

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of Physical Education and Sport
體育研究所碩士學位論文

電腦斷層掃描之腹部內臟脂肪測量於簡易人體測
量模式建立

The Novel Anthropometric Estimation Model of Visceral
Abdominal Fat Validated by Computed Tomography Scan



研究生：林于嘉 撰
指導教授：陳裕鏞 博士
協同教授：謝坤昌 博士

中 華 民 國 1 0 1 年 7 月

論文名稱：電腦斷層掃描之腹部內臟脂肪測量於簡易人體測量模式建立

總頁數：49 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所

畢業及提要別：100 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生：林于嘉

指導教授：陳裕鏞博士

協同教授：謝坤昌博士

中文摘要

本研究目的是以電腦斷層掃描掃描腹部內臟脂肪面積的結果，利用人體測量參數與皮脂厚度測量，來建立快速、便利的腹部內臟脂肪的估測模式。受試者共 173 名，分為模型建立組與交叉驗證組，模型建立組共 119 名，男性 55 名，女性 64 名；交叉驗證組共 54 名，男性 24 名，女性 30 名。人體測量部分為身高、體重、腰圍、臀圍、腰臀比、皮脂厚度測量(12 部位)。使用逐步回歸分析法推導出適合的估測方程式。估測方程式所使用預測變數為：腰臀比、年齡、BMI、性別、皮脂厚度(背部)與皮脂厚度(大腿)。研究結果估測方程式預測腹部內臟脂肪面積之相關係數(r)為 0.93，解釋變異量(r^2)為 0.87，SEE 值為 15.01cm^2 。本研究解釋變異量與 SEE 值都優於先前研究。因此，本研究所提供的估測腹部內臟脂肪方程式是可行性高且具有準確性。

關鍵字：皮脂厚度、電腦斷層掃描、腹部內臟脂肪面積

Lin, Yu-Jia (2012). The novel anthropometric estimation model of visceral abdominal fat validated by computed tomography scan. National Taiwan University of Physical Education and Sport.

Abstract

The purpose of this study is based on computerized tomography scan of the abdominal visceral fat area results, anthropometric parameters and skinfold thickness measurements to create fast, convenient abdominal visceral fat estimation mode. Subjects were 173 adults, and divided into model group and cross-validation group. model group were 119 adults, 55 men and 64 women ; cross-validation group were 54 adults, 24 men and 30 women. The anthropometric part divided into height, weight, waist circumference, hip circumference, waist-hip ratio and skinfold thickness measurements (12 parts). Using stepwise multiple regression analysis to derive appropriate prediction equation. A prediction equation was obtained that used the predictors: waist-hip ratio, age BMI gender skinfold thickness (back) and skinfold thickness (thigh).The results of study was that the correlation coefficient (r) , explained variance (r^2) and standard estimation error (SEE) values of the abdominal visceral fat area of the prediction equation were 0.93, 0.87 and 15.01 cm². These explained variance values and standard estimation error values of this study were superior to those in previous studies. Therefore, this study provides the prediction of abdominal visceral fat equation is the highly feasible and accuracy.

Key words: skinfold thickness, computed tomography, abdominal viscera fat area

謝誌

「學海無涯，唯勤是岸」，研究所求學過程中最重要的是鍥而不捨的追根究底，唯有在如此嚴謹的研究路途上，才深刻體會所要學的與必需要學的實在太多太廣，浩瀚無邊。

能完成一份研究，所要感謝的貴人實在太多，首先最要感謝的是指導教授陳裕鏞老師以及協同指導教授謝坤昌老師。歷經了實驗儀器的阻礙，甚至最後更換論文題目，老師總是以學生想法為最優先考慮，不僅提供研究經費，且不斷修正研究方向，朝向最為完美的研究成果。

再來，感謝整個研究室的研究團隊，感謝林哲宇、黃永樺、沈景華、邱盈蓁在研究實驗上提供人力與精力協助幫助我能順利完成實驗。另外，要感謝體育系辦的所有夥伴，柏慧學姊、涵筑、培欣、沂欣、雨涵、崇富、舒詠與迦達，在撰寫論文的煎熬時刻協助我且激勵我，讓我在系辦工讀之餘能加強信心完成論文。

最後，要特別感謝黃詩雯，無論在實驗與撰寫論文時，時時刻刻的幫助我，每當在研究上產生疑問時，總能竭盡所能的為我解答，讓我順利的完成研究工作。

在研究路上，需要感謝的人事物實在太多，套句陳之藩文中所說-「那就謝天吧！」感謝老天讓我走過這一段。我珍惜，也將懷念。

目 錄

中文摘要	I
Abstract.....	II
謝 誌	III
目 錄	IV
表 目 錄	VI
圖 目 錄	IV
第一章 緒 論	1
第一節 問題背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究假設	3
第四節 操作型定義	3
第二章 文獻探討	5
第一節 腹部內臟脂肪之評估方式	6
第二節 電腦斷層掃描	12
第三章 研究方法	15
第一節 研究對象	15
第二節 實驗時間	15
第三節 實驗地點	15
第四節 實驗設備與器材	16
第五節 實驗設計與流程	17
第六節 實驗方法與步驟	19

第七節 資料處理與統計方法	25
第四章 結果	27
第一節 受試者基本資料	27
第二節 模型建立組之多元迴歸分析	29
第三節 交叉驗證組估測腹部內臟脂肪	35
第五章 討論	37
第一節 腹部內臟脂肪與人體測量之探討	37
第二節 腹部內臟脂肪與估測方程式之探討	38
第三節 腹部內臟脂肪估測方程式輸入變數探討	39
第六章 結論	40
參考文獻	41

表目錄

表 2-2-1 不同組織的 CT 值	13
表 4-1-1 受試者基本資料表	28
表 4-2-1 模型建立組之迴歸分析表	31
表 4-2-2 人體測量變數之相關表	34

圖目錄

圖 1-4-1 腹部脂肪組織	3
圖 2-2-1 CT 測量所呈現的腹部脂肪分布圖	13
圖 3-4-1 多切面電腦斷層掃描儀器	16
圖 3-5-1 實驗流程圖	18
圖 3-6-1 皮脂厚度(腹部、肚臍上、肚臍下).....	21
圖 3-6-2 皮脂厚度(腸骨頂).....	21
圖 3-6-3 皮脂厚度(腋下).....	22
圖 3-6-4 皮脂厚度(肩胛下、背部、肱三頭).....	22
圖 3-6-5 皮脂厚度(大腿).....	23
圖 3-6-6 皮脂厚度(小腿).....	23
圖 3-6-7 皮脂厚度(下巴).....	24
圖 3-6-8 皮脂厚度(胸部).....	24
圖 4-2-1 模型建立組觀察值與預測值之相關迴歸圖	30
圖 4-2-2 模型建立組線性迴歸估測腹部內臟脂肪	32
圖 4-3-1 交叉驗證組觀察值與預測值之相關迴歸圖	35
圖 4-3-2 交叉驗證組線性迴歸估測腹部內臟脂肪	36

第一章 緒論

第一節 問題背景

腹部肥胖為影響健康相當重要的危險因子。美國國家膽固醇教育計畫(The National Cholesterol Education Program, NCEP)的成人治療指引第三版(Adult Treatment Panel III, ATP III)定義代謝疾病症候群有五個病徵：腹部肥胖、高三酸甘油脂、過低的高密度脂蛋白膽固醇(HDL-C)、高血壓、高空腹血糖(You, Yang, Lyles, Gong, & Nicklas, 2004)，上述五項病徵中只要符合三項以上即是屬於代謝疾病症候群。Björntorp(1990)認為特別是過多的內臟脂肪組織所造成健康危害的風險最大，經由口服葡萄糖耐受試驗，了解腹部內臟脂肪面積與高胰島素血症以及葡萄糖耐受性高低是具有相關性(Després, et al., 1989; Pouliot, et al., 1992)，腹部內臟脂肪面積越大，越易罹患高胰島素血症或是導致糖尿病。另外，集結上述疾病更會造成動脈粥狀硬化以及心血管疾病(Wajchenberg, 2000)。腹部內臟脂肪攸關人體健康，而測量腹部內臟脂肪面積的多寡可評估個人是否處於健康的風險。

評估腹部內臟脂肪的方法，最簡易的人體測量方式即是測量腰圍(waist circumference, WC)、腰臀比(waist-to-hip ratio, WHR)，或利用測量腹部矢狀面直徑(sagittal abdominal diameter, SAD)與皮脂厚度測量(skinfold thickness)。Despres, Prud'homme, Pouliot, Tremblay, & Bouchard, 1991研究發現腹部內臟脂肪與腰圍呈正相關性，並且也與矢狀面直徑測得的腹部內臟脂肪呈正相關性。目前生物阻抗分析法

(bioelectrical impedance analysis , BIA) 與 雙 能 X 光 吸 收 儀
(dual energy X-ray absorptiometry , DEXA) 也 是 可 以 間 接
測 出 腹 部 內 臟 脂 肪 。 目 前 最 為 精 準 且 直 接 測 量 腹 部 內 臟 脂 肪
儀 器 有 磁 共 振 造 影 (magnetic resonance imaging , MRI) 與
電 腦 斷 層 掃 描 (Computed tomography , CT) 。

第二節 研究目的

本研究主要目的是以電腦斷層掃描掃描腹部內臟脂肪的結果，利用人體測量參數與皮脂夾厚度，來建立快速、便利的腹部內臟脂肪的估測模式。

第三節 研究假設

以電腦斷層掃描所測得腹部內臟脂肪面積，與人體測量參數及皮脂夾測量厚度，其間具顯著相關。

第四節 操作型定義

壹、腹部脂肪（abdominal fat）

腹部脂肪可分為腹部內臟脂肪組織（visceral adipose tissue，VAT）與腹部皮下脂肪（subcutaneous adipose tissue，SAT），如圖 1-4-1。本研究是以腹部內臟脂肪面積（visceral fat area，VFA）做為參考效標。

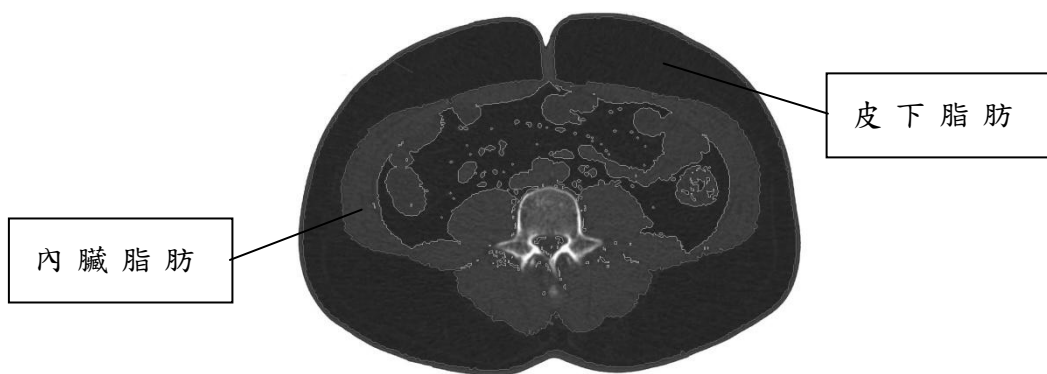


圖 1-4-1 腹部脂肪組織

貳、腰圍 (waist circumference, WC)

