇之修正公式，來提供給體育研究人員、體育教師與選手們參考。唯在探討運動與血液脂質之間的關係的研究方面，尚有幾點缺失有待日後研究改進之：

(一)到底運動時間應該持續多長？例如每次 30 分鐘、1 小時、2 小時，或者更短或更長的時間，才能使血液脂質有顯著的改變。運動強度應採低強度、中強度或高強度才最適合於改變血液脂質的濃度？運動時間與運動強度又該如何搭配最好？諸如此類有關運動處方的問題實有待進一步探討。

(二)更年期女性的血液各種脂質濃度均和男性有差別，因此對於男性之 LDL-C 濃度預測公式，是否適用於更年期之女性，亦有待進一步深入探討。

參考文獻

一、中文部份：

1. 日立自動分析裝置 763 型三酸甘油脂測定 日本和光純藥工業株式會社。
2. 方進隆 長跑者、重量訓練者和不運動者在冠狀心臟疾病要素之比較 體育學報第八輯 1986, 223 - 243 .
3. 林清山 心理與教育統計學 東華書局 1983, 9 .
4. 林順安 不同強度事先運動對無氧閾值影響之研究 國立台灣師範大學體育研究所集刊 第十三輯 1987, 6 , 77 - 125 .
5. 林偉立 大學男生 12 分鐘跑步與最大耗氧量的相關 師大體研所集刊 第十一輯 1984, 105 - 164 .
6. 陳麗玉 探討 Jackson 等人預測女性身體脂肪 18 種分式對國內女性之適用性 師大體育研究所集刊 第十四輯 1987, 6 , 495 - 569 .
7. 彭英毅、黃奕燦 生理學實驗指引 茂昌圖書有限公司 1984, 2 四版 P. 77 .
8. 楊志良 生物統計學新論(增修版) 巨流圖書公司 1986, 7, 216 - 218 , 226 - 227 , 121 - 126 , 211 - 213 , 210 .
9. 臨床生化檢驗試劑 標佳有限公司 Bch Biochemical Company 1983 .

二、英文部份：

10. Ahlborg, G.; Felig, P.; Hagenfeldt, L. Substrate turnover during prolonged exercise in man. J.Clin. Invest. 53, 1974, 1080-1090.
11. Avogaro, P.; Cazzolato, G.; Bittolo Bon G. etal. HDL-cholesterol, apolipoproteins A and B, age and body index weight. Atherosclerosis. 31, 1978, 85.
12. Berg, A.; Baumstark, M.; Johns, J. HDL-cholesterol (HDL-C) changes during and after intensive long-lasting exercise. Int. J. Sports Med. 2, 1981,121-123.
13. Bjorntorp, P.; Malmcroma, R. Serum cholesterd in patients with myocardial infarction in younger ages. Acta Med. Scand. 168,1968, 151-156.
14. Carew, T. E.; Koschinsky, T.; Hayes, S. B. etal. A mechanism by which high-density lipoproteins may slow the atherogenic process. Lancet. 1, 1976, 1315-1317.
15. Carlson,L. A.; Ericsson, M.Quantitative and qualitative serum lipoprotein analysis. Part 2. Studies in male survivors of myocardial infarction. Atherosclerosis. 21,1975,435-450.
16. Carlson, L. A.; Mosefeldt, F. Acute effects of prolonged, heavy exercise on the concentration of plasma lipids and lipoprotein in man. Acta Physiol. Scand. 62, 1964, 51-59.
17. Castelli, W. P.; Doyle, J.T.; Gordon, T. etal.HDL-cholesterol and other lipids in coronary heart disease:The cooperative lipoprotein phenotyping study. Circulation. 55, 1977, 767-762.
18. Castelli,W. P. High blood lipids can be good or bad

