

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
體育研究所碩士學位論文

**生物阻抗應用於大學優秀男子籃球員之
身體組成分析**

**Bioelectrical impedance analysis
measurement of body composition in elite
collegiate basketball players**



研究生：陳國維 撰

指導教授：陳裕鏞 博士

協同指導：謝坤昌 博士

中華民國 100 年 8 月

論文名稱：生物阻抗應用於大學優秀男子籃球員之身體組成
分析

總頁數：54 頁

院校所組別：國立臺灣體育學院體育研究所自然科學組

畢業時間及提要別：九十九學年度第二學期碩士論文題要

研究生：陳國維

指導教授：陳裕鏞博士

協同指導：謝坤昌博士

中文摘要

生物阻抗分析法(BIA)可簡便、快速、無侵入性地估測身體組成。本研究探討 BIA 如何正確的應用在特定的族群，更建議要依受測者條件選擇適合的估測方程式。本研究以 21 名臺灣體院男子籃球隊員為受測者(年齡 20.8 ± 1.7 歲，身高 185.2 ± 7.5 cm, 體重 80.5 ± 13.2 kg), 以雙能 X 光吸收儀(DEXA)為效標，比較多肢段生物阻抗分析儀(BIA₈)所估算出各肢段的去脂肪質量(FFM)及以應用多元迴歸分析所得到的各肢段 FFM 之估測方程式，該 FFM 方程式應用的變數為阻抗值、配年齡、身高及體重等參數。結果顯示：籃球運動員在各位置的身高、體重、體脂肪百分率及全身 FFM，後衛、前鋒(後衛<前鋒)及後衛、中鋒(後衛<中鋒)比較皆有顯著差異($p < 0.05$)，但前鋒和中鋒之間無顯著差異($p > 0.05$)。新建立預估方程式估測所得之 FFM 及 BIA₈ 測出之 FFM 與 DEXA 的相關係數分別為 $r = 0.932$ 、 0.941 ，兩者與 DEXA 測出之 FFM 皆有高相關。DEXA 對 BIA₈ 的 bias 為 -2.964 kg，新建立之預估方程式估測優於 BIA₈ 的測量結果；新建立之體組成方程

式、BIA₈對DEXA的FFM偏差範圍(2 S.D)分別為5.320及6.321 kg，新建立預估方程式優於BIA₈的測量結果。結論：本研究之籃球運動員其前鋒和中鋒的體型相近。另外；以新建立之預估方程式估測籃球員的FFM優於多肢段生物阻抗分析儀(BIA₈)之測量結果。

關鍵詞：生物阻抗分析、雙能X光吸收儀、去脂肪質量、籃球員

Chen, Kuo-Wei (2011). Bioelectrical impedance analysis measurement of body composition in elite collegiate basketball players, Unpublished master thesis, National Taiwan College of Physical Education.

Abstract

Bioelectrical impedance analysis (BIA) can estimate body composition easily, rapidly and non-invasively. However, the prediction variation always exists between various cohorts by the everyone predictive equation. To improve the precision and accuracy of BIA measurement of body composition in athletes, 21 elite basketball players which are 20.8 ± 1.7 years old with 185.2 ± 7.5 cm in height and 80.5 ± 13.2 kg in weight, were recruited to be measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). The bioelectrical impedance, age, height and weight were calculated to create a new linear regression equation (LR) for predicting the fat free mass (FFM) for basketball players especially. The evaluated values for body composition by this predictive equation were compared to that of by BIA. The high relative correlations (R value) between the FFM measured by DEXA vs. by LR was as 0.932 and that of by BIA as 0.941. The bias as -2.964 kg in BIA was greater than in LR. The 2 S.D. in LR as 5.320 kg was less than in BIA as 6.321 kg have shown the predictive performance in LR was superior than in BIA. In short, the forward players and guard players have the similar body compositions in Taiwan area. The predictive performance in our newly created LR was greater than that of BIA.

Keywords: Bioelectrical impedance analysis (BIA), Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), fat-free mass (FFM), basketball player

誌 謝

這份研究論文能夠完成，要感謝的人實在太多了。首先要感謝的是我的論文指導教授 - 裕鏞老師。自從進入老師門下，學習到很多，不管是學術上或者實務上，老師總會適時的給我寶貴意見，並耐心的給予指教與鼓勵，使我在研究所的過程成長許多，對此感激萬分。同時更要感謝謝坤昌老師的指導，讓我在最後衝刺的關頭能夠突破。最後感謝林貴福、蔡俊傑、高明峰和葉景雯老師四位口試委員的指導，謝謝您們對我論文的指正和忠懇的建議，讓我開啟另一扇智慧之窗。

感謝的人實在太多：協助實驗完成的籃球隊麥財振教練，總是不停的鼓勵我；以及彼此互相打氣的同班的各位同學們和同門的兄弟姐妹們：哲偉、伯瑋、家偉、哲宇、于嘉、永禔及關心我的朋友。此外，也要感謝所有幫忙完成實驗的籃球隊學弟們，有你們我的論文才可以順利完成。

最後，感謝家人所給我的支持、鼓勵及協助，感謝親愛的老爸及老媽不辭辛勞的培育我，為我加油打氣，感謝我親愛的另一半，默默地全力支持及體諒，給予我信心，讓我無後顧之憂地全力衝刺且順利完成研究工作，為了你們我會繼續努力向前邁進。

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
誌 謝.....	IV
目 錄.....	V
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究背景.....	2
第三節 研究目的.....	4
第四節 研究假設.....	4
第五節 名詞解釋.....	5
第六節 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 身體組成對運動員的重要性.....	13
第三節 生物阻抗分析在身體組成的應用.....	15
第三章 研究方法.....	21
第一節 研究對象.....	21
第二節 實驗時間與地點.....	21
第三節 實驗設計與流程.....	21
第四節 資料處理與分析.....	24
第四章 結果與分析.....	25
第一節 籃球運動員各位置的比較.....	25
第二節 估測去脂肪量之新建立預估方程式.....	29

第三節	估測運動員體脂肪百分率之比較.....	30
第四節	估測運動員去脂肪量之比較.....	34
第五章	結論與建議.....	38
參考文獻	40

表目錄

表 4-1	受測者基本資料	25
表 4-2	雙能 X 光吸收儀估測之後衛各項數值	25
表 4-3	雙能 X 光吸收儀估測之前鋒各項數值	26
表 4-4	雙能 X 光吸收儀估測之中鋒各項數值	26
表 4-5	生物阻抗分析儀估測結果之後衛各項數值	26
表 4-6	生物阻抗分析儀估測結果之前鋒各項數值	26
表 4-7	生物阻抗分析儀估測結果之中鋒各項數值	27
表 4-8	雙能 X 光吸收儀-各位置之比較	27
表 4-9	生物阻抗分析儀-各位置之比較	29
表 4-10	雙能 X 光吸收儀估測之去脂肪量及體脂肪百分率	31
表 4-11	生物阻抗分析儀估測之去脂肪量、體脂肪百分率阻抗值	31
表 4-12	雙能 X 光吸收儀與各估測方法的體脂肪百分率差值	33
表 4-13	生物阻抗分析與雙能 X 光吸收儀比較之各數值	35
表 4-14	新預估方程式與雙能 X 光吸收儀比較之各數值	35
表 4-15	雙能 X 光吸收儀與各估測方法的去脂肪量差值	37

圖目錄

圖 2-1	圓柱導體電阻示意圖	16
圖 2-2	人體電阻偵測圖	16
圖 3-1	實驗流程圖	23
圖 4-1	新建立之預估方程式估測運動員的體脂肪百分率	32
圖 4-2	生物阻抗分析儀估測運動員的體脂肪百分率	33
圖 4-3	新建立預估方程式估測運動員的去脂肪量	36
圖 4-4	生物阻抗分析儀估測運動員的去脂肪量	37

第一章 緒論

第一節 前言

隨著國人平均體重的增加及健康概念的普及，除了關心自己體重外更應該了解自己的身體組成 (body composition)。身體組成二分子模式 (two-component molecular model, 2-C) 將體重分為脂肪 (Body fat, BF) 組織及非脂肪 (Free fat mass, FFM)。體脂肪雖然是人體活動的熱量來源，但過多的脂肪不但容易形成肥胖，也會對各項運動表現有不利的現象 (Wilmore, 1983)，而體重控制的要點，不是關心自己體重減少與否，應專注在減少脂肪量，及維持或提升肌肉量。

近年來，肥胖在現今人們身上已是普遍存在的現象，國人飲食習慣與生活型態受到西方國家影響而改變，例如：高熱量速食產品、高糖分的飲料以及坐式生活，讓身體過度脂肪堆積導致肥胖人口逐年增長，這些情形都會影響身體的適能。有文獻指出肥胖所導致的健康風險，常見的有冠狀動脈心臟病、血壓異常、糖尿病、腦血管疾病、血脂肪代謝異常、癌症及骨關節炎等 (Krauss, Winston, Fletcher, & Grundy, 1998; Visscher & Seidell, 2001)，也有研究發現，肥胖與死亡率是有密切相關聯的 (Gu, et al., 2006)。體內有過多脂肪造成肥胖會影響人的健康，當體內脂肪太低，也容易引起身體一些不適的情形，如營養失調、厭食症、精神官能症及肌肉流失等 (Kerruish et al., 2002; Misra et al., 2003; Probst, Goris, Vandereycken, & Coppenolle, 2001)。

身體組成不只對人們的健康情形有很大的影響，以運動員來說，從選材及訓練上，身體組成更是教練及選手注重的問題。Kireilis 與 Cureton (1947) 曾指出身體額外的脂肪足以影響身體活動及體適能測驗結果，因此，過多的體脂肪足以影響運動能力表現是確定的。