以皮尺測量，平行於肚臍之周長。

參、腰臀比 (waist/hips ratio; WHR)

指腰圍與臀圍之間的比值，同樣以皮尺測量。

肆、皮脂厚度 (skinfold thickness)

利用皮脂夾測量腹部的皮下脂肪厚度。測量位置包含腹部 (abdomen) 肚臍旁 1 吋、肚臍上 (upper umbilicus) 1.5 吋與肚臍下 (below umbilicus) 1.5 吋以及腸骨頂 (suprailiac)、腋下 (midaxillary)、肱三頭 (triceps)、肩胛下 (subscapula)、背部 (back)、大腿 (thigh)、小腿 (lower leg)、胸部 (chest)、下巴 (chin) 之皮下脂肪厚度。

伍、電腦斷層掃描 (computed tomography ; CT)

電腦斷層掃描又稱為「計算機斷層掃描」，是一種影像診斷學的檢查。利用測量人體每個角度的放射線通過人體所形成的斷層，經電腦系統計算，重建該橫截面的組織影像。本研究採用台中大里仁愛醫院的電腦斷層掃描儀測量。

第二章 文獻探討

本研究是擬建立可以快速估測腹部內臟脂肪面積的估測模式，採用人體測量與皮脂夾測量結果為輸入參數，利用 CT 測量腹部脂肪面積的結果為參考依據，並另外以交叉驗證，來確定本研究所建立的估測模式的應用價值。

第一節 腹部內臟脂肪之評估方式

現有腹部內臟脂肪的評估方式可分成直接測量與間接估測兩種，如電腦斷層描、核磁共振造影屬於直接測量法，其他方法如人體測量學、皮脂厚度測量、生物阻抗分析儀、及雙能量 X 光吸收儀與超音波測量，皆屬於間接估測。其中最具參考價值的方法即是 CT 與 MRI，但因其成本費用昂貴與不易操作，並不能廣用於流行病學研究與經常使用，而其他方法雖然便利，但其精確度有限，又使其應用價值受到限制。

以下針對現有常用腹部脂肪測量方法進行文獻探討：

壹、人體測量學

一、腰圍

許多關於腰圍評估腹部內臟脂肪面積的研究已證實，兩者之間有著密切的關聯性。Seidell, Pérusse, Després, & Bouchard(2001)研究以 695 名成人(313 名男性與 382 名女性)為對象，並以電腦斷層掃描估測腹部脂肪的分布，結果顯示，無論是男性或女性，其腰圍與腹部內臟脂肪面積有顯著相關 ($r = 0.82, 0.83, p < 0.0001$)。

Despres, Prud'homme, Pouliot, Tremblay, & Bouchard(1991)以 110 名無代謝方面疾病的男性為研究對象，測量腰椎第四節至第五節腹部內臟脂肪面積 (VFA_{L4-L5})。其結果為腰圍與腹部內臟脂肪面積的關係呈顯著正相關 ($r = 0.82, p < 0.0001$)。

Bosy-Westphal 等人(2010)研究結果顯示兒童與男性其腰圍與腹部內臟脂肪達顯著相關。然而，比較個別測量位置

時，腹部皮下脂肪比腹部內臟脂肪顯著性高。

二、腰臀比

腰臀比是近年來測量腹部內臟脂肪常使用的方法之一。Owens 等人(1999)使用逐步回歸分析將簡易人體測量(身高、體重、BMI、腰圍、臀圍、腰臀比)與皮脂厚度測量變數代入，進而推導出估測腹部內臟脂肪的方程式。並以 MRI 做為校標來比較與估測方程式之準確性。作者認為腰臀比確實可以用來估測腹部內臟脂肪。Ribeiro-Filho, Faria, Azjen, Zanella, & Ferreira (2003)比較腰圍、腰臀比、BIA、DEXA 與 CT 等測量腹部內臟脂肪面積，並尋找較佳的替代方法。發現腰圍與腰臀比在與 CT 比較時達顯著相關。認為腰臀為估測腹部內臟脂肪較佳的替代方法之一。

亦有研究認為腰臀比在估測腹部內臟脂肪上效果較薄弱。Lemieux, Prud'homme, Tremblay, Bouchard, & Després (1996)進行 7 年的追蹤研究 32 名婦女其腹部內臟脂肪的增減與人體測量的變化，並以 CT 做為校標。結果發現，腰臀比在 7 年後顯著高於當年，但作者也建議，使用腰圍比腰臀圍估測腹部內臟脂肪的變化更為精準。Pouliot 等人(1994)以 CT 做為校標，進一步使用腰圍、腰臀比與腹部矢狀徑測量腹部內臟脂肪，其結果也發現腰圍與腹部矢狀徑測量對於測量腹部內臟脂肪較準確，而腰臀比則是無顯著相關。Kooy 等人(1993)進行 MRI 測量腹部內臟脂肪並與腰臀比做比較時，也認為腰臀比無法估測腹部內臟脂肪的變化。

貳、皮脂厚度測量

皮脂厚度測量將身體數個位置的皮脂厚度測量數次之後

取平均數，每個測量位置測量後其平均值須相差 10% 以內才可以採用。

皮脂厚度測量操作簡便、操作時間短適合進行大規模樣本測量，且測量儀器攜帶方便又便宜。然而，Addo & Himes(2010)認為其準確度卻是令人擔憂的，除了施測人員需要具備專業技術還需考慮讀數時的誤差以及施測部位的差距造成誤差。

Ketel 等人(2007)測量腹部中央脂肪量的研究中，以腹部中央區域的皮脂厚度測量及腰圍最可靠 ($r \geq 0.8$)，而腹部周圍體脂肪量測量則是腹部周圍區域皮脂厚度測量最準確 ($r \geq 0.8$)。腰圍與皮脂厚度測量是體脂肪測量最準確的工具。

參、生物阻抗分析

生物阻抗分析優點在於相較其它測量方式快速、簡單，非侵入性且攜帶方便，不需特定場所或地點(Yavuz, 2011)。Nagai 等人(2010)以 CT 做為校標，使用 BIA 發展估測腹部內臟脂肪面積的方程式。其相關性高達 0.904 ($p < 0.01$)。

Shiga 等人(2007)以 MRI 做為校標，以 BIA 測量腹部內臟脂肪面積。該研究認為使用 BIA 可以提供做為簡便測量腹部內臟脂肪工具。

Thomas 等人(2010)認為 BIA 在估測總身體脂肪時是一項有用的工具，但在估測腹部內臟脂肪時則無相關性。

雖然 BIA 在使用上有著許多優勢，但仍需考慮許多因素，如種族、性別、年齡或是不同活動量的受試者等，在這些方面仍然受限(Houtkooper, Lohman, Going, & Howell, 1996)。

肆、磁共振造影

此為利用磁場原理，將人體置入於像隧道的靜磁場中，利用特定電波激發人體內的氫原子，而這些氫原子具有磁性，若改變體內氫原子的排列方向，原子就會釋放吸收的能量，能量激發後放出電波信號，經由電腦分析合成影像。

許多研究認為利用 MRI 來評估體脂肪分布是有效且經過臨床證實的 (Gray, et al., 1991)。Ross, Shaw, Martel, Guise, & Avruch (1993) 利用 MRI 測量肥胖婦女腹部 L4-L5 的皮下脂肪與內臟脂肪面積分布 (VFA_{L4-L5})，腹部內臟脂肪面積與皮下脂肪面積的平均差 (mean difference, MD) 分別為 1.1% ($P=0.15$) 與 5.5% ($P=0.14$)，此結果顯示，MRI 測量肥胖婦女腹部內臟與皮下脂肪分布是具有可行性的。

Siegel, Hildebolt, Bae, Hong, & White (2007) 使用 MRI 評估過重的青少年與少年的腹部脂肪面積，結果顯示，MRI 測量的腹部內臟脂肪面積與人體測量學所測量的有顯著關係。Poll 等人 (2003) 評估糖尿病患者 (37 名) 其腹部脂肪總體積以及腹部內臟脂肪、皮下脂肪體積，以 MRI 進行測量。研究結果顯示腹部脂肪總體積與腹部內臟脂肪體積具有顯著相關，也認為 MRI 為可靠評估腹部內臟脂肪體積的測量工具。

伍、雙能 X 光吸收儀

目前在臨床上最常使用來測量骨質密度的即是雙能 X 光吸收儀，它是使用兩種不同能量的 X 光通過身體，受到人體骨骼與軟組織所吸收，利用輻射線衰減值的差異來計算出單位面積中骨骼含量與密度，進而可以算出人體脂肪組織與瘦肉組織 (Mazess, Barden, Bisek, & Hanson, 1990)。

因此，DEXA 經常用來測量體脂肪量。Kullberg 等人(2009)使用 MRI、CT 與 DEXA 做為測量工具。結果 DEXA、MRI 與 CT 在全身脂肪組織測量上有很強烈相關。

Treuth, Hunter, & Kekes-Szabo(1995)使用 DEXA 測量結果來發展估測腹部脂肪估測模型。結果顯示，使用 DEXA 為輸入變數的腹部脂肪組織的估測模式適用於婦女。

第二節 電腦斷層掃描

壹、電腦斷層掃描 (CT) 的原理

電腦斷層掃描源自於 70 年代，用於醫療檢測上。CT 是一種非破壞性的技術，利用數位幾何處理後重建三維放射線的醫學影像，取決於物體本身的密度與其原子結構的變化，因而可清楚看見物體內部結構 (Mees, Swennen, Geet, & Jacobs, 2003)。

基本電腦斷層掃描是由 X 光射線管與接收器組成，而 X 光射線在一個垂直平面上旋轉照射人體。X 光射線管發射 X 光，當通過組織時，X 光會被人體吸收因而衰減 (attenuation)。接收器偵測到 X 光衰減，而產生影像。影像的重建是透過二維傅立葉分析 (Fourier analysis)、濾波反投射法 (filtered back projection) 或是兩者結合產生。

X 光衰減以直線衰減係數 (linear attenuation coefficient) 或是 CT 值 (CT number) 來表示，而 CT 值是相對於空氣和水之衰減來衡量，空氣與水的 CT 值分別定義為 -1000 與 0 Hounsfield units (HU)，HU 是 CT 值的單位。衰減或 HU 的主要影響因素是密度。橫斷面 CT 影像是由元素或像素 (pixel) 所組成，通常是 1 毫米×1 毫米平方的面積，每一個影像的像素就是一個 CT 值或是 HU。

不同的灰階 (gray scal) 可以依 HU 的不同範圍來重新定義衰減值，而它反映了組織的組成，組織的密度越小，HU 就越小，且影像呈現越黑，如表 2-2-1。舉例而言，腹部脂肪組織的密度小於水密度，則腹部脂肪組織的 CT 值範圍即為 -190 到 -30HU。

