

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

以雙能 X 光吸收儀驗證站立式八極板生物阻抗體
組成儀用於大學男子優秀游泳選手之體組成測量
研究

Using the Dual Energy X-ray Absorptiometr to Investigate Segmen-
tal Body Composition Analyzer in Measure Outstanding University
Male Swimmer's Body Composition.



研究生：邱盈蓁 撰
指導教授：陳裕鏞 博士
協同指導教授：葉景雯 博士

中 華 民 國 1 0 3 年 7 月

中文摘要

本研究目的在應用雙能 X 光吸收儀測量結果來交叉驗證站立式八極板生物阻抗之體組成分析儀於大學男子優秀游泳選手的全身與各肢段的體組成估測結果。以八極板生物阻抗體組成分析儀 (BIA) 與雙能 X 光吸收儀 (DXA) 針對台灣地區大學男子優秀游泳選手 21 名, 進行全身 (whole body)、軀幹 (trunk)、上肢 (upper limb) 與下肢 (lower limb) 的非脂肪質量 (FFM- fat free mass)、體脂率 (FM%- fat mass %) 的測量結果進行相關性分析、Bland-Altman plots 相差分佈分析之交叉比對。結果顯示大學男性游泳選手的全身、軀幹、下肢與上肢的非脂肪質量 (FFM) 在 DXA 與 BIA 兩者的測量相關係數、相差平均值 (bias) (標準偏差 \pm SD) 分別為 $r=0.89$, $0.70 \pm 2.17\text{kg}$ 、 0.77 , $5.78 \pm 1.43\text{kg}$ 、 0.64 , $0.39 \pm 0.96\text{kg}$ 、 0.44 , $-0.58 \pm 0.40\text{kg}$ 。在全身、軀幹、下肢與上肢的脂肪率 (FM%) 在 DXA 與 BIA 兩者的測量相關係數、相差平均值 (標準偏差) 分別為 $r=0.89$, $-1.85 \pm 2.95\%$ 、 0.84 , $-7.00 \pm 4.04\%$ 、 0.70 , $1.79 \pm 3.37\%$ 、 0.75 , $4.69 \pm 3.27\%$ 。故由研究結果可知站立式多肢段生物阻抗分析儀在全身、軀幹的 FFM 與 FM% 測量結果皆達高正相關性, 且有較低的 SD 值, 具有一定的參考價值, 但其下肢、上肢 FFM 與 FM% 的參考價值則有其限制。

關鍵字：多肢段生物阻抗分析、不銹鋼極板、非脂肪質量 (FFM)、體脂率 (FM%)

Using the Dual Energy X-ray Absorptiometr to Investigate Segmental Body Composition Analyzer in Measure Outstanding University Male Swimmer's Body Composition.

Abstract

The purpose of this study was used dual energy X – ray absorptiometr(DXA) to cross-validation BC-418 Segmental Body Composition Analyzer(BIA₈) to estimation the outstanding university male swimmers' body composition of full body and each body segment. Twenty-one swimmers measure their whole body, trunk , upper limbs, lower limb, non-fat mass (FFM-fat free mass) and body fat percentage (FM% - fat mass%). It used correlation analysis, Bland-Altmen plots the distribution of cross-difference analysis comparison to determine mutuality. The results show that the non-fat mass, body, trunk, upper limbs and lower limbs (FFM) in both the BIA and DXA measurement correlation coefficient, the mean difference (bias) (standard deviation± SD) were R=0.89, 0.70(±2.17) kg, 0.77, 5.78(±1.43) kg, 0.64, 0.39(±0.96) kg, 0.44, -0.58(±0.40) kg. The results of the measure from the whole body, trunk's FFM and FM% are high positive correlation, and also have a lower SD values, with a certain reference value. But the reference value of lower limb and upper limb's FFM and FM% have its limitations.

Key words: Bioelectrical Impedance Analysis, Stainless steel plate, fat free mass, fat mass%

謝誌

甫自踏入臺灣體育運動大學研究所的那日起，一路我欠缺不足的有太多，胡適先生曾說：為學好像金字塔，要能廣大要能高。這句話也不斷的勉勵自己當遇到困頓或遭遇不被認同時，這樣的信念就如同堅毅的種子在我心中深植發芽。

對於運動生理學領域來說，在我可謂是汪洋中載浮載沉的小船時，很幸運的我遇見了我的指導教授陳裕鏞老師，裕鏞老師在學術上對學生因材施教，並且於生活哲學上也給予很大的啟發，藉由在實驗的過程中學習到解決問題的能力，在亦師亦友的相處中展現他不僅具有深厚的學術功力，更看見他凡事不計較的修養，面對拙材的我仍傾力相授，是我此生難以忘懷的時光。

在碩士班的日子中，我認識一群值得我效仿、互相成長的夥伴，謝謝與我打氣進入碩士班的同學阿檉、謝謝陪伴我練術科的小碧、謝謝運動生理學研究團隊的景華及于嘉、謝謝與我同班上課過的每位同學、最後謝謝一路扶持我的偉迪，因為有你們參與我的生命，才能成就豐富了現在的我。

不要只因一次的失敗，就放棄你原來想達到目的的決心。這是一句偉大的名言，如人飲水冷暖自知，不論是在實驗研究中，或是學問的奠定都需要有破釜沉舟的信念，這本論文的完成，也感謝我的協同指導教授葉景雯老師對我的關愛及照顧；論文計畫書的口委方進隆老師不辭從台北南下指導我；論文口委的鞋技中心劉毓毓總經理恩慈的提攜；謝坤昌博士對我的論文指正及研究傾囊相助；還有中興大學應用數學所的陳焜燦老師擔任我學位考試召集人；以及蔡俊傑老

師的鼓勵及栽培。以上各位老師對我諸多的照顧，永感銘心，也盼望日後能不斷地成長有所成就，以報師恩。

最後，最多的感謝絕對來自我的親人、我的父母，在我的求學路途不斷地為我加油打氣、瞻前顧後，即使也曾讓他們失望過，卻從未放棄我，讓我衣食無憂、順順利利的安心讀書，這也是我不斷要求自己更好的動力，對父母要知恩、感恩、報恩，能讓他們引以為傲是我最大的動力來源，也將這份感動傳承下去在努力打拼的臺體人。

邱盈蓁 謹誌

中華民國 103 年 7 月

目錄

摘要	I
謝誌	IV
目錄	VI
表目錄	IX
圖目錄	X
第一章、緒論	1
第一節、研究背景	1
第二節、研究目的	2
第三節、研究假設	3
第四節、名詞操作性定義	3
第五節、研究範圍與限制	6
第二章、文獻探討	7
第一節、身體組成的介紹與評估方式	7
第二節、BIA相關研究	14
第三節、DXA作為效標	16
第四節、運動員的體組成與運動表現相關	16
第五節、BIA分析對運動員的應用	18

第三章、研究方法與步驟	21
第一節、研究對象	21
第二節、材料與方法	22
第三節、研究之儀器流程	25
第四節、DXA受測者檢測步驟	27
第五節、資料處理與分析	29
第四章、研究結果與討論	30
第一節、研究對象基本資料描述	30
第二節、DXA測量結果測量說明狀況	31
第三節、BIA ₈ 測量說明狀況	32
第四節、交叉驗證大學男子優秀游泳選手的全身與各 肢段的體組成估測結果	34
第五節、討論	41
第五章、結論	44
第一節、DXA與BIA測量21名游泳選手全身交叉驗證之 現況	44
第二節、DXA與BIA測量21名游泳選手軀幹交叉驗證之 現況	45

第三節、DXA與BIA測量21名游泳選手上肢、下肢交叉 驗證之現況	45
第四節、DXA與BIA交叉驗證總結	46
第六章、應用與建議	47
第一節、研究結果之應用	47
第二節、研究建議	47
參考文獻	49
一、英文文獻	49
二、中文文獻	54
附錄	55
附錄一	55

表目錄

表 1: 受試者基本資料	21
表 2: DXA 測量結果	32
表 3: BIA ₈ 測量結果	34
表 4: DXA 與 BIA 的 FFM 與 FM% 之比較	36

圖目錄

圖 1: 雙能 X 光吸收儀示意圖	5
圖 2: 水中稱重法	10
圖 3: 皮脂夾	11
圖 4: 皮脂厚度測量	12
圖 5: 生物阻抗圖	13
圖 6: 雙能光子骨密度儀	22
圖 7: 專業體組成分析儀	23
圖 8: 專業體組成分析儀結構圖	24
圖 9: 專業體重分析儀量測示意圖	26
圖 10: 流程圖	28
圖 11: BIA ₈ 與 DXA 測量 FFM 相關性分析	37
圖 12: BIA ₈ 與 DXA 測量 FM% 相關性分析	38
圖 13: BIA ₈ 與 DXA 測量 FFM 差異分布	39
圖 14: BIA ₈ 與 DXA 測量 FM% 差異分布	40

第一章 緒論

本章內容包含：第一節、研究背景；第二節、研究目的；第三節、研究假設；第四節、研究範圍與限制；第五節、名詞操作性定義。

第一節 研究背景

隨著時代的日益進步，國人文明病的加深，舉凡肥胖症及慢性疾病這些疾病的增加，政府也配合推動”學生體適能333計畫”也可見國人對健康之重視。至今體能活動日益受到重視而相關研究也日益蓬勃發展，但在國人自行研發之工具（包括測量儀器或問卷量表）的研究領域卻是不多見的，也難得見到大規模調查研究所得之常模、預測公式等。

身體組成的測量與應用，因為直接與人體的健康、運動、疾病、遺傳與營養狀況有所關聯，因此受到了廣泛的研究與探討。人體組成成分測量的研究已經行之有年，在非侵入人體的前提下，隨著不同研究方法的論點，大部分的研究將人體視為兩段模式（two-compartment model），即是將體組成分成脂肪質量（fat mass, FM）與非脂肪質量（fat free mass, FFM），一般人由於安全健康的考量，大多以非侵入性的方式測量體組成。目前的BIA已實際應用於體脂肪的判別，但大部分只針對一般人，極少有針對運動員，尤其是個別專項運動員的體組成分析，而針對游泳選手更尚未見到。

第二節 研究目的

本研究應用雙能 X 光吸收儀測量結果來交叉驗證站立式八極板生物阻抗之體組成分析儀於大學男子優秀游泳選手的全身與各肢段的體組成估測結果。

肥胖為身體累積過多的脂肪所致，其可利用水中秤重體脂肪測量法來判別，此法係利用阿基米德原理求出身體體密度（body density），次以公式換算求出身體體脂肪比率後，依據參照標準（criterion referenced）予以篩選或判別。此法於實驗室中進行，雖然精確但卻無法普及於以大量人口為主之流行病學調查、社區調查或某某計畫之介入研究等。取而代之的是以皮脂夾（skinfold caliper）標定出身體四肢、軀幹共二點、三點、四點、七點、九點或十點之不同測量位置，以其所得測量值之總和經過預測公式之轉換求出身體體密度及體脂肪比率。此法較為便捷，但往往因測量者之技術、儀器之精確度或研究對象之年齡、過胖過瘦等不易測得而產生數據偏誤，也往往因為誤用不同調查對象母群之公式而產生誤判之現象。其次，以身高、體重數據形成許多判別公式篩選肥胖，目前被學界經常使用者為身體質量指數 BMI（body mass index）以及利用實際體重與理想體重相較，超過某一百分比者為肥胖之判別方法。此法雖然非常方便，但嚴格而言，身高、體重兩者為人體測量值（anthropometry measures），與脂肪並非直接關係而為間接關係，加上不同國家、不同對象人口群之篩選指標間並非一致，因此，若誤用篩選指標也將形成誤判之現象。另外，也有以腰圍、臀圍之比值（腰臀比：waist-to-hip ratio）作為判別之方法，但其

缺點一如身高、體重測量值，其與脂肪並非直接關係而為間接關係。故本研究目的在發展以 BIA 系統針對游泳選手的身體組成測量模式，且具有高度精確性與準確度。

第三節 研究假設

本研究以八極板生物阻抗體組成分析儀 (BIA₈)，並同時以雙能 X 光吸收儀 (DXA) 針對台灣地區大學男子優秀游泳選手 21 名作為效標來確認其準確度，其進行全身 (whole body)、軀幹 (trunk)、上肢 (upper limb) 與下肢 (lower limb) 的非脂肪質量 (FFM- fat free mass)、體脂率 (FM%- fat mass%) 的測量結果進行相關性分析，並且利用 Bland-Altman plots (Bland & Altman, 1986) 進行相差分佈分析之交叉比對發現兩者具有正相關，且八極板生物阻抗體組成分析儀 (BIA₈) 更為準確。

第四節 名詞操作性定義

1. 八極板生物阻抗測量之多肢段體組成分析儀

本研究應用 Tanita 公司 (BC-418, Tanita Corp., Tokyo, Japan) 所製造的八極板生物阻抗之體組成分析儀 BC-418 (以下簡稱 BIA₈)，該裝置常用於體組成測量並廣泛被探討於科學文獻與商業市場 (Piettoi, Rubiano, St-Onge, & Heymsfield, 2004; Shaikh, Crabtree, Shaw, & Kirk, 1998)，該裝置提供一般人與運動員模式，在本研究為應用運動員模式進行測量。BIA₈ 其八個極板分別為四對電流、感測不銹鋼電極，應用