第二節 研究背景

任何一種體育運動中，運動員在比賽或訓練時，體重的控制是一個很重要的課題(Hendler, Welle, Statt, Barnard, & Amatrude, 1995)。同一運動項目中，選手扮演不同的角色(例如：籃球運動中的後衛、前鋒、中鋒)，都需要有其獨特的特徵型態。只以體重來當作定義身體組成的參數是不妥當且容易發生錯誤的，以上情況不只對一般民眾來說，運動員也有相同的情形。在運動員體重控制的觀點來說，使用體脂肪的改變、去脂肪重量和身體組成的指數都比單單使用絕對體重要來的有意義。換句話來說，運動員的身體組成及體態都跟其運動表現有相當大的關係。已經有文獻證明優秀運動員的肌力、速度及敏捷性與較低的體脂率有相關性(Davis, Brewer, & Atkin, 1992; Sergej, 2003; Luis, Juan, Maria, & Jesus, 2004)。籃球運動中，選手的身高、體重、體脂肪、最大攝氧量、無氧耐力、基本運動能力(肌力、爆發力、速度、敏捷性及柔軟度)是籃球選手之體能結構(陳昭彥, 1997; 蔣憶德, 1997)以及選材(張光達、張振興, 2002)的參照，都是讓籃球員在運動表現有好表現不可或缺的基本條件。有研究指出籃球員的身體組成、有氧適能、無氧爆發力及球員於

比賽場上的位置之間都有一定的相關 (Ostojic, Mazic, & Dikic, 2006)。

身體組成的測量法可分為直接分析法和間接分析法。直接分析的方法有屍體解剖和化學分析。雖然這兩種方法比較準確，但耗時過長，且操作不方便。常見的間接分析法有水中稱重法 (underwater weighing)、皮脂測量法及生物阻抗分析 (bioelectrical impedance analysis, BIA)。但因水中稱重法測量過程相當麻煩，且對於動作不方便的受試者或老年人仍有不便之處。皮脂測量法之施測工具 - 皮脂夾，雖然攜帶方便又經濟，與水中稱重法又有高相關 (Jackson & Pollock, 1985)，在相關研究上，其準確性也相當受肯定，但測量時操作較不方便。其中生物阻抗分析是利用電學原理所發展出來的，且因操作方便不需專業技術、不具侵入性、簡便（方便攜帶）、快速（測量時間短），已漸漸被實驗室、醫院、健康中心廣泛適用 (Powell et al., 2001)。

近年來，雙能 X 光吸收儀 (dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA) 是一種可用來測量人體組成的新技術，全身掃描整個過程約 20 分鐘，還能測出骨質密度，且許多研究指出 DEXA 對於估測身體組成有很高的準確 (Svendsen, Haarbo, Hassager, & Christiansen, 1993; Mazess, Barden, Bisek, & Hanson, 1990; Prior et al., 1997; Kohrt, 1998; Avesani et al., 2004)。不過，由於估測的費用相當的昂貴是需要考慮的。

就上述各種測量身體組成的方法，發現快速且精確地測出自己的身體組成的方法就是 DEXA 及 BIA。能夠快速的了解自己身體組成是非常重要的，不只對一般民眾，運動員更

是如此。但至目前為止，並沒有一個能快速又準確的計算出運動員身體組成的儀器。本研究擬以 DEXA 做為評估身體組成的效標測量工具，而 BIA 具有快速性、便利性、可攜帶、經濟、無侵入性等種種優點，期望藉由 DEXA 的準確性，比較本研究使用之 BIA 八極板分析儀 (BIA₈) 之評估結果，將 BIA 對運動員的估測做得更精確。

第三節 研究目的

基於上述研究背景，本研究之研究目的如下：

- 壹、了解臺灣體院男子籃球代表隊隊員身體組成狀況，並比較各位置間之差異。
- 貳、以 DEXA 為效標，使用 BIA 所測出的生物阻抗值搭配年齡、身高及體重，採用統計方法多元回歸分析，建立其預估方程式，以評估優秀運動員的身體組成。
- 參、以 DEXA 為效標，比較 BIA 及新建立之預估方程式所估測體脂肪百分率 (percentage of body fat, %BF) 及 FFM 間的差異。

第四節 研究假設

本研究假設如下：

- 壹、以 DEXA 測量之結果，比較各位置間 FFM 之差異，且各位置之身高、體重、體脂肪百分率及全身 FFM 有顯著差異。
- 貳、使用 BIA 所測出的生物阻抗值及優秀運動員的年齡、身

高、體重為參數，能建立估測該專項優秀運動員的估測方程式。

參、以 DEXA 所測得籃球運動員的 FFM 及 %BF 與 BIA 儀器測量之結果呈顯著相關。

肆、以 DEXA 為效標，該預估方程式與 BIA 測量比較，有較高之相關性。

第五節 名詞解釋

壹、身體組成

構成身體肌肉、脂肪、骨骼與其他系統組織的相對百分比之統稱，在應用上通常分為體脂肪與去脂肪兩部份來描述。

貳、生物阻抗分析

生物阻抗分析是根據電學原理，即電流通過任何導體都會產生電阻(resistance, R)的原理。人體為一不均質的導體，電流通過各器官後會產生不同程度的 R，利用 $V = \rho L^2/R$ (V = 體積， ρ = 物體電阻係數，L = 電導體之長度，R = 電阻大小) 公式，求得身體組成各部分所佔的體積。

參、去脂肪質量

將人體體重分為脂肪重及非脂肪重，所有沒有油脂的化學分子及組織的質量。

肆、體脂肪百分率

指一個人身體脂肪的重量在全身體重所佔的百分比，將脂肪質量除以全身質量，並乘以 100%。

第六節 研究範圍與限制

壹、研究範圍

本研究範圍是以國立臺灣體育學院男子籃球隊隊員為受試對象，年齡在 19-27 歲之間。

貳、研究限制

由於本研究受試對象皆為臺灣大專籃球聯賽甲一級的男子選手，因此，本研究結果只適合推論於相同背景之籃球選手。

第二章 文獻探討

本章將分成三節加以討論：第一節為身體組成的介紹與評估方式；第二節為身體組成對運動員的重要性；第三節為生物阻抗分析在身體組成的應用。

第一節 身體組成的介紹與評估方式

壹、身體組成的介紹

一、何謂身體組成

身體組成指身體內脂肪與非脂肪對體重所佔的比率（林正常，1997）。可以將體重分成脂肪重和非脂肪重；脂肪重又可以分成儲存脂肪重及必需脂肪重，而非脂肪重包含了骨礦物質、蛋白質及水分。非脂肪重也可以稱為去脂肪重，指的是將全身體重扣除全身脂肪重的重量。

二、體脂肪與健康

體脂肪重指的是人體中的脂肪總質量，又分為儲存脂肪重及必需脂肪重。而必需脂肪重在人體中有一定的比率，男子須為體重的 3%，女子為 12%。脂肪主要的功能有：供給能量（一克脂肪在體內燃燒可產生 9 大卡的熱量）；脂肪具有防震的功能，它可以緩衝外力，減少組織的震盪傷害；具有區隔與固定臟器的功用，當身體翻滾時，不致使臟器移位；保持體溫，是有效的隔絕體，處於低溫時可以減少體熱的流失；供給並促進脂溶性維生素的吸收與利用；構成身體組織。如果體內缺乏脂肪，會影響身體各項生理機能的運作及熱量的供應。因此，過多或過少的體脂肪都將對身體健康構成嚴

重威脅。

脂肪除了是細胞的重要成份外，最主要功能是儲存能量，能夠供給能量。不過，脂肪太多，對身體健康會有負面的影響，如：肥胖 (obesity)，即是指身體內有過多的脂肪堆積。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 (Hubert, Feinleib, McNamara, & Castelli, 1983; Taylor & Baranowski, 1991; Pietrobelli, et al., 1998; Freedman, Khan, Dietz, Srinivasan, & Berenson, 2001; Grundy, 2004)。因此體脂肪量對健康而言，則是一種重要的參考指標。不管脂肪過多或太少都對身體的健康有一定的影響。

貳、身體組成的模式分類

身體組成成份的區分模式，依照檢測所使用的儀器，有不同的區分模式 (Kenneth, 2000)：

一、二分法模式

二分法模式也可稱為 2-C 分子模式，是最早使用的模式，可將身體分成以下兩種成份：

- (一) 脂肪質量：身體中所有脂肪組織或其他組織可以取出的油脂。
- (二) 去脂肪質量：所有剩餘的，沒有油脂的化學分子及組織，包含水、肌肉、骨、結締組織、內臟器官等。

二、三分法模式

三分法模式主要是將身體組成分成脂肪、骨骼和肌肉三種成分。又可細分成以下兩種模式：

- (一) 3-C 組織模式 (three-component tissue model)

1. 脂肪

2. 骨礦物質量 (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

四分法模式主要是將身體組成分成脂肪、礦物質、身體總蛋白質及身體總水量 (total body water, TBW) 四種成分。

四、流體變化模式 (fluid metabolic model)

本模式是新的一種研究模式，將身體組成分成原子、分子、細胞、組織四種層次來討論，可細分為以下五種成分：

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

參、身體組成的評估方式

比較簡單又容易進行的評估方式有以體重 (Kg) 除以身高 (公尺) 的平方求得的身體質量指數 (BMI)，以及以腰圍除以臀圍的比率的腰臀比 (WHR)，這兩種方法是初步評估自己身體組成最常用的方法，但卻不能提供有關體脂肪或非脂肪量的相關資料。

身體組成有很多種的評估及測量方法 (Kenneth, 2000; 曹德弘, 1997; 林正常, 2002)。測量身體組成最直接的方法就是將全身按化學分析法，將身體分成水重、脂肪重、蛋白

質重及礦物質重。一般來說可以分成身體組成的測量法可分為直接分析法和間接分析法。直接分析的方法有屍體解剖和化學分析。但這兩種方法，需要的時間過長，參與的人數眾多，且須要有解剖的動作，操作相當不方便。而間接分析法有很多種，如：水中稱重法、皮脂厚度測量(skinfold thickness, SKF)、鉀-40(potassium-40)、近紅外線測定法(near-infrared interactance, NIR)、超音波法(ultrasound)、核磁共振造影(magnetic resonance imaging, MRI)、身體電氣傳導(total body electrical conductivity, TOBEC)、生物阻抗分析(BIA)及雙能 X 光吸收儀(DEXA)等，其主要測得的身體組成成份因使用的方法而不同。

其中，有許多方法是相當耗費人力及時間，且設備昂貴（鉀-40、TOBEC 法、超音波法、MRI 及 DEXA），這些方法都很難快速且方便的用來分析身體組成，讓民眾或運動員了解自己的身體組成狀況。下列將介紹數種生理學家常用一般較簡易測量的方法：

