

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

站立式八極板生物阻抗分析用於
台灣優秀男子角力選手之身體組成分析
Bioelectrical impedance analysis measurement of body
composition in Taiwan elite male wrestler



研究生：唐子晴 撰

指導教授：陳裕鏞 博士

中 華 民 國 1 0 2 年 2 月

論文：站立式八極板生物阻抗分析用於台灣優秀男子角力選手之身體組成分析

研究生：唐子晴

指導教授：陳裕鏞博士

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。本研究以 48 名臺灣優秀男子角力選手為受測者(年齡 20.1 ± 1.2 歲，身高 170.0 ± 5.7 cm，體重 73.7 ± 14.0 kg，身體質量指數(BMI) 25.4 ± 3.8 kg/m²)，以雙能 X 光吸收儀(DXA)為測量的效標，比較站立式八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)所估算出各肢段的瘦肉組織重量(LST)與體脂率(BF%)，應用測得的阻抗值來搭配年齡、身高、體重，以多元線性迴歸分析來估測身體組成。結果顯示：BIA₈與DXA在受測者族群於全身、上肢、下肢、軀幹與頭部的LST測量結果的相關性為($r = .94, 0.47, 0.89, 0.86, P < .01$)，BF%的相關係數皆為高度正相關且顯著($r > .83, P < .01$)。

結論：BIA₈用於男子角力選手在全身、下肢、軀幹與頭部的LST與BF%皆有高度正相關性，其測量結果具參考價值，但BIA₈在上肢的LST測量結果則需小心判斷與應用。

關鍵詞：身體組成、生物阻抗分析、雙能 X 光吸收儀、男子角力選手

Tang, Ziqing (2012). Bioelectrical impedance analysis measurement of body composition in Taiwan elite male wrestler, Unpublished master thesis, National Taiwan University of Physical Education and Sport.

Abstract

Bioelectrical impedance analysis (BIA) can estimate body composition easily, rapidly and non-invasively. The purpose of this study was to estimate body composition of the elite male wrestlers with the BIA₈ measurement to compare to dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Subjects were 48 elite male wrestlers with mean age at 20.1±1.2 years old, mean height at 170.0±5.7cm and mean weight at 73.7±14.0kg. The bioelectrical impedance analysis, age, height and weight were calculated to create a new linear regression equation (LR) to evaluate the lean soft tissue and the percentage body fat for elite male wrestlers. The relative correlations(R value) between the lean soft tissue (LST) measured by DXA and by BIA₈ were .94 at whole body, 0.47 at arms, 0.89 at legs and 0.86 at trunk+head. The R values of percentage body fat (BF%) were all above .83. The conclusion was that BIA₈ can predict body composition accurately. However, to predict the LST of arms should be used carefully.

Keywords: bioelectrical impedance analysis (BIA), body composition, dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), male wrestlers

誌 謝

碩班的求學過程是我人生一個重要轉折，投入職場一段時間後再度重拾書本需要無比勇氣與任性，憑著這份任性，我的人生過得依舊轟轟烈烈，即便遭遇困難險阻，還好總有貴人相助，才能讓我順利取得學位。

最要感謝裕鏞老師，在我最需要的時刻指引我新方向，無以言喻。謝謝我的口試委員們對我如此費心：謝坤昌老師、高明峰老師、江啟銘老師、林鴻琦老師，還有我的好朋友陳瑋珊，妳真是爺們兒，太給力了！還有陪我打球的好朋友們：泥泥、小鬼，我的手足、S、豬豬，謝謝你們在本開低潮的各種陪伴。最後感謝我的家人無私付出。

唐子晴 謹致

中華民國 102 年 2 月

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
表 目 錄.....	V
圖 目 錄.....	VI
第壹章 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.....	2
第四節 研究範圍與限制.....	2
第五節 名詞解釋.....	2
第貳章 文獻探討.....	4
第一節 身體組成的評估方式.....	4
第二節 身體組成對運動員的重要性.....	10
第三節 生物阻抗分析的應用.....	10
第參章 研究方法.....	13
第一節 研究對象.....	13
第二節 實驗設計與流程.....	15
第三節 資料處理與分析.....	16
第肆章 實驗結果與討論.....	17
第一節 DXA 與 BIA ₈ 的比較.....	17
第二節 BIA ₈ 在估測上的注意事項.....	25
第伍章 結論與建議.....	28
參考文獻.....	29

表目錄

表 3-1 受測者資料.....	14
表 4-1 DXA 和 BIA ₈ 對 LST 的估測結果.....	18
表 4-2 DXA 和 BIA ₈ 對 BF% 的估測結果.....	22

圖目錄

圖 2-1 身體組成區分示意圖.....	6
圖 2-2 生物阻抗分析儀.....	9
圖 2-3 雙能 X 光吸收儀.....	9
圖 2-4 圓柱導體電阻示意圖.....	11
圖 4-1 以 BIA_8 對應 DXA 估測 ALST 的線性迴歸析.....	19
圖 4-2 BIA_8 與 DXA 測量 ALST 差異分佈於 Bland and Altman Plot.....	20
圖 4-3 以 BIA_8 對應 DXA 估測 BF%的線性迴歸分析.....	23
圖 4-4 BIA_8 與 DXA 測量體脂率差異分佈於 Bland and Altman Plot.....	24
圖 4-5 手、腳、四肢、軀幹與頭部、全身的 LST 於 DXA 與 BIA_8 測量結果於 兩子群組與全部受測者的差異比較	25