表 2-2-1 不同組織的 CT 值

組 織	Hounsfield units (HU)
緻 密 骨	1000
肌 肉	50
白 質	45
灰 質	40
血 液	20
水	0
脂 肪	-100
肺	-200
空 氣	-1000

貳、電腦斷層掃描應用於估測腹部脂肪

CT 在臨床醫學診斷上，應用相當廣泛。可用來偵測肌肉量、脂肪量等。從腹部 CT 影像得知總脂肪面積，也可分辨出腹部皮下脂肪與內臟脂肪的面積(Borkan, et al., 1982)。如圖 2-2-1。因此，本研究採用 CT 來估測腹部內臟脂肪。

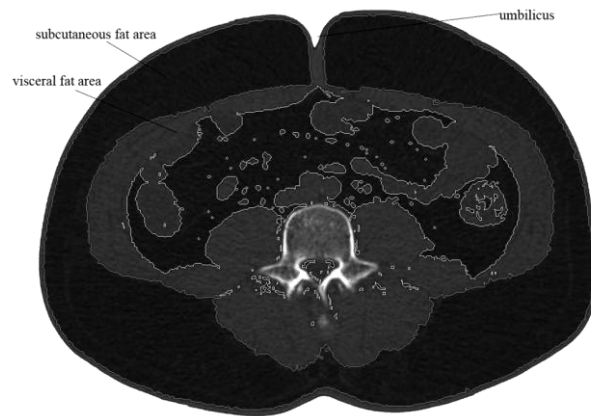


圖 2-2-1 CT 測量所呈現的腹部脂肪分布圖

Subcutaneous fat area：皮下脂肪面積。

Visceral fat area：內臟脂肪面積。

Umbilicus：肚臍。

最早由 Tokunaga, Matsuzawa, Ishikawa, & Tarui (1983) 開始使用 CT 進行測量人體體脂肪體積的方法，並且認為 CT 測量腹部內臟脂肪體積是具有準確性的。

Smith 等人(2001)評估腹部皮下脂肪、內臟脂肪面積之間的關係。結果發現，CT 測量出來的腹部內臟脂肪組織面積與內臟脂肪組織的體積有高相關性。

Seidell 等人(1987)評估腹部內臟脂肪與皮下脂肪面積並比較 CT 與人體測量學之關係。結果發現，在腹部內臟脂肪（腰椎 L4）測量上，腰臀比與 CT 的測量有高相關性（男性： $r=0.75$ 、女性： $r=0.55$ ），而腰腿比與 CT 測量亦是（男性： $r=0.55$ 、女性： $r=0.75$ ）。另外，該研究亦表示，腹部皮下脂肪與腰臀比或腰腿比的相關性是較低的。

CT 針對腹部內臟脂肪測量的準確性與精密度相當高，許多研究中也都以 CT 當作標準參照。雖然 MRI 也是一種測量腹部內臟脂肪的方式(Seidell, Bakker, & Kooy, 1990)，但由於 MRI 設備較為昂貴且較難取得(Yoshizumi, et al., 1999)，因此，本研究以 CT 測量腹部內臟脂肪。

第三章 研究方法

第一節 研究對象

研究對象共 173 名，分為模型建立組與交叉驗證組。平均年齡為 28.89 ± 1.06 歲，平均體重為 67.28 ± 1.08 公斤。研究對象無特殊病史與懷孕。

第二節 實驗時間

壹、實驗日期：中華民國 100 年 7 月至 10 月，預計共 4 個月。

貳、實驗時間：每星期二、四、五。下午 1：00—5：00。

第三節 實驗地點

壹、人體測量與皮脂厚度測量：國立臺灣體育運動大學體操館三樓。

貳、電腦斷層掃描：仁愛醫療財團法人大里仁愛醫院放射線診療科。

第四節 實驗設備與器材

壹、人體測量工具

- 一、身高：使用身高計，精確度至 0.1 公分。
- 二、體重：使用電子式體脂計（FFP-329B OSERIO,台灣）所測量，精確度至 0.1 公斤。
- 三、腰臀圍：腰圍測量部位為平行肚臍，臀圍測量於臀部最寬部位，使用標準皮尺，精確度至 0.1 公分。

貳、皮脂厚度測量

皮脂厚度測量使用 LANGE 皮脂夾（Skinfold Calipers，Beta Technology Incorporated, Japan），精確度至 0.1 公分。

參、電腦斷層掃描

- 一、電腦斷層掃描為多切面電腦斷層掃描儀器（Siemens Somatom Sensation 64 Computed Tomography, Erlangen, Germany），如圖 3-4-1。

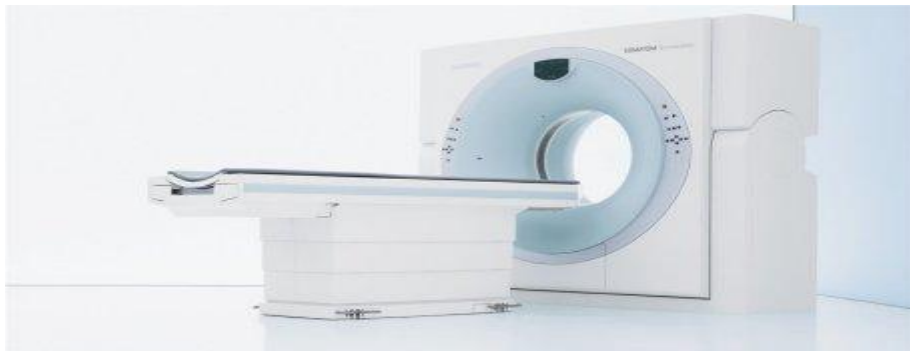


圖 3-4-1 多切面電腦斷層掃描儀器

資料取自：西門子官方網站

http://www.medical.siemens.com/webapp/wcs/stores/servlet/CategoryDisplay~q_catalogId~e_-11~a_categoryId~e_1008406~a_catTree~e_100001,12781,12752,1008406~a_langId~e_-11~a_storeId~e_10001.htm

第五節 實驗設計與流程

壹、實驗說明

於受試者進行測驗前告知受試者須測量之流程、研究益處、研究風險及其權利。並請受試者填寫受試者基本資料表與受試者同意書，待填寫完畢，操作人員講解流程、方法及步驟，實驗方可進行。所有受試者皆測量身高、體重、腰圍與臀圍、皮脂厚度測量與 CT。

貳、研究流程

本研究實驗之流程如下圖 3-5-1：

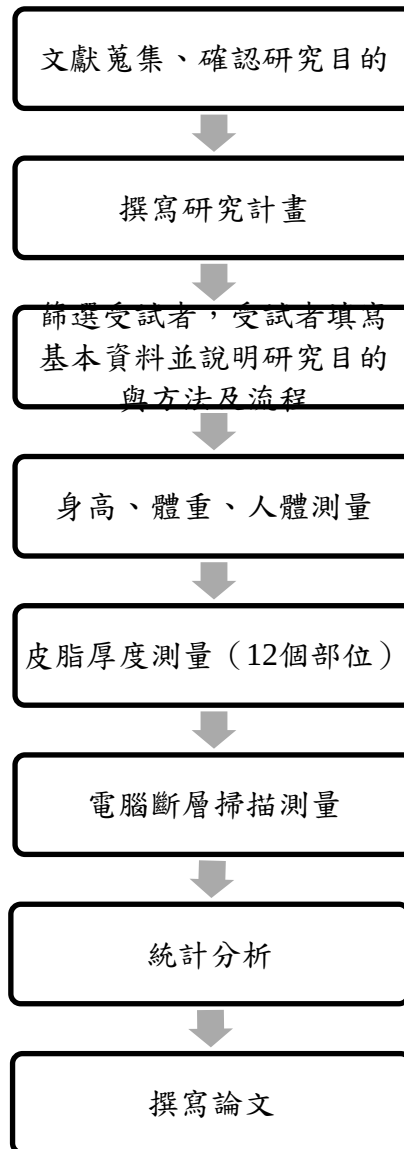


圖 3-5-1 實驗流程圖

第六節 實驗方法與步驟

壹、身高測量

- 一、受試者須穿著輕便服裝並脫掉鞋襪。
- 二、雙眼直視前方，兩腳併攏。
- 三、判讀方式：以公分為單位，計至小數點一位，以下四捨五入。

貳、體重測量

- 一、以體脂計測量。
- 二、受試者穿著輕便衣服，須脫掉鞋襪並擦拭腳底。
- 三、輸入受試者代號與基本資料，如出生年月日、身高、年齡、性別。
- 四、體重以公斤為單位，計至小數點一位，以下四捨五入。
- 五、待儀器顯示出數據之後，受試者方可離開。

參、皮脂厚度測量

- 一、需兩名施測人員，一名捏皮脂，另一名操作皮脂夾並記錄皮脂厚度。施測人員須保持同一人。
- 二、使用水性簽字筆於受試者身上標記測量位置。
- 三、以拇指與食指準確捏起標記處的皮下脂肪，捏皮脂時應以指腹部位接觸皮膚，以免指甲刮傷受試者。
- 四、皮脂夾需與捏起之皮脂呈垂直。將皮脂夾完全夾到皮脂後輕放皮脂按把。停約 1 至 2 秒，讀取測量數值。
- 五、每個部位分別測量三次並取其平均值，而每個測量位置與平均值須相差 10% 以內才可採用。受試者須穿著輕便

短袖服裝。

六、測量身體共 12 個部位，分別是腹部 (abdomen)、肚臍上 (upper umbilicus)、肚臍下 (below umbilicus)、腸骨頂 (suprailiac)、腋下 (midaxillary)、肱三頭 (triceps)、背部 (back)、肩胛下 (subscapula)、大腿 (thigh)、小腿 (lower leg)、胸部 (chest) 與下巴 (chin)，如圖 3-6-1、圖 3-6-2、圖 3-6-3、圖 3-6-4、圖 3-6-5、圖 3-6-6、圖 3-6-7、圖 3-6-8。