（一）水中稱重法

水中稱重法是利用阿基米德原理，測出受試者的陸上體重、水中的體重、殘氣量與當時水的密度，再算出全身的身體密度(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】

得知身體密度後，再將身體以二分法的模式分為脂肪重及非脂肪重這兩大類，最後可由身體密度轉換成體脂肪百分比(%BF)。二分法模式必須認定組織的成分必須是恆定的，也就是 FM 的密度為 0.900g/ml、FFM 的密度為 1.1g/ml。最

具代表性的體脂肪測量公式為 Siri 公式 (Siri, 1956) :

Siri 公式 : % BF = [495/Db - 450]。

(二) 皮脂厚度測量 (SKF)

皮脂厚度測量是一種以測量皮下脂肪來評估身體總脂肪量的一種方法。利用的工具是為皮脂夾，常測量的部位有肱三頭肌、胸肌、腸骨肌、肩胛下肌、腹部和大腿等等。每部位測量兩次的平均值需相差 10% 內才可採用，再將算出之皮脂厚及年齡代入依不同種族、性別及活動程度的預測公式可算出身體密度。再將身體密度代入 Siri 公式即可算出 % BF。以下為男性與女性的身體密度公式 (Jackson & Pollock, 1985) :

$$\begin{aligned} \text{♂ : 身體密度} &= 1.1125025 - 0.0013125(X1) + 0.0000055(X1)^2 \\ &\quad - 0.000244(X2) \end{aligned}$$

X1 = 胸部、三頭肌及肩胛下方皮脂厚之總和

X2 = 年齡 (歲)

$$\begin{aligned} \text{♀ : 身體密度} &= 1.089733 - 0.0009245(X1) + 0.0000025(X1)^2 \\ &\quad - 0.000979(X2) \end{aligned}$$

X1 = 三頭肌、腸骨上方及腹部皮脂厚之總和

X2 = 年齡 (歲)

(三) 生物電阻法 (BIA)

BIA 的原理是利用電流通過身體的不同組織，產生不同的傳導速度、阻抗及電位，再搭配估測方程式以評估身體組成。在脂肪部份電流的速度較慢，電阻較大；在非脂肪部份，因有水份和電解質，電流速度較快，電阻較小。

而估測需要效標，下列將介紹較為精確性且可視為效標標準的一種方法：

(一) 雙能 X 光吸收儀 (DEXA)

DEXA 是一種新的技術，根據雙光子吸收測量法 (dual-photon absorptiometry, DPA) 的原理而發展出來的。利用 X 光來測量全身，並以高精確度來評估淨組織、骨質、礦物質及脂肪。這種方法將身體分為全身的礦物質 (bone mineral mass, BMM)、非礦物質的瘦肉組織 (bone-free lean tissue mass, LTM)、脂肪三種質量。X 光的能量被身體中的骨質及軟組織所吸收而使輻射線衰減，而不同的組織因不同的密度及化學成份而吸收的輻射量不同，所以輻射的衰減量也因穿透脂肪、瘦肉組織及骨頭而不同，這些輻射的衰減資料被轉換為數位影像，影像中的每一映像點 (pixel) 對應著通過受測者的每一個點。包含骨質的映像點可依不同的輻射衰減量區分為骨礦物質質量及軟組織質量 (soft-tissue mass); 不包含骨質的映像點也依不同的衰減量區分為瘦肉軟組織 (lean soft-tissue) 及 FM 兩部份。當這兩種不同能量的 X 光同時掃描過身體後，即可依映像點的分類有不同的對應值，計算出 BMM、LTM 及 FM 的對應質量 (Bell, Cobner, & Evans, 2000)。彭巧珍、姚維仁、郭素娥、郭惠卿、劉燕居、蘇珮琪與黃晉瑩 (1996) 的一份研究報告中指出 DEXA 應用在人體組成或骨質密度測量上有相當程度的精準、正確的結果。

以上介紹之身體組成測量方法，水中稱重法相當費時、且需要特殊的儀器及個人因素在內的缺點；皮脂厚度測量法雖然省時，且測量工具攜帶方便，但因可能會有測量過程受試者與操作人員需要有身體接觸之道德問題。反觀，BIA 的優點是方便、省時、且對人體沒有侵入性，對於一般民眾及運動員可以迅速的得知自己的身體組成。

近年來，DEXA 已經漸漸的成為身體組成分析的主流。Prior 等 (1997) 研究指出 DEXA 有極高的信度，以水中秤重及 DEXA 所估測的 %BF 僅相差約 0.4%BF。DEXA 的快速 (全身掃描只需 20 分鐘)、安全、不需太多操作人員及可將個體間的骨礦物含量的差異列入考量，也不會像水中秤重或液體比重密度法因 TBW 的不穩定而受影響。而近年來，許多研究指出 DEXA 對於估測身體組成有很高的準確性 (Mazess, et al., 1990; Svendsen, et al., 1993; Kohrt, 1998; Avesani et al., 2004)。

本節小結：身體組成在日常生活與運動科學界一直都是個很重要的課題，尤其是體脂肪在身體中的比率，對於一般民眾的健康與運動員的訓練或比賽有著相當大的影響。本節介紹了許多身體組成的測量方法，最常見的有水中稱重法、皮脂厚度測量法、BIA 及 DEXA。但針對各方法之優缺點，且本研究欲尋求的是方便、快速、低花費、高準確性的方法，所以，針對簡單、快速、可攜帶、無侵入性的 BIA 加以探討。本研究將以 DEXA 為效標，比較 BIA 儀器的準確性。

第二節 身體組成對運動員的重要性

在 1947 年時，Kireilis 與 Cureton 就已指出身體額外的脂肪足以影響身體活動及體適能測驗結果，因此，過多的體脂肪足以影響運動能力表現是相當肯定的。研究指出體脂肪百分比與運動能力成顯著負相關的結果：脂肪越多，運動能力越差 (Riendeau, Welch, Crisp, Crowley, & Brockett, 1958)。體脂肪過多確實足以影響運動表現是可以肯定的。體脂肪百分

比與運動型態有密切的關係，各項運動的技能表現有其相互配合的身體組成（林貴福、盧淑雲，1985）。陳昭彥（1997）統整多所美國大學籃球隊、澳洲職業籃球隊、波多黎各、加拿大等男性國家代表隊之體脂肪百分比，其範圍約 10.0% 至 14.9%。並指出基於球場上的表現，球員體脂肪百分比低是較有利的。籃球運動中，選手的身高、體重、體脂肪、最大攝氧量、無氧耐力、基本運動能力（肌力、爆發力、速度、敏捷性及柔軟度）是籃球選手之體能結構（陳昭彥，1997；蔣憶德，1997）以及選材（張光達、張振興，2002）的參照，都是讓籃球員在運動或比賽時有好表現不可或缺的基本條件。籃球場上各個位置的體型也有所差異，蔣憶德（1997）也指出中鋒球員主要活動範圍在禁區，所需的體型必須比較高大。Bale(1991)發現女子籃球運動員之中鋒的體脂肪分別大於前鋒及後衛，且中鋒擁有較高的身高、較長的上下肢及較大的臀圍和肌肉。Ostojic 等（2006）的一份研究中，中鋒的身高及體重都較前鋒和後衛高，也有較高的體脂肪，但中鋒的最大攝氧量較前鋒和後衛低，由這些結果可發現籃球員的身體組成、有氧適能、無氧爆發力及球員於比賽場上的位置之間都有一定的相關。Sallet, Perrier, Ferret, Vitelli 與 Baverel（2005）也發現中鋒的身高及體重都較前鋒和後衛高且重，而中鋒在有氧能力的測驗都較前鋒及後衛差。以上的研究足以證明籃球運動中，球場上各個位置需要其獨特的體型及身材，且較低的體脂肪可以讓選手球場上的表現有更佳的優勢。

雖然肥胖會導致運動能力下降、散熱能力差、心臟負擔重、反應遲鈍等現象，可以說是運動表現的絆腳石，但也不

能一味地減重。Houston (1981)研究指出急速減重對體重、肌肉肝醣與肌力的影響，結果由於肌肉肝糖量的降低，腿伸展力顯著地下降。

本節小結：體脂肪對運動表現的關係影響甚大，較低的體脂肪可以讓選手球場上的表現有更佳的優勢。籃球場上，球員可以分成後衛、前鋒及中鋒，而其每個位置都有其獨特的身材條件。例如：中鋒的體型須要比較高壯，且通常體脂肪的比率都比前鋒及後衛要高。選手在訓練及比賽期間，測量體脂肪是有必要的，可以讓選手了解體重增加是增加體脂肪還是增加肌肉量。本研究以雙能 X 光吸收儀及生物阻抗分析儀之測量結果，比較籃球員各位置之身高、體重、體脂肪百分率及全身 FFM 之差別。

第三節 生物阻抗分析在身體組成的應用

壹、生物阻抗分析的原理

生物阻抗分析由於在測量時具有便利性、有效性及可靠性，近年來逐漸受到研究者及相關業者所使用。綜合 Kenneth (2000)；王家偉、陳裕鏞 (2010)；黃耀宗、黎玉東 (2010) 等研究報告整理出生物阻抗分析的基本原理如下；

生物阻抗的基本原理可視為導體與電阻的關係延伸。對於一均勻材質的導體通以電流，電阻 (resistance, R) 與其長度 (length, L) 成正比、與截面積 (cross sectional area, A) 成反比關係；導體的 R 、 A 、 L 的關係為 $R = \rho(L / A)$ ，而 ρ 為電阻率 (resistivity) 而且若此導體視為一圓柱體，其體積為 ($V = L \times A$)，則可將上列公式轉換為以下公式： $R = \rho(L^2 / V)$ 和