第壹章 緒論

第一節 研究背景

隨著經濟發展及飲食型態的改變，營養過剩及坐式生活成為大多數人的生活模式，高油、高鹽、高糖、高精緻、少運動，造成了文明病纏身，冠狀動脈疾病、高血壓、糖尿病、骨關節炎、肥胖症等(Grundy, 2004)，不但造成生活品質下降，也增加社會成本，因此行政院衛生署積極推動「健康體適能」以強化身體素質，提升保健概念，增進國民健康。

身體組成在運動科學界始終是熱門議題，因為從選才及訓練的角度來看，身體額外的脂肪足以影響身體活動及體適能的成績(Kireilis & Cureton, 1947)，因此評估身體組成對運動員們的確有重大影響。

取得身體組成的方法有直接分析法和間接分析法。直接分析法透過大體解剖，分析其脂肪、肌肉、骨骼等身體組成，雖然準確，但是耗時過久、操作不便；間接分析法則有水中秤重法(underwater weighting, UWW)、皮脂測量法—皮脂夾(skinfold thickness, SKF)及雙能 X 光吸收儀(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)。UWW 的準確性高，有「黃金標準」(gold standard)之稱(Pollock et al., 1976)，可是操作不易；SKF 攜帶方便且經濟，與 UWW 有高相關(Jackson & Pollock, 1985)，可是操作時有接觸身體的道德問題；DXA 是一種可用來測量人體組成的新技術，以不同能量的 X 光掃描全身約 20 分鐘，對於估測身體組成有極高的準確性，缺點是費用昂貴(Prior et al., 1997; Kohrt, 1998)。

近年來，利用電學原理所發展出來的生物阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)，因操作方便、不須專業技術、不具侵入性、簡便攜帶、快速測量耗時短，已漸漸被醫院、實驗室、健康中心廣泛使用(Powell et al., 2001)。

綜合以上所述，既要求準確、又要求簡便的方法，就是 DXA 與 BIA 了，因此本研究即以 DXA 做為評估身體組成的效標，比較站立式 BIA 八極板分析儀(BIA₈)

之評估結果，將 BIA₈ 對運動員的估測做得更加精確。

第二節 研究目的

本研究以 DXA 為效標，使用 BIA₈ 所測出的生物阻抗值，搭配年齡、身高、體重，採用多元迴歸分析，建立其估測優秀運動員身體組成的方程式，並比較 BIA₈ 及新建立之預估方程式的瘦肉組織重量(lean soft tissue, LST)及體脂肪百分率(percentage body fat, BF%)之間的差異。

第三節 研究假設

本研究以 DXA 為效標，所測得優秀男子角力運動員的年齡、身高、體重為參數，其 BF%及 LST 與 BIA₈ 測量之結果呈顯著相關。

第四節 研究範圍與限制

本研究範圍是以國立台灣體育運動大學男子角力運動員為受試對象，研究結果只適合推論於相同背景之男子角力選手，不能推估至其他專項運動項目。

第五節 名詞解釋

一、身體組成(body composition)

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，在應用上通常分為最簡單的脂肪質量與去脂肪質量兩部份來描述。

二、生物阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)

身體組成在電流通過時的導電性有很大差異：肌肉和體液富含電解質溶液，因此具有良好的導電性；脂肪組織和骨骼則為電流的不良導體。利用電流通過各種組織產生電阻(resistance, R)的差異性，可測定身體的組成：以此公式 $V = \rho L^2 / R$ (V=體積， ρ =物體電阻係數，L=電導體之長度，R=電阻大小)，即可求得身體組成各部份所佔的體積。

三、瘦肉組織重量(lean soft tissue, LST)

將人體分為脂肪及非脂肪，所有沒有油脂的化學分子及組織的質量。

四、體脂肪百分率(percentage body fat, BF%)

一個人身體脂肪的重量佔全身體重的百分比，將脂肪質量除以全身質量之後，乘上 100%。

第貳章 文獻探討

本章共分為三節加以討論：第一節為身體組成的評估方式；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的應用。

第一節 身體組成的評估方式

根據林正常(1997)所指出，身體內脂肪與非脂肪對體重所佔的比率即為身體組成。脂肪重可分為儲存脂肪重及必須脂肪重；非脂肪重又稱去脂肪重，包含骨礦物量重、蛋白質及水份，為全身體重扣掉全身脂肪重的重量。

脂肪最主要的功能是儲存能量。其對人體具有以下功用：一、供給能量(1 公克的脂肪可產生 9 大卡的能量)；二、脂肪具有防震的功能，可以緩衝外力、減少組織的震盪傷害；三、區隔及固定臟器的功能，當身體翻滾時，使臟器不致移位；四、保持體溫，是有效的隔絕體，處於低溫時可減少體熱流失；五、促進脂溶性維生素的吸收與利用；六、構成身體組織。若脂肪太多，就會對身體健康產生負面影響，而肥胖(obesity)即為體內儲存過多脂肪所致，經證實與心血管疾病有直接關係 (Grundy, 2004;Hubert, Feinleib, McNamara, & Castelli, 1983;Taylor & Baranowski, 1991)，是故體脂肪率對健康而言乃極其重要的參考指標，更是現代人最熱門的健康話題。

身體組成根據檢測儀器的不同，有不同的區分模式(Kenneth, 2000；鍾承穎、洪啟智、黃尚志、陳鴻鈞，2012；曹德弘，1997)：

一、2-C 分子模式(2-component molecular model)

最簡單的以脂肪做為區分，可分為脂肪質量(fat mass, FM)及非脂肪質量(fat-free mass, FFM)。前者指身體中所有脂肪組織或其他組織可以取出的油脂；後者指所有剩餘的、沒有油脂的化學分子及組織，包含水、肌肉、骨骼結締組織、臟器等。