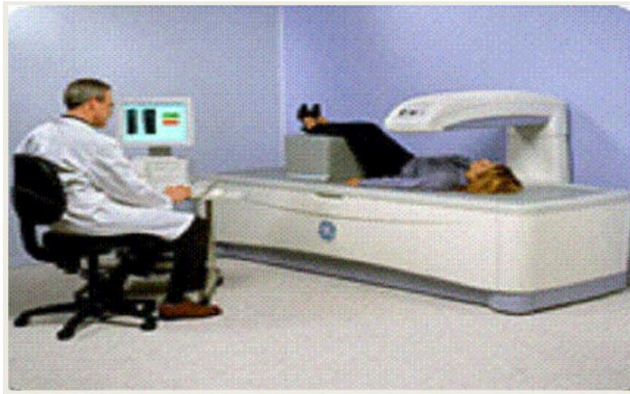
50KHz 單頻、0.4mA 的電流進行測量，受測者站立於體重測量平台上，左右腳掌以身體重量為接觸壓力，分別接觸電流、感測電極對，雙手臂微張，兩手掌各輕握一內嵌於表面的電流、感測電極對之手握把，經由內建電子線路運作與切換，BIA₈可分別測出左右上肢、下肢與全身等五個阻抗值，並經由儀器本身測量受測者之重量，依前置作業所輸入的身高、性別、年齡、測量模式（一般與運動員模式），並從內建的估算方程式與程序，分別計算出全身、各肢段的非脂肪質量、脂肪率。

2. 身體組成 (body composition)

指身體中的各結構成分，其分別所佔身體的比率而言。本研究身體組成測量項目包括：體重、肌肉重、除脂體重、體脂重、體脂率及腰臀比。

3. 雙能 X 光吸收儀 (Dual energy X- ray Absorptiometr)

此儀器在臨床上最常使用來測量骨質密度，其利用不同 X 光通過人體的骨骼及軟骨組織的輻射線衰減值差異來計算單位面積中的骨骼含量及骨密度，由此計算人體的體內脂肪組織與瘦肉組織 (Mazess, Barden, Bisek, & Hanson, 1990; Nord & Payne, 1995)。



藍綠色為骨骼，紅、黃色是肌肉，白色是脂肪

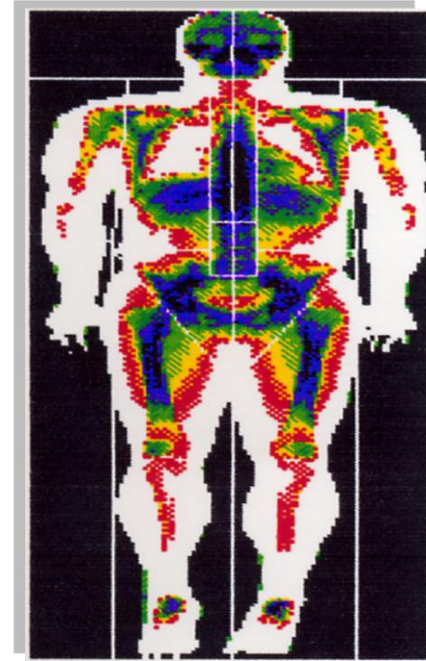


圖 1：雙能 X 光吸收儀示意圖

第五節 研究範圍與限制

一、本研究以受測對象為國立臺灣體育運動大學優秀男子游泳選手 21 名，受測者平均接受運動專業訓練時間為： 9.22 ± 2.3 年以上，且每週至少平均進行 10.3 個小時以上的體能或有氧運動之訓練活動。本研究只對游泳專項，無法廣納其它運動選手是其一限制。

二、本研究以國立臺灣體育運動大學優秀游泳運動男子選手為對象，未能針對其它大專院校游泳男子選手，是另一限制。

第二章 文獻探討

第一節 身體組成的介紹與評估方式

何謂身體組成

人體體重中脂肪與非脂肪在其中所佔的比率即為身體組成（林正常，1997）。非脂肪重又可稱為去脂肪重，因為非脂肪重包括骨礦物質、蛋白質及水分，故可利用全身體重減去全身脂肪重來計算，而脂肪重則可區分為必需脂肪重以及儲存脂肪重，必需脂肪重在人體中佔有一定的比例，男子為體重的 3%，女子則為 12%。

身體組成的模式分類

依據使用的儀器，身體組成可分為幾種不一樣的區分模式（Kenneth, 2000）：

一、二分法模式

此模式是最早被使用的，又稱為 2-C 模式，其是將身體分為兩個部分：

- （一）脂肪質量：人體內所有組織可取出油脂的總量。
- （二）去脂肪質量：人體中無油脂組織，包含肌肉、水份、結締組織等。

二、三分法模式

其又可細分為兩種模式，每一種模式又分為三個部分：

- （一）3-C 組織模式（three-component tissue model）
 1. 脂肪（body fat）

2. 骨礦物組織 (bone mineral mass, BMM)
3. 非礦物質的瘦組織 (bone-free lean tissue mass, LTM)

(二) 3-C 細胞模式 (three-component cellular model)

1. 細胞間質 (extracellular solids, ECS)
2. 細胞間液 (extracellular fluid, ECF)
3. 細胞質量 (body cell mass)

三、四分法模式

此模式將身體分為脂肪、礦物質、全身總蛋白質及全身總水份 (total body water, TBW) 四個部分。

四、流體變化模式 (fluid metabolic model)

此模式為一種新的研究方式，其將身體組成分為組織、細胞、分子及原子四種層次，並由這些層次細分為五個部份：

- (一) 脂肪 (body fat)
- (二) 細胞間質 (extracellular solids, ECS)
- (三) 細胞間液 (extracellular fluid, ECF)
- (四) 細胞內質 (intracellular solids, ICS)
- (五) 細胞內液 (intracellular fluid, ICF)

身體組成的評估方式

身體質量指數 (BMI) 是較為簡易身體組成評估方法，其以體重 (公斤) 除以身高 (公尺) 的平方所得之數值即可自我評估，另外亦可利用腰圍除以臀圍所得到的腰臀比

(WHR) 來評估，以上兩種方法雖然較為常用且可快速評估自己的身體組成，但卻無法從所得的數值瞭解身體中脂肪與

非脂肪的比率。

身體組成的評估與測量有許多不同方法 (Kenneth, 2000; Brodie, 1988; 曹德弘, 1997; 林正常, 2002)。這些不同的身體組成測量方法可將其分為直接分析法和間接分析法，直接分析法包含化學分析與屍體解剖。化學分析法是將全身分成脂肪重、蛋白質重、礦物質重及水重來作測量，屍體解剖法則是需要有解剖動作。這兩種測量方法所需的時間長，且實驗操作人員的人數眾多，使其在測量上相當不方便。在間接分析方面則有多種不同方法，例如：水中稱重法、超音波法 (ultrasound)、身體電器傳導 (total body electrical conductivity, TOBEC)、核磁共振造影 (magnetic resonance imaging, MRI)、近紅外線測定法 (near-infrared interactance, NIR)、皮脂厚度測量 (skinfold thickness, SKF)、生物阻抗分析 (BIA) 以及雙能 X 光吸收儀 (DXA) 等，這些不同的方法測得的身體組成成分亦有所不同。

但是，其中有些測量方法是需要耗費相當多的人力、時間甚至是金錢，這也使得一般大眾或運動員難以快速瞭解自己的身體組成，使其缺少了時效性與便利性。以下介紹幾種常被使用且簡易的測量方式：

(一) 水中稱重法

此方法是利用阿基米德原理來測量，實驗人員利用受試者在陸上的體重、水中體重、殘氣量及當下的水密度，藉此來計算受試者的身體密度 (density of body, Db)。

身體密度 (Db) = 陸上體重 ÷ [(陸上體重 - 水中體重) ÷ 水的密度 - 殘氣量]

計算得出身體密度後，利用二分法模式將身體分成脂肪

重及非脂肪重，而其需認定脂肪重及非脂肪重必為恆定，即脂肪重密度 = 0.9g/ml，非脂肪重密度 = 1.1g/ml。最後利用公式將身體密度轉換為體脂肪百分率（FM%）。體脂肪測量最具代表性的公式為 Siri 公式（Siri, 1956）：

Siri 公式： $FM\% = 495/Db - 450$



圖 2：水中稱重法，資料來源：

<http://www.whatishydrotherapy.com/history-of-hydrotherapy/>

（二）皮脂厚度測量（SKF）

此方法是利用皮脂夾測量身體部位的皮下脂肪藉以評估身體的脂肪量。常被測量的為胸肌、腹部、腸骨上方、肱三頭肌、大腿、肩胛下肌等部位。每個部位測量數次並計算平均值，且每個測量位置測量後的平均值皆需相差 10% 以內才可採用。此方法雖然方便，儀器攜帶也相當便利且便宜，但卻需要專業人員操作並且也容易會有讀數誤差及施測位置點的誤差。



圖 3：皮脂夾

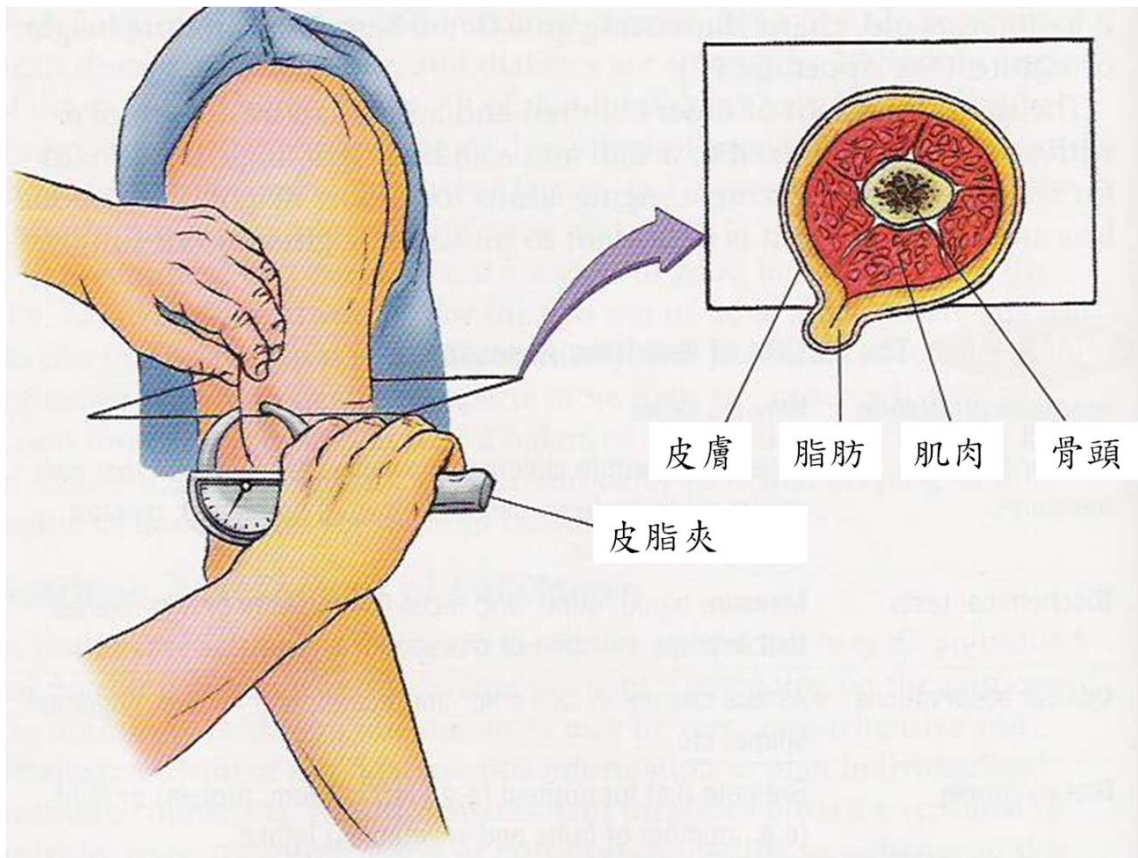
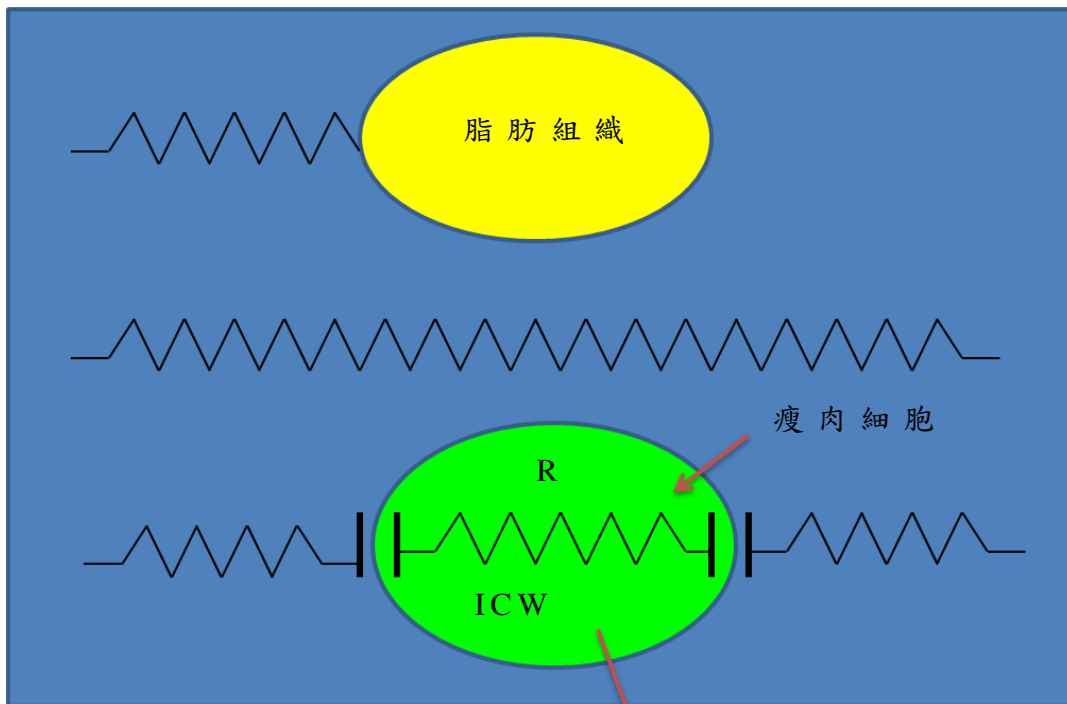