$V = \rho(L^2 / R)$, 可利用上面公式估算出導體的體積(如圖 2-1)。

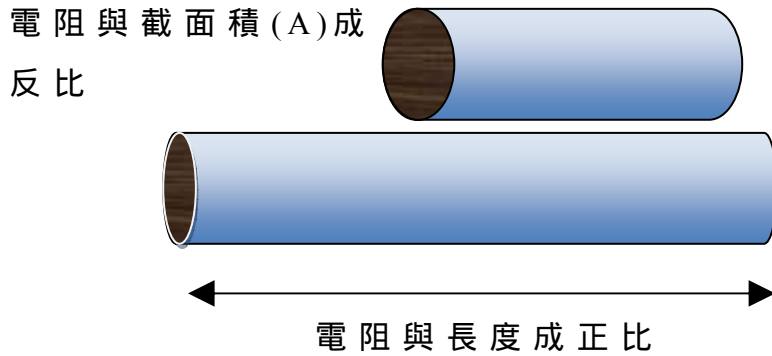
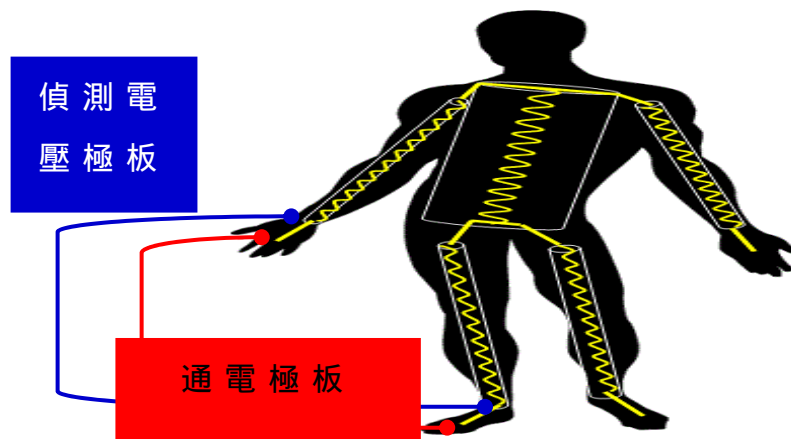


圖 2-1 圓柱導體電阻示意圖

早期的生物阻抗儀將人體視為一均勻的圓柱體(如圖 2-2), 在兩個電極之間(手腕及腳踝)都使用一樣的電阻率(ρ), 但我們了解身體各個部位的截面積及構成的物質並非完全相同。人體的組成不同於均勻材質的金屬, 將人體通以電流, 除了脂肪可視為不導電的絕緣體外, 其他的部分還會產生電抗(reactance, X_c)及電阻 R , 而阻抗(impedance, Z)則是 X_c 和 R 合併結果, X_c 的產生是源自電流通過於細胞膜, 而電流通過 ICW 及 ECW 亦會產生 R 。



2-2 人體電阻偵測圖

傳統上，單頻的 BIA 電極板是附著在手腕、手背、腳踝及腳背，也有以仰臥姿勢，讓四個電極是附在兩個手腕及兩個腳踝，還有手對手或腳對腳測量模式的儀器，以 50KHz 的電流來測量，在近端的極板偵測身體所產生的 X_c 、R 和 Z，計算 ECW 及部分 ICW 的 R，再經由經驗或實驗所得的方程式估算 TBW 及 FFM。因為身體水份中的電解質是電流的較佳導體，當水分越多，身體的 R 越少，電流越容易通過；反之，受試者的脂肪越多，R 就越大，因為脂肪組織含有較少的水分及較多的三酸甘油脂，是不良的導體，所以，依兩者不同的導電性可計算 TBW 及脂肪各自佔有的比例。單頻的 BIA 只能估計身體的總水量 (TBW)，而無法區分細胞內液 (ICW) 和細胞外液 (ECW)。

多頻的 BIA 可以改善單頻 BIA 在評估 ICW 及 ECW 的精確性，它使用不同的電流 (5, 50, 100, 200KHz)，依照穿透細胞不同的電流，測量細胞間的空間，產生不同的 X_c 及 R，可以估算 FFM、TBW、ECW 及 ICW。如此一來，多頻的 BIA 可以比單頻的 BIA 更準確的估算 ECW 及 ICW。

市面上許多身體組成分析儀為了導出 %BF、FM 及 FFM 的估測方程式，使用受測者在 DEXA 所測得的資料與其年齡、身高、體重及阻抗值重複實施回歸分析，採用不同部位的阻抗值，可分別導出全身及其他肢段的估測方程式，而以這些估測方程式所計算出的 %BF、FM 及 FFM 與 DEXA 存在著極高的相關及穩定性 (王家偉、陳裕鏞，2010)。目前的 BIA 儀器已將這些估測方程式內建於 BIA 測量儀中，所以受測者就可立即地獲得自己身體組成的資料。

最初使用的儀器以全身性 BIA 為主，但因全身性 BIA 儀

器必須要有足夠的空間讓受試者採標準臥姿測量，施測場所依舊受到限制，且至少需要有一位黏貼極板等的操作員。為了使 BIA 更便利，儀器公司克服重力所帶來的偏差，研發出站姿的 BIA，外型貌似體重計，受試者不必躺在床上即可測量，測量方式也與體重計雷同，只要在測量前設定好自己的性別、年齡、身高，站上儀器，不需有操作員的協助，電流通過下肢肢段並偵測下肢的阻抗值，則可估算出 %BF，如此使得 BIA 更不受場地的限制。近來，站姿 BIA 僅以下肢阻抗值估算全身 %BF，為了更詳細地了解各肢段的阻抗值，以更精準地估測各肢段的 FFM 或 %BF，除了站姿 BIA 原有的足底四個極板外，再加上手握的四個極板，分別為兩腳尖、兩腳跟、兩手指尖及兩腳掌，電流由末梢的兩腳尖及兩手指尖供應，並在兩腳跟及兩腳掌測量阻抗值，以估測各上下肢及軀幹的 FFM 或 %BF。儀器公司所開發出八極板 BIA(BIA₈)就是多肢段 BIA，對於身體組成的測量與應用又向前邁進一大步。

BIA 分析儀測量運動員的身體組成必需要新建立特定的預估方程式，不能選擇適用於一般人的方程式(Kyle et al., 2004)。有一份研究指出使用 BIA 分析儀以一般民眾的預測方程式來估測運動員的 %BF 與 DEXA 比較，R 值只有 0.62 (Stewart & Hannan, 2000)。雖然 BIA 的優點很多，但它需考慮不同使用者的條件，選擇適當的預測公式，其條件包含了年齡、性別、種族、體脂肪百分比等，且依不同活動程度的使用者也有不同的估測方程式。大部分 BIA 儀器已經內建一般或運動員類型的估測方程，可提供不同活動量的使用者測量。但若考慮運動型態的特殊性及差異性，不同運動類型應該也必須擁有不同的預測公式，若該受試者的條件均不符合

已提供公式的基本條件，或基本假定，勉強代入運算估計，會造成信效度不足的情形 (Heyward & Wagner, 2004)。

貳、生物阻抗分析在運動上的運用

BIA 儀器不具有侵入性，且測量快速、具有便利性、經濟性，不需要複雜的操作步驟，也不需要專業的操作人員，只要貼上電極或站至儀器上，配合選擇適當的模式，不用幾秒鐘，就可得知自己的 FFM 或 %BF。這對於想了解或控制體脂肪的民眾是一個便利的儀器。由於這樣的方便，所以常常被用於運動上面。

上述 BIA 儀器的優點，對於選手來說，如果能在訓練期間快速的測量自己的體脂肪量，可讓教練及選手了解該選手的身體組成，使訓練更有效率。且還有一些特定項目是利用體重來分級進行比賽，BIA 也能快速的測量，讓選手更放心的去準備比賽。有研究要了解規律的身體活動對身體組成的影響效果，以 BIA 對 3853 位白人隨著年齡比較其身體組成的改變 (Kyle, et al., 2001)。另外，有一份研究報告指出，利用八極板的 BIA 分析儀 (TANITA, BC-118) 估測 30 位健康的受試者和 15 位女子籃球運動員的全身及各肢段的身體組成，發現八極板的 BIA 分析儀在估測一般民眾及女子籃球運動員的身體組成有一定的準確性，是個方便又有效的一種方法 (Tatsuki, et al., 2006)。因為 BIA 儀器有著快速、便利的優點，才有辦法快速的測量如此多人的身體組成，且對專業的運動員來說，也可藉由 BIA 的估測監控體脂肪以保持最佳競賽體重。

運動員要有良好的運動表現，FFM 扮演很重要的角色。而 FFM 是由全身體重減去 FM 所得到的。Davis 等 (1992)

研究英國足球員的 %BF 及最大攝氧量之間的關係，發現有較高 %BF 是守門員，且最大攝氧量比其他球員低；而在六十米衝刺跑的時間前鋒也顯著低於守門員，可以發現 FFM 與有氧及無氧能力有正相關。一樣利用 BIA 的優點，可以快速的取得運動員的 FFM 資料。

本節小結：BIA 具有快速且便利性，只需要輸入適當的年齡、性別，並注意該儀器的所適用的人種或型態，只要站上儀器，一下子就可測得 %BF。但儀器的製造廠商內建之估算方程式應是以一般民眾為樣本所發展出來的，且基於商業考量，並非每家廠商都有提供其適用對象範圍與參考的依據讓使用者了解。不同的族群應有不同的估算方程式。本研究期望以 DEXA 為效標，用 BIA 估測的 %BF 或 FFM 與 DEXA 比較具有相關性；並以 BIA 測出各肢段阻抗值搭配本研究受試者之年齡、身高、體重，進行多元迴歸分析建立一預估方程式，以適用於籃球運動員身上。

第三章 研究方法

第一節 研究對象

本研究之受試對象為 21 位臺灣體育學院男子籃球代表隊隊員，臺灣體院男籃球隊為大專聯賽甲一級隊伍，隊員均為臺灣各地區之優秀籃球員，年齡介於 19 至 27 歲。

第二節 實驗時間與地點

壹、實驗時間

中華民國 100 年 5 月至 6 月，下午 1 點至 5 點。

貳、實驗地點

- 一、台中仁愛醫院大里分院-健康檢查中心。
- 二、國立臺灣體育學院體操館 3F-體能實驗教室。

第三節 實驗設計與流程

壹、實驗設計

一、實驗前準備

在受試者接受測量之前，告知其測量流程、研究風險、研究的益處以及其權利，請受試者簽寫同意書、填寫性別、年齡及運動類型等基本資料。確定填寫資料後，操作人員講解方法、流程、步驟，且經大里仁愛醫院人體試驗倫理委員會核可後進行。