二、3-C 組織模式(3-component tissue model)

(一) 脂肪(fat mass, FM)

(二) 骨礦物質量(bone mineral mass, BMM)

(三) 非骨礦物質量的瘦組織(bone free lean tissue mass, LTM)

三、3-C 細胞模式(3-component cellular model)

(一) 細胞間質(extracellular solids, ECS)

(二) 細胞間液(extracellular fluid, ECF)

(三) 細胞質量(body cell mass)

四、4-C 組織模式(4-component tissue model)

(一) 脂肪(fat mass, FM)

(二) 骨礦物質量(bone mineral mass, BMM)

(三) 身體總蛋白質(total body protein, TBP)

(四) 身體總水量(total body water, TBW)

五、流體變化模式(fluid metabolic model)

(一) 脂肪(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)

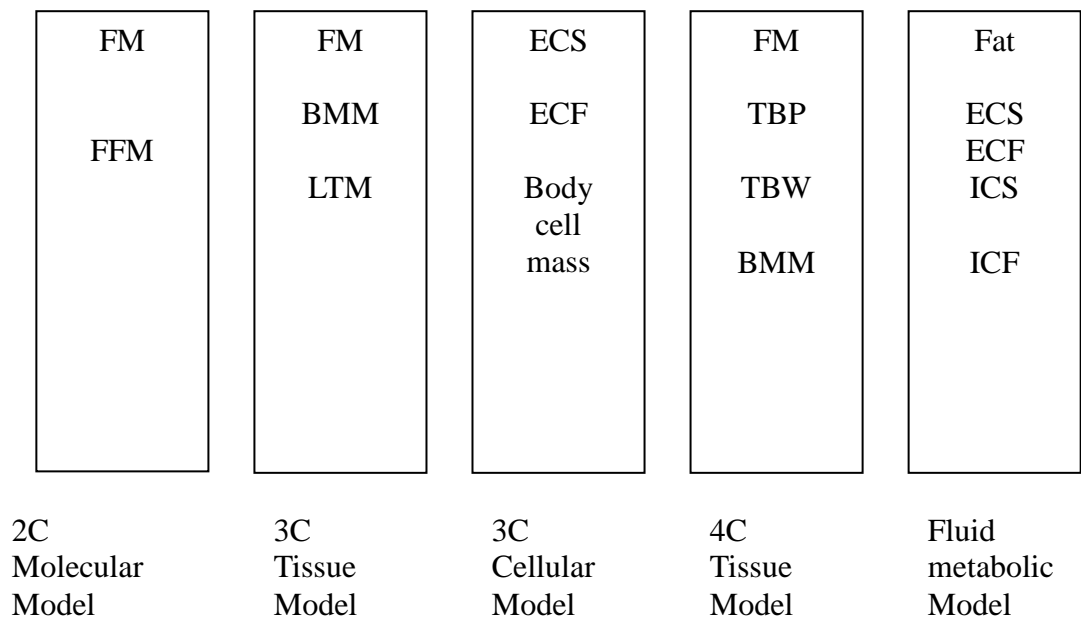


圖 2-1 身體組成區分示意圖

除了上述區分模式的不同，關於身體組成的評估方式也相當的多，有身體質量指數(body mass index, BMI)、腰臀比(waist hip ratio, WHR)、皮脂夾厚度測量(skinfold thickness, SKF)、水中秤重法(underwater weighting, UWW)、雙能 X 光吸收儀(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)、生物阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)、鉀-40(potassium-40)、核磁共振造影(magnetic resonance imaging, MRI)、電腦斷層掃描(computerized tomography, CT)、近紅外線測定法(near infrared interactant, NIR)等，因使用方法的不同而測得不同的身體組成成份。

一般而言，操作簡單且花費低廉的方法難達精準，而要求精準卻往往實施困難且所費不貲，難以兩全其美，依其精確性、經濟性及實施難易度的考量，以 DXA 及 BIA 兩種方法為最：

一、雙能 X 光吸收儀(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)

DXA 是一項新的測量技術，根據雙光子吸收測量法發展而來，基於 3-C 組織

模式，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(fat mass, FM)，利用 X 光掃過全身，其能量被身體中的骨質及軟組織吸收而衰減，因為不同組織的密度及化學成分不同而使吸收輻射量不同，這些不同組織就是脂肪、瘦肉組織、骨頭，這些不同衰減輻射的資料被轉換為數位影像，每一個映像點(pixel)對應著通過受測者的每一個點。包含骨質的映像點依照不同的輻射衰減量區分為：骨礦物質質量(bone mineral mass, BMM)與軟組織質量(soft tissue mass)；不包含骨質的映像點則區分為瘦肉軟組織(lean sot tissue, LST)與脂肪(FM)。當這兩種不同能量的 X 光同時掃描過身體後，即可依照映像點不同而有不同的對應值，計算出 BMM、LST 及 FM 的對應質量(Bell, Cobner, & Evans, 2000)。由於 DXA 有極高的信度，再加上快速、簡單、安全等特性，使得 DXA 成為了身體組成分析的主力(Kohrt, 1995,1998;Prior, 1997;彭巧珍等，1996)。

二、生物阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)