圖 4：皮脂厚度測量

(三) 生物電阻法 (BIA)

其利用電流通過不同組織會有不同傳導速率及阻抗的原理，並將所得之數據利用公式來估測身體組成。電流通過脂肪組織時傳導速率較慢且電阻大，而通過非脂肪組織時則傳導速度快，電阻小。

電流經過時有電阻，所以流不過去



瘦肉細胞阻抗小、導電度大

圖 5：生物阻抗圖

第二節 BIA 相關研究

李寧遠（民 84）指出我國有關熱量之基礎研究資料甚缺。於肥胖篩選判別之際除了上述我國尚未建立體密度或體脂肪比率之估計公式外，使用名詞之不統一至今（如有的使用標準體重、理想體重，有的則使用平均體重等），加上判別基準之版本諸多，因此，在研究依據上仍有許多有失偏頗之方式，建立一個信度高並準確的依據值是有所必要且急需的。

生物阻抗分析近年來被許多研究人員及相關人員所使用，因為其具有可靠性及有效性，而與其他方式相比也有相當大的便利性。綜合 Kenneth（2000）；王家偉、陳裕鏞（2010）；黃耀宗、黎玉東（2010）等研究報告可得生物阻抗分析基本原理如下：

BIA法是近來廣泛使用的體脂肪測量儀，在人體體表通以一電流，電流在不同器官組織間會有不同的傳導速度。脂肪越多，電的傳導速度越慢、阻力越大，反之若脂肪比例越低，則由於身體含有較多的電解質與水份，所以電傳導速度較快，產生的電流阻也越小。（蘇蕙芬、李寧遠，1994）。測量儀器發展至今，已經非常普遍且易於一般人操作。不必花費很多時間，即可測出體脂肪百分比的數據。但其在測試過程中會受到受試者體內水分、皮膚溫度、飲食、測量肢體的選擇、腋窩與大腿的開合、環境溫度、電極的差異及裝置條件和製造廠商所設計的計算公式等，都會直接影響所測試的結果。

傳統使用的 BIA 為單一電流，其將電極板附在手腕、手背、腳踝及腳背上，或是讓受試者以仰臥的姿勢，將電極板

附在兩個手腕及腳踝上，藉由通過電流所得出的電阻等數值。因為水分是電流較佳的導體，故通過時阻力較小；而電流通過脂肪則會產生較大的電阻，故利用電流通過這些物質產生不同電阻的特性即可計算受試者之身體總水量（TBW）及脂肪所佔的比例。但使用這種單頻的實驗方法只能估算出TBW，但無法細分出細胞內液（ICW）與細胞外液（ECW）。

而多頻的BIA可以進一步將單頻BIA無法區分的ICW和ECW進行評估。其使用不同的電流，並且依不同電流通過後產生不同的電阻與阻抗來估算FFM、TBW、ICW及ECW，由此可見多頻的BIA與單頻的BIA相比準確性較高。

目前市面上所使用的身體組成分析儀大多使用受試者在DXA所測得的資料，再將這些資料與受試者的年齡、身高、體重以及不同部位的不同阻抗值重複做迴歸分析，藉以導出估測方程式。故利用此估測方程式即可計算出FM%和FFM。而此估算方程式所計算而得的FM%及FFM和DXA所得的資料有相當高的相關性及穩定性（王家偉、陳裕鏞，2010）。所以受測者只要利用已建立估算方程式之BIA儀器即可快速得知個人的身體組成資料。

在一開始時，BIA分析是全身的測量。但因為全身的測量必須有足夠的空間，並且需要一位專業人員在旁協助施測，故施測的地點及便利性就受到了限制。為了克服這些限制，開始有人修正了重力所造成的偏差，設計出站立式的BIA。這樣的儀器外型與體重計相似，只要輸入受測者基本資料後站立於儀器上，電流通過下肢後就可以估算出FM%，而受測者就可以立即得知自己的身體組成，使測量更加便利。為了使測量更為準確，近年來更將原本的四個電極板增

加為八個電極板，使上肢與下肢都能通以電流，藉以準確估算出上肢、下肢及軀幹的 FM% 和 FFM。八極板 BIA (BIA₈) 即為此類型的多肢段 BIA。

第三節 DXA 作為效標

透過學術的瞭解 DXA 測量是一種直接，安全（測量全身所用輻射能量小於 5 mRem），測量程序簡單，人為誤差小，再現性高的體組成測量法，更重要的是準確度，精密度亦相當高。（彭巧珍、姚維仁、郭素娥、郭惠卿、劉燕居、蘇珮琪、黃晉瑩，1996）

DXA 為測量身體組成的效標方法，其是利用身體內不同組織對 X 光吸收率不同的原理來測得人體的體內脂肪。這種方法是相對較新的方法，精準度較高，但測試費用昂貴，且測試時間長（每人 10-20 分鐘），故只能在實驗室使用，無法在實驗室外進行。

因此，我們可知 DXA 為一種準確性及安全性兼顧的方式。但此儀器由於本身的單價昂貴，而使得測試的費用仍是不便宜的。而檢測也同時受到空間以及時間的限制，對於受測者也有諸多的檢測過程中或檢測前之注意事項限制，這些都是為了使檢測更加精密準確的重要一環，卻也同時是目前技術仍無法突破的地方。

第四節 運動員的體組成與運動表現相關

正常人之體重約有 1/5 是脂肪，脂肪除了是細胞的重要

成份外，最主要功能是儲存能量；但若脂肪太多，就會對身體健康有負面影響，例如，所謂的肥胖，即是指身體內儲存過多的脂肪而言。而肥胖是影響身體健康的重要因素之一 它被證明與心血管疾病有直接關係（Taylor & Baranowski, 1991），因此體脂肪量對健康而言，則是一種重要的參考指標。國內大多數的疾病，都與肥胖直接或間接有關，因肥胖引起的成人慢性疾病，包括國人十大死因中的高血壓、糖尿病、慢性心臟病與高血脂等等（陳坤檸，2002）。因此為了免於肥胖，擁有健康的體脂肪比例成為現代人追求的目標之一。

另外，體脂肪的增加對運動表現也不利，因脂肪氧化時耗氧較多，缺氧情況下脂肪氧化受到限制，不但不能有效利用脂肪，反而形成酸性代謝物質（林正常，1998）；而脂肪的囤積，也會影響胰島素的作用能力，使血液中的脂蛋白（極低密度脂蛋白、低密度脂蛋白）濃度增加，造成血膽固醇濃度過高，易引起高血壓及心血管疾病的發病率。

不過，供需均衡理論下若體內缺乏脂肪，同時也會影響身體各項生理機能的運作及熱量的供應。因脂肪對人體具有以下的功用：（1）能量供給，1公克的脂肪能供應的熱量約9大卡；（2）具有防震的功能，可以緩衝外力，降低組織的震盪傷害（3）有區隔與固定臟器的功效，身體受到翻滾時，避免臟器移位；（4）保持體溫，是有效的隔絕體，在溫度低時減少體熱的流失；（5）增進脂溶性維生素的吸收與利用；（6）構成身體組織（曹德弘，1987；邱東貴，2000）。因此，脂肪對於人體的健康與否佔有重大的意義，而對運動員而言，擁有適當的脂肪量更是必要的，如何去控制維持是需要先

透過瞭解自身的脂肪量去作為一參考之準則。

第五節 BIA 分析對運動員的應用

健康選指標間並非一致，因此，若誤用篩選指標也將形成誤判之現象。另外，也有以腰圍、臀圍之比值（腰臀比，waist-to-hip ratio）作為判別之方法，但其缺點一如身高、體重測量值，其與脂肪並非直接關係而為間接關係。

近年來流行於校園間之簡易攜帶型 BIA 測量儀器為一可直接判讀體脂肪比率之儀器，以手握方式（OMRON 牌）或腳踏方式（TANITA 牌）為之此為傳統 BIA 儀器之一大改良。因為傳統 BIA 儀器必須令研究對象橫躺，加上手、腳必須附上電極感測，因此施測過程較為麻煩也有一些不便性。但簡易 BIA 測量儀器價格不貴、操作便捷也不會加諸太多的限制於研究對象，施測者可迅速從所測得之數據中進行衛生教育健康指導等，均為此法之優點。但並不能選擇適用於一般人的 BIA 來測量運動員的身體組成，必須要重新建立特定的方程式來估測運動員的身體組成（Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez, Heimann, Kent-Smith, & Melchior, 2004），有研究亦指出以一般人估測方程式的 BIA 與 DXA 來估測運動員的體脂肪百分率，發現兩者 R 值只有 0.62（Stewart & Hannan, 2000）。

雖然 BIA 具有許多優點，亦考慮到不同種族、不同活動程度等類型的受測者，但是各種不同運動還是具有其特殊性與差異性，故不同的運動類型亦需要不同的預估方程式。若是受測者條件不符合預估方程式之基本假定卻勉強估算，則

會造成信效度不足的情形發生 (Heyward & Wagner, 2004)。

BIA 具有便利性及準確性的優點，且其不須侵入人體即可快速獲得資料。教練及選手可利用 BIA 隨時了解自身的狀況，進而立即做出調整。亦有研究指出，使用八極板 BIA 分析儀 (TANITA, BC-118) 測量 30 位健康的一般民眾及 15 位女性籃球員的身體組成，測量結果發現八極板 BIA 分析儀在測量一般人及女性籃球員具有相當的準確性，顯示其是一種有效的估測方法 (Tatsuki, Illyoung, Takaaki, Miyuki, Hitoshi, & Makoto, 2006)。也因為有這樣的優點，對於需要隨時保持好的狀態的運動員來說，可以隨時了解自身的身體組成是相當有利的。

非脂肪質量 (FFM) 在運動員表現中亦佔有相當重要的地位。一份研究英國足球員體脂肪百分率 (FM%) 及最大攝氧量之間關係的報告指出，FFM 與有氧及無氧能力具有正相關 (Davis, Brewer, & Atkin, 1992)。而利用 BIA 正可快速的取得 FFM 的資料，故 BIA 分析儀對於運動員對自我狀況的監控是有所助益的。

生物阻抗分析法以往大都使用手對腳的單一阻抗測量模式，來代表受測者全身的電阻抗值，配合身體測量參數，用來估測全身的非脂肪質量 (FFM)、脂肪率 (FM%)、全身體水分 (TBW)、細胞內液 (ICW) 等身體組成成分，但隨著臨床應用與需求，亦從多極板的生物阻抗測量技術 (Organ, Bradham, Gore, & Lozier, 1994; Bracco, Thiébaud, Chioléro, Landry, Burckhardt, & Schutz, 1996)，擴展出上肢、下肢、軀幹等多肢段的生物阻抗測量與體組成估測應用 (Stewart, Bramley, Heighton, Green, Horsman, Losowsky, & Smith,

1993; Zhu, Schneditz, & Wang, 1998)。但其實際應用方式，應屬站立式的八極板生物阻抗測量為最具便利性 (Bedogni, Malavolti, Severi, Poli, Mussi, Fantuzzi, & Battistini, 2002; Medici, Mussi, Fantuzzi, Malavolti, Albertazzi, & Bedogni, 2005)，但其適用的族群、範圍與參考價值，亦需進一步的進行驗證與探討 (Neovius, Hemmingsson, Freyschuss, & Udden, 2006; Piettoi et al., 2004)。

游泳運動選手的運動能力與體組成，與其他運動項目有許多明顯的差異 (Sprynarová & Parízková, 1971)，例如游泳選手對於上肢的強度與運動傷害 (Weldon & Richard, 2001)、最大擊水效能與競技能力有著高相關性 (Lätt, Jürimäe, Mäestu, Purge, Rämson, R., Haljaste, Keskinen, Rodriguez, & Jürimäe, 2010)，現有 BIA 用於體組成的測量上，卻較少對於運動員或者游泳選手進行多肢段生物阻抗分析於體組成測量相關研究。

第三章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

受測對象為台灣地區的大學優秀男子游泳選手 21 名，受測者平均接受運動專業訓練時間為：9.22±2.3 年以上，且每週至少平均進行 10.3 個小時以上的體能或有氧運動之訓練活動。並於受測前 48 小時沒有飲用含酒精飲料、受測前 7 天沒有使用利尿劑，受測前 24 個小時並未參與激烈訓練，受測前 30 分鐘與受測時沒有上廁所，受測者之基本資料如表 1 所示。

表 1：受試者基本資料

項目	Mean(SD)	Range
年齡 (year)	20.3±1.0	18.8-22.3
身高 (cm)	176.1±6.3	166.7-185.5
體重 (kg)	74.9±6.0	60.8-87.6
BMI (kg/m ²)	23.8±1.7	21.1-28.4
脂肪 (%) *	17.7±5.2	10.4-27.6

第二節 材料與方法



圖 6：雙能光子骨密度儀（DPX-NT, LUNAR, USA）

採用最新美國 GE Lunar 雙能光子骨密度儀（DXA），比其它醫院所採用超音波骨質密度儀更為精確。檢查功能十分齊全，部位包括腰、腕骨及全身骨密度測量、體脂肪測量等。

檢查前之準備：

1. 不須禁食。
2. 請遵照本科人員指示更換檢查衣和填寫問卷。
3. 曾有腰部或腕關節開刀者，請告知技術師。
4. 兩天內曾接受其它有使用顯影劑檢查情形者，請告知技術師，以免影響骨密度數據。



圖 7：專業體組成分析儀

Tanita BC-418 專業體組成分析儀

身體重量和脂肪詳細分析

詳細分析佈告列印

多功能顯示屏

RS232C 串行輸出介面

稱台：340mm x 375mm

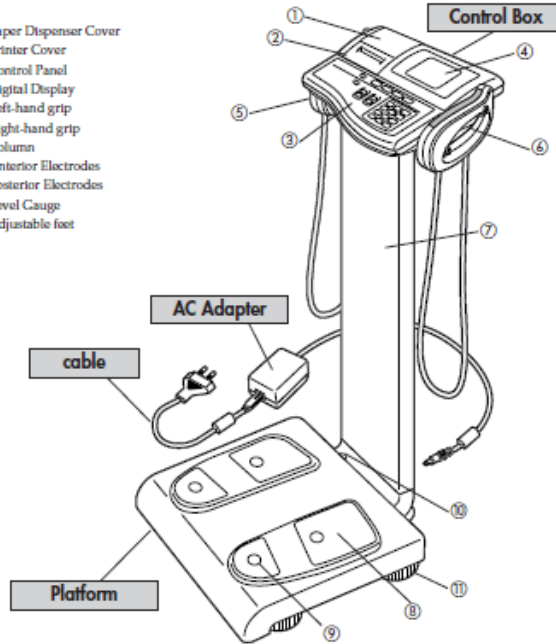
稱量：200kg / 440磅

精度：100克 / 0.2磅

Product Structure

Please verify that the following components are in the package.