- depending on the lipid. JAMA. 237, 1977,1066.
19. Chapman, J. M.; Massey, F. J. The interrelationship of serum cholesterol, hypertension, body weight, and risk of coronary heart disease. J. Chronic Dis. 17, 1964,933-949.
 20. Christensen, E.H. Physiological evaluation of work in the Nykroppa iron works. Symposium on Fatigue, edited by W. F. Floyd & A. T. Welford. London: Lewis, 1953.
 21. Crouse, S. F. ; Hooper, P. L.; Atterbom, H. A.; Papenfuss, R. L. Zinc ingestion and lipoprotein values in sedentary and endurance-trained men. JAMA, 252(6), 1984,785-787.
 22. Cullinane, E.; Siconolfi, S.; Saritelli, A.; Thompson, P. D. Acute decrease in serum triglycerides with exercise: Is there a threshold for an exercise effect? Metabolism, 31(8), 1982, 844-847.
 23. Diagnostic Advances. Reflotron New Dry Chemistry System. Boehringer Manneheim. W. Germany. 1987.
 24. Durstine, J. L.; Miller, W.; Farrell, S.; Sherman, W. M.; Lvy, J. L. Increases in HDL-Cholesterol and the HDL/LDL cholesterol ratio during prolonged endurance exercise. Metabolism, 32(10), 1983,993-997.
 25. Eems, K. V. D.; Ismail⁺, A. H. Serum lipids: interactions between age and moderate intensity exercise. Brit. J. Sports Med. 19(2), 1985, 112-114.
 26. Enger, S. C.; Strømme, S. B.; Refsum, H. E. High density lipoprotein cholesterol, total cholesterol and triglycerides in serum after a single exposure to prolonged heavy exercise. Scand. J. clin. Lab. Invest. 40, 1980, 341-345.

27. Fang, Chin-Lung. Comparison of selected coronary heart disease indices in runners, weightlifters and controls. May 1986, Iowa State University.
28. Friedewald, W. T.; Levy, R. I.; Fredrickson, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. Clinical chemistry. 18(6), 1972, 499-502.
29. Gaesser, G. A.; Rich, R. G. Effects of high- and low-intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids. Medicine and science in sports and exercise. 16(3), 1984, 269-274.
30. Gordon, T.; Castelli, W. P.; Hjortland, M. J.; Kannel, W. B.; Dawber, T. R. HDL as a protective factor against CHD. The Framingham study. Am. J. Med. 62, 1977, 707-714.
31. Greenleaf, J. E.; Convertino, V. A.; Mangseth, G. R. Plasma volume during stress in man: osmolality and red cell volume. J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 47(5), 1979, 1031-1038.
32. Gulbrandsen, C. L.; Rhoads, G. S.; Kagen, G. Cholesterol fraction and coronary heart disease in Hawaii Japanese men. Circulation. 52, 1974, 100-103.
33. Hagan, R. D.; Upton, S. J.; Wong, L.; Whittam, J. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. Medicine and science in sports and exercise. 18(1), 1986, 87-94.
34. Hayes, D.; Neill, D. E. Serum cholesterol and triglycerides in ischemic heart disease. Clin. Sci. 26, 1964, 185-189.
35. HDL cholesterol Precipitant. Boehringer Mannheim GmbH Diagnostica. Nov. 1987.

36. Jau-Tsuen KAO and Jui-San Chen. Comparison of 2 Methods for high density lipoprotein cholesterol quantitation on automatic analyzer. J. Formosan Med. Assoc. 82, 1983, 822-830.
37. Kirkeby, K.; Strömme, S. B.; Bjerkedal, I.; Hertenzenberg, L; Refsum, H. E. Effects of prolonged, strenuous exercise on lipids and thyroxine in serum. Acta Med. Scand. 202, 1977, 463-467.
38. LDL-cholesterol PVS method. Boehringer Mannheim GmbH Diagnostica. May 1987.
- 39; Lobstein, D. D.; Ismail, A. H.; El-Naggar, A. M. Circulating lipoprotein-cholesterol and multivariate adaptation to regular exercise training of middle-aged men. J. Sports Med. 22(4), 1982, 440-449.
40. Monotest Cholesterol high performance CHOD-PAP method. Boehringer Mannheim GmbH Diagnostica. Aug. 1987.
41. McNaughton, L.; Davies, P. The effects of a 16 week aerobic conditioning program on serum lipids, lipoproteins and coronary risk factors. J. Sports Med. 27(3), 1987, 296-302.
42. Miller, G. J.; Miller, N. E. Plasma high density lipoprotein concentrations and the development of ischaemic heart disease. Lancet. 1, 1975, 16-19.
43. Miller, N. E.; Thelle, D. S.; Forde, O. H.; Mjos, O. D. The tromso heart study. High-density lipoprotein and coronary heart disease; A prospective case-control study. Lancet. 2, 1977, 965-967.
44. Model 645 Programmable Treadmill Controller Technical. Manual 1983. & Models Q50, Q65, Q55XT, Q65 Treadmill Operator Manual. 1986. by Quinton Instrument Company.