BIA 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，在脂肪部分電流速度慢，電阻較大；在非脂肪部分，由於有水及電解質，電流速度快，電阻較小。透過多肢段之阻抗測量程序，結合式手把與腳底之接觸極板與固定程序的測量切換電路，可以簡易、快速且量化的測量到每一上肢、下肢與全身的電阻、電抗與阻抗，進而估測每一上肢、下肢、軀幹與全身的體組成。而從 BIA 系統所測得四肢的電阻或電抗，配合肢段長度或受測者身高可以發展得到 ALST 的估測方程式，再應用 Kim equation 可以從 ALST 估測得到全身的骨骼肌肉質量(Kim et al., 2002)。

本研究以站立式八極板多肢段生物阻抗體組成分析儀 BC-418 (Tanita Corp., Tokyo, Japan, 以下簡稱 BIA₈)為全身與各肢段阻抗測量儀器，應用不銹鋼極板取代傳統的貼片電極，八個不銹鋼電極分布於把手(hand-grip)與內建重量感測器的底座，受測者站立於底座，兩手分別握住內嵌有電流、感測電極的把手，兩腳掌分別接觸感測與電流電極對，應用單一頻率 50KHz 之 550mA 的電流進行所有阻抗測

量，包含全身與左右上、下肢等，並測量受測者體重。全身的阻抗測量是經由左手至左腳的電流通路徑進行測量，四肢的個別的阻抗是應用(Organ et al., 1994)的電流與感測電極設定架構來進行測量，所得的五個阻抗值，應用運動員模式，配合身高、體重、年齡、性別等變數，可估算出全身與左、右上肢、下肢的 LST (lean soft tissue)與 BF% (percentage body fat)。



圖 2-2 生物阻抗分析儀



圖 2-3 雙能 X 光吸收儀

第二節 身體組成對運動員的重要性

運動種類五花八門，每項運動因其專項而對身體組成有不同需求，如角力、田徑和排球運動員的身體組成比例就有極大差異。運動員的體組成與其運動能力，如最大攝氧量、跑動能力都會有所不同(Beekly, et al., 2006)，運動員的體組成所關連的運動能力，已經被許多研究所討論與驗證(Pollock et al., 1987; Proir et al., 2001)。研究指出，脂肪越多，運動能力越差，體脂肪過多會影響運動表現(Riendeau et al., 1958)。運動員的體組成狀況不僅直接影響其競賽成績，也是運動員長期進行運動訓練的參考資訊，此外；運動員的體組成變化的資訊也成為是否適應不同訓練項目的參考依據(Andreoli et al., 2003; Meredith et al., 1987)。雖然肥胖會導致運動能力下降、散熱能力變差、心臟負擔加重、反應變得遲鈍，可說是運動表現的最大敵人，但若一味減重卻不見得是好事，因為根據 Houston(1981)的研究指出，激烈減重會造成肌肉肝醣的降低，腿伸展力顯著下降。

第三節 生物阻抗分析的應用

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；導體的 R、L、A 關係為：

$$R=\rho(L/A), \rho \text{ 為電阻率(resistivity)}$$

而且若此導體視為一個圓柱體，其體積為($V=L \times A$)，則可將上列公式轉換為：

$$V=\rho(L^2/R)$$

利用上列公式則可估算出導體的體積。

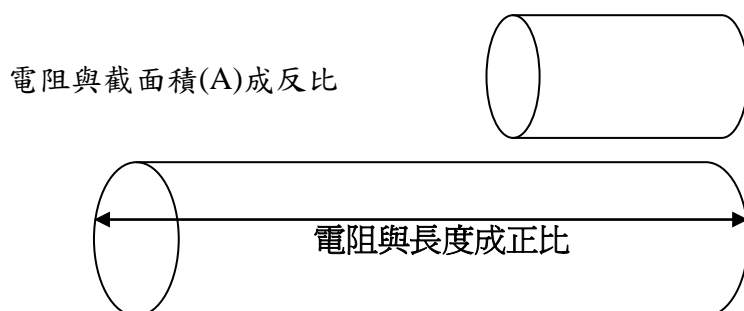


圖 2-4 圓柱導體電阻示意圖

人體的組成不同於均勻材質的金屬，將人體通以電流之後，除了脂肪可視為不導電的絕緣體外，其他部份會產生電抗(reactant, X_C)及電阻(R)， X_C 的產生是源自電流通過細胞膜，而電流通過細胞內液(ICW)及細胞外液(ECW)也會產生 R。

傳統上的單頻 BIA 電極板是附著在手腕、手背、腳踝、腳背，從受試者身體末端的電極板通以 50KHz 的電流來測量，在近端的電極板偵測身體所產生的 X_C 、R 與 Z，計算 ECW 及部分 ICW 的 R，再經由實驗所得的方程式估算身體總水量(TBW)及瘦肉組織重量(LST)。因為身體水份中的電解質是電流的良好導體，當水份越多，身體的 R 越少，電流越容易通過；反之，則脂肪越多，R 越大，因為脂肪含有較少的水份及較多的三酸甘油脂，是不良導體，因此依照兩者不同的導電性可以計算 TBW 及脂肪各自佔有的比例，但無法區分 ICW 和 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以測量細胞空間，產生不同的 X_C 與 R，可以估算 LST、TBW、ECW、ICW。

目前的 BIA 儀器已根據 DXA 測得的資料，加入年齡、身高、體重及阻抗值實施迴歸分析，導出了全身及各肢段的估測方程式，以此計算出 BF%、FM、LST，目前已全面內建於儀器中，受測者可立即獲知自己身體組成的資料。