- ① Paper Dispenser Cover
- ② Printer Cover
- ③ Control Panel
- ④ Digital Display
- ⑤ Left-hand grip
- ⑥ Right-hand grip
- ⑦ Column
- ⑧ Anterior Electrodes
- ⑨ Posterior Electrodes
- ⑩ Level Gauge
- ⑪ Adjustable feet



Accessories

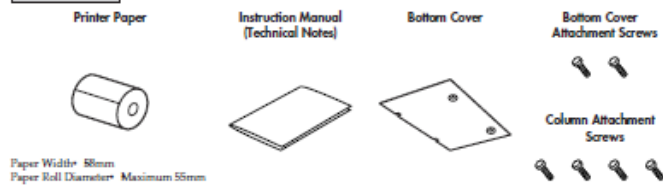


圖 8：專業體組成分析儀結構圖

第三節 研究之儀器流程

使用美國 GE 公司 Lunar Prodigy 之雙能 X 光吸收儀，搭配之分析軟體為 enCore 2003 Version 7.0。受測者著輕質棉布袍，放鬆仰臥於測量床上，上肢伸展，平放於體側；兩足微併，腳尖朝上。採用儀器的全身掃描模式，其分析程序把全身分成頭顱、上肢、下肢、軀幹等部位。每名受測者約需二十分鐘，照射劑量當量為 $20\mu\text{Gy}$ ，量測與計算受測人員全身的骨礦物量、全身脂肪量、非脂肪組織量。

應用 BIA₈ 前輸入受測者身高、年齡、性別資料，並選擇運動員模式後，再令受測者雙腳微張站立於 BIA₈ 內嵌有四電極板的平台，雙手微張約 5 至 10 度之間避免與軀幹接觸，並輕握內嵌有各有兩電極板的手把裝置，兩腳站立於體重測量平台，並使左、右腳掌皆有接觸獨立的測量電極 (Detect electrode) 與電流源電極 (Current source electrode)，隨即獲得 BIA₈ 測得受測者的全身、下肢、上肢與軀幹非脂肪質量 (FFM)、脂肪率 (FM%)。

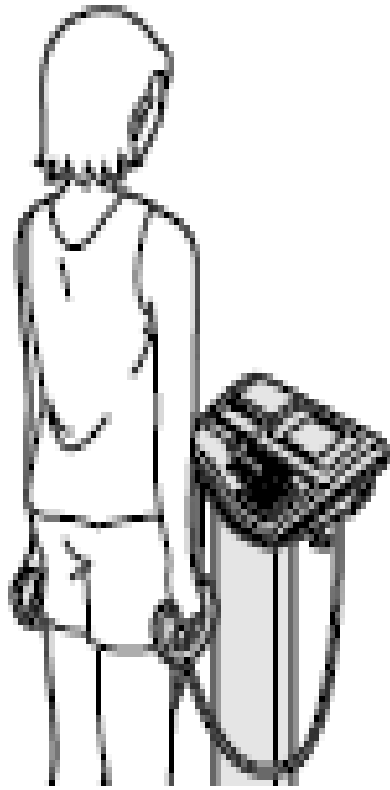


圖 9：專業體重分析儀量測示意圖

第四節 DXA 受測者檢測步驟

受測者至實驗地點報到後，隨即填寫受測者個人基本資料，並由實驗操作人員講解實驗方法、流程與步驟，直到受測者完全瞭解實驗流程，並簽屬受測者同意書後，方開始進行實驗，本研究在台中縣大里仁愛醫院放射科進行，在實驗進行前，其研究計劃、實驗流程皆經過該院人體試驗倫理委員會核可進行。

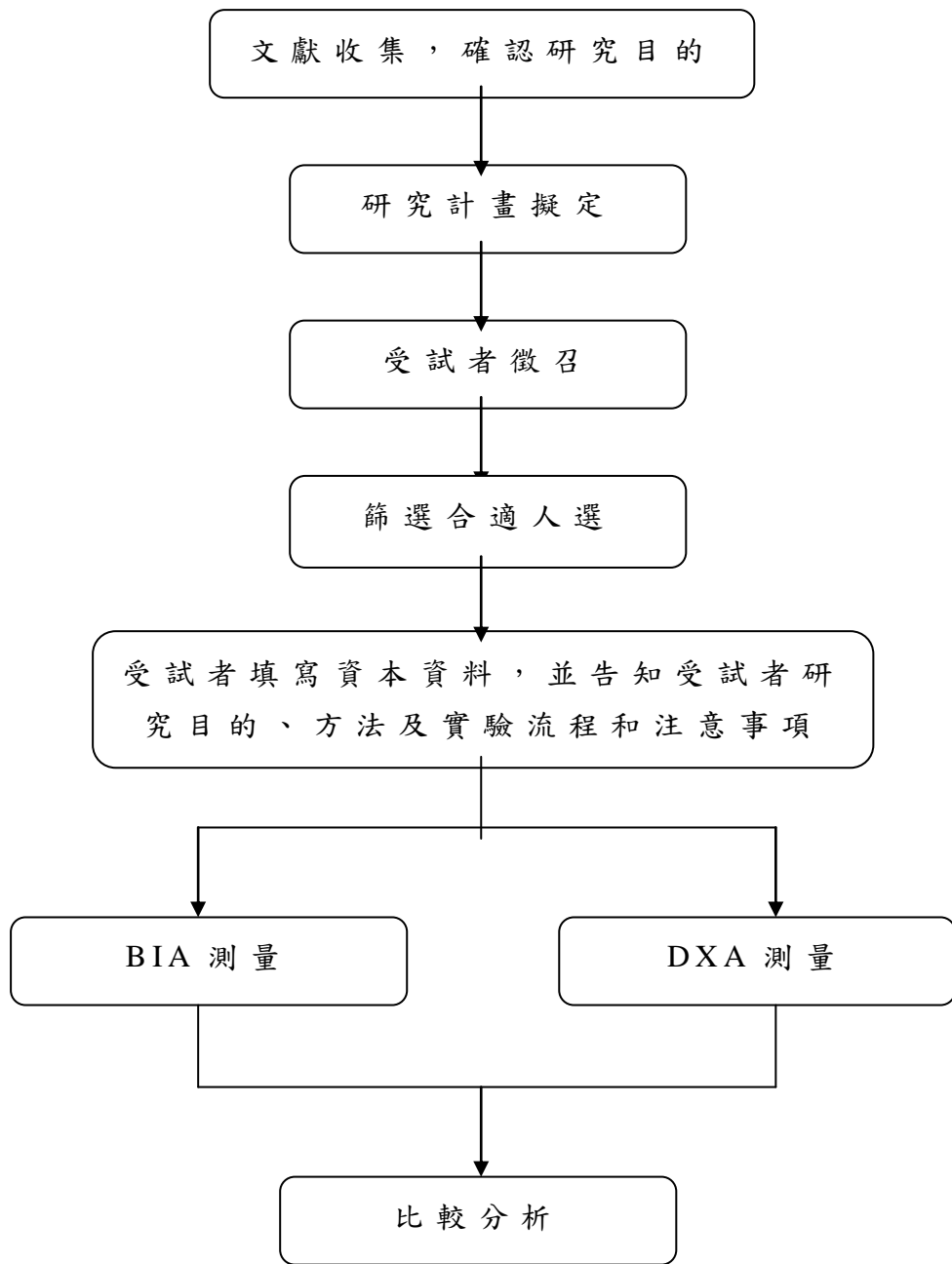


圖 10：流程圖

第五節 資料處理與分析

本研究中資料分析使用的是 SPSS Ver.12 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 統計分析軟體，結果表示格式為差值平均 (\pm 標準差)，顯著差異水平設定為 $p < 0.05$ 。應用 Pearson 相關係數分別用來討論線性 DXA 與 BIA₈ 於全身、各肢段測量體組成結果的相關性，並以 Paired t-test 比較 DXA 與 BIA₈ 測量結果的差異。以迴歸來描述兩測量方法於體組成測量結果間的關係，應用 Bland-Altman Plots 來探討 FFM、FM% 於 BIA₈ 與 DXA 測量結果的差異分佈，以 $\text{bias} \pm 2 \text{SD}$ 代表其 95% 信賴區間，並於其 X 軸與 Y 軸的數據應用 Pearson 相關係數與直線回歸方程式，討論其之間的關係。

第四章 研究結果與討論

本研究針對台灣地區大學男子優秀游泳選手 21 名，進行全身 (whole body)、軀幹 (trunk)、上肢 (upper limb) 與下肢 (lower limb) 的非脂肪質量 (FFM- fat free mass)、體脂率 (FM%- fat mass%) 的測量結果進行相關性分析、Bland-Altman plots 進行相差分佈分析之交叉比對。本章共分為以下五節：第一節為研究對象基本資料描述；第二節是以雙能 X 光吸收儀測量結果測量說明狀況；第三節是以站立式八極板生物阻抗之體組成分析儀測量說明狀況；第四節是以交叉驗證大學男子優秀游泳選手的全身與各肢段的體組成估測結果；第五節為討論。

第一節 研究對象基本資料描述

受測對象為台灣地區的大學優秀男子游泳選手 21 名，受測者平均接受運動專業訓練時間為：9.22±2.3 年以上，且每週至少平均進行 10.3 個小時以上的體能或有氧運動之訓練活動。

21 位男子游泳選手的年齡為 18.8-22.3 歲，其平均值為 20.3±1.0 歲，體重變化從 60.8 至 87.6 公斤，BMI 為 21.1-28.4 kg/m² 其平均值為 23.8±1.7 kg/m²。

第二節 DXA 測量結果測量說明狀況

本節探討 DXA 測量大學優秀男子游泳選手 21 名結果狀況說明。

應用 DXA 對受測者全身與各肢段的 FFM 結果，分別定義為：全身為 $FFM_{\text{whole-DXA}}$ 、軀幹為 $FFM_{\text{trunk-DXA}}$ 、下肢為 $FFM_{\text{lower-DXA}}$ 、上肢為 $FFM_{\text{upper-DXA}}$ 。

應用 DXA 對受測者全身與各肢段的脂肪率-FM%結果，分別定義為：全身為 $FM\%_{\text{whole-DXA}}$ 、軀幹為 $FM\%_{\text{trunk-DXA}}$ 、下肢為 $FM\%_{\text{lower-DXA}}$ 、上肢為 $FM\%_{\text{upper-DXA}}$ 。

測量結果如下：（表 2）

一、全身

非脂肪質量結果平均為 $61.7 \pm 4.8 \text{kg}$ ，全身範圍比為 51.4-71.2%、體脂率為 $17.7 \pm 5.2\%$ ，全身範圍比為 10.4-27.6。

二、軀幹

非脂肪質量結果平均為 $27.0 \pm 2.1 \text{kg}$ ，全身範圍比為 22.1-30.6%、體脂率為 $21.2 \pm 6.7\%$ ，全身範圍比為 11.3-33.0。

三、上肢

非脂肪質量結果平均為 $11.2 \pm 1.31 \text{kg}$ ，全身範圍比為 8.6-13.9%、體脂率為 $16.5 \pm 4.5\%$ ，全身範圍比為 11.0-28.0。

四、下肢

非脂肪質量結果平均為 $3.8 \pm 0.4 \text{kg}$ ，全身範圍比為 2.9-4.9%、體脂率為 $10.1 \pm 4.6\%$ ，全身範圍比為 4.4-20.3。

表 2：DXA 測量結果

	DXA	
	Mean±SD	Range
FFM _{whole} (kg)	61.7±4.8	51.4-71.2
FFM _{trunk} (kg)	27.0±2.1	22.1-30.6
FFM _{leg} (kg)	11.2±1.3	8.6-13.9
FFM _{arm} (kg)	3.8±0.4	2.9-4.9
FM% _{whole}	17.7±5.2	10.4-27.6
FM% _{trunk}	21.2±6.7	11.3-33.0
FM% _{leg}	16.5±4.5	11.0-28.0
FM% _{arm}	10.1±4.6	4.4-20.3