45. Moore, C. E.; Hartung, G. H.; Mitchell, R. E.; Kappus, C. M.; Hinderlitter, J. The relationship of exercise and diet on high-density lipoprotein cholesterol levels in women. Metabolism. 32(2), 1983, 189-196.
46. Nikkila, E. A.; Pelkonen, R. Serum tocopherol, cholesterol, and triglycerides in coronary heart disease. Circulation. 27, 1963, 919-926.
47. Oscai, L. B.; Patterson, J. A.; Bogard, D. L.; Beck, R. J.; Rothermel, B. L. Normalization of serum triglycerides and lipoprotein electrophoretic patterns by exercise. American journal of cardiology, 30, Nov 1972, 775-780.
48. Perry, A. C.; Tapp, J.; Weeks, L. The effects of interval aerobic training on plasma lipid fractions of male and post-menopausal sedentary faculty. J. Sports Med. 26(2), 1986, 186-196.
49. Peterson, A. J. Jr. The effect of aerobic and aerokinetic training on serum lipids and lipoproteins in college-aged woman; University of Arkansas. U. S. A. 1981.
50. Rhodds, G. G. ; Gulbrandsen, C. L.; Kegan, A.; Serum lipoprotein and coronary heart disease in a population study of Hawaii Japanese men. N. Engl. J. Med. 294, 1976, 293-297.
51. Seals, D. R.; Allen, W. K.; Hurley, B. F.; Dalsky, G. P.; Ehsani, A. A.; Hagberg, J. M. Elevated high-density lipoprotein cholesterol levels in older endurance athletes. Am. J. Cardiol. 54(3), 1984, 390-393.
52. Shephard, R. J.; Youloon, P. E.; Cox, M.; West, C. Effects of a 6-month industrial fitness programme

- on serum lipid concentrations. Atherosclerosis. 35, 1980, 277-286.
53. Shephard, R. J.; Cox, M.; West, C. Some factors influencing serum lipid levels in a working population. Atherosclerosis. 35, 1980, 287-300.
54. Shumaker, J. et. al., "Lipoproteins", Annual Review of Biochemistry. 38: 113,1969.
55. Siedel, J.; Hägele, E. O.; Ziegenhon, J.; Wahlefeld, A. W. Reagent for the Enzymatic Determination of Serum Total Cholesterol with Improved Lipolytic Efficiency. Clin. Chem. 29(6), 1983, 1075-1080.
56. Stamford, B. A.; Matter, S.; Fell, R. D.; Sady, S.; Cresanta, M. K.; Papanek, P. Cigarette smoking, physical activity, and alcohol consumption: relationship to blood lipids and lipoproteins in premenopausal females. Metabolism. 33(7), 1984, 585-590.
57. Stubbe, I.; Hansson, P.; Gustafson, A.; Nilsson-Ehle, P. Plasma lipoproteins and lipolytic enzyme activities during endurance training in sedentary men: changes in high-density lipoprotein subfractions. Metabolism. 32(12), 1983, 1120-1128.
58. Thompson, P.D.; Cullinane, E.; Henderson, L. O.; Herbert, P. N. Acute effects of prolonged exercise on serum lipids. Metabolism. 29(7), July 1980, 662-665.
59. Truett, J.; Cornfield, J.; Kannel, W. B. A multivariate analysis of the risk of coronary disease in Framingham. J. Chron. Dis. 20, 1967, 511.
60. Tyroler, H. A.; Hames, C. G.; Krishen, I.; Hayden, S.; Cooper, G.; Cassel, J. C. Black-white differences in serum lipids and lipoproteins in Evans