BIA 相較於其他身體組成測量方式，優勢在於簡單、快速、攜帶方便、隨時隨地、非侵入性、可分段估測身體肢段、不需要專業施測人員、經濟實惠(Heyward,

2001)，也因為這樣的方便，常常被用在運動員的體重控制以保持最佳競賽狀態。

通過不斷改良，BIA 從原本的臥姿改為體重計般的站姿，減少了空間上的限制；為了更精確的估測各肢段的 BF% 與 LST，從原本腳底的四極板增加了雙手四極板成為八極板(BIA₈)，分別為兩腳尖、兩腳跟、兩手指尖、兩手掌，電流由兩腳尖或兩手指尖的電極板進入，測量電壓的位置則在兩腳跟及兩手掌的電極板，藉由轉換電流路徑及改變測量電壓的位置，可以估測全身、左右上肢及左右下肢的阻抗值，使得身體組成的測量與應用邁向一個新的里程碑(Malavolti et al., 2003)。

雖然目前的 BIA 都已經內建一般人及運動員模式，但是由於不同族群無法互通的關係，不同運動專項有其特殊性及差異性，因此應當選擇自身適用的估測方程式，以免造成信度不足(Heyward & Wagner, 2004;Oppliger, Nielsen, Shetler, Crowley, & Albright, 1992;Pichard, Kyle, Gremion, Gerbase, & Slosman, 1997)。本研究期望以 DXA 為效標，用八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)估測的 BF% 與 LST，比較其相關性，並以多元迴歸分析建立一套預估方程式，使其適用男子角力選手。

第叁章 研究方法

第一節 研究對象

研究對象為國立台灣體育運動大學男子現役角力選手 40 名(如表 3-1)，接受角力運動專業訓練時間為 (9.4 ± 1.4) 年以上，且每週至少平均進行 13 個小時以上的體能或有氧運動之訓練活動。

表 3-1

受測者資料

	全部受測 (n=40)	BF% _{DXA} < 10% (n=16)	BF% _{DXA} >10% (n=24)
年齡 (歲)	20.1±1.2 (18.0, 22.3)	20.1±1.2 (18.7, 22.3)	20.2±1.3 (17.9, 22.3)
體重 (公斤)	73.5±12.7 (56.4, 112.3)	67.4±6.5 (56.8, 82.1)	77.4±14.2 (56.4, 112.3)
身高 (公分)	169.8±5.4 (156.5, 179.0)	169.8±4.1 (160.0, 175.2)	169.8±6.1 (156.5, 181.7)
BMI (kg/m ²)	25.4±3.5 (21.3, 37.5)	23.4±1.6 (21.3, 27.8)	26.7±3.8 (22.2, 37.5)

註：身體質量指數(BMI)為體重(kg)/身高(m)的平方；BF%_{DXA} 為 DXA 所測得的 percentage body fat。

第二節 實驗設計與流程

一、實驗說明

於受測者接受測量之前，告知其測量流程、研究風險、研究的益處及其權利，請受測者簽寫同意書，包含性別、年齡、運動類型等基本資料，確定填寫完整資料後，再由操作人員講解方法、流程、步驟，並經過台中市大里區仁愛醫院人體試驗倫理委員會核可後進行。

二、受測者注意事項

本研究全程在台中市大里區仁愛醫院放射科進行，為了減少人為誤差，所有受測者皆被要求換上實驗用棉質罩袍，除下身上所有配件及金屬物質，並於同一台身高體重計上測量，再進行雙能 X 光吸收儀(DXA)及八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)測定。

環境控制於溫度 26.7 °C、濕度 50%，同時確認下列事項：

- (一) 受試前 48 小時沒有飲用含酒精飲料。
- (二) 受試前 7 天沒有使用利尿劑。
- (三) 受試前 24 個小時並未參與高強度訓練
- (四) 受試前三十分鐘已排尿。
- (五) 所有受測者無內分泌、營養或成長失調的病史。

三、雙能 X 光吸收儀(DXA)

每一受測者皆使用美國 GE 公司之 DXA 來進行脂肪重量(fat mass, FM)、骨礦物量(bone mineral mass, BMM)與瘦肉組織重量(lean soft tissue, LST)測量。受測者除去身上所有金屬物件後，穿著輕質棉布袍，放鬆仰臥於測量床上，上肢伸展，平放於身體兩側；兩足微併攏，腳尖朝上。採用全身掃描模式，其分析程序把全身分成頭顱、上肢、軀幹、下肢等部位，使用搭配之分析軟體為 enCore 2003 Version 7.0。每名受測者約需二十分鐘。

四、生物阻抗分析(BIA)

測量受測者脫鞋時的身高，其精度為 0.5cm。將受測者年齡、性別及身高輸入具有測量體重功能的八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)，選擇運動員模式，以不銹鋼極板取代傳統的貼片電極，八個不銹鋼電極分布於把手與內建重量感測器的底座，受測者站立於底座，兩手分別握住內嵌有電流、感測電極的把手，兩腳掌分別接觸感測與電流電極對，BIA₈應用單一頻率 50KHz 之 550mA 的電流進行全身與左右上下肢等五個阻抗測量。同一受測者，重覆應用 BIA₈測量三次，取其平均值，每名受測者約需十分鐘。

五、分析比較

以 DXA 為效標，使用 BIA₈所測出的生物阻抗值，搭配年齡、身高與體重，採用多元迴歸分析，建立其預估方程式，並比較 BIA₈與預估方程式所估測之 BF% 與 LST 之準確度。

第三節 資料處理與分析

資料分析使用的是 SPSS Version 12.0 統計分析軟體，顯著水準設定為 $p < .05$ ，群組資料是以平均數(mean)±標準差(standard deviation, SD)來表示。以皮爾森相關係數(Pearson's correlation coefficient)與線性迴歸分析表示 DXA 與 BIA₈測量結果的關係。