- 註：1. 應用 DXA 對受測者全身與各肢段的 FFM 結果定義為全身為 FFM_{whole}，軀幹為 FFM_{trunk}，下肢為 FFM_{lower}，上肢為 FFM_{upper}。
2. 應用 DXA 對受測者全身與各肢段的脂肪率-FM%結果定義全身為 FM%_{whole}，軀幹為 FM%_{trunk}，下肢為 FM%_{lower}，上肢為 FM%_{upper}。

第三節 BIA₈ 測量說明狀況

本節探討 BIA₈ 測量大學優秀男子游泳選手 21 名結果狀況說明。

應用 BIA₈ 對受測者全身與各肢段的 FFM 結果，分別定義為：全身為 FFM_{whole-BIA8}、軀幹為 FFM_{trunk-BIA8}、下肢為 FFM_{lower-BIA8}、上肢為 FFM_{upper-BIA8}。

應用 BIA₈ 對受測者全身與各肢段的 FM% 結果，分別定

義為：全身為 $FM\%_{\text{whole-BIA8}}$ 、軀幹為 $FM\%_{\text{trunk-BIA8}}$ 、下肢為 $FM\%_{\text{lower-BIA8}}$ 、上肢為 $FM\%_{\text{upper-BIA8}}$ 。

測量結果如下：（表 3）

一、全身

非脂肪質量結果平均為 $62.4 \pm 4.3 \text{ kg}$ ，全身範圍比為 52.7-69.8%、體脂率為 $15.9 \pm 2.9\%$ ，全身範圍比為 10.8-21.7。

二、軀幹

非脂肪質量結果平均為 $32.8 \pm 2.2 \text{ kg}$ ，全身範圍比為 28.3-36.5%、體脂率為 $14.2 \pm 3.9\%$ ，全身範圍比為 6.1-21.6。

三、上肢

非脂肪質量結果平均為 $11.5 \pm 0.95 \text{ kg}$ ，全身範圍比為 9.4-13.3%、體脂率為 $18.4 \pm 2.0\%$ ，全身範圍比為 15.2-23.2。

四、下肢

非脂肪質量結果平均為 $3.1 \pm 0.3 \text{ kg}$ ，全身範圍比為 2.5-4.0%、體脂率為 $15.5 \pm 2.0\%$ ，全身範圍比為 10.4-20.0。

表 3：BIA₈ 測量結果

	BIA ₈	
	Mean±SD	Range
FFM _{whole} (kg)	62.4±4.3	52.7-69.8
FFM _{trunk} (kg)	32.8±2.2	28.3-36.5
FFM _{leg} (kg)	11.5±0.95	9.4-13.3
FFM _{arm} (kg)	3.1±0.3	2.5-4.0
FM% _{whole}	15.9±2.9	10.8-21.7
FM% _{trunk}	14.2±3.9	6.1-21.6
FM% _{leg}	18.4±2.0	15.2-23.2
FM% _{arm}	15.5±2.0	10.4-20.0

註：1. 應用 DXA 對受測者全身與各肢段的 FFM 結果定義為全身為 FFM_{whole}，軀幹為 FFM_{trunk}，下肢為 FFM_{lower}，上肢為 FFM_{upper}。

2. 應用 DXA 對受測者全身與各肢段的脂肪率-FM%結果定義全身為 FM%_{whole}，軀幹為 FM%_{trunk}，下肢為 FM%_{lower}，上肢為 FM%_{upper}。

第四節 交叉驗證大學男子優秀游泳選手的全身與各肢段的體組成估測結果

BIA₈ 與 DXA 在下肢、上肢、軀幹與全身的體組成資料分別如表 2 及表 3 所示，其中 BIA₈ 與 DXA 測量所得的全身、上肢、下肢、軀幹之 FFM 兩者間並無明顯差異，其相關係數為 $r=0.44-0.89$ 之間，在圖 11 (a) 表示 BIA₈ 與 DXA 在全身 FFM 的測量結果的關係

($FFM_{\text{whole-BIA8}}=0.807\times FFM_{\text{whole-DXA}}+12.598$, $r=0.89$, $P < 0.001$)。在圖 11 (b) 表示 BIA₈ 與 DXA 在軀幹 FFM 的測量結果的關係 ($FFM_{\text{trunk-BIA8}}=0.792\times FFM_{\text{trunk-DXA}}+11.401$, $r=0.77$, $P < 0.001$)。圖 11 (c) 表示 BIA₈ 與 DXA 在下肢 FFM 的測量結果的關係 ($FFM_{\text{lower-BIA8}}=0.481\times FFM_{\text{lower-DXA}}+6.186$, $r=0.64$, $P < 0.001$)。圖 11 (d) 表示 BIA₈ 與 DXA 在上肢 FFM 的測量結果的關係 ($FFM_{\text{upper-BIA8}}=0.301\times FFM_{\text{upper-DXA}}+2.079$, $r=0.44$, $P < 0.001$)。應用 Bland-Altman Analysis, 而圖 13 (a)、(b)、(c) 與 (d) 分別表示 BIA₈ 與 DXA 在全身、軀幹、下肢與上肢的 FFM 的測量結果的差異分佈, 其差異分布區間為 -3.65 至 5.04 kg、2.93 至 8.63 kg、-1.54 至 2.31 kg、-1.39 至 0.22kg。在圖 13 (a)、(b)、(c) 與 (d) 中 x 軸與 y 軸對應的數值的關係分別為:(a) $y=-0.192x+12.593$, $r=0.42$, (b) $y=-0.208x+11.404$, $r=0.31$, (c) $y=-0.518x+6.190$, $r=0.67$, (d) $y=-0.696x+2.080$, $r=0.75$ 。

圖 12 (a) 表示 BIA₈ 與 DXA 在全身 FM% 的測量結果的關係 ($FM\%_{\text{whole-BIA8}}=0.494\times FFM_{\text{whole-DXA}}+7.114$, $r=0.89$, $P < 0.001$)。在圖 12 (b) 表示 BIA₈ 與 DXA 在軀幹 FM% 的測量結果的關係 ($FM\%_{\text{trunk-BIA8}}=0.487\times FM\%_{\text{trunk-DXA}}+3.889$, $r=0.84$, $P < 0.001$)。圖 12 (c) 表示 BIA₈ 與 DXA 在下肢 FM% 的測量結果的關係

($FM\%_{\text{lower-BIA8}}=0.332\times FM\%_{\text{lower-DXA}}+13.043$, $r=0.70$, $P < 0.001$)。圖 12 (d) 表示 BIA₈ 與 DXA 在上肢 FM% 的測量結果的關係 ($FM\%_{\text{upper-BIA8}}=0.346\times FM\%_{\text{upper-DXA}}+11.289$, $r=0.75$, $P < 0.001$)。應用 Bland-Altman Analysis, 而圖 14 (a)、(b)、(c) 與 (d) 分別表示 BIA₈ 與 DXA 在全身、軀幹、下

肢與上肢 FM% 的測量結果的差異分佈，其差異分布區間為 -7.74 至 4.04%、-15.07 至 1.07%、-4.94 至 8.53%、-1.84 至 11.22%。在圖 14 (a)、(b)、(c) 與 (d) 中 x 軸與 y 軸對應的數值的關係分別為：(a) $y = -0.505x + 7.114$, $r = 0.89$, (b) $y = -0.512x + 3.889$, $r = 0.85$, (c) $y = -0.677x + 13.043$, $r = 0.90$, (d) $y = -0.653x + 11.289$, $r = 0.91$ 。

表 4：DXA 與 BIA 的 FFM 與 FM% 之比較

	DXA		BIA ₈		R	P
	Mean±S	Range	Mean±SD	Range		
	D					
FFM _{whole}	61.7±4.8	51.4-71.2	62.4±4.3	52.7-69.8	0.89**	0.157
FFM _{trunk}	27.0±2.1	22.1-30.6	32.8±2.2	28.3-36.5	0.77**	0.000
FFM _{leg}	11.2±1.3	8.6-13.9	11.5±0.95	9.4-13.3	0.65**	0.000
FFM _{arm}	3.8±0.4	2.9-4.9	3.1±0.3	2.5-4.0	0.44**	0.003
FM% _{whole}	17.7±5.2	10.4-27.6	15.9±2.9	10.8-21.7	0.89**	0.000
FM% _{trunk}	21.2±6.7	11.3-33.0	14.2±3.9	6.1-21.6	0.84**	0.000
FM% _{leg}	16.5±4.5	11.0-28.0	18.4±2.0	15.2-23.2	0.74**	0.000
FM% _{arm}	10.1±4.6	4.4-20.3	15.5±2.0	10.4-20.0	0.75**	0.000

註：**P<0.0001

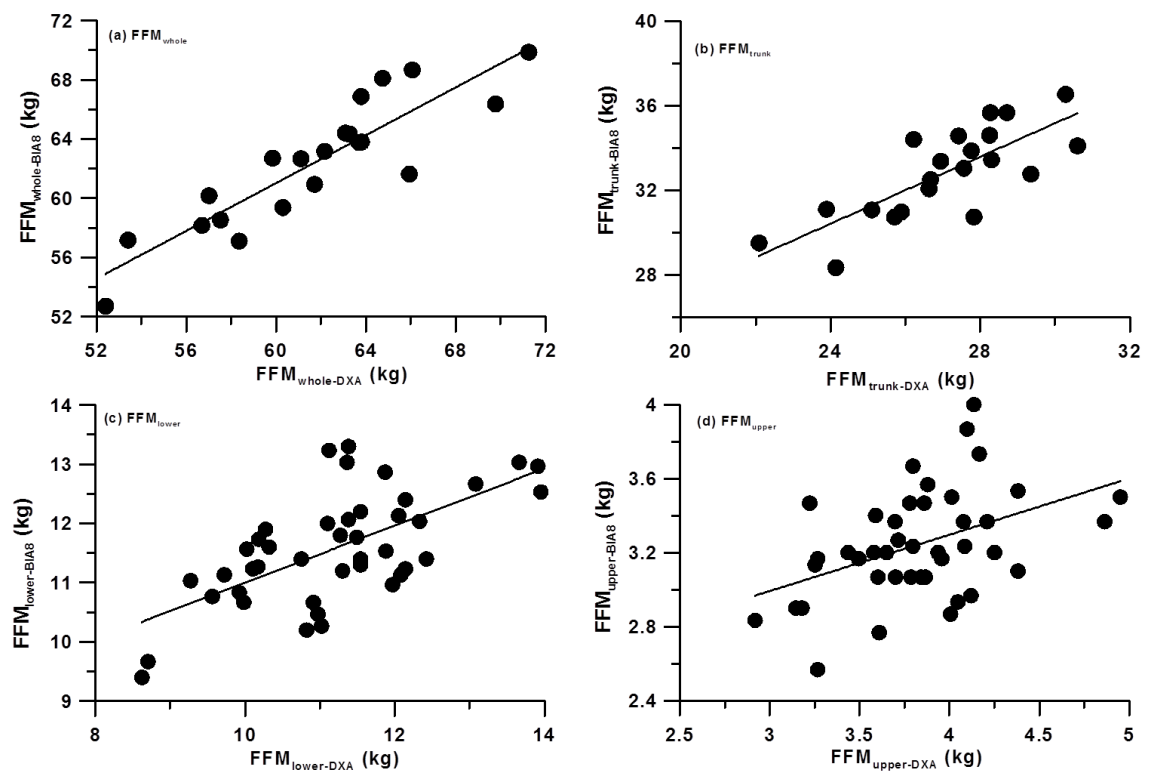


圖 11：BIA₈ 與 DXA 測量 FFM 相關性分析 (a) 全身 (b) 軀幹 (c) 下肢 (d) 上肢

(a) 全身： $FFM_{whole-BIA8}=0.807\times FFM_{whole-DXA}+12.598$ ($r=0.89$, $P<0.001$, $n=21$)

(b) 軀幹： $FFM_{trunk-BIA8}=0.792\times FFM_{trunk-DXA}+11.401$ ($r=0.77$, $P<0.001$, $n=21$)

(c) 下肢： $FFM_{lower-BIA8}=0.481\times FFM_{lower-DXA}+6.186$ ($r=0.64$, $P<0.001$, $n=42$)

(d) 上肢： $FFM_{upper-BIA8}=0.301\times FFM_{upper-DXA}+2.079$ ($r=0.44$, $P<0.001$, $n=42$)