(一) 腹部 (abdomen)：為受測者肚臍右邊 1.5 吋處。

(二) 肚臍上 (upper navel)：為受測者肚臍上方 1 吋處。

(三) 肚臍下 (below navel)：為受測者肚臍下方 1 吋處。

(四) 腸骨頂 (suprailiac)：為受測者右腸骨頂與腋窩交界處。

(五) 腋下 (midaxillary)：為受測者平行乳頭之延伸線與腋窩交界處。

(六) 肱三頭 (triceps)：為受測者右臂外側之尖峰與尺骨鷹嘴處中間。

(七) 背部 (back)：為受測者平行乳頭之延伸線至背部右半邊中間交界處。

(八) 肩胛下 (subscapula)：為受試者肩胛骨內緣處。

(九) 大腿 (thigh)：為受測者髌骨與髌骨中間處。

(十) 小腿 (lower leg)：為受測者小腿的最大圍

(十一) 胸部 (chest)：為受測者尖峰與乳頭中間處。

(十二) 下巴 (chin)：頸部與喉結中間處。

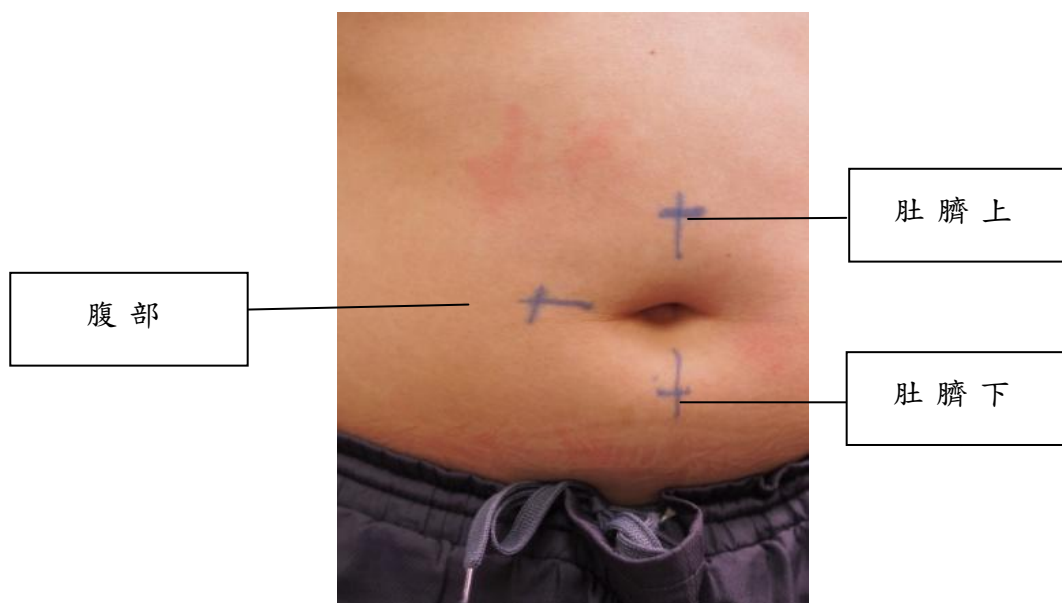


圖 3-6-1 皮脂厚度(腹部、肚臍上、肚臍下)

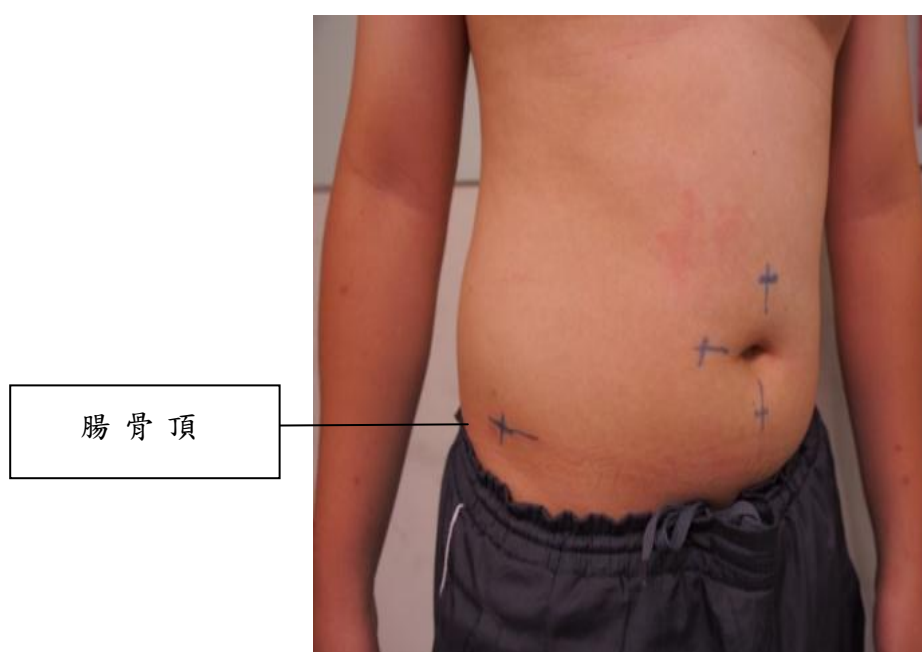


圖 3-6-2 皮脂厚度(腸骨頂)

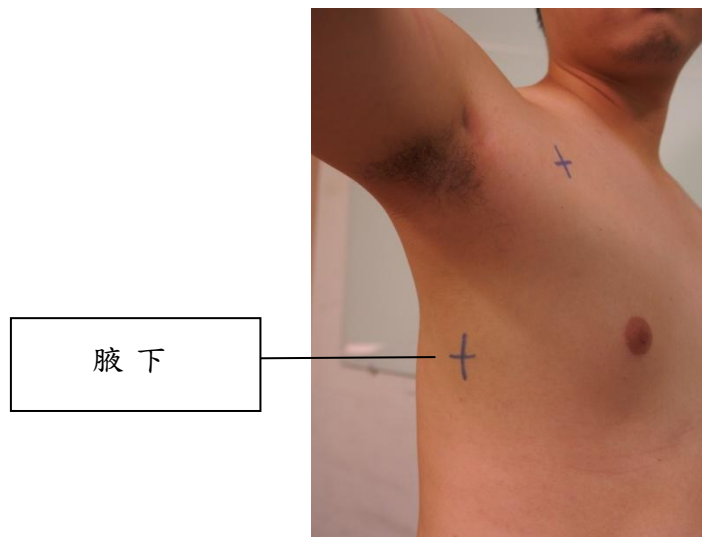


圖 3-6-3 皮脂厚度(腋下)

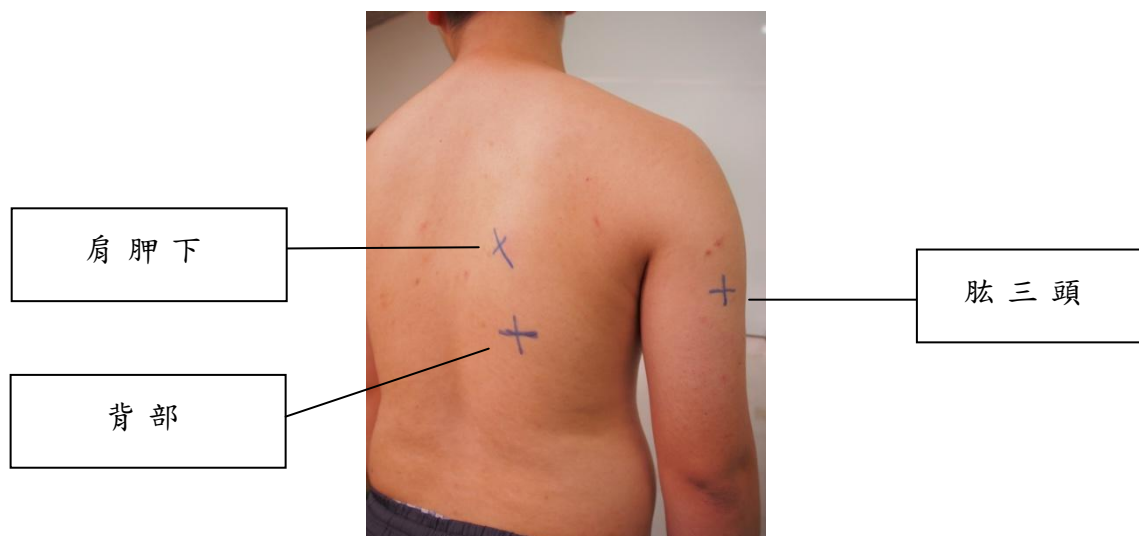


圖 3-6-4 皮脂厚度(肩胛下、背部、肱三頭)

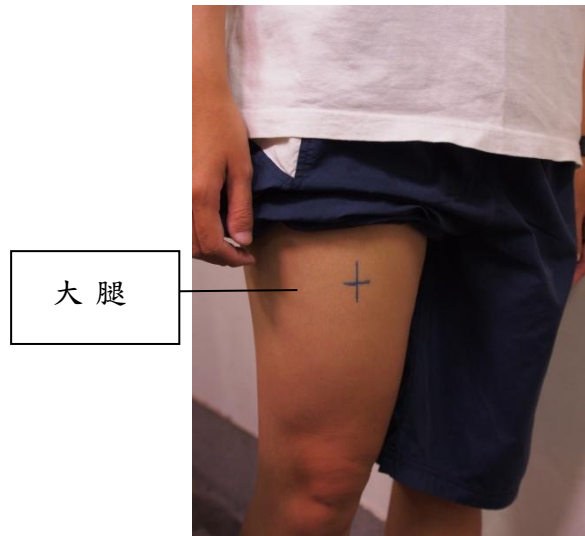


圖 3-6-5 皮 脂 厚 度 (大 腿)

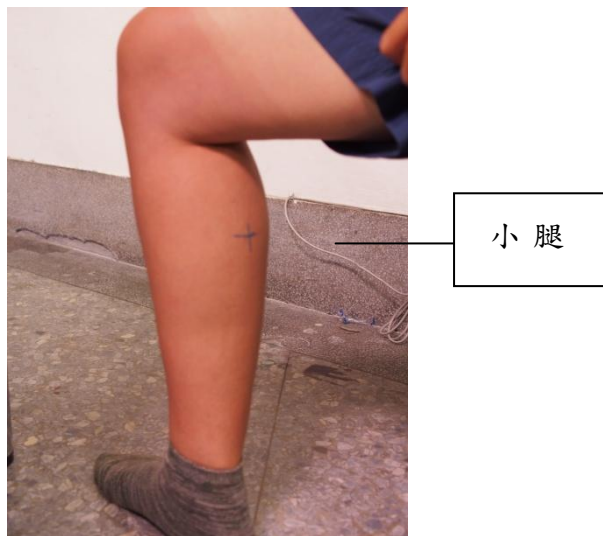


圖 3-6-6 皮 脂 厚 度 (小 腿)

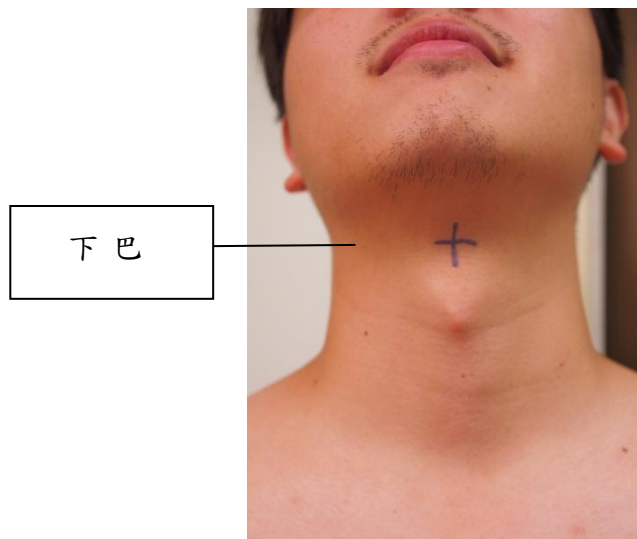


圖 3-6-7 皮脂厚度(下巴)