將 ALST 與 BF%放入 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)來分析其連續變項的一致性，BIA₈與 DXA 測量結果的差異分佈分析，另以其結果除以平均值，以 CV%表示。

以 DXA 測得的全身 BF%，分為全部受測者、BF%<10%、BF%>10%，三個群組，以均方根誤差(Root Mean Squared Error, RMSE), RMSE/mean 探討 BIA₈與 DXA 測量上肢、下肢、四肢、軀幹+頭部與全身之 LST 結果差異，愈小愈準確。

第肆章 實驗結果與討論

第一節 DXA 與 BIA₈ 的比較

各肢段的阻抗值可從站立式八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)中測量得到，測得的阻抗值包括左側的手對腳、上肢(左、右)與下肢(左、右)五個阻抗值，多肢段生物阻抗分析通常以 h^2/Z 來代表其測量導體體積。 h 為受測者身高，相對於上肢、下肢長度，受測者的身高與四肢的長度為比例關係，因此應用 h^2/Z_{F-H} 、 h^2/Z_{arm} 與 h^2/Z_{leg} 分別代表全身、上肢、下肢之生物阻抗索引(bioimpedance index, BI)，應用於 LST 的估測。其中手對腳模式的 BI 與全身的 LST 的相關係數 $r=0.93$ ，下肢的 BI 與 LST 的相關係數 $r=0.90$ ，有高度正相關性，上肢的 BI 與 LST 的相關係數 $r=0.48$ ，全部的 P 值皆小於 0.01。

應用 DXA 與 BIA₈ 測得的 LST 結果如表 4-1 所示，在上肢、下肢、四肢、軀幹與頭顱(trunk+head)與全身軟組織(total lean)在 DXA 與 BIA₈ 測量結果的相關性分別為($r=0.48, 0.90, 0.93, 0.82, 0.95, P<0.01$)，以 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)來表示兩方法測量結果的符合程度(95%的信賴區間, $mean \pm 2SD$)，則分別為 2.12 至 4.46 kg, -0.71 至 2.37 kg, -2.02 至 5.60 kg, -5.80 至 2.76kg, -5.23 至 5.74 kg，將上述結果以共變異數(coefficient of variations, $CV([SD/ mean]\%$))表示為 64.4 至 135.1%，-6.3 至 21.2%，-6.8 至 19.3%，-19.8 至 9.2%與-8.7 至 9.2%。圖 4-1 表示 BIA₈ 與 DXA 於四肢之 ALST 測量結果的關係($ALST_{BIA}=1.13ALST_{DXA}-0.65$, $r=0.92, P<0.001$)，圖 4-2 為應用 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)表示 BIA₈ 與 DXA 測量 ALST 差異分佈 ($bias=1.97kg$, $bias-2SD=-1.33kg$, $bias+2SD=5.24kg$)。

表 4-1

DXA 和 BIA8 對 LST 的估測結果

測量 部位	DXA(kg)	BIA ₈ (kg)	R [*]	DXA v.s BIA(kg)	DXA v.s BIA(CV%)
上肢	3.2±0.7	3.2±0.6	0.48	2.12,4.46	64.4,135.1
下肢	11.7±1.6	11.0±1.3	0.90	-0.71,2.37	-6.3,21.2
四肢 瘦肉 組織	28.6±3.4	30.3±4.1	0.93	-2.02,5.60	-6.8,19.3
軀幹 頭部	30.6±4.0	29.1±3.8	0.82	-5.80,2.76	-19.8,9.2
全身	59.3±7.1	59.5±7.6	0.95	-5.23,5.74	-8.7,9.2

註：所有結果皆以平均數±標準差來表示；P 值<0.01；n=80；共變異數(coefficient of variations, CV [SD/ mean]%)。