二、受試者注意事項

測量過程為先在大里仁愛醫院實施 DEXA 測量，再至國立臺灣體育學院實施 BIA 分析儀(BIA₈)的測量，環境控制於溫度 26.7、溼度 50%，受測者需卸除身上所有的金屬物件，換上輕棉布袍，同時確認下列事項：

- (一) 測量前 4 小時未從事運動。
- (二) 測量的前 2 小時未飲食。
- (三) 測量前已排尿。

三、身體組成測量

(一) 雙能 X 光吸收儀(DEXA)

受測者去除身上所有金屬物件後身著輕棉布袍，放鬆仰臥於受測床上，雙手平放於身體兩側，兩腳微併，腳尖朝上，使用美國 GE 公司 Lunar Prodigy 之 DEXA，搭配 en Core2003 Version 7.0 分析軟體，採用全身掃描模式，每名測量時間約為 20 分鐘，測量並計算受測者全身的骨礦物含量、全身脂肪含量、非脂肪組織含量。

(二) 生物阻抗分析(BIA)

受測者赤腳測量身高，誤差為 0.5 公分。將受測者年齡、性別、身高輸入於具測量體重功能的八極板 BIA(Tanita, BC-418)，選擇運動員模式後，受測者雙腳微張站立於內嵌四個電極板的平台上，每隻腳踩住兩個極板，雙手平舉，每隻手握住內嵌有兩塊極板的把手，使受測者的每一手掌及腳掌都接觸到一塊電流供應電極(Current source electrode)和一塊測量電極(Detect electrode)，採用頻率為 50kHz、800 μ A 的電流，蒐集各肢段(左右手臂、左右腿、軀幹及全身)阻抗值，且透過儀器內建方程式估算出各肢段 FM、FFM 及 %BF，並記錄其測量結果。

四、分析比較

以 DEXA 為效標，使用 BIA 所測出的生物阻抗值搭配年齡、身高及體重，採用統計方法多元回歸分析，建立其預估方程式。並比較 BIA₈ 與預估方程式所估測之 %BF 及 FFM 之準確度。

貳、實驗流程

根據本研究目的與假設，探討以 DEXA 為效標，比較 BIA 儀器與新建立之預估方程式之準確性。依照本研究之實驗設計說明，下圖為本研究之實驗流程圖：

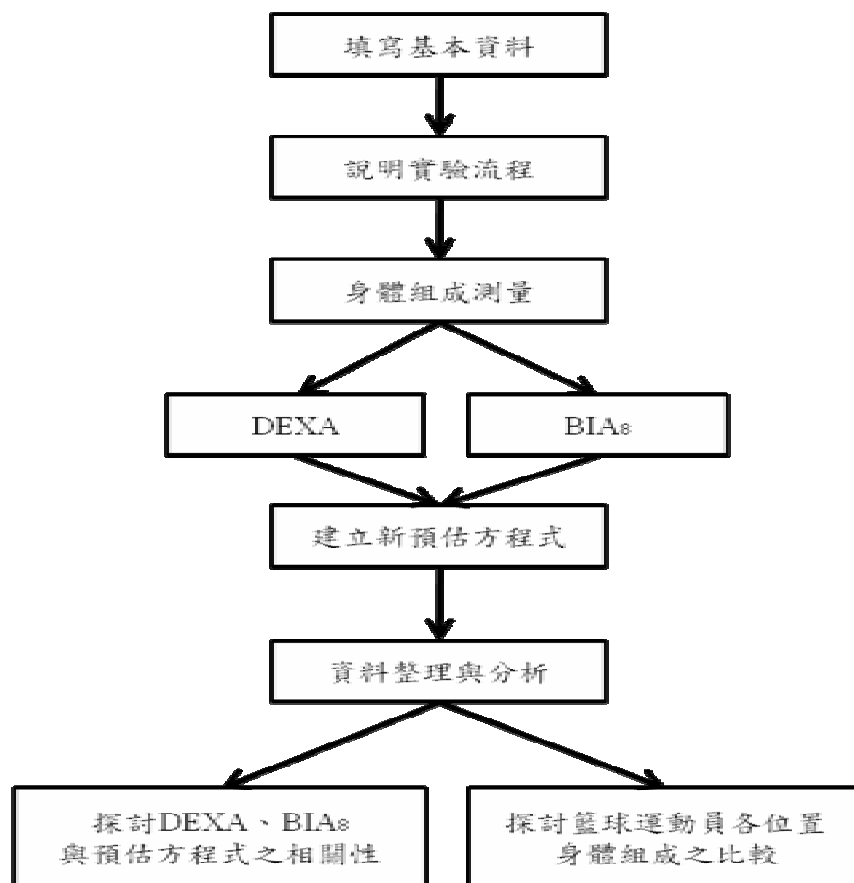


圖 3-1 實驗流程圖

第四節 資料處理與分析

- 壹、使用 SPSS 12.0 版軟體進行分析，顯著水準訂為 0.05($p < 0.05$)。
- 貳、以描述性統計表示受試對象之各項生理基本資料，如身高、體重、%BF、FFM 及 BMI 值等等；所有數值以平均數(mean)±標準差(standard deviation, SD)表示。
- 參、使用多元回歸分析，以 BIA 所測出的生物阻抗值搭配年齡、身高及體重四個參數對應 DEXA 所測量之 FFM 建立一預估方程式。
- 肆、用線性迴歸分析及 Pearson 積差相關分析比較 DEXA、BIA₈ 及新建立之預估方程式的相關性。
- 伍、使用獨立樣本單因子變異數分析比較後衛、前鋒及中鋒之身高、體重、體脂肪百分率及全身 FFM 的差異性，並使用 Tukey HSD 法做事後比較分析。

第四章 結果與分析

第一節 籃球運動員各位置的比較

壹、受試者基本資料

21 位臺灣體育學院男子籃球代表隊隊員，其中後衛 7 人、前鋒 8 人、中鋒 6 人，受試者之年齡、身高、體重、% BF 及全身 FFM 等描述性統計如表 4-1。

表 4-1 受測者基本資料

(n=21)	最小值	最大值	平均數	標準差
年齡 (歲)	19.2	26.8	20.8	1.7
身高 (cm)	172.7	197.0	185.2	7.5
體重 (kg)	61.9	118.1	80.5	13.2
% BF	5.8	26.8	14.2	5.9
全身 FFM (kg)	53.9	82.1	64.5	7.0

一、雙能 X 光吸收儀估測結果

由 DEXA 所估測之後衛、前鋒及中鋒的身高、體重、% BF 及全身 FFM 值如表 4-2、表 4-3 及表 4-4。

表 4-2 雙能 X 光吸收儀估測之後衛各項數值

(n=7)	最小值	最大值	平均數	標準差
身高 (cm)	172.7	183.4	176.8	3.3
體重 (kg)	61.9	73.1	67.4	4.0
% BF	5.8	14.0	9.3	2.9
全身 FFM (kg)	53.9	59.7	57.6	2.2

表 4-3 雙能 X 光吸收儀估測之前鋒各項數值

(n=8)	最小值	最大值	平均數	標準差
身高 (cm)	175.6	190.8	187.1	4.8
體重 (kg)	73.4	90.8	83.6	6.4
% BF	11.5	21.6	16.4	4.2
全身 FFM (kg)	60.9	71.7	65.6	4.4

表 4-4 雙能 X 光吸收儀估測之中鋒各項數值

(n=6)	最小值	最大值	平均數	標準差
身高 (cm)	188.6	197.0	192.4	3.5
體重 (kg)	79.1	118.1	91.7	14.6
% BF	7.9	26.8	17.1	7.2
全身 FFM (kg)	63.4	82.1	71.1	6.6

二、生物阻抗分析儀估測結果

由 BIA₈ 所估測之後衛、前鋒及中鋒的 % BF 及全身 FFM 值如表 4-5、表 4-6 及表 4-7。

表 4-5 生物阻抗分析儀估測結果之後衛各項數值

(n=7)	最小值	最大值	平均數	標準差
% BF	9.7	15.5	12.1	1.8
全身 FFM (kg)	54.5	62.9	58.6	3.4

表 4-6 生物阻抗分析儀估測結果之前鋒各項數值

(n=8)	最小值	最大值	平均數	標準差
% BF	12.3	22.8	17.3	3.4
全身 FFM (kg)	64.9	76.4	69.9	3.5

表 4-7 生物阻抗分析儀估測結果之中鋒各項數值

(n=6)	最小值	最大值	平均數	標準差
% BF	12.5	28.6	17.8	5.7
全身 FFM (kg)	70.1	87.3	75.6	7.2

貳、各位置間之差異

一、雙能 X 光吸收儀估測結果之比較

使用 DEXA 測量三個位置的身高、體重、% BF 及全身 FFM 值，經獨立樣本單因子變異數分析，得到分析結果如表 4-8：

表 4-8 雙能 X 光吸收儀 - 各位置之比較

	後衛	前鋒	中鋒	F 值	P 值
身高 (cm)	176.8±3.3 a	187.1±4.8	192.4±3.5	25.48	0.000*
體重 (kg)	67.4±4.0 a	83.6±6.4	91.7±14.6	12.56	0.000*
% BF	9.3±2.9 a	16.4±4.2	17.1±7.2	5.41	0.014*
全身 FFM (kg)	57.6±2.2 a	65.6±4.4	71.1±6.6	14.07	0.000*

*：表示三者間有顯著差異， $p < 0.05$ 。

a：表示該位置與前鋒和中鋒有顯著差異， $p < 0.05$ 。

b：表示該位置與後衛和前鋒有顯著差異， $p < 0.05$ 。

(一) 身高

三個位置的身高比較如表 4-8。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 25.48; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的身高與前鋒的身高有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛。後衛的身高與中鋒的身高有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

(二) 體重

三個位置的體重比較如表 4-8。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 12.56; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的體重與前鋒的體重有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛。後衛的體重與中鋒的身高有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

(三) % BF

三個位置的 % BF 比較如表 4-8。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 5.41; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的 % BF 與前鋒的 % BF 有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛。後衛的 % BF 與中鋒的 % BF 有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