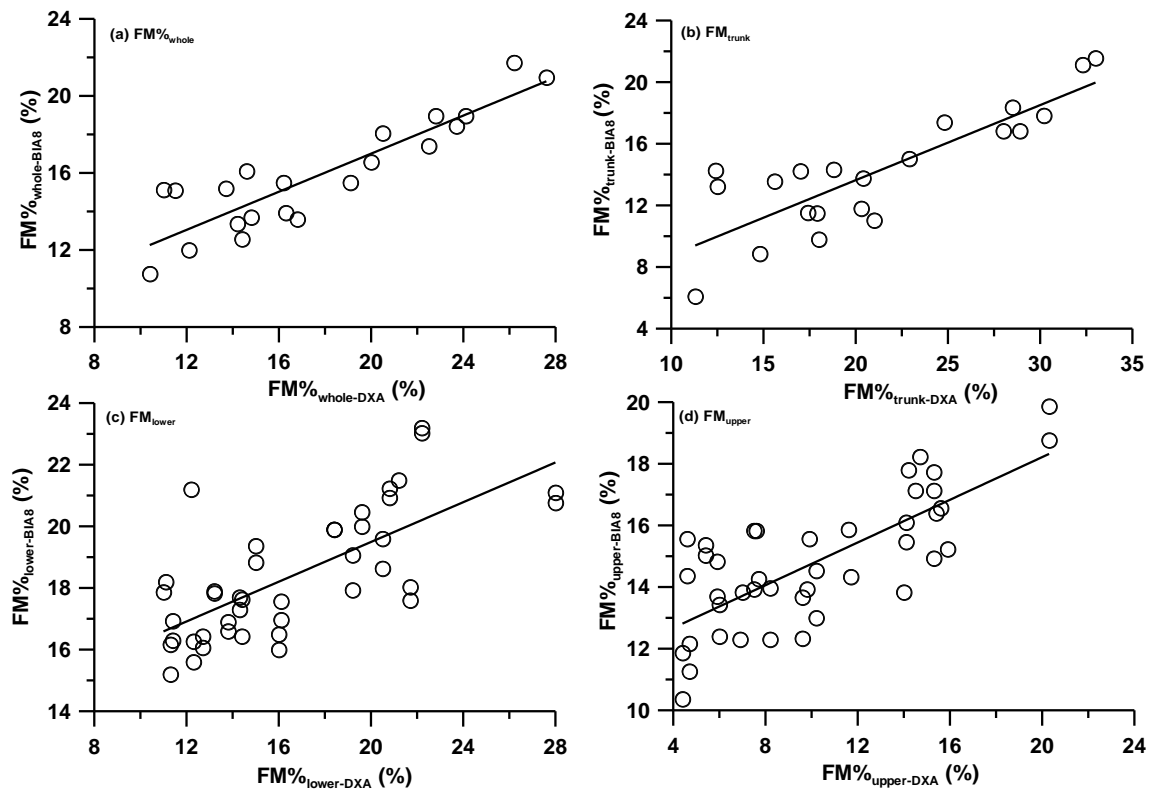


圖 12：BIA₈ 與 DXA 測量 FM% 相關性分析 (a) 全身 (b) 軀幹 (c) 下肢 (d) 上肢

(a) 全身： $FM\%_{\text{whole-BIA8}} = 0.494 \times FM\%_{\text{whole-DXA}} + 7.114$ ($r = 0.89$, $P < 0.001$, $n = 21$)

(b) 軀幹： $FM\%_{\text{trunk-BIA8}} = 0.487 \times FM\%_{\text{trunk-DXA}} + 3.889$ ($r = 0.84$, $P < 0.001$, $n = 21$)

(c) 下肢： $FM\%_{\text{lower-BIA8}} = 0.332 \times FM\%_{\text{lower-DXA}} + 13.043$ ($r = 0.70$, $P < 0.001$, $n = 42$)

(d) 上肢： $FM\%_{\text{upper-BIA8}} = 0.346 \times FM\%_{\text{upper-DXA}} + 11.289$ ($r = 0.75$, $P < 0.001$, $n = 42$)

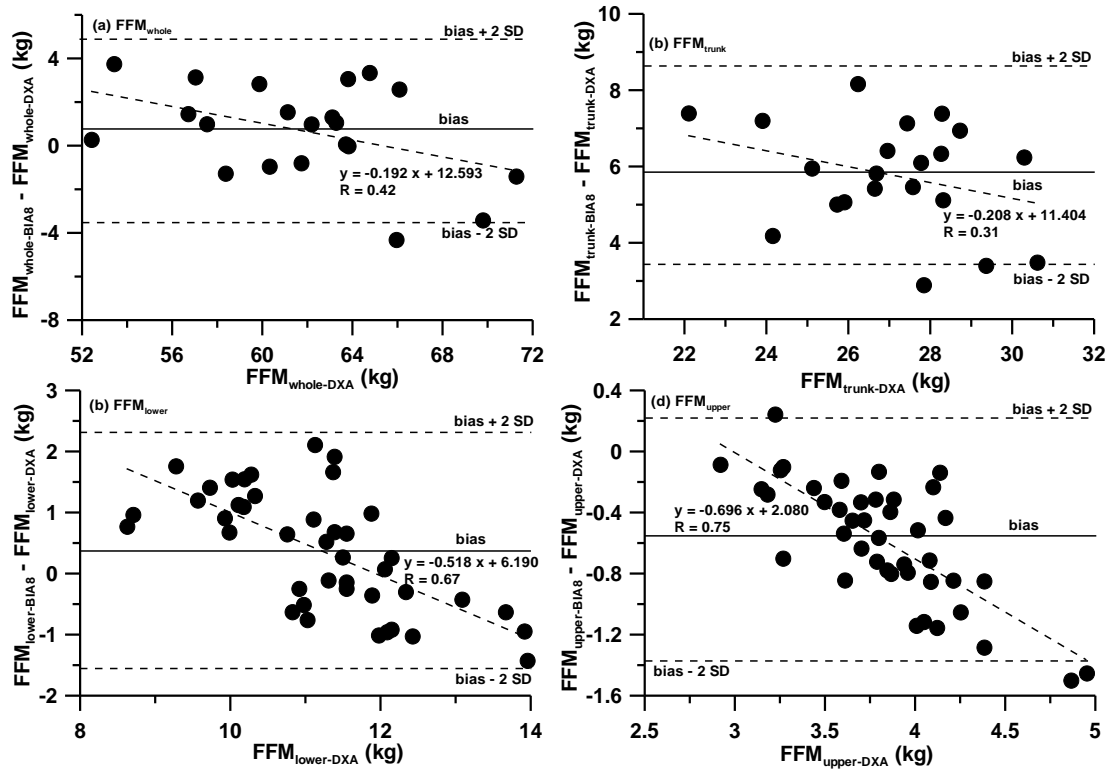


圖 13：BIA₈ 與 DXA 測量 FFM 差異分布 (a) 全身 (b) 軀幹 (c) 下肢 (d) 上肢

(a) 全身：bias=0.70kg, SD=2.17kg, bias±2SD=-3.65kg 至 5.04kg。

(b) 軀幹：bias=5.78kg, SD=1.43kg, bias±2SD=2.93kg 至 8.63kg。

(c) 下肢：bias=0.39kg, SD=0.96kg, bias±2SD=-1.54kg 至 2.31kg。

(d) 上肢：bias=-0.58 kg, SD=0.40kg, bias±2SD=-1.39kg 至 0.22kg。

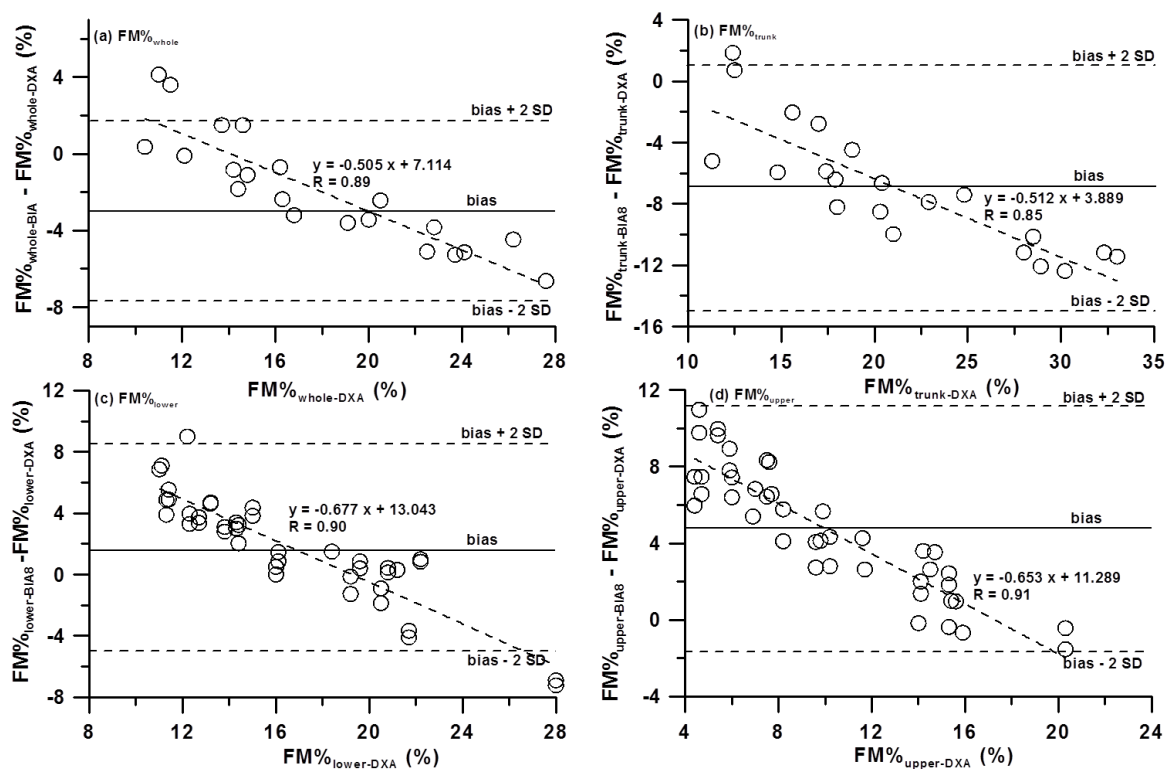


圖 14：BIA₈ 與 DXA 測量 FM% 差異分布 (a) 全身 (b) 軀幹
(c) 下肢 (d) 上肢

(a) 全身：bias=-1.85%，SD=2.95%，bias±2SD=-7.74% 至 4.04%。

(b) 軀幹：bias=-7.00%，SD=4.04%，bias±2SD=-15.07% 至 1.07%。

(c) 下肢：bias=1.79%，SD=3.37%，bias±2SD=-4.94% 至 8.53%。

(d) 上肢：bias=4.69%，SD=3.27%，bias±2SD=-1.84% 至 11.22%。

第五節 討論

本研究以台灣地區的大學優秀男子游泳選手 21 名，受測者平均接受長時間運動專業訓練，且每週進行固定時間以上的體能或有氧運動之訓練活動。

在經由 DXA 與 BIA₈ 測量這 21 名優秀男子游泳選手的全身、軀幹、下肢與上肢的非脂肪質量 (FFM) 在 DXA 與 BIA₈ 兩者的測量相關係數、相差平均值 (bias) (標準偏差 ±SD) 分別為 $r=0.89$, $0.70 \pm 2.17\text{kg}$ 、 0.77 , $5.78 \pm 1.43\text{kg}$ 、 0.64 , $0.39 \pm 0.96\text{kg}$ 、 0.44 , $-0.58 \pm 0.40\text{kg}$ 。脂肪率 (FM%) 在 DXA 與 BIA₈ 兩者的測量相關係數、相差平均值 (標準偏差) 在全身為 $r=0.89$, $-1.85 \pm 2.95\%$ ，在軀幹為 $r=0.84$, $-7.00 \pm 4.04\%$ ，在下肢為 $r=0.70$, $1.79 \pm 3.37\%$ ，而在上肢則為 $r=0.75$, $4.69 \pm 3.27\%$ 。

研究中資料分析使用的是 SPSS Ver.12 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 統計分析軟體，結果表示格式為差值平均 (±標準差)，顯著差異水平設定為 $p < 0.05$ 。應用 Pearson 相關係數分別用來討論線性 DXA 與 BIA₈ 於全身、各肢段測量體組成結果的相關性，並以 Paired t-test 比較 DXA 與 BIA₈ 測量結果的差異。以迴歸線來描述兩測量方法於體組成測量結果間的關係，應用 Bland-Altman Plots 來探討 FFM、FM% 於 BIA₈ 與 DXA 測量結果的差異分佈，以 $\text{bias} \pm 2 \text{SD}$ 代表其 95% 信賴區間，並於其 x 軸與 y 軸的數據應用 Pearson 相關係數與直線回歸方程式，討論其間的關係。

實驗目的主要是為了瞭解透過以生物阻抗法為一種安全、便利、快速且不具侵入性的體組成測量方法，藉由高精

密的醫療儀器如雙能 X 光吸收儀，對於了解人體組成可準確的測量是很好的參考方法，應用本研究對象游泳運動選手的運動能力與體組成，進行多肢段生物阻抗分析於體組成測量相關研究並以測量結果作交叉驗證，日後擴大在一般健康人士的體組成測量應用，是有其參考價值的。茲因研究研結果與討論，歸納本研究結論如下：

一、Susumu, Demura, Kitabayashi, & Noguchi (2007) 應用相同類型的單頻八極板的型態的生物阻抗分析儀 (BC-118, Tanita Corp., Tokyo, Japan) 針對肥胖成人進行多肢段體組成測量與 DXA 測量結果的分析，其研究結果表示 FM% 與 FM 的參考價值不如 FFM。而 Mally, Trentmann, Heller, & Dittmar (2011) 亦應用 BIA₈ 測量歐洲地區的老人，其結果亦顯示 muscle mass (MM) 於各肢段、全身的估測誤差小於其 FM，但本文的研究結果，在其相關性分析中，並無法明確歸納出 BIA₈ 於 FFM 的參考價值高於 FM% 的趨勢。

二、在本研究所應用 BIA₈ 於四肢、軀幹的 FFM 與 FM% 測量結果與 DXA 相較，其相關係數皆較全身來得低，在多肢段的體組成估測上，亦皆需求得上肢、下肢與軀幹等區段的重量後，再來計算其體脂率或體脂肪重量，再間接計算所得的上肢、下肢與軀幹的體脂肪重量或體脂率的結果，其誤差會比全身來得大，因此如何準確估測出各肢段的組織重量，為 BIA₈ 未來提高於多肢段體組成的測量結果的可靠性，所必須進行研究的方向。

三、Piettoi et al. (2004) 對於 BIA₈ 於一般人的四肢與全身的瘦肉組織 (lean soft-tissue) 的估測結果，研究結果表示 BIA₈ 有其參考價值，但在本研究中應用 DXA 檢視大學男子