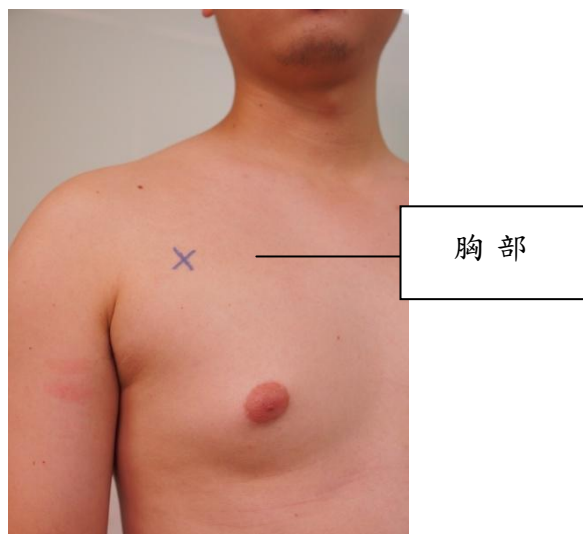


圖 3-6-8 皮脂厚度(胸部)

肆、電腦斷層掃描

- 一、請受試者更衣，換穿醫院準備的輕質棉布袍，並去除身上金屬物品。
- 二、請受試者仰臥平躺於 CT 掃描平台中央。雙手輕鬆平放於大腿兩側，兩腳併攏且腳尖朝上。
- 三、測量於人體腰椎 4-5 節區段。

第七節 資料處理與統計方法

壹、人體測量、皮脂厚度測量資料處理

本研究測得之所有數據完成後，以 Excel 進行資料統整。再以 SPSS 12.0 版實施逐步多元迴歸分析。分析年齡、身高、體重、BMI、腰臀圍、腰臀比與皮脂厚度測量等參數對應 CT 所測量之腹部內臟脂肪的線性迴歸方程，並計算估測值之 Pearson 相關係數(r)、決定係數(coefficient of determination, r^2)、估計標準差 (standard estimation error, SEE)。

檢驗觀測值與預測值之間的系統誤差(systematic error)並將誤差與測量值以 Bland-Altman Plot 分析觀測值與預測值之一致性界線(The limits of agreement)，即以誤差之平均值 ± 2 個標準差(Standard Deviation, SD)計算並以圖呈現。

以交叉驗證組來驗證線性迴歸方程式並比較其差異。

貳、電腦斷層掃描腹部脂肪影像處理

以電腦斷層掃描儀搭配操作軟體 Software Version syngo CT2005A 進行腹部區域之電腦斷層掃描。CT 電腦斷層測量主要掃描參數設為 X 光球管電壓量:120Kv，X 光球管電流量:120mAs、X 光球管射出寬度(collimation): 1.5mm、旋

轉一次時間(rotation time):0.5s、切片厚度(slice thickness): 5mm、切片間格(slice increment): 2mm、影像重組平滑指數(kernel):B20。將獲得的圖形資訊以商用軟體 3D-Doctor Ver 3.5 (Able software Corp., MA, USA)進行處理，以肚臍高度掃描圖像結果，進行腹部內臟脂肪、腹部皮下脂肪著色與面積計算，其中脂肪組織的 CT 門檻值為 (-260 ± 3) 至 (-10 ± 3) HU。

第四章 結果

第一節 受試者基本資料

本研究受試者共 173 名，隨機分成模型建立組與交叉驗證組。

模型建立組共 119 名，男性 55 名，年齡 28.8 ± 14.4 歲，女性 64 名，年齡 28.0 ± 13.7 歲。

交叉驗證組 54 名，男性 24 名，年齡 28.9 ± 12.2 歲，女性 30 名，年齡 29.6 ± 16.0 歲。

基本資料數值均以平均值 $\pm$ 標準差表示，如表 4-1-1。

表 4-1-1 受試者基本資料表

變數	模 型 建 立 組 (n=119)		交 叉 驗 證 組 (n=54)	
	男 性 (n=55)	女 性 (n=64)	男 性 (n=24)	女 性 (n=30)
年 齡 ， 歲	28.8±14.4	28.0±13.7	28.9±12.2	29.6±16.0
身 高 ， c m	174.8±9.0	160.7±5.8	174.6± 9.0	161.8±5.6
體 重 ， k g	75.4±12.6	59.9±11.6	75.1±13.0	62.1±12.7
B M I ， k g / m ²	24.6±3.4	23.2±4.3	24.7±4.4	23.8±5.1
腰 圍 ， c m	84.7±10.4	81.5±12.0	84.1±11.8	81.4±10.1
臀 圍 ， c m	99.2±7.4	97.9±9.5	98.5±7.1	99.3±9.3
腰 臀 比 ， W H R	0.85±0.06	0.83±0.07	0.85±0.07	0.82±0.05
內 臟 脂 肪 面 積 (V F A _{L4-L5}) , c m ²	59.3±45.3	59.8±39.1	62.5±48.6	57.4±34.3
皮 脂 厚 度 ， m m				
腹 部	19.5±14.7	26.0±13.9	22.6±17.7	21.1±14.8
肚 臍 上	17.4±14.2	25.7±13.8	20.5±16.0	20.5±15.1
肚 臍 下	13.1±9.5	19.2±11.5	13.4±10.1	19.0±14.4
腸 骨 頂	12.6±10.2	15.9±10.6	11.8±8.2	14.6±11.7
腋 下	13.4±10.5	14.1±6.9	14.4±10.7	13.4±8.8
肱 三 頭	15.4±10.4	18.5±12.1	17.1±10.9	14.4±11.7
肩 胛 下	15.5±8.7	15.0±8.4	16.7±10.0	14.5±10.6
背 部	16.7±9.6	17.0±9.4	17.5±10.1	16.8±12.4
大 腿	12.0±7.7	21.5±14.0	13.6±10.5	17.4±14.0
小 腿	7.9±4.6	10.8±9.5	9.8±5.9	9.4±8.2
下 巴	4.4±2.8	5.4±2.7	4.9±3.2	5.9±4.1
胸 部	10.4±11.3	10.2±9.0	12.3±11.0	9.6±9.7

第二節 模型建立組之多元迴歸分析

模型建立組之多元迴歸分析結果，估測方程使用腰臀比、年齡、BMI、性別與皮脂厚度（背）測量值及皮脂厚度（大腿）等變數，其估測方程式為：

$$VFA_{L4-L5}=177.014X_1+1.327X_2+1.450X_3+2.376X_4-12.757X_5-0.485X_6-193.686$$

註： X_1 =腰臀比， X_2 =年齡， X_3 =皮脂厚度（背）， X_4 =BMI， X_5 =性別， X_6 =皮脂厚度（大腿）。

圖 4-2-1 為模型建立組觀察值與預測值之相關迴歸圖，其相關係數（ r ），解釋變異量（ r^2 ）與估計標準差（SEE）分別為 0.93、0.87 與 15.01cm^2 ，而 VFA_{L4-L5} 平均值之估計標準差百分比（變異係數，CV 值）為 25.6%。

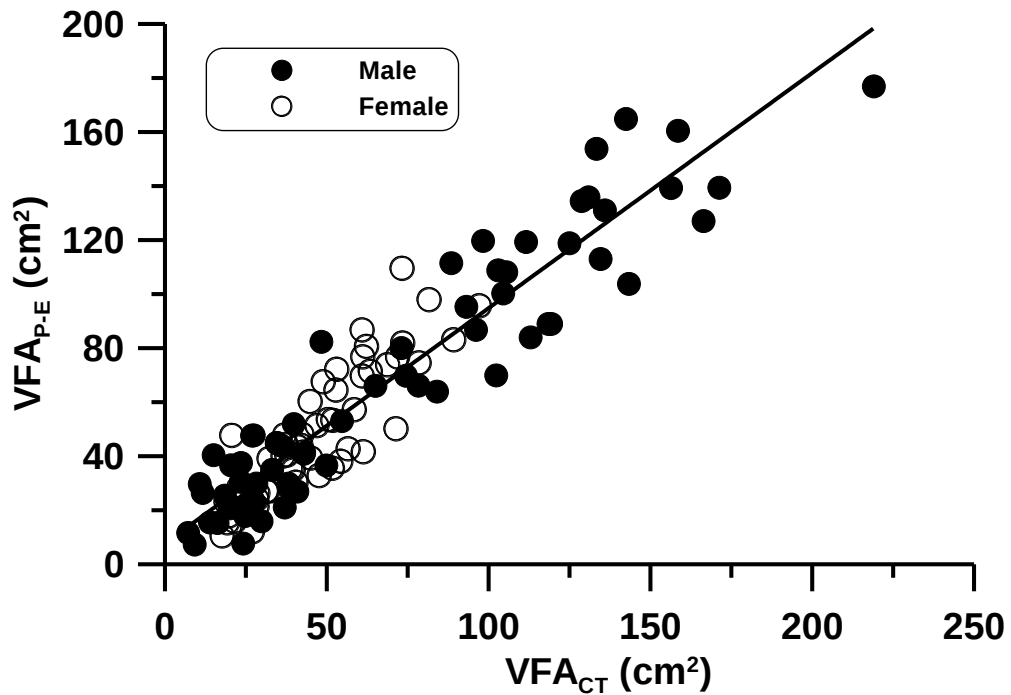


圖 4-2-1 模型建立組觀察值與預測值之相關迴歸圖

$VFA_{P-E} = 0.871 VFA_{CT} + 7.735$ ($r = 0.93$, $n = 119$, $SEE = 15.01$ cm^2 , $P < .001$)

VFA_{CT} : 電腦斷層掃描之 L4-L5 腹部內臟脂肪面積。

VFA_{P-E} : L4-L5 腹部內臟脂肪面積之估測方程式。

此外，使用簡單線性迴歸分析，將每一個預測變量做為依變項與 VFA_{L4-L5} 做比較（如表 4-2-1），其六個預測變項皆達顯著相關（ $p < 0.001$ ），與 VFA_{L4-L5} 相關性最高的為腰臀比（ $r = 0.80$ ），而相關性最低的為性別（ $r = 0.01$ ）。

表 4-2-1 模型建立組之迴歸分析表

預測變項	多元線性迴歸			簡單線性迴歸		
	β	B	p	r	SEE	p
腰臀比，cm	0.272	177.014	0.000	0.798	25.352	0.000
年紀，歲	0.443	1.327	0.000	0.721	29.156	0.000
皮脂厚度 (背)，mm	0.328	1.450	0.000	0.797	25.435	0.000
BMI，kg/m ²	0.225	2.376	0.000	0.642	32.369	0.000
性別	-0.152	-12.757	0.000	0.006	42.075	0.000
皮脂厚度 (大腿)，mm	-0.144	-0.488	0.005	0.488	36.731	0.000
常數		-193.686	0.000			