- County. Prev. Med. 4, 1975, 541-549.
61. Wells, J. G.; Balke, B.; Fossan, D. V. Lactic acid accumulation during work. A suggested standardization of work classification. J. Appl. Physiol. 10(1), 1957, 51-55.
62. Wood, P. D. & Haskell, W. L. The effect of exercise on plasma high density lipoproteins. Lipids. 14, 1979, 417.

附錄一 受試者須知

本研究的目的是在探討衰竭運動對低密度脂蛋白膽固醇預測公式之適用性，您必須參加下列測驗，並遵守各項規定，以獲得正確之實驗結果。

(一)實驗前準備工作：

- ①在實驗前二天（48小時）：不得參加任何運動，禁止喝酒與抽煙並食用平常吃的食物，同時記錄這期間內所吃的食物及飲料之名稱與數量於「進食餐飲記錄表」中。
- ②在實驗前12—14小時：即實驗前12—14小時進食完畢後，則不得再食用任何食物（除了白開水以外），包括不得飲用咖啡、茶及其他含咖啡因的飲料。
- ③穿著運動服裝及運動鞋。
- ④請據實填寫「健康問卷調查表」。

(二)運動測驗：

經過12—14小時不進食後，於實驗當天早晨空腹到達實驗室，接受抽血後，在跑步機上做熱身運動五分鐘（1.4哩/時，0%），然後以速度4.4哩/小時，坡度4%步行或慢跑，一直進行到當您覺得已精疲力盡無法再繼續走或跑下去的前十秒鐘，請舉手通知襄試人員，以便記錄運動多久時間及記錄喝水量。運動完後，立即再接受抽血一次。（在運動的過程中，我們將隨時以心電圖記錄您的心跳率）。

(三)最大心跳率測驗：

- ①實驗前一天：宜避免參加任何劇烈的運動。
- ②實驗當天：穿著運動服裝及運動鞋，在跑步機上跑步，每3分鐘增加一次速度與坡度，直到無法再繼續做下去為止。在結束

前十秒鐘請舉手通知襄試人員以便記錄這最後 10 秒的心跳率。

謝謝您的合作與協助！

主試者：劉碧華 敬上

附錄三 健康情況調查表

本表旨在幫助您瞭解自身之健康情況，並協助測驗人員決定在測驗前是否需要更進一步的健康檢查。您若覺下列問題不便回答，可以不答；但是若您拒絕的問題，對本測驗非常重要，那麼您將不能參與此項測驗。

過去一年間，醫師是否告訴您有下列狀況：（請您在有，無，不確定欄中打√）

	有	無	不確定
1. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 心臟病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 心絞痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 先天性心臟病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 風濕熱、霍亂	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 風濕性心臟病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 中風	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 痛風	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 腎臟病（腎炎，腎盂腎炎，血球性腎炎）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 腎結石	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 攝護腺炎，攝護腺腫大或其他疾病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 尿道炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. 支氣管炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. 肺炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. 胸膜炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. 肺水腫	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. 肺結核	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. 甲狀腺疾病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. 潰瘍（胃或十二指腸，或小腸出血）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. 胰臟炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. 結腸炎或直腸炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	有	無	不確定
23.肝硬化或其他肝病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.貧血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.癌症	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.緊張，情緒或心理異常	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.其他風濕症	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28.癲癇發作	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29.過敏	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30.氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31.稻草熱	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32.其他重要疾病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33.皮膚發紅或不明瘀血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34.頭痛（痛得必需停止任何工作）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35.同時產生頭痛，心跳加速和流汗（盜汗）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36.很快站起時，會頭昏或輕微頭痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37.心率不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38.暈倒或失去知覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39.經常性胃痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40.很早起床，不容易再入睡	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41.大便發黑呈焦油狀	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42.便中帶血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43.藥物過敏	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44.不明之體重下降	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45.過去一年間曾否住院？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
爲什麼？_____			
46.過去一年內，您曾否做過健康檢查	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47.運動或跑步後，極端疲憊很難恢復	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