游泳選手於 BIA_8 的測量結果發現， BIA_8 雖然在應用上可測出四肢的 FFM 甚至 FM%，的但其參考價值，應該將上肢、下肢分開討論其應用價值，尤其在運動員的體組成測量應用上，需進一步探討 BIA_8 於男子游泳選手的四肢與全身的瘦肉組織 (lean soft-tissue) 的估測關係，因為精準的測量結果，對於運動員方能更有參考價值，此外；現有 BIA_8 在受測模式可以提供運動員模式，但對於其運動項目卻無法選擇，因此對於不同的運動項目，應有其對應的多肢段 BIA 的體組成測量模型。

第五章 結論

本章就研究結果共分四節描述，第一節為 DXA 與 BIA₈ 測量 21 名游泳選手全身交叉驗證之現況、第二節為 DXA 與 BIA₈ 測量 21 名游泳選手軀幹交叉驗證之現況、第三節為 DXA 與 BIA₈ 測量 21 名游泳選手上肢、下肢交叉驗證之現況、第四節為 DXA 與 BIA₈ 交叉驗證總結。

第一節 DXA 與 BIA₈ 測量 21 名游泳選手全身交叉驗證之現況

從 BIA₈ 與 DXA 來測量大學游泳選手於全身的 FFM 結果，在圖 11 (a) 顯示其分佈，其相關係數 $r=0.89$ ，在圖 13 (a) 顯示兩測量方法差異，BIA₈ 平均高估 DXA 測量結果為 0.70 kg，其 95% 信任區間為 -3.65kg 至 5.04kg，其誤差分佈與受測者的 FFM_{DXA} 的關係呈中度相關 ($r=0.42$)。在圖 12 (a) 顯示全身的 FM% 結果其分佈，其相關係數 $r=0.89$ ，在圖 14 (a) 顯示兩測量方法差異，BIA₈ 平均低估 DXA 測量結果為 -1.85%，其原因為 BIA₈ 在全身 FFM 項目為低估於 DXA 測量結果，則 BIA₈ 在全身在 FM% 於 DXA 相較結果，則必呈現低估。

第二節 DXA 與 BIA₈ 測量 21 名游泳選手軀幹交叉驗證之現況

圖 11 (b) 顯示大學男子游泳選手的軀幹 FFM 於 BIA₈ 與 DXA 測量結果的分佈，其相關係數為 $r=0.77$ ，圖 13 (b) 顯示兩測量方法的差異，BIA₈ 平均高估 DXA 測量結果為 5.78kg，其 95% 信任區間分別為 2.55 至 8.63kg。圖 12 (b) 則為軀幹 FM% 於 BIA₈ 與 DXA 測量結果的分佈，其相關係數 $r=0.84$ ，圖 14 (b) 顯示兩測量方法的差異，BIA₈ 平均低估 DXA 測量結果為 -7.00%，其 95% 信任區間分別為 -15.07 至 1.07%，雖然 BIA₈ 在軀幹 FFM 與 FM% 的估測與 DXA 測量結果皆達正高相關性，但其平均差異與差異分佈區間皆不大，因此在應用 BIA₈ 於大學男子游泳選手的軀幹體組成估測，其測量結果具參考價值。

第三節 DXA 與 BIA 測量 21 名游泳選手上肢、下肢交叉驗證之現況

從 BIA₈ 與 DXA 來測量大學男子游泳選手於下肢、上肢的 FFM 結果，分別如圖 11 (c)、(d) 顯示其分佈，其相關係數分別為 $r=0.64$ 、 0.44 ，在圖 13 (c)、(d) 顯示兩測量方法差異，BIA₈ 分別平均高、低估 DXA 測量結果為 0.39 kg、0.58kg，其 95% 信任區間分別為 -1.54kg 至 2.31 kg 與 -1.39 至 0.22 kg。在上肢、下肢的 FM% 測量結果，圖 12 (c)、(d) 顯示 BIA₈ 與 DXA 測量結果的分佈，其相關係數分別為 $r=0.70$ 、 0.75 ，在圖 14 (c)、(d) 顯示兩測量方法差異，BIA₈

分別平均高估 DXA 測量結果為 1.79%、4.69%，其 95% 信任區間分別為 -4.94 至 8.53% 與 -1.84 至 11.22%，BIA₈ 測量在測量下肢與上肢之 FM% 與 DXA 測量結果的相關性，雖然達正高相關性，但其差異的信任區間過大，其參考價值仍有限。

第四節 DXA 與 BIA₈ 交叉驗證總結

在圖 13 至圖 14 的兩測量方法於 FFM 與 FM% 差異分佈區間，測量結果 FFM_{DXA} 或 FM%_{DXA} 的增加，BIA₈ 與 DXA 測量結果的差異呈負值趨勢，其回歸線之斜率皆呈負值，亦表示隨著受測者 FFM_{DXA} 或 FM%_{DXA} 的增加，應用 BIA₈ 所得的結果會有趨向於低估的測量結果，在圖 13 中 FFM 差異分布在全身、軀幹、下肢與上肢，其 x 軸數據對應 y 軸數據的相關係數，分別為 $r=0.42$ 、 0.31 、 0.67 與 0.75 。而圖 14 中 FM% 差異分布的對應相關係數，分別為 $r=0.89$ 、 0.85 、 0.90 、 0.91 ，顯示 BIA₈ 於 FM% 測量結果的低估的趨勢，較 FFM 測量結果更為強烈。

第六章 應用與建議

第一節 研究結果之應用

站立式多肢段生物阻抗分析儀用於本實驗的大學男性游泳選手的估測結果與 DXA 測量結果交叉驗證，站立式多肢段生物阻抗分析儀在全身、軀幹的 FFM 與 FM% 測量結果皆達高正相關性，且有較低的 SD 值，具有一定的參考價值，但其下肢、上肢的 FFM 與 FM% 參考價值有其限制。

在本文的受測者實驗結果顯示，站立式八極板生物阻抗分析體組成分析儀之運動員模式，用於大學男子游泳選手於全身與軀幹之 FFM 與 FM% 的估測結果有參考價值，而上肢、下肢之 FFM、FM% 測量結果須小心應用，未來須建立專屬於游泳項目的多肢段生物阻抗分析之體組成估測模型，使其測量結果更具應用價值。

第二節 研究建議

一、研究測量設計方面

有學者研究指出大學男子游泳選手在賽季前 FFM 與其 100 碼游泳花費時間的相關係數 $R = -0.231$ ，與年齡、體重、水中重量、體脂率、體脂重量、胖型體質、運動型體質、瘦型體質等其他身體參數的相關性相較為高 (Siders, Lukaski, & Bolonchuk, 1993)，亦有學者針對男子青少年游泳選手的體組成與 100 公尺的花費時間與體組成的相關性分析中，其亦顯示 FFM 與其花費時間的相關係數 $r = -0.506$ ，相較其他身

體參數如 BMI、體重、體脂率、體脂肪重量來得大 (Lätt, Jürimäe, Mäestu, Purge, Rämson, Haljaste, Keskinen, Rodriguez, Jürimäe, 2010)，此外；Beekley, Abe, Kondo, Midorikawa and Yamauchi (2006) 的研究指出，運動員的體脂率與最大攝氧量有其高負相關性，顯示男子游泳選手的競速能力與全身的體組成份中的 FFM 與 FM% 測量皆有探討的必要性。

二、研究測量時間方面

大學游泳選手於賽季前後，其體脂肪率會有明顯差異 (Siders et al., 1993; Meleski, Shoup, & Malina, 1982)，而本研究的受測者是賽季後一個月內進行本研究的體組成測量。在 Siders et al. (1993) 研究的受測者之男子大學游泳選手體脂率為 $14.6 \pm 3.4\%$ ，而本研究的受測者的體脂率為 $17.7 \pm 5.2\%$ ，相較下仍有差距，建議之後可進行賽季後超過一個月或半年以上的時間作為測量點。

三、研究工具方面

BIA 目前尚未普及運用於各學校機關及醫療機構，因此研究者僅參考國內、外相關之文獻，自行進行游泳選手體組成測量，本研究討論僅以 DXA 作為效標比較相關性及差異，未來可以多款測量儀器或傳統量測方式作為比較及相關對照，使其測量結果更具多方應證價值。

參考文獻

一、英文文獻

- Bedogni, G., Malavolti, M., Severi, S., Poli, M., Mussi, C., Fantuzzi, A. L., & Battistini, N. (2002). Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *Eur J Clin Nutr*, 56, 1143-1148.
- Bland, J. M., Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two method of clinical measurement. *Lancet*, 8, 307-310.
- Bracco, D., Thiébaud, D., Chioléro, R. L., Landry, M., Burckhardt, P., & Schutz, Y. (1996). Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol*, 81(6), 2580-2587.
- Brodie, D. A. Measurement of body composition (Part 2). (1988). *Sports Med.*, 5, 74-98.
- Davis, J. A., Brewer, J., & Atkin, D. (1992). Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. *Journal of Sports Science*, 10(6): 514-547.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). Applied body composition assessment. (2nd ed). Champaign, IL: *Human Kinetics*.

- Kenneth, J. E. (2000). Human Body Composition: In vivo methods. *Physiological Reviews*, 80(2), 649–680.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heimann, B. L., Kent-Smith, L., & Melchior, J. C. (2004). Bioelectrical impedance analysis — part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(6): 1226-1243.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of sports science and medicine*, 9;398-404.
- Mally, K., Trentmann, J., Heller, M., & Dittmar, M. (2011). Reliability and accuracy of segmental bioelectrical impedance analysis for assessing muscle and fat mass in older Europeans: a comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111(8), 1879-1887.
- Mazess, R. B., Barden, H. S., Bisek, J. P., & Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr*, 51, 1106-12.
- Medici, G., Mussi, C., Fantuzzi, A. I., Malavolti, M., Albertazzi, A., & Bedogni, G. (2005). Accuracy of eight-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of

- total and appendicular body composition in peritoneal dialysis patients. *Eur J Clin Nutr*, 59, 932-937.
- Meleski, B. W., Shoup, R. F., & Malina, R. M. (1982). Size, physique and body composition of competitive female swimmers 11 through 20 years of age. *Hum Biol*, 54, 609-625.
- Neovius, M., Hemmingsson, E., Freyschuss, B., & Udden, J. (2006). Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity*, 14, 1731-38.
- Nord, R. H., & Payne, R. K. (1995). Body composition by dual-energy X-ray absorptiometry- a review of the technology. *Asia Pacific J Clin Nutr*, 4, 167-171.
- Organ, L. W., Bradham, G. B., Gore, D. T., & Lozier, S. L. (1994). Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *J Appl Physiol*, 77, 98-112.
- Piettoi, A., Rubiano, F., St-Onge, M. P., & Heymsfield, S. B. (2004). New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr*, 58, 1479-1484.
- Shaikh, M. G., Crabtree, N. J., Shaw, N. J., & Kirk, J. M. W. (2007). Body fat estimation using bioelectrical impedance. *Horm Res*, 68, 8-10.
- Siders, W. A., Lukaski, H. C., & Bolonchuk, W. W. (1993). Relationships among swimming performance, body

- composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 33, 166–171.
- Sprynarová, S., & Parízková, J. (1971). Functional capacity and body composition in top weight-lifters, swimmers, runners and skiers. *Int Z Angew Physiol.*, 29(2), 184-194.
- Stewart, A. D., & Hannan, W. J. (2000). Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *Journal of Sports Science*, 18(4), 263-274.
- Stewart, S. P., Bramley, P. N., Heighton, R., Green, J. H., Horsman, A., Losowsky, M. S., & Smith, M. A. (1993). Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *British Journal of Nutrition*, 69, 645-655.
- Sun, G., French, C. R., Martin, G. R., Younghusband, B., Green, R. C., Xie, Y. G., Mathews, M., Barron, J. R., Fitzpatrick, D. G., Gulliver, W., & Zhang, H. (2005). Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr.*, 81(1), 74-8.
- Susumu, S., Demura, S., Kitabayashi, T., & Noguchi, T. (2007). Segmental body composition assessment for obese Japanese adults by single-frequency bioelectrical impedance analysis with 8-point contact electrodes. *J*

- Physiol Anthropol*, 26, 533-540.
- Tatsuki, N., Illyoung, H., Takaaki, K., Miyuki, N., Hitoshi, S., & Makoto, O. (2006). Body composition evaluated by segmental bioelectrical impedance analysis in healthy subjects and athletes. *Journal of Physiology Fitness and Sport Medicine*, 55, 49-52.
- Taylor, W. & Baranowski, T. (1991). Physical activity, cardiovascular fitness, and adiposity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(2), 157-163.
- Weldon, E. J. 3rd, & Richard, A. B. (2001). Upper extremity overuse injuries in swimming. A discussion of swimmer's shoulder. *Clin Sport Med.*, 20(3), 423-438.
- Zhu, F., Schneditz, D., & Wang, E. (1998). Dynamic of segmental extracellular volumes during changes in body position by bioimpedance analysis. *J Appl Physiol.*, 85. 497-504.