β ,標準化迴歸係數；B,迴歸係數；SEE,估計標準差

利用 Bland-Altman plot 圖來進行觀察，將 CT 所測得之 VFA_{L4-L5} 為 X 軸，而以預測方程式估算出的腹部內臟脂肪與 VFA_{L4-L5} 的差值為 Y 軸。並且標示出差值的偏差值 (bias) 線及標準偏差值範圍 ($bias \pm 2SD$)，如圖 4-2-2。其偏差值為 0.04cm^2 ，標準偏差值範圍為 30.05 到 -29.98cm^2 。

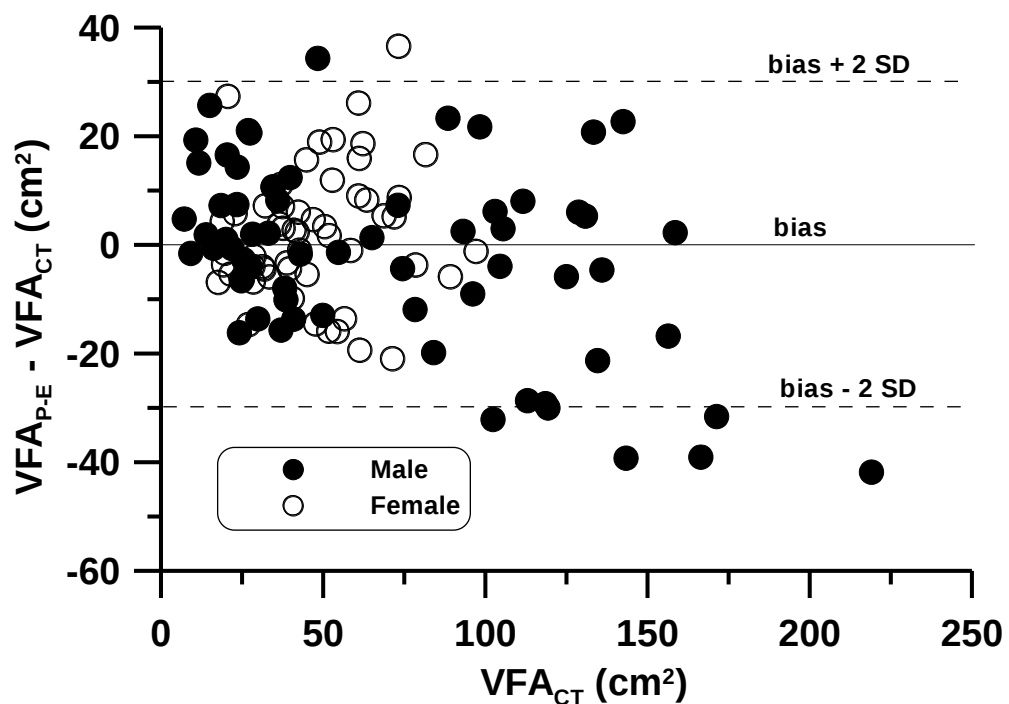


圖 4-2-2 模型建立組線性迴歸估測腹部內臟脂肪

VFA_{CT} : 電腦斷層掃描之 L4-L5 腹部內臟脂肪面積。

VFA_{P-E} : L4-L5 腹部內臟脂肪面積之估測方程式。

Bias: 0.04 cm^2 , bias - 2SD: -29.98 cm^2 , bias + 2SD: 30.05 cm^2 。

所有人體測量變量之間的相關性，如表 4-2-2。許多變量之間都達顯著相關，由此表可看出與 VFA_{L4-L5} 較有相關性的包含年齡、體重、BMI、腰圍、臀圍、腰臀比與皮脂厚度測量的 12 個部位。

電腦斷層掃描所得的 VFA_{L4-L5} 與各個人體測量參數及
皮脂夾測量參數之間的相關性如表 4-2-2 所示，其中與
 VFA_{L4-L5} 與人體測量參數：年齡、身高、體重、BMI、腰圍、
臀圍與腰臀比的相關係數分別為 0.72, -0.14, 0.41, 0.64, 0.76,
0.49, 0.80，而 VFA_{L4-L5} 與皮脂夾測量部位：腹、肚臍上、肚
臍下、腸頂骨、腋下、肱三頭、肩胛下、背、大腿、小腿、
下巴、胸部的相關係數分別為 0.76, 0.69, 0.72, 0.71, 0.79,
0.65, 0.79, 0.80, 0.48, 0.52, 0.67, 0.70。 VFA_{L4-L5} 與本研究受
測者性別的相關性則為 -0.01。

表 4-2-2VFA 與人體測量、皮脂厚度之相關系數矩陣

	年齡	身高	體重	BMI	性別	腰圍	臀圍	腰臀比	VFA	皮脂厚度 (腹)	皮脂厚度 (肚臍上)	皮脂厚度 (肚臍下)	皮脂厚度 (腸骨頂)	皮脂厚度 (腋下)	皮脂厚度 (肱三頭)	皮脂厚度 (肩胛下)	皮脂厚度 (背)	皮脂厚度 (大腿)	皮脂厚度 (小腿)	皮脂厚度 (下巴)	皮脂厚度 (胸)
年齡	1.00	-.19*	.06	.22*	.03	.35**	.08	.53**	.72**	.54**	.44**	.58**	.52**	.58**	.64**	.52**	.48**	.48**	.50**	.50**	.66**
身高	-.19*	1.00	.639**	.07	.69**	.16	.27**	-.02	-.14	-.29**	-.34**	-.31**	-.24**	-.19*	-.27**	-.09	-.13	-.40**	-.28**	-.33**	-.21*
體重	.06	.64**	1.00	.81**	.54**	.78**	.79**	.48**	.41**	.28**	.27**	.22*	.31**	.38**	.11	.44**	.42**	-.05	.09	.16	.22*
BMI	.22*	.07	.81**	1.00	.18	.89**	.83**	.64**	.64**	.58**	.61**	.53**	.58**	.64**	.34**	.63**	.64**	.24**	.32**	.45**	.44**
性別	.03	.69**	.54**	.18	1.00	.14	.08	.17	-.01	-.22*	-.29**	-.28**	-.17	-.04	-.13	.03	-.02	-.38**	-.19*	-.18*	.01
腰圍	.35**	.16	.78**	.89**	.14	1.00	.86**	.80**	.76**	.68**	.67**	.65**	.69**	.72**	.45**	.70**	.74**	.34**	.38**	.49**	.50**
臀圍	.08	.27**	.80**	.83**	.08	.86**	1.00	.38**	.49**	.47**	.50**	.46**	.48**	.49**	.22*	.48**	.52**	.17	.19*	.27**	.29**
腰臀比	.53**	-.03	.48**	.64**	.17	.80**	.38**	1.00	.80**	.66**	.63**	.64**	.67**	.72**	.55**	.70**	.71**	.41**	.45**	.56**	.56**
VFA	.72**	-.14	.41**	.64**	-.01	.76**	.49**	.80**	1.00	.76**	.69**	.72**	.71**	.79**	.65**	.79**	.80**	.49**	.52**	.67**	.70**
皮脂厚度 (腹)	.54**	-.29**	.28**	.58**	-.22*	.68**	.47**	.66**	.76**	1.00	.90**	.89**	.86**	.86**	.75**	.80**	.83**	.62**	.60**	.74**	.77**
皮脂厚度 (肚臍上)	.44**	-.34**	.27**	.61**	-.29**	.67**	.50**	.63**	.69**	.90**	1.00	.85**	.85**	.81**	.68**	.74**	.79**	.65**	.60**	.73**	.66**
皮脂厚度 (肚臍下)	.58**	-.31**	.22*	.53**	-.28**	.66**	.46**	.64**	.72**	.89**	.85**	1.00	.86**	.81**	.69**	.73**	.75**	.66**	.58**	.64**	.71**
皮脂厚度 (腸骨頂)	.52**	-.24**	.31**	.58**	-.17	.69**	.48**	.67**	.71**	.86**	.85**	.86**	1.00	.84**	.75**	.77**	.80**	.67**	.66**	.72**	.72**
皮脂厚度 (腋下)	.58**	-.19*	.38**	.64**	-.04	.72**	.49**	.72**	.79**	.86**	.81**	.81**	.84**	1.00	.71**	.82**	.84**	.56**	.53**	.72**	.78**
皮脂厚度 (肱三頭)	.64**	-.27**	.11	.34**	-.13	.45**	.22*	.55**	.65**	.75**	.68**	.69**	.75**	.71**	1.00	.74**	.71**	.74**	.82**	.68**	.77**
皮脂厚度 (肩胛下)	.52**	-.09	.44**	.63**	.03	.70**	.48**	.70**	.79**	.80**	.74**	.73**	.77**	.82**	.74**	1.00	.94**	.60**	.62**	.71**	.79**
皮脂厚度 (背)	.48**	-.13	.42**	.64**	-.02	.74**	.52**	.71**	.80**	.83**	.79**	.75**	.80**	.84**	.71**	.94**	1.00	.59**	.60**	.72**	.74**
皮脂厚度 (大腿)	.48**	-.40**	-.05	.24**	-.38**	.34**	.17	.41**	.49**	.62**	.65**	.66**	.67**	.56**	.74**	.60**	.59**	1.00	.82**	.61**	.61**
皮脂厚度 (小腿)	.50**	-.28**	.09	.32**	-.20*	.38**	.19*	.45**	.52**	.60**	.60**	.58**	.66**	.53**	.82**	.62**	.60**	.82**	1.00	.65**	.65**
皮脂厚度 (下巴)	.50**	-.33**	.16	.45**	-.18*	.49**	.27**	.56**	.67**	.74**	.73**	.64**	.72**	.72**	.68**	.79**	.72**	.61**	.65**	1.00	.72**
皮脂厚度 (胸)	.66**	-.21*	.22*	.44**	.01	.50**	.29**	.56**	.70**	.77**	.66**	.71**	.72**	.78**	.77**	.79**	.74**	.61**	.65**	.72**	1.00

* 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

** 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。

第三節 交叉驗證組估測腹部內臟脂肪

進一步探討本研究所推導出來的估測方程式之測量結果，並利用交叉驗證組來比較之。將交叉驗證組共 54 名之腰臀比、年齡、皮脂厚度測量結果（背部與大腿）及性別等變數代入推導出的估測方程式，並比較使用 CT 所測量出之實際 VFA_{L4-L5} ，其相關係數（ r ）為 0.93，而估計標準差（ SEE ）為 14.54cm^2 ，觀察值與預測值之相關迴歸，如圖 4-3-1。而交叉驗證組 VFA_{L4-L5} 的 CV 值為 24.3%。