(四) 全身 FFM 值

三個位置的全身 FFM 值比較如表 4-8。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 14.07; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的全身 FFM 值與前鋒的全身 FFM 值有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛；後衛的全身 FFM 值與中鋒的全身 FFM 值有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

二、生物阻抗分析儀估測結果之比較

使用 BIA₈ 估測三個位置的 % BF 及全身 FFM 值，經獨立樣本單因子變異數分析，得到分析結果如表 4-9：

表 4-9 生物阻抗分析儀-各位置之比較

	後衛	前鋒	中鋒	F 值	P 值
% BF	12.1±1.8a	17.3±3.4	17.8±5.7	4.67	0.024*
全身 FFM (kg)	58.6±3.4a	68.9±3.5	75.6±7.2	21.07	0.000*

*：表示三者間有顯著差異， $p < 0.05$ 。

a：表示該位置與前鋒和中鋒有顯著差異， $p < 0.05$ 。

b：表示該位置與後衛和前鋒有顯著差異， $p < 0.05$ 。

(一) % BF

三個位置的 % BF 比較如表 4-9。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 4.67; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的 % BF 與前鋒的體脂肪百分率有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛；後衛的 % BF 與中鋒的 % BF 有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

(二) 全身 FFM 值

三個位置的全身 FFM 值比較如表 4-9。而三個位置之間經分析有顯著差異 ($F = 21.07; p < 0.05$)，再經 Tukey HSD 事後比較方法得知後衛的全身 FFM 值與前鋒的全身 FFM 值有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為前鋒 > 後衛；後衛的全身 FFM 值與中鋒的全身 FFM 值有顯著差異 ($p < 0.05$)，其大小為中鋒 > 後衛。但前鋒與中鋒無顯著差異 ($p > 0.05$)。

第二節 估測去脂肪量之新建立預估方程式

壹、新建立預估方程式

以年齡、身高的平方除以全身阻抗值、體重、四個參數對應 DEXA 所測量之 FFM 的估測，使用 SPSS 軟體實施多元迴歸分析，得到以下各肢段的估測方程式如下：

$$\text{全身 FFM} = 27.048 - 0.004H^2/Z - 0.155Y + 0.058W$$

(r = 0.932, SD = 6.9)

$$\text{上肢 FFM} = 1.907 - 0.011H^2/Z - 0.039Y + 0.015W$$

(r = 0.621, SD = 0.4)

$$\text{下肢 FFM} = 2.614 + 0.066H^2/Z - 0.008Y + 0.009W$$

(r = 0.900, SD = 1.4)

$$\begin{aligned} \text{軀幹 FFM} = & \text{全身 FFM} - \text{上肢 FFM}_R - \text{下肢 FFM}_R - \text{上肢 FFM}_L \\ & - \text{下肢 FFM}_L \end{aligned}$$

(r = 0.704, SD = 4.0)

註：Y = 年齡，H = 身高，W = 體重，Z = 阻抗值。

第三節 估測運動員體脂肪百分率之比較

壹、雙能 X 光吸收儀與生物阻抗分析儀估測 %BF 之差異

以 BIA₈ 估算出 21 位籃球員的 %BF 與 DEXA 測量的 %BF，雖然 BIA₈ 的平均數 (15.6190) 高於 DEXA 的平均數 (14.2429)，但以成對樣本 T 檢定，顯著水準訂為 $\alpha=0.05$ ，得到 $p=0.099 > 0.05$ ，未達顯著水準。

表 4-10 為 DEXA 估測之 %BF、FFM(Kg)各項數值；表 4-11 為 BIA₈ 估測之 %BF、FFM(Kg)及各肢段電阻抗 (bioelectrical impedance, BI)值 (ohm)各項數值。

表 4-10 雙能 X 光吸收儀估測之去脂肪量及體脂肪百分率

	右手 肢段	左手 肢段	右腳 肢段	左腳 肢段	軀幹 (含頭部)	全身
% BF	6.5 ±3.4	6.5 ±3.3	13.5 ±5.7	13.5 ±5.7	17.3±7.4	14.2±5.9
全身 FFM (kg)	3.7 ±0.5	3.5 ±0.6	12.0 ±1.7	12.0 ±1.5	28.6±5.5	64.5±7.0

表 4-11 生物阻抗分析儀估測之去脂肪量、體脂肪百分率阻抗值

	右手 肢段	左手 肢段	右腳 肢段	左腳 肢段	軀幹 (含頭部)	全身
% BF	13.7±3.6	15.2±3.7	18.0±3.8	18.1±3.4	14.4 ±5.9	15.6 ±4.5
全身 FFM (kg)	3.7±0.6	3.4±0.5	12.8±2.2	12.6±2.1	35.2 ±3.4	67.7 ±8.6
BI (ohm)	289.1 ±34.2	300.6 ±35.8	224.3 ±24.1	223.8 ±25.1	X	545.1 ±60.1

X:代表沒有資料。

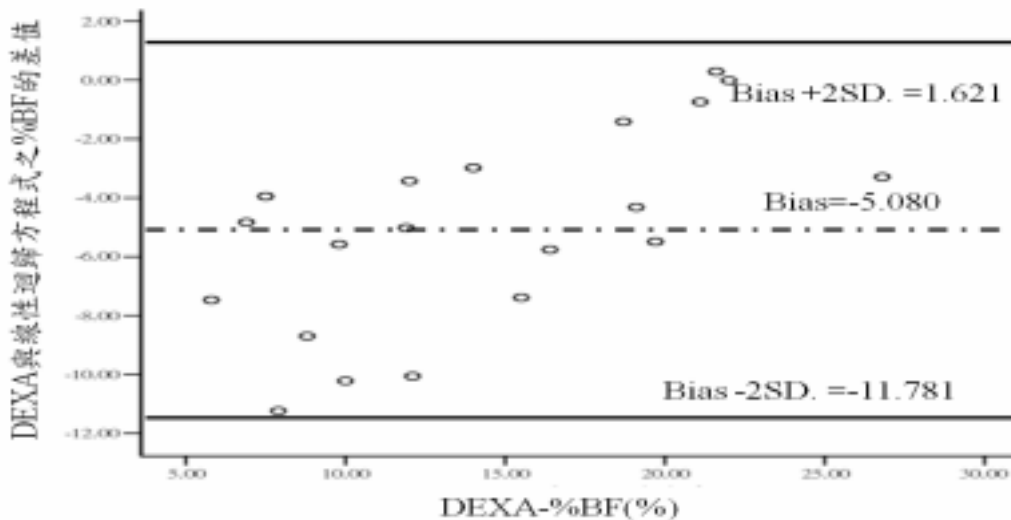
貳、雙能 X 光吸收儀、生物阻抗分析儀與新建立預估方程式估測 %BF 之比較

生物阻抗分析儀具有內建估測方程式，可選擇運動員模式直接估算出運動員之 %BF。若以身體組成 2-C 分子模式可分為 FM 及 FFM，可將全身體重減去新建立預估方程式估算出

的 FFM 獲得 FM，便可得知運動員的 %BF。接下來探討新建立預估方程式與 BIA₈ 所估測的 %BF，將利用 Bland-Altman plot 圖形來進行觀察。

一、新建立預估方程式與雙能 X 光吸收儀估測之 %BF 比較：

將 DEXA 測量結果計算出的 %BF 為 X 軸，新建立預估方程式估算出的 %BF 與 DEXA 的 FFM 差值為 Y 軸，以符號 ○ 表示 DEXA-%BF 對新建立預估方程式估算出的 %BF 的差值，並標示出差值的偏差值 (bias) 線、bias+2 SD (標準偏差) 線與 bias-2SD 線 (如圖 4-1)。



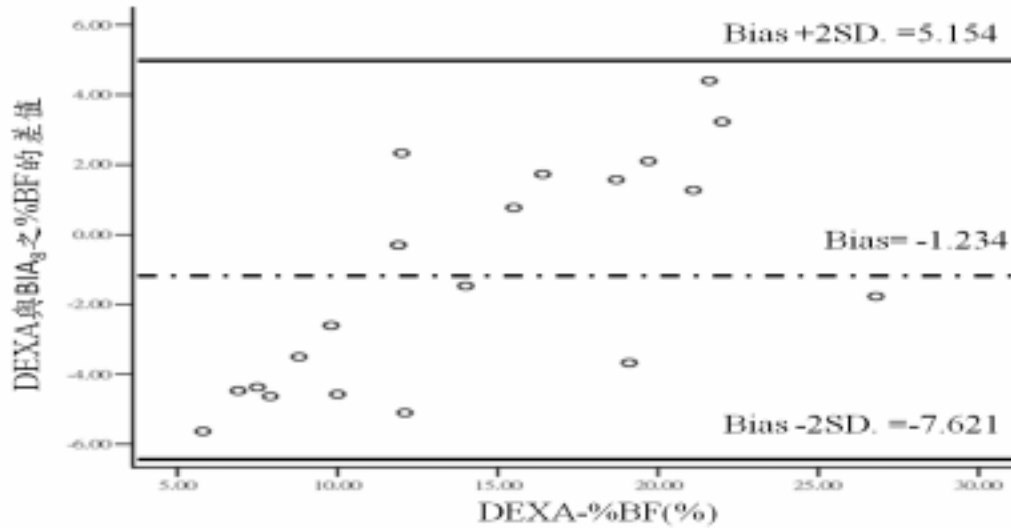
DEXA = dual-energy X-ray absorptiometry，○ = DEXA 與新建立預估方程式的 %BF 差值，bias = DEXA 與新建立之預估方程式的 %BF 平均值，2 SD. (偏差範圍) = 標準偏差的兩倍。

圖 4-1 新建立之預估方程式估測運動員的體脂肪百分率

二、生物阻抗分析儀與雙能 X 光吸收儀估測 %BF 之比較：

將 DEXA 測量結果計算出的 %BF 為 X 軸，BIA₈ 估算出的 %BF 與 DEXA 的 FFM 差值為 Y 軸，以符號 ○ 表示 DEXA-%BF

對 BIA₈ 估測出的 %BF 的差值，並標示出差值的偏差值(bias) 線、 bias+2 SD (標準偏差) 線與 bias-2SD 線 (如圖 4-2)。



BIA₈ = 生物阻抗分析儀，DEXA = dual-energy X-ray absorptiometry，○ = DEXA - BIA₈ 的 %BF 差值，bias = DEXA 對 BIA₈ 的 %BF 平均值，2 SD. (偏差範圍) = 標準偏差的兩倍。