姓 名：_____

填表日期：_____

附錄四 2R-R 間隔心跳率對照表

DETERMINING HEART RATE BY TWO RR INTERVALS
(ECG speed : 25 mm/sec)

2RR(MM)	HR/min	2RR(mm)	HR/min	2RR(mm)	HR/min
13.0	231	23.0	130	34.0	88
.2	227	.2	129	.4	87
.4	224	.4	128	.8	86
.6	221	.6	127	35.2	85
.8	217	.8	126	.6	84
14.0	214	24.0	125	36.0	83
.2	211	.2	124	.4	82
.4	208	.4	123	37.0	81
.6	205	.6	122	.4	80
.8	203	.8	121	.8	79
15.0	200	25.0	120	38.4	78
.2	197	.2	119	.8	77
.4	195	.4	118	39.4	76
.6	192	.6	117	.8	75
.8	190	.8	116	40.4	74
16.0	188	26.0	115	41.0	73
.2	185	.2	115	.4	72
.4	183	.4	114	42.0	71
.6	181	.6	113	.6	70
.8	179	.8	112	43.6	69
17.0	176	27.0	111	.8	68
.2	174	.2	110	44.6	67
.4	172	.4	110	45.2	66
.6	170	.6	109	46.0	65
.8	169	.8	108	.6	64
18.0	167	28.0	107	47.4	63
.2	165	.2	106	48.2	62
.4	163	.4	106	.8	61
.6	161	.6	105	49.6	60
.8	159	.8	104	50.8	59
19.0	158	29.0	103	51.4	58
.2	156	.2	103	52.2	57
.4	155	.4	102	53.2	56
.6	153	.6	101	54.2	55
.8	152	.8	101	55.2	54
20.0	150	30.0	100	56.2	53
.2	149	.2	99	57.2	52
.4	147	.4	99	58.4	51
.6	146	.6	98	59.6	50
.8	144	.8	97	60.8	49
21.0	143	31.0	97	62.0	48
.2	142	.2	96	63.2	47
.4	140	.4	96	64.6	46
.6	139	.6	95	66.0	45
.8	138	.8	94	67.6	44
22.0	136	32.2	93	69.0	43
.2	135	.6	92	70.6	42
.4	134	.8	91	72.4	41
.6	133	33.2	90	74.2	40
.8	132	.6	89		