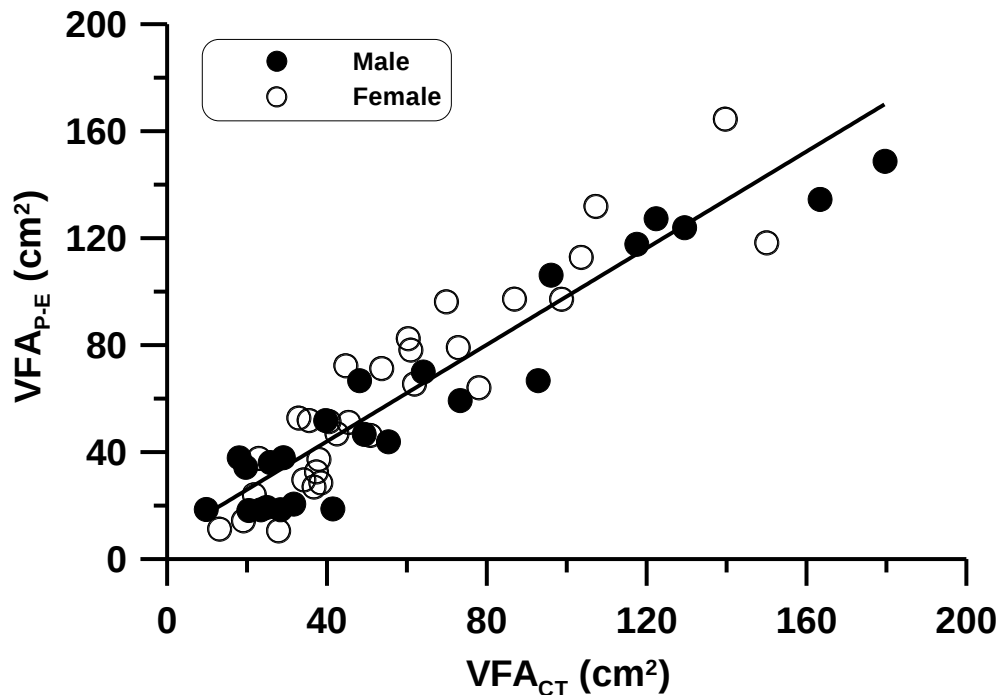


圖 4-3-1 交叉驗證組觀察值與預測值之相關迴歸圖

$VFA_{P-E} = 0.903 VFA_{CT} + 7.891$ ($r = 0.93$, $n = 54$, $SEE = 14.54\text{cm}^2$, $P < .001$)

VFA_{CT} : 電腦斷層掃描之 L4-L5 腹部內臟脂肪面積。

VFA_{P-E} : L4-L5 腹部內臟脂肪面積之估測方程式。

利用 Bland-Altman plot 圖來進行觀察，將 CT 所測得之 VFA_{L4-L5} 為 X 軸，而以預測方程式估算出的腹部內臟脂肪與 VFA_{L4-L5} 的差值為 Y 軸。並且標示出差值的偏差值 (bias) 線及標準偏差值範圍 ($bias \pm 2SD$)，如圖 4-3-2。其偏差值為 2.11cm^2 ，標準偏差值範圍為 31.98 到 -27.77cm^2 。

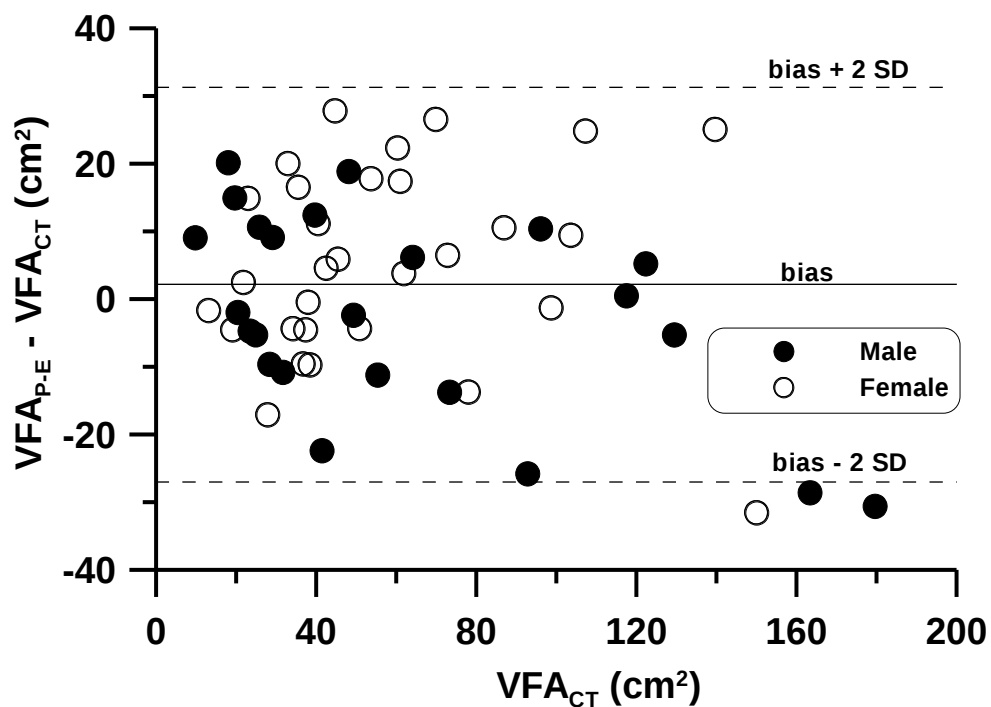


圖 4-3-2 交叉驗證組線性迴歸估測腹部內臟脂肪
 VFA_{CT} : 電腦斷層掃描之 L4-L5 腹部內臟脂肪面積。
 VFA_{P-E} : L4-L5 腹部內臟脂肪面積之估測方程式。
Bias: 2.11cm^2 , $bias - 2SD$: -27.77cm^2 , $bias + 2SD$: 31.98cm^2 。

第五章 討論

本研究為電腦斷層掃描之腹部內臟脂肪測量於人體測量模式建立，針對 119 名受試者進行簡易人體測量以及電腦斷層掃描，將人體測量之測量參數做為預測變項來估測人體腹部內臟脂肪。並以 54 名交叉驗證組來檢驗所推導出方程式之準確性。

第一節 腹部內臟脂肪與人體測量之探討

本研究中，腰臀比與 VFA_{L4-L5} 的相關係數最高， $r=0.80$ 。而在先前研究中，腰臀比已是被廣泛用來評估腹部內臟脂肪的方法之一，Ferrannini, Sironi, Iozzo, & Gastaldelli (2008) 與 Pouliot 等人 (1994) 認為腰臀比是可以被用來估測腹部內臟脂肪 ($p < 0.001$)，其研究結果與本研究結果相符。隨著年齡的不同， VFA_{L4-L5} 與腰臀比、BMI 之間的關係也會跟著不同 (Despres, Ross, & Lemieux 1996; Li, Ford, Mokdad, & Cook, 2006)。Sugihara 等人 (2011) 探討日本成人腹部內臟脂肪與年齡變化的相關性，發現隨著年齡的增長，腹部內臟脂肪也會隨著增加。

此外，皮脂厚度測量用於估測腹部內臟脂肪其相關性也是相當高 (Friedl, et al., 2001)。Stevens-Simon, Thureen, Stamm, & Scherzinger (2001) 所研究青少年以 CT 測量腹部內臟脂肪並比較皮脂厚度測量。其結果為皮脂厚度測量在於肋骨、髂骨與肩胛下之三個部位皮脂厚度與腹部內臟脂肪達顯著相關，而本研究皮脂厚度測量方面，經多元回歸分析後，

估測方程式中選擇了背部與大腿部位做為預測變數。使用簡單線性回歸分析後，背部皮脂厚度相關性高於其他變數（ $r: 0.80$ ）。由於背部皮脂厚度屬於中央軀幹肥胖，與本研究結果相互呼應；而大腿皮脂厚度相關性為這六個預測變數中相關性最低（ $r: 0.49$ ）。

第二節 腹部內臟脂肪與估測方程式之探討

從估測方程式的預測變項來解釋變異量與 SEE，由此 6 個預測變數的方程式可解釋 87.3% 的 VFA_{L4-L5} ，而 SEE 為 15.01cm^2 。Demura, Sato, Noguchi, & Nakata(2007)與 Ferland 等人(1989)研究中之 VFA_{L4-L5} 估測方程式解釋變異量分別為 81%與 70%，而 Owens 等人(1999)所推導出的估測方程式解釋變異量為 63%。

Bonora 等人(1995)以 MRI 做為參考校標測量腹部內臟脂肪並分別為男性與女性推導出估測方程式。男性方面的方程式其解釋變異量為 56%，女性解釋變異量則為 68%。

由上述研究可見，本研究所推導出的估測方程式可解釋的變異量皆優於先前研究。

模型建立組的 SEE 為 15.005cm^2 ，其 CV 值為 25.6%；將交叉驗證組參數代入本研究之預測方程式中，獲得交叉驗證組 SEE 為 14.54cm^2 ，CV 值為 24.3%。在前一段敘述中所提之 Owens 的研究中，預估腹部內臟脂肪方程式的 CV 值為 23.9%，另外，Bertin, Marcus, Ruiz, Eschard, & Leutenegger(2000)使用 DEXA 做為校標來測腹部內臟脂肪，並結合人體測量以及 CT 測得數據來推導估測方程式，其 CV 值為 19.5%。與先

前研究的 CV 值比較，可看出本研究的 CV 值略高。

從 Bland-Altman plot 圖來看，模型建立組使用估測方程式估測的腹部內臟脂肪的 VFA_{L4-L5} 與 CT 測量的 VFA_{L4-L5} 偏差值為 0.04cm^2 ，趨近於 0。而交叉驗證組偏差值為 2.11cm^2 。也就是此估測方程式估測交叉驗證組腹部內臟脂肪面積會高估 2.11%。

第三節 腹部內臟脂肪估測方程式輸入變數探討

在本研究中經由逐步多變數線性迴歸分析所得到的 VFA 估測方程式的輸入變數分別為腰臀比，年齡，皮脂厚度(背)，BMI，性別，皮脂厚度(大腿)，其中腰臀比、BMI 在現有的研究中，已經可以確認這兩個變數與 VFA 有著一定的相關性，並在許多的研究中，皆用來估測 VFA，故在本研究中亦引用這兩個變數為輸入變數。

另外在本研究中，受測者年齡與 VFA 的相關性高達 0.72，故該變數亦為 VFA 估測方程式的輸入變數，而在本研究的各皮脂厚度部位，與 VFA 相關性最高的部位即為背部($r=0.80$)，故以該變數為 VFA 估測方程式的輸入變數，且其他皮脂厚度，除而大腿部位與背部皮脂厚度有最低的相關性外，其他皮脂厚度皆與背部皮脂厚度有著一定的相關性，而大腿部位的皮脂厚度雖與 VFA 雖然僅為中度相關，但該部位與相對於其他皮脂厚度，亦較能獨立反映出 VFA 的關係，故在逐步多變數線性迴歸分析中，將該變數為估測方程式的輸入變數。在本研究中的 VFA 估測方程式的輸入變數，與 VFA 的關係需要進一步的進行深入討論，以增加本研究結果的可信度。