二、中文文獻

- 王家偉、陳裕鏞（2010）。生物阻抗分析儀在檢測體脂肪的應用。 *Best Motion*，23，1-5。
- 林正常（1998）。運動生理學，增訂一版，台北：師大書苑，p.197。
- 邱東貴（2000）。體重控制與身體組成。 *淡江體育特刊*，109-116。
- 陳坤樟（2002）。應用運動生理學。台北：五南圖書出版公司，103-144。
- 曹德弘（1997）。身體組成測量方法的新動向。 *中華體育*，11（3），49-54。
- 彭巧珍、姚維仁、郭素娥、郭惠卿、劉燕居、蘇珮琪、黃晉瑩（1996）。利用雙能X光吸收儀校訂生物電阻測量儀測定健康中國成人體脂肪之公式。 *臺灣營養學會雜誌*，21，49-66。
- 黃耀宗、黎玉東（2010）。身體組成與多頻生物電阻法。 *大專體育*，108，93-99。

附錄一、受試者同意書

人體及動物實驗評議委員會

生物阻抗法在腹部脂肪測量應用臨床試驗受試者同意書

(其它，包括：醫學影像、放射治療…等)

IRB 編號：

計畫名稱：生物阻抗法在腹部脂肪測量應用

執行單位：財團法人仁愛綜合醫院

主要主持人：莊芝林 職稱：放射部主任 電話：

協同主持人：陳裕鏞 職稱：專任副教授 電話：0919132295

二十四小時緊急聯絡人電話：

受試者姓名： 性別： 年齡： 病歷號碼：

通訊地址： 聯絡電話：

法定代理人姓名（受試者為無行為能力或限制行為能力人）：

與受試者關係： 性別： 年齡： 身份證字號：

通訊地址： 聯絡電話：

一、背景簡介：人體中影響健康風險最高的為腹部脂肪組織，因該組織會分泌發炎因子、使血管硬化造成高血壓，同時釋放游離型脂肪酸，使血脂異常、體內三酸甘油脂升高、高密度膽固醇降低、並增加胰島素阻抗性，影響血糖代謝。因此對於現有生物阻抗法技術如何從測量人體體脂肪率、各肢段的體脂肪率，進而估測腹部脂肪的分布狀況與大小是必要的。

二、試驗的目的及方法：

本研究是以 DXA 與電腦斷層掃描所測得腹部脂肪面積做為參考值，再利用 BIA 所測得之阻抗值數據配合年齡、性別、身高、體重、電阻等可能因子，設為獨立變數做回歸分析或其他的統計方式，導出適合國人體型的預估公式。同時藉由生物阻抗值的測量發展出評估腹部脂肪分布狀態的技術，進而對於人體的體組成狀況與腹部脂肪進行做估測

三、納入及排除條件：

受測者納入條件為：健康正常人士，並無重大疾病。排除條件為：重大慢性疾病，如罹患高血壓、糖尿病、癌症、腎功能不彰、肝臟疾病、長期肺功能有問題、體內植入有電子輔助儀器與有懷孕可能的婦女。

四、試驗方法及相關檢驗：

1. 先填寫受試者個人基本資料。
2. 由實驗人員仔細說明實驗的方法、流程和步驟，直到受試者完全瞭解清楚，並告知 DXA 與 CT 應用輻射劑量與其可能影響。
3. 測量身高、腰圍、臀圍。
4. 先以站上生物阻抗測試平台量測身體各肢段與腹部之阻抗值。
5. 接受雙能 X 光的測試，可充分了解全身體組成之狀況。
6. 接受電腦斷層掃描檢測，掃描部位為腹部、臀部與大腿等三個部位。
7. 確認資料。
8. 結束測試。

五、可能產生之副作用、發生率及處理方法：

生物阻抗法測量所需的電流大小範圍為(300-800 微安培)，對於人體幾無感覺與影響，且現有研究與臨床報告中，皆無對受測者有不良影響的案例出現。

本實驗應用 DXA 測量受測者體組成時之劑量，每一受測者不大於 20 μ Gy。

應用 CT 測量腹部、臀部、大腿掃描切片期電腦斷層掃描參數設定為 X 光球管電壓量為:125KV，350mA，掃描時間 4 秒,切片厚度 8mm，為人體接受劑量為每年允許劑量之 1/100，故無安全無虞。

六、本疾病相關之其他替代療法及說明：

本研究實驗性質並無此點問題。

七、試驗預期效益：

實驗的結果將能夠提供客觀且量化的數據讓分析人員應用分析。

八、試驗進行中受試者之禁忌、限制與應配合之事項：

健康人士並無特別須配合的事項，除女性受測者須在非經期中進行測量。

九、機密性：

經由簽署受試者同意書，受試者即同意其測量紀錄可直接受實驗主持人、人體試驗委員會及主管機關檢閱，以確保臨床試驗過程與數據符合相關法律及法規要求，並承諾絕不違反受試者身分之機密性。

辨認受試者身分之紀錄應保密，且在相關法律及法規要求下將不公開。如果發表試驗結果，受試者之身分仍將保密。

十、賠償與保險：

※ 如依本研究所訂臨床試驗計劃，因而發生傷害，由啟德電子股份有限公司（試驗委託者機構或廠商/若無委託機構，請填寫計畫主持人）負擔責任，依法賠償。由啟德電子股份有限公司（試驗委託者廠商機構/若無委託機構，請填寫計畫主持人本人）提供本試驗相關訊息暨諮詢。（註：試驗委託者應負責試驗主持人

或試驗機構因試驗所生之賠償責任或投保責任保險。)

※ 除法定賠償及醫療照顧外，本研究不提供其他形式之賠償或補償。若您不願意接受這樣的風險，您有權選擇不參與這項試驗。

十一、受試者權利：

- A. 受試者參加本試驗皆不須繳交額外費用。
- B. 試驗過程中，與您的健康或是疾病有關，可能影響您繼續接受臨床試驗意願的任何重大發現，都將即時提供給您。
- C. 如果您在試驗過程中對試驗工作性質產生疑問，對身為患者之權利有意見或懷疑因參與研究而受害時，可與本院人體及動物實驗評議委員會聯絡請求諮詢，其電話號碼為：
04-24819900 轉 1167。
- D. 為進行試驗工作，您必須接受莊芝林醫師的照顧。如果您現在或於試驗期間有任何問題或狀況，請不必客氣，可與在仁愛綜合醫院放射科的莊芝林(全天二十四小時皆可聯繫電話)醫師聯絡。(若試驗主持人非直接從事醫療業務之醫師，亦可更改為可全天二十四小時皆可聯繫之試驗主持人或試驗團隊成員，但需有義務協助受試者並提供必要之就醫援助)
- E. 主持人已將同意書副本交給您，並已完整說明本研究之性質與目的。莊芝林主持人已回答您有關藥品與研究的問題。

十二、試驗之退出與中止：

受試者可自由決定是否參加本試驗，並於試驗過程中可隨時撤銷同意，退出試驗，不須任何理由，且不會引起任何不愉快或影響其日後醫師對受試者的醫療照顧。此外，受試者並已充份了解試驗主持人或贊助廠商亦可能於必要時中止該試驗之進行。

十三、其它：

1. 本計劃執行機構將維護受試者在試驗過程中應得之權益。
2. 受試者於試驗過程中無須提出任何理由可隨時撤回同意，退出試驗，且不會引起任何不愉快或影響。

3. 研究資料、成果可能會發表於學術性雜誌，但受試者姓名將不會被公布，受試者之隱私將予以保密。
4. 若發生由實驗計畫執行引起之傷害時，計畫主持人將依法負損害賠償責任。

十四、簽章：

- A. 主要主持人、協同主持人或代理主持人已詳細解釋有關本研究計畫中上述研究方法的性質與目的，及可能產生的危險與利益。

主要主持人/協同主持人/代理主持人簽章：

日期：_____年_____月_____日

- B. 受試者已詳細瞭解上述研究方法及其所可能產生的危險與利益，有關本試驗計畫的疑問，業經計畫主持人詳細予以解釋。本人同意接受為臨床試驗計畫的自願受試者。（受試者為無行為能力人者，由法定代理人代為之；受試者為限制行為能力人者，應得法定代理人之同意；受試者雖非無行為能力或限制行為能力者，但因無意識或精神錯亂無法自行為之時，由有同意權之人為之。前項有同意權人為配偶及同居之親屬。）

受試者簽章：

（法定）代理人或有同意權人簽章：

關係：

身份證字號：

聯絡電話：

通訊地址：

簽章：

日期：_____年_____

月_____日

- C. 受試者、法定代理人或有同意權之人皆無法閱讀時，應由見證人在場參與所有有關受試者同意書之討論。見證人應閱讀受試者同意書及提供受試者之任何其他書面資料，以見證試驗主持人或其指定之人員已經確切地將其內容向受試者、法定代理人或有同意權之人為解釋，並確定其充分了解所有資料之內容。第一項情形，受試者、法定代理人或有同意權之人，仍應於受試者同意書親筆簽名並載明日期。但得指印代替簽名。見證人於完成第二項之行為，並確定受試者、法

定代理人或有同意權之人之同意完全出於其自由意願後，應於受試者同意書簽名並載明日期。試驗相關人員不得為見證人。

見證人簽章：

姓名：

身份證字號：

聯絡電話：

通訊地址：

簽章：

日期：_____年_____月_____日

同意書建議書寫提示

1. 建議書寫提示（一）：

●書寫請參閱藥品之臨床試驗受試者同意書提示

●第 10 項 賠償與保險（範本範本提及之另一格式）

註：若同仁自行撰寫，符合本院自行列管之學術研究案件（需沒有商業用途、無廠商委託補助。又不屬於醫療法第八條定義之新藥、新醫療器材及新醫療技術範圍），有關「賠償與保險」一欄位，仍不宜空白，建議書寫格式如下：

- （一）本採取檢體步驟（是/不是）常規醫療業務的一部分。
- （二）如依本研究所訂計劃，因而發生傷害，您仍受醫療法保障。計劃主持人願提供本試驗相關訊息暨諮詢。
- （三）除法定賠償及醫療照顧外，本研究不提供其他形式之賠償或補償。若您不願意接受這樣的風險，您有權選擇不參與這項試驗。
- （四）其它：保險事宜，目前並未強制，請主持人自行斟酌。

2. 建議書寫提示（二）：

若本試驗屬查驗登記案件，或使用之藥品尚未領有國內許可證，請主持人依衛生署藥品優良臨床試驗準則及相關法規，充分提供受試者以下資訊內容：

- 一、臨床試驗為一種研究。
- 二、試驗之目的。
- 三、試驗治療及每個治療之隨機分配機率。
- 四、治療程序，包含所有侵入性行為。
- 五、受試者之責任。
- 六、臨床試驗中尚在試驗之部分。
- 七、對受試者或對胚胎、嬰兒或哺乳中幼兒之可預期危險或不便處。
- 八、可合理預期之臨床利益。
- 九、其他治療方式或療程，及其可能之重要好處及風險。
- 十、試驗相關損害發生時，受試者可得到之補償或治療。
- 十一、如有可獲得之補助，應告知參與臨床試驗之受試者。

- 十二、如有應支付之費用，應告知參與臨床試驗之受試者。
- 十三、受試者為自願性參與試驗，可不同意參與試驗或隨時退出試驗，而不受到處罰或損及其應得之利益。
- 十四、由簽署受試者同意書、受試者即同意其原始醫員、紀錄主管直接受監測、以確保者、臨床試驗過程與反受試者、治療會符合身分之機密性。紀錄應保密，且在相關法律及辨認受試者身分之機密性。紀錄應保密，且在相關法律及辨認受試者身分之機密性。紀錄應保密，且在相關法律及辨認受試者身分之機密性。
- 十五、若願即告知。獲知與試驗之傷害可預之。
- 十六、受試者終止參與試驗。
- 十七、受試者終止參與試驗。
- 十八、受試者終止參與試驗。
- 十九、受試者終止參與試驗。
- 二十、受試者終止參與試驗。

人體及動物實驗評議委員會

受試者知情同意回饋評估表單

Informed Consent Evaluation Feedback Tool

親愛的受試者（或法定代理人）您好：

為確認執行試驗之研究人員能確實為您詳盡說明及告知本試驗效益與風險，仁愛醫療財團法人人體及動物實驗評議委員會與研究計畫主持人，將藉由此問卷調查各位受試者對試驗執行之理解、與維護試驗執行的品質與您的權益：

試驗名稱：生物阻抗法在腹部脂肪測量應用

試驗主持人：莊芝林，受試者知情同意書解說人：謝坤昌 / 蕭安琪

- | | | |
|----|--|---|
| 1. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 您確實了解您所參與試驗之目的為何？包括試驗藥物 / 醫材 / 食品 / 其它：_____ 的明確用途？ |
| 2. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 您確實了解您所參與試驗之可能獲益為何？（對自己是否有好處？） |
| 3. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 您確實了解您所參與試驗之可能風險與副作用為何？檢體的用途？配合試驗進行所帶來的任何不便？ |
| 4. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 對於您的狀況，除了參與試驗外，有沒有其他的選擇？包括其他的治療方式？醫師 / 主持人是否對您詳細解說？ |
| 5. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 您參與試驗是否造成您負擔額外花費？包括多餘的掛號費？醫藥費？檢查費？若有的話，請說明：_____。 |
| 6. | <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> 否 | 您是否了解：您有絕對的自主權，可以隨時選擇退出試驗，絕不會影響您接受醫療照護的權益。 |
| 7. | <input type="checkbox"/> 是 | 您參與試驗是自願的？研究人員有義務為您詳細說 |

<input type="checkbox"/> 否	明，並經過您充分的考慮後，才簽署受試者同意書。 若 否 的 話 ， 請 說 明 原 因：_____。
8. <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	您了解研究團隊、本院人體試驗委員會及衛生主管 機關有權審閱您在試驗中的相關紀錄？但這些紀錄 將以特定的保密方式呈現（如：以代號或編碼表 示），絕不會透漏您個人的隱私？
9. <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	您對執行試驗的主持人研究團隊若有其他問題或建 議？ 若是的話，請列出：

您可以選擇具名或匿名： _____，日期： _____

仁愛醫療財團法人 人體及動物實驗評議委員會 敬上
 04-24819900 轉 1167