附錄五 個人基本資料與血液分析記錄表

姓名：_____ 出生：__年__月__日（滿__歲__月）

身高：_____公分 體重：__公斤

休息時心跳率：__次/分 運動時心跳率：__次/分

血液分析：（實驗室溫度：__°C，濕度：__%）

(一)運動前：① TC = _____ mg/dl

② HDL - C = _____ mg/dl

③ LDL - C = _____ mg/dl

④ TG = _____ mg/dl

⑤ 公式計算之 LDL - C = _____ mg/dl

(二)運動後：① TC = _____ mg/dl

② HDL - C = _____ mg/dl

③ LDL - C = _____ mg/dl

④ TG = _____ mg/dl

⑤ 公式計算之 LDL - C = _____ mg/dl

(三)運動資料：①喝水量：_____ ml，②運動時間：_____ 分

③運動距離：_____ 哩

附錄六 受試者各項測驗資料總記錄表

項 目		受 試 者													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
年 齡 (月)		240	297	275	285	267	274	297	255	240	253	265	240	318	305
身 高 (公分)		173	171	176	180	170	170	164	165	165	171	181	169	175	167
體 重 (公斤)		54	70	64	66	65	65	59	58	60	57	68	63	71	55
休息時心跳率 (次/分)		61	65	60	52	47	64	59	76	74	58	63	70	76	67
最大心跳率 (次/分)		200	200	200	195	203	200	196	203	195	190	195	206	190	193
運動強度 (%H.R _{max})		88	82	74	89	74	76	85	87	85	77	79	85	75	84
運 動 時 間 (分)		87	131	180	90	144	130	112	94	83	222	180	111	122	180
喝 水 量 (ml)		400	700	440	200	1210	280	340	340	520	580	300	430	760	180
運 動 前	TC (mg/dl)	102	132	210	168	159	163	201	198	164	223	184	135	176	136
	HDL-C(mg/dl)	51	33	54	51	54	48	42	36	51	69	57	61	72	51
	LDL-C(mg/dl)	47	78	132	97	99	107	141	142	102	140	116	66	91	77
	TG (mg/dl)	61	128	119	123	74	101	126	138	71	143	132	151	85	116
	估計LDL-C(mg/dl)	38.8	73.4	132.2	92.4	90.2	94.8	133.8	134.4	98.8	125.4	100.6	53.8	87.0	61.8
運 動 後	TC (mg/dl)	113	137	218	177	168	172	209	207	174	230	196	143	182	142
	HDL-C(mg/dl)	57	36	60	56	59	54	47	39	58	75	66	63	78	57
	LDL-C(mg/dl)	40	65	111	90	88	93	132	129	87	124	107	37	82	65
	TG (mg/dl)	34	91	69	93	32	59	98	90	45	94	75	96	44	45
	估計LDL-C(mg/dl)	49.2	82.8	144.2	102.5	102.6	106.2	142.5	150.0	107.0	136.2	115.0	60.8	95.2	76.0
迴歸公式 計 算 之	運 動 前	49.2	82.6	139.2	100.9	98.7	103.2	140.8	141.3	107.0	132.7	108.8	63.7	95.7	71.4
	運 動 後	36.5	68.3	126.4	86.9	87.0	90.4	124.8	131.8	91.2	118.8	98.7	47.5	80.0	61.8

備註：(1)估計 LDL-C 是指以 Friedewald 預測公式所計算出之 LDL-C 濃度。

(2) Friedewald 預測公式為： $LDL-C = TC - (HDL-C + TG/5)$ 。

Liu Bih-Hwa

A study on Friedewald's equation to estimate serum LDL-C concentration after exhaustive exercise.

Master's Thesis, 1989, pp.52

(Huang Hsien-Chien Prof.)

ABSTRACT

The purposes of this study were: 1) to investigate the effects of a single exhaustive exercise on serum concentrations of total cholesterol (TC), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) and triglycerides (TG). 2) to examine the estimation of Friedewald's LDL-C equation at rest and after exhaustive exercise. 14 subjects who are graduate students major in P. E. of N. T. N. U. and the students of N. T. U. with ages 22.72 ± 2.08 years. The average of body high is 171.21 ± 5.32 cm, and body weight is 62.50 ± 5.43 kg. After 12-14 hours food control, they ran on treadmill with 4.4 mph and 0% until all-out. Blood samples were collected before and after exercise immediately. TC was quantified by CHOD-PAP method. HDL-C was quantified by phosphotungastic acid-Mgcl₂ Precipitant method. LDL-C was quantified by PVS method. TG was quantified by GPO-DAOS method.

The obtained data were analyzed by t-dependent test, linear regression, correlation coefficient. The results were found:

1. The serum TC concentrations increased by 5.2%, HDL-C concentrations increased by 10.4%, LDL-C concentrations decreased by 11.3%, and TG concent-

rations decreased by 39.6% after exercise immediately ($p < 0.01$).

2. The mean value of LDL-C concentrations between Friedewald's estimation and the experimental value were significantly different ($p < 0.01$). Friedewald's equation of LDL-C concentration is lower than that of real LDL-C test at rest, and higher after exercise. So it must be modified into $Y = 0.9634X + 11.8476$ at rest, and into $Y = 0.9460X - 10.0547$ after exercise. Here Y is experimental value and X is Friedewald's value in two regression line equations.