圖 4-2 生物阻抗分析儀估測運動員的體脂肪百分率

表 4-12 雙能 X 光吸收儀與各估測方法的體脂肪百分率差值

	新建立預估方程式	生物阻抗分析儀
bias	-5.080	-1.234
2 SD.	6.701	6.388
bias + 2 SD.	1.621	5.154
bias - 2 SD.	11.781	-7.621

bias = 三種估測方法與 DEXA 的 %BF 差值的平均值，2 SD. = 偏差範圍為標準偏差的兩倍。

圖 4-1、圖 4-2 及表 4-12 中顯示 DEXA 所計算的 %BF 與使用新建立預估方程式估算出的 %BF 之偏差值 (bias) 為 -5.080。DEXA 所計算的 %BF 與 BIA₈ 估算出的 %BF 之偏差值 (bias) 為 -1.234。可以得知 BIA₈ 內建運動員模式所估測出的 %BF 平均值 (bias) 高於 DEXA 所計算出的 %BF 偏差值 (-1.234%)。

新建立預估方程式的偏差範圍 (2 SD.=6.701%) 比 BIA₈ 的偏差範圍 (2 SD.=6.388%) 大，說明了 BIA₈ 內建運動員模式所估測的結果比新建立預估方程式所估測的結果接近 DEXA 所計算出的 %BF，也較準確。

第四節 估測運動員去脂肪量之比較

壹、雙能 X 光吸收儀與生物阻抗分析儀及新建立預估方程式估測去脂肪量之比較：

從本研究推導出的新建立預估方程式與 BIA₈ 之測量結果，分別與 DEXA 所測之運動員 FFM 比較。分別將新建立預估方程式及 BIA₈ 測量結果與 DEXA 之結果利用線性迴歸分析及 Pearson 積差相關分析，得到結果如表 4-13 及表 4-14。

由表 4-13 及表 4-14 可以發現新建立之預估方程式在評估上肢 FFM、下肢 FFM 的相關性較 BIA₈ 測量結果高 (上肢 FFM 之 R 值：0.621>0.613；下肢 FFM 之 R 值：0.900>0.884)，但在軀幹及全身的測量得到的 R 值則為 BIA₈ 有較高的相關性 (全身 FFM 之 R 值：0.941>0.932；軀幹 FFM 之 R 值：0.719>0.704)。

表 4-13 生物阻抗分析與雙能 X 光吸收儀比較之各數值

		斜率	截距	標準差	R
上肢	FFM	0.618	1.398	0.49	0.613
下肢	FFM	0.642	3.844	1.05	0.884
軀幹	FFM	1.182	-13.042	3.87	0.719
全身	FFM	0.791	11.100	3.02	0.941

表 4-14 新預估方程式與雙能 X 光吸收儀比較之各數值

		斜率	截距	標準差	R
上肢	FFM	0.936	0.181	0.45	0.621
下肢	FFM	1.000	0.106	0.68	0.900
軀幹	FFM	0.961	-3.511	3.91	0.704
全身	FFM	0.974	1.784	2.66	0.932

貳、雙能 X 光吸收儀、生物阻抗分析儀與新建立預估方程式估測 FFM 之比較：

接下來繼續探討新建立預估方程式與 BIA₈ 所估測的 FFM，將利用 Bland-Altman plot 圖形來進行觀察。

一、新預估方程式與雙能 X 光吸收儀估測的 FFM 之比較：

將 DEXA 測量結果計算出的 FFM 為 X 軸，新建立預估方程式估算出的 FFM 與 DEXA 的 FFM 差值 (difference) 為 Y 軸，以符號 ○ 表示 DEXA-FFM 對新建立預估方程式估算出的 FFM 的差值，並標示出差值的偏差值 (bias) 線、bias+2SD (標準偏差) 線與 bias-2SD 線 (如圖 4-3)。

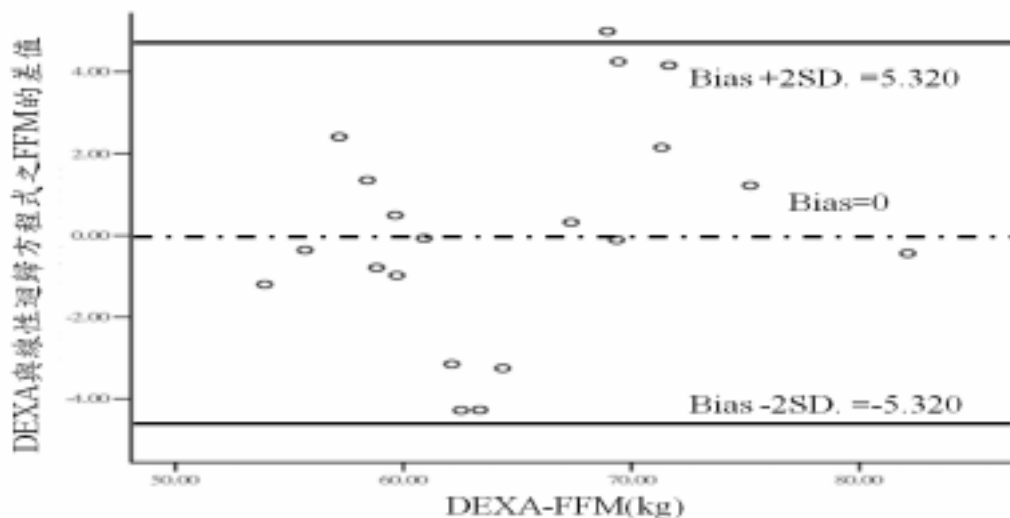
二、生物阻抗分析儀與雙能 X 光吸收儀估測的 FFM 比較：

將 DEXA 測量結果計算出的 FFM 為 X 軸，生物阻抗分

析儀估測的 FFM 與 DEXA 的 FFM 差值(difference)為 Y 軸，以符號○表示 DEXA-FFM 對 BIA₈ 估測出的 FFM 的差值，並標示出差值的偏差值 (bias) 線、bias+2 SD (標準偏差) 線與 bias-2SD 線 (如圖 4-4)。

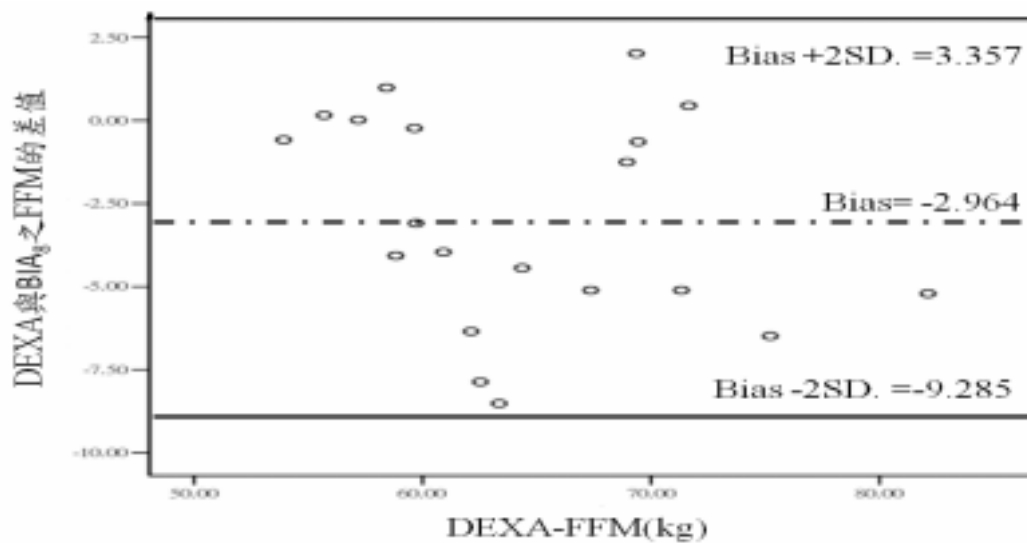
圖 4-3、圖 4-4 及表 4-15 中顯示 DEXA 所計算的 FFM 與使用新建立預估方程式估算出的 FFM 之偏差值 (bias) 等於 0。DEXA 所計算的 FFM 與 BIA₈ 估算出的 FFM 之偏差值(bias) 為 -2.964。可得知 BIA₈ 測量結果高估了本研究籃球運動員的 FFM。

BIA₈ 的偏差範圍 (2 SD=6.321%) 比新建立預估方程式的偏差範圍 (2 SD=5.320%) 大，說明了本研究建立的新建立預估方程式所估測的結果比 BIA₈ 所估測的結果接近 DEXA 所計算出的 FFM，也較準確。



DEXA = dual-energy X-ray absorptiometry, ○ =DEXA 與新建立預估方程式的 FFM 差值, bias = DEXA 與新建立預估方程式的 FFM 平均值, 2 SD. (偏差範圍) = 標準偏差的兩倍。

圖 4-3 新建立預估方程式估測運動員的去脂肪量



BIA₈ = 生物阻抗分析儀，DEXA = dual-energy X-ray absorptiometry，○ = DEXA - BIA₈ 的 FFM 差值，bias = DEXA 對 BIA₈ 的 FFM 平均值，2 SD. (偏差範圍) = 標準偏差的兩倍。

圖 4-4 生物阻抗分析儀估測運動員的去脂肪量

表 4-15 雙能 X 光吸收儀與各估測方法的去脂肪量差值

%BF	新建立預估方程式	生物阻抗分析儀
bias	0.000	-2.964
2 SD.	5.320	6.321
bias + 2 SD.	5.320	3.357
bias - 2 SD.	-5.320	-9.285

bias = 三種估測方法與 DEXA 的 FFM 差值的平均值，
2 SD. = 偏差範圍為標準偏差的兩倍。

第五章 結論與建議

以 BIA 內建方程式估測足球員的身體組成，有低估 FFM 及高估 %BF 的結果 (Oppliger, 1992)。王家偉、陳裕鏞 (2010) 指出 BIA 的使用需選擇適合受試者的估測方程式，使用者也須考量不同種族、年紀、性別、運動程度等等因素。由此看來，不同的族群應使用不同的估測方程式。本研究比較的結果歸納如下：