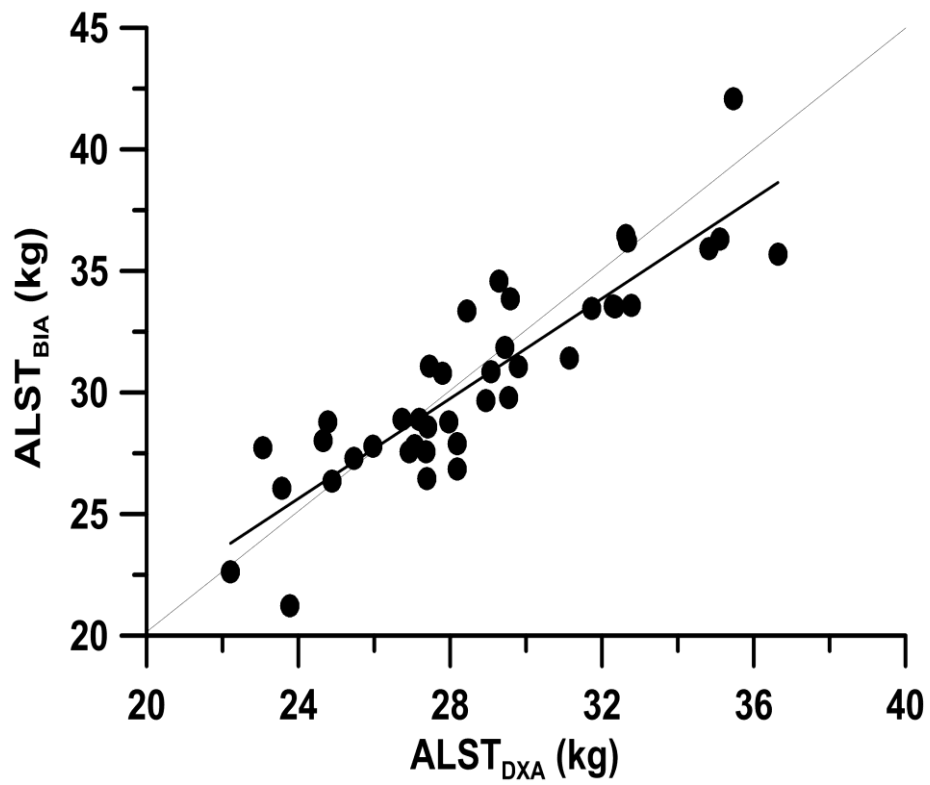


圖 4-1 以 BIA₈ 對應 DXA 估測 ALST 的線性迴歸分析

註： $(ALST_{BIA}=1.13ALST_{DXA}-0.65, r=0.92, P<0.001)$ ； $ALST_{BIA}$ 及 $ALST_{DXA}$ 分別為 BIA 及 DXA 估測出的四肢瘦肉重量。

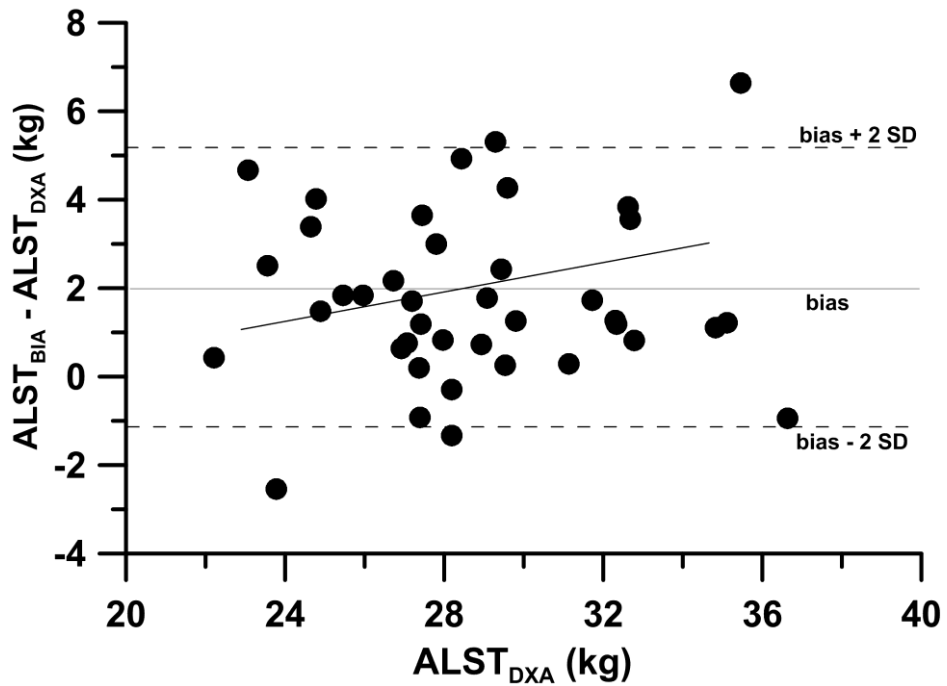


圖 4-2 BIA₈ 與 DXA 測量 ALST 差異分佈於 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)

註：(bias=1.97kg, bias-2SD=-1.33kg, bias+2SD=5.24kg)；ALST_{BIA} 及 ALST_{DXA} 分別為 BIA 及 DXA 估測出的四肢瘦肉重量；bias=LR-DXA 的 BF% 平均值，2SD(偏差範圍)=標準偏差的兩倍。

應用 DXA 與 BIA₈測得的 BF%結果如表 4-2 所示，在上肢、下肢、軀幹與頭顱(trunk+head)與全身軟組織(total lean)在 DXA 與 BIA₈ 測量結果的相關性分別為 (r=0.82, 0.93, 0.85, 0.93, P<0.01)。以 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)來表示兩方法測量結果的符合程度，分別為-2.2 至 8.5%，-8.1 至 8.5%，-12.9 至 3.6%，-8.3 至 5.2%，將上述結果以 CV(%)表示則為 -33.6 至 115.8%，-56.3 至 59.6%，-75.9 至 20.7%，57.2 至 35.2%。圖 4-3 表示 BIA₈與 DXA 於四肢之 BF%測量結果的關係($BF\%_{BIA}=0.67BF\%_{DXA}+3.51$, $r=0.90$, $P<0.001$)，圖 4-4 為應用 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)表示 BIA₈與 DXA 測量 BF%差異分佈 (bias=-1.79%, bias-2SD=-8.03%, bias+2SD=5.19%)。

表 4-2

DXA 和 BIA₈ 對 BF% 的估測結果

測量 部位	DXA	BIA ₈	R*	DXA v.s BIA(%)	DXA v.s BIA(CV%)
上肢	7.3±4.7	10.1±4.5	0.82	-2.2,8.5	-33.6,115.8
下肢	14.2±7.0	14.6±4.7	0.93	-8.1,8.5	-56.3,59.6
軀幹 頭部	17.0±7.8	12.4±5.9	0.85	-12.9,3.6	-75.9,20.7
全身	14.5±6.6	13.1±5.3	0.93	-8.3,5.2	-57.2,35.2

註：所有結果皆以平均數±標準差來表示；*P* 值<0.05; n=80；共變異數(coefficient of variations, CV [SD/ mean]%)。