第六章 結論

依據本研究所推導出的估測方程式以及統計出來的分析，進行以下的結果歸納。

- 壹、本研究所推導出的估測方程式中有兩個皮脂厚度測量，包含背部與大腿。雖然皮脂厚度測量需要施測者的經驗與技術，但相對於 CT 或 MRI 等裝置，更有利於大量的流行病學與個人健康評估。
- 貳、本研究推導出的估測方程式共使用 6 個預測變數，這 6 個預測變數皆是容易取得、重複性高且方便於現場施測的測量方法，且在生理學上這些變數具有解釋意義。
- 參、本研究估測方程式不僅解釋變異量相當高，而且 SEE 值低。由此可見，本研究提供的估測方程式是可行性高且具有準確性。

參考文獻

- Addo, O. Y., & Himes, J. H. (2010). Reference curves for triceps and subscapular skinfold thicknesses in US children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91, 635-642.
- Bertin, E., Marcus, C., Ruiz, J., Eschard, J., & Leutenegger. (2000). Measurement of visceral adipose tissue by DXA combined with anthropometry in obese humans. . *International Journal of Obesity* 24, 263-270.
- Björntorp, P. (1990). "Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 10(4), 493-496.
- Bonora, E., Micciolo, R., Ghiatas, A. A., Lancaster, J. L., Alyassin, A., Muggeo, M., et al. (1995). Is it possible to derive a reliable estimate of human visceral and subcutaneous abdominal adipose tissue from simple anthropometric measurements? *Metabolism*, 44(12), 1617-1625.
- Borkan, G. A., Gerzof, S. G., Robbins, A. H., Halls, D. E., Silbert, C. K., & Silbert, J. E. (1982). Assessment of abdominal fat content by computed tomography. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 36, 172-177.
- Bosy-Westphal, A., Booke, C.-A., Blöcker, T., Kossel, E., Goele, K., Later, W., et al. (2010). Measurement site for

- waist circumference affects Its accuracy as an index of visceral and abdominal subcutaneous fat in a caucasian population. *The Journal of Nutrition*, 140, 954-961.
- Demura, S., Sato, S., Noguchi, T., & Nakata, Y. (2007). Prediction of visceral fat area from anthropometric and segmental body composition variables using computed tomography. *Sport Sciences for Health* 2, 16-22.
- Després, J.-P., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444, 881-887.
- Després, J.-P., Nadeau, A., Tremblay, A., Ferland, M., Moorjani, S., Lupien, P. J., et al. (1989). Role of deep abdominal fat in the association between regional adipose tissue distribution and glucose tolerance in obese women. . *Diabetes*, 38(3), 304-309.
- Despres, J., Prud'homme, D., Pouliot, M., Tremblay, A., & Bouchard, C. (1991). Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 471-477.
- Despres, J., Ross, R., & Lemieux, S. (1996). *Imaging techniques applied to the measurement of human body composition*. Champaign: Human Kinetics Publishers
- Ferland, M., Despres, J.-P., Tremblay, A., Pinault, S., Nadeau, A., Moorjani, S., et al. (1989). Assessment of adipose tissue distribution by computed axial tomography in obese women: association with body density and

- anthropometric measurements. *British Journal of Nutrition*, 61, 139-148.
- Ferrannini, E., Sironi, A. M., Iozzo, P., & Gastaldelli, A. (2008). Intra-abdominal adiposity, abdominal obesity, and cardiometabolic risk. *European Heart Journal*, 10, B4-B10.
- Friedl, K. E., Westphal, K. A., Marchitelli, L. J., Patton, J. F., Chumlea, W. C., & Guo, S. S. (2001). Evaluation of anthropometric equations to assess body-composition changes in young women. *The American Journal of Cardiology*, 73, 268-275.
- Gray, D. S., Fujioka, K., Colletti, P. M., Kim, H., Devine, W., Cuyegkeng, T., et al. (1991). Magnetic-resonance imaging used for determining fat distribution in obesity and diabetes. *The American Society for Clinical Nutrition*, 54, 623-627.
- Houtkooper, L. B., Lohman, T. G., Going, S. B., & Howell, W. H. (1996). Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating . *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 436-448.
- Ketel, I. J. G., Volman, M. N. M., Seidell, J. C., Stehouwer, C. D. A., Twisk, J. W., & Lambalk, C. B. (2007). Superiority of skinfold measurements and waist over waist- to- hip ratio for determination of body fat distribution in a population-based cohort of Caucasian Dutch adults. *European Journal of Endocrinology*, 156,

655-661.

- Kooy, K. v. d., Leenen, R., Seideli, J. C., Deurenberg, P., Droop, A., & Bakker, C. J. (1993). Waist-hip ratio is a poor predictor of changes in visceral fat. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 327-333.
- Kullberg, J., Brandberg, J., Angelhed, J.-E., Frimmel, H., Bergelin, E., Strid, L., et al. (2009). Whole-body adipose tissue analysis: comparison of MRI, CT and dual energy X-ray absorptiometry. *The British Journal of Radiology*, 82, 123-130.
- Lemieux, S., Prud'homme, D., Tremblay, A., Bouchard, C., & Després, J.-P. (1996). Anthropometric correlates to changes in visceral adipose tissue over 7 years in women. *International journal of obesity* 20(7).
- Li, C., Ford, E. S., Mokdad, A. H., & Cook, S. (2006). Recent trends in waist circumference and waist- height ratio among US children and adolescents. *Pediatrics*, 118, e1390-e1398.
- Mees, F., Swennen, R., Geet, M. V., & Jacobs, P. (2003). Applications of X-ray computed tomography in the geosciences. *Geological Society, London, Special Publications*, 215, 1-6.
- Nagai, M., Komiya, H., Mori, Y., Ohta, T., Kasahara, Y., & Ikeda, Y. (2010). Estimating visceral fat area by multifrequency bioelectrical impedance. *Diabetes Care*, 33, 1077-1079.

- Owens, S., Litaker, M., Allison, J., Riggs, S., Ferguson, M., & Gutin, B. (1999a). Prediction of visceral adipose tissue from simple anthropometric measurements in youths with obesity. . *Obesity Research*, 7(1), 16-22.
- Owens, S., Litaker, M., Allison, J., Riggs, S., Ferguson, M., & Gutin, B. (1999b). Prediction of visceral adipose tissue from simple anthropometric measurements in youths with obesity. *Obes Res*, 7, 16-22.
- Poll, L. W., Wittsack, H.-J., Koch, J.-A., Willers, R., Cohnen, M., Kapitza, C., et al. (2003). A rapid and reliable semiautomated method for measurement of total abdominal fat volumes using magnetic resonance imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 21(6), 631-636.
- Pouliot, M.-C., Després, J.-P., Lemieux, S., Moorjani, S., Bouchard, C., Tremblay, A., et al. (1994). Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *The American Journal of Cardiology*, 73(7), 460-468.
- Pouliot, M.-C., Després, J.-P., Nadeau, A., Moorjani, S., Prud'Homme, D., Lupien, P. J., et al. (1992). Visceral obesity in men: associations with glucose tolerance, plasma insulin, and lipoprotein levels. *Diabetes*, 41(7), 826-834.
- Ribeiro-Filho, F. F., Faria, A. N., Azjen, S., Zanella, M.-T., &

- Ferreira, S. R. G. (2003). Methods of estimation of visceral fat: advantages of ultrasonography. *Obesity Research*, 11, 1488-1494.
- Ross, R., Shaw, K. D., Martel, Y., Guise, J. d., & Avruch, L. (1993). Adipose tissue distribution measured by magnetic resonance imaging in obese women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 470-475.
- Scherf, J., Franklin, B. A., Lucas, C. P., Stevenson, D., & Rubenfire, M. (1986). Validity of skinfold thickness measures of formerly obese adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 43, 128-135.
- Seidell, J. C., Bakker, C. J., & Kooy, K. v. d. (1990). Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution--a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. . *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(6), 935-957.
- Seidell, J. C., Oosterlee, A., Thijssen, M. A., Burema, J., Deurenberg, P., Hautvast, J. G., et al. (1987). Assessment of intra-abdominal and subcutaneous abdominal fat: relation between anthropometry and computed tomography. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 45, 7-13.
- Seidell, J. C., Pérusse, L., Després, J.-P., & Bouchard, C. (2001). Waist and hip circumferences have independent and opposite effects on cardiovascular disease risk factors: the Quebec Family Study. *The American Journal*

of Clinical Nutrition 74, 315-321.

- Shiga, T., Oshima, Y., Kanai, H., Hirata, M., Hosoda, K., & Nakao, K. (2007). A simple measurement method of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance analysis. *IFMBE Proceedings* 17(14), 687-690.
- Siegel, M. J., Hildebolt, C. F., Bae, K. T., Hong, C., & White, N. H. (2007). Total and intraabdominal fat distribution in preadolescents and adolescents: measurement with mr imaging. *Radiology*, 242, 846-856.
- Smith, S. R., Lovejoy, J. C., Greenway, F., Ryan, D., deJonge, L., Bretonne, J. l., et al. (2001). Contributions of total body fat, abdominal subcutaneous adipose tissue compartments, and visceral adipose tissue to the metabolic complications of obesity. *Metabolism*, 50(4), 425-435.
- Stevens-Simon, C., Thureen, P., Stamm, E., & Scherzinger, A. (2001). A comparison of four techniques for measuring central adiposity in postpartum adolescents. *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*, 10, 209-213.
- Sugihara, M., Oka, R., Sakurai, M., Nakamura, K., Moriuchi, T., Miyamoto, S., et al. (2011). Age-related changes in abdominal fat distribution in Japanese adults in the general population. *Internal Medicine*, 50(7), 679-685.
- Thomas, E., Collins, A., McCarthy, J., Fitzpatrick, J., Durighel, G., Goldstone, A., et al. (2010). Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance:

- the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, 525-533.
- Tokunaga, K., Matsuzawa, Y., Ishikawa, K., & Tarui, S. (1983). A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. . *International Journal of Obesity*, 7(5), 437-445.
- Treuth, M. S., Hunter, G. R., & Kekes-Szabo, T. (1995). Estimating intraabdominal adipose tissue in women by dual-energy X ray absorptiometry. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 527-532.
- Wajchenberg, B. L. (2000). Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocrine Reviews*, 21(6), 697-738.
- Yavuz, S. C. (2011). Effect of maximal exercise on percent body fat using bioelectrical impedance analysis in active males. *International Journal of Human Sciences*, 8(1), 820-828.
- Yoshizumi, T., Nakamura, T., Yamane, M., Islam, A. H. M. W., Menju, M., Yamasaki, K., et al. (1999). Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT. *Radiology*, 211, 283-286.
- You, T., Yang, R., Lyles, M. F., Gong, D., & Nicklas, B. J. (2004). Abdominal adipose tissue cytokine gene expression: relationship to obesity and metabolic risk factors. *The American Journal of Physiology* -

Endocrinology and Metabolism 288, E741-E747.