壹、各位置比較方面，不論是以 DEXA 測量或 BIA₈ 估測，均可以發現後衛在身高、體重、%BF 及全身 FFM 都顯著的小於前鋒及中鋒。但前鋒和中鋒兩者之間卻無顯著差異。一般來說，中鋒的身高及體重都較前鋒和後衛高，也有較高的體脂肪 (Sallet, et al., 2005; Ostojic et al., 2006)。可以確定在籃球場上，最高壯的幾乎都是中鋒。但本研究結果發現只有後衛與錢鋒以及後衛與中鋒在各項數值上有顯著差異，但前鋒和中鋒卻沒有。這可能是因為國人體型的原故。蔣憶德 (1997) 指出在亞洲地區 (中國大陸除外)，礙於身高、體型的緣故，前鋒和中鋒的界定較不清楚。在臺灣的籃球比賽常常發生，球員只要身高不矮就去打中鋒位置的情形，但其實該球員可能是前鋒位置。這個原因可能導致前鋒和中鋒的體型類似，與本研究結果發現前鋒和中鋒在各項比較上並無差異相同。

貳、新建立之預估方程式在評估上肢 FFM、下肢 FFM 的相關性較 BIA₈ 測量結果高 (上肢 FFM 之 R 值： $0.621 > 0.613$ ；下肢 FFM 之 R 值： $0.900 > 0.884$)。但在

軀幹及全身的 FFM 測量得到的 R 值則為 BIA₈ 有較高的相關性 (全身 FFM 之 R 值 : 0.941 > 0.932 ; 軀幹 FFM 之 R 值 : 0.719 > 0.704)。

- 參、以 BIA₈ 內建方程式估測籃球員所估測出的 %BF 平均值 (bias) 高於 DEXA 所計算出的 %BF , 偏差值為 -1.234%。
- 肆、以 BIA₈ 內建方程式估測籃球員所估測出的 FFM 平均值 (bias) 高於 DEXA 所計算出的 FFM , 偏差值為 -2.964kg。
- 伍、在估測 %BF 方面 , 新建立預估方程式的偏差範圍 (2 SD=6.701%) 比 BIA₈ 的偏差範圍 (2 SD=6.388%) 大 , 說明了 BIA₈ 內建運動員模式估測每位籃球員的 %BF 比新建立預估方程式所估測的結果接近 DEXA 所計算出的 %BF , 也較準確。
- 陸、在估測 FFM 方面 , BIA₈ 的偏差範圍 (2 SD=6.321kg) 比新建立預估方程式的偏差範圍 (2 SD=5.320kg) 大 , 說明了本研究建立的預估方程式估測每位籃球員的 FFM 比 BIA₈ 所估測的結果接近 DEXA 所計算出的 FFM , 也較準確。

就以上結果 , 統整出兩點結論 :

- 一、就籃球員後衛、前鋒及中鋒的身高、體重、%BF 及全身 FFM 比較上面 , 因國人身高及體型的限制 , 前鋒和中鋒的比較上並無顯著差異。
- 二、以線性估測方程式估測籃球員的身體組成 , 應以適合身體條件的族群所發展出的估測方程式 , 才能準確估測。而本研究使用的 BIA₈ 與新建立預估方程式的估測結果差異不大。但以新建立之預估方程式估測籃球員 FFM 優於 BIA₈ 內建方程的估測結果。

參考文獻

中文部份

- 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 (1997)。 *運動生理學*。台北：師大書苑有限公司。
- 林正常、林貴福、吳慧君、徐台閣 (譯)(2002)。 *運動生理學：體適能與運動表現的理論與應用*。台北市：麥格。
(Soctt, K. Powers, & Edward, T. Howley, 2002)
- 林貴福、盧淑雲 (1985)。優秀女子籃球運動員體脂肪研究。 *體育學報* , 7 , 181-194。
- 陳昭彥 (1997)。優秀籃球選手之生理特徵及體適能特質研究。 *大專體育* , 34 , 127-133。
- 曹德弘 (1997)。身體組成測量方法的新動向。 *中華體育季刊* , 11(3) , 49-54。
- 彭巧珍、姚維仁、郭素娥、郭惠卿、劉燕居、蘇珮琪、黃晉榮 (1996)。利用雙能 X 光吸收儀校定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。
- 張光達、張振興 (2002)。籃球運動員選材方法之初探。 *教練科學* , 1 , 2-12。
- 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。
- 蔣憶德 (1997)。籃球運動的體能結構。 *大專體育* , 29 , 56-60。

英文部份

- Avesani, C. M., Draibe, S. A., Kamimura, M. A., Cendoroglo, M., Pedrosa A., Castro, M. L., & Cuppari L. (2004). Assessment of body composition by dual energy X-ray absorptiometry, skinfoldthickness and creatinine kinetics in chronic kidney disease patients. *Nephrol. Dial. Transplant.*, 19(9), 2289-2295.
- Bale, P. (1991). Anthropometric, body composition and performance variables of young elite female basketball players. *Journal Medicine of Physiology Fitness*, 31(2), 173-177.
- Bell, W., Cobner, D. M., & Evans, W. D. (2000). Prediction and validation of fat-free mass in the lower limbs of young adult male Rugby Union players using dual-energy X-ray absorptiometry as the criterion measure. *Ergonomics*, 43(10), 1708-1717.
- 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.
- Freedman, D. S., Khan, L. K., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., & Berenson, G. S. (2001). Relationship of Childhood Obesity to Coronary Heart Disease Risk Factors in Adulthood: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 108(3), 712-718.

- Grundy, S. M. (2004). Obesity, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Disease. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89(6), 2595-2600.
- Gu, D., He, J., Duan, X., Reynolds, K., Wu, X., Chen, J., et al. (2006). Body Weight and Mortality Among Men and Women in China. *The Journal of the American Medical Association* 295, 776-783.
- Hendler, R. G., Welle, S. L., Statt, M. C., Barnard, R., & Amatruda, J. M. (1995). The effects of weight reduction to ideal body weight on body fat distribution. *Metabolism*, 44(11), 1413-1416.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Houston, M. E. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wreslters. *Physician and Sports medicine*, 9, 73-78.
- Hubert, H. B., Feinleib, M., McNamara, P. M., & Castelli, W. P. (1983). Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. *Circulation*, 67(5), 968-977.
- Jackson, A. S. & Pollock, M. L. (1985). Partical assessment of body composition. *The Physician and Sports medicine*, 13, 76-90.
- Kenneth, J. E. (2000). *Human body composition: In vivo*

- methods. *Physiological Reviews*, 80(2), 649-680.
- Kerruish, K. P., O'Connor, J., Humphries, I. R., Kohn, M. R., Clarke, S. D., Briody, J. N., et al. (2002). Body composition in adolescents with anorexia nervosa. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(1), 31-37.
- Kireilis, R. W., & Cureton, T. K. (1947). The relationships of external fat to physical education activities and fitness tests. *Research Quarterly*, 18, 123-134.
- Kohrt, W. M. (1998). Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 372-377.
- Krauss, R. M., Winston, M., Fletcher, B. J., & Grundy, S. M. (1998). Obesity : Impact on cardiovascular disease. *Circulation*, 98, 1472-1476.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(6): 1226-1243.
- Kyle, U. G., Gremion, G., Genton, L., Slosman, D. O., Golay, A., & Pichard, C. (2001). Physical activity and fat-free and fat mass by bioelectrical impedance in 3853 adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 576-584.
- Luis, A. M., Juan, F. L., Ruth, S., Maria, I. M., & Jesus, F.

- (2004). Body composition in young male football (soccer) players. *Nutrition Research*, 24(3): 235-242.
- Mazess, R., Barden, H., Bisek, J., & Hanson, J. (1990). Dual-energy X-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 1106-1112.
- Misra, M., Soyka, L. A., Miller, K. K., Grinspoon, S., Levitsky, L. L., & Klibanski, A. (2003). Regional body composition in adolescents with anorexia nervosa and changes with weight recovery. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(6), 1361-1367.
- Oppliger, R. A., Nielsen, D. H., Shetler, A. C., Crowley, E. T., & Albright, J. P. (1992). Body composition of collegiate football players: Bioelectrical impedance and skinfolds compared to hydrostatic weighing. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 15, 187-192.
- Ostojic, S. M., Mazic, S. & Pikić, N. (2006). Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 740-744.
- Pietrobelli, A., Faith, M. S., Allison, D. B., Gallagher, D., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (1998). Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *The Journal of Pediatrics*, 132(2), 204-210.
- Powell, A., Nieman, D. C., Melby, C., Cureton, K., Schmit, D.,

- Howley, E. T., et al. (2001). Assessment of Body Composition Change in a Community-Based Weight Management Program. *Journal of the American College of Nutrition*, 20(1), 26-31.
- Prior, B. M., Cureton, K. J., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M., & Lewis, R. D. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy x-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology*, 83(2), 623-630.
- Probst, M., Goris, M., Vandereycken, W., & Coppinolle, H. V. (2001). Body composition of anorexia nervosa patients assessed by underwater weighing and skinfold-thickness measurements before and after weight gain. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 190-197.
- Riendeau, R. P., Welch, B. E., Crisp, C. E., Crowley, L. V., & Brockett, J. E. (1958). Relationships of body fat to motor fitness test scores. *Research Quarterly*, 29, 200-203.
- Sallet, P., Perrier, D., Ferret, J. M., Vitelli, V., & Baverel, G. (2005). Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *The journal of sports medicine and physical fitness*, 45(3), 291-294.
- Sergej, M. O. (2003). Seasonal alterations in body composition and sprint performance of elite soccer players. *Journal of Exercise Physiology*, 6(3): 24-27.
- Siri, W. E. (1956). Body composition from fluid spaces and

- density. *Techniques for measuring body composition*, 223-244.
- 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.
- Svendsen, O., Haarbo, J., Hassager, C., & Christiansen, C. (1993). Accuracy of measurements of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry in vivo. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 605-608.
- 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.
- Visscher, T. L., & Seidell, J. C. (2001). The public health impact of obesity. *Annual Review of Public Health*, 22, 355-375.
- Wilmore, J. H. (1983). Appetite and body composition consequent to physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54, 415-425.