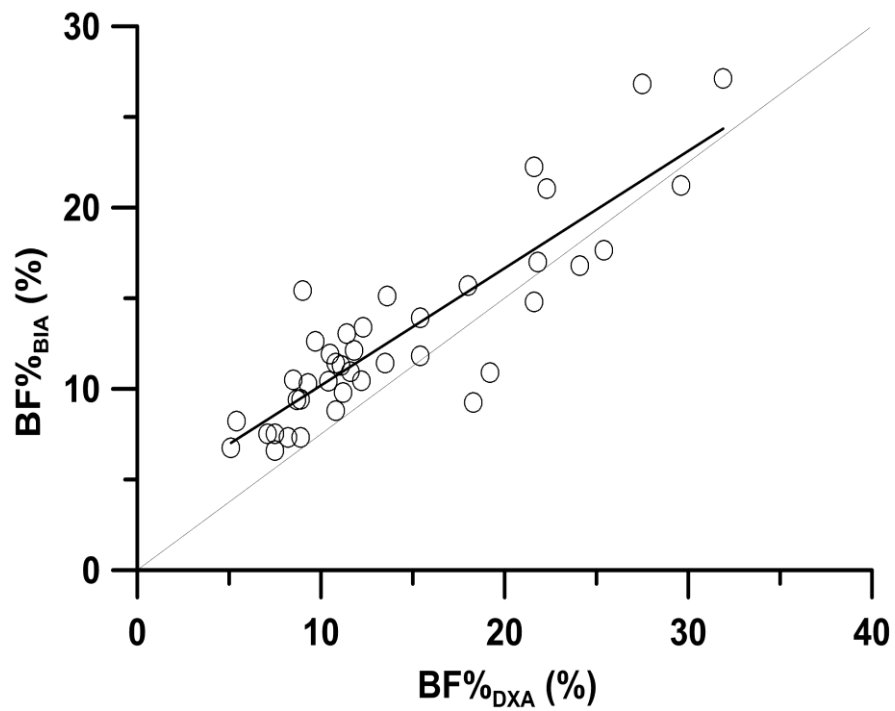


圖 4-3 以 BIA₈ 對應 DXA 估測 BF% 的線性迴歸分析

註：($BF\%_{BIA}=0.67BF\%_{DXA}+3.51$, $r=0.90$, $P<0.001$)； $BF\%_{DXA}$ 及 $BF\%_{BIA}$ 為 DXA 及 BIA 所測得的 percentage body fat。

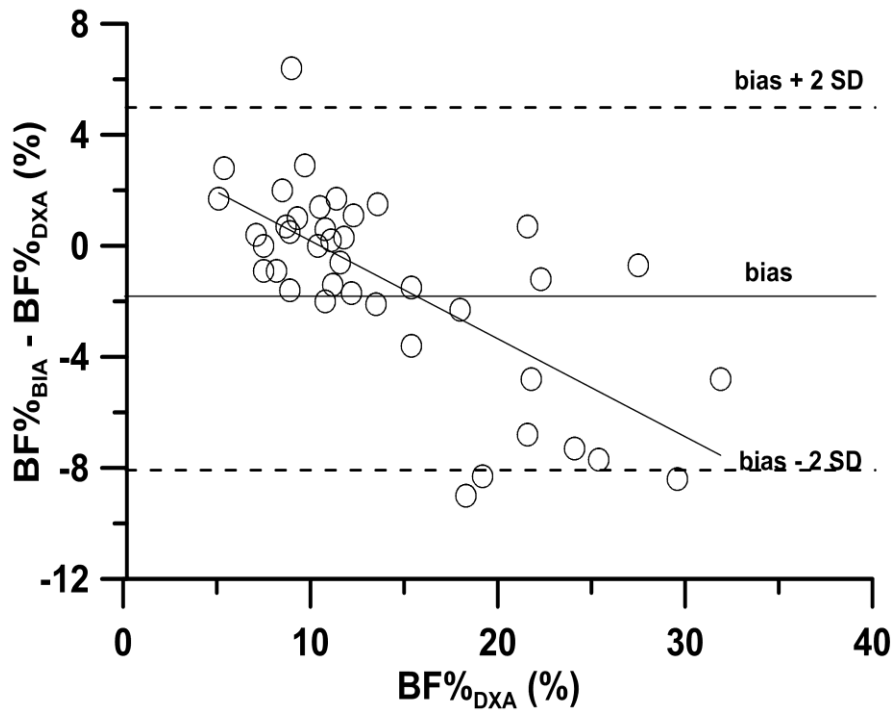


圖 4-4 BIA₈ 與 DXA 測量體脂率差異分佈於 Bland-Altman plot analysis

註：(bias=-1.79%, bias-2SD=-8.03%, bias+2SD=5.19%)；bias=LR-DXA 的 BF% 平均值，2SD(偏差範圍)=標準偏差的兩倍。

受測者 BF%_{DXA}<10% 人數 16 人為 A 群組，BF%>10% 人數 24 人為 B 群組，其受測者資料(physical characteristics)如表 3-1 所示，所有受測者為 C 群組，DXA 與 BIA₈ 兩方法測量各肢段與全身 LST 差異，以 RMSE/Mean - CV(%) 表示結果，如圖 4-5 所示，其中上肢部分在對應在 A、B、C 群組的 RMSE 分別為 11.6，19.7，17.3%，下肢部分為 2.56，4.42，3.88%，四肢部分為 6.17，10.18，8.90%，頭部與軀幹部分為 13.54，5.67，8.55%，全身為 3.74，5.00，4.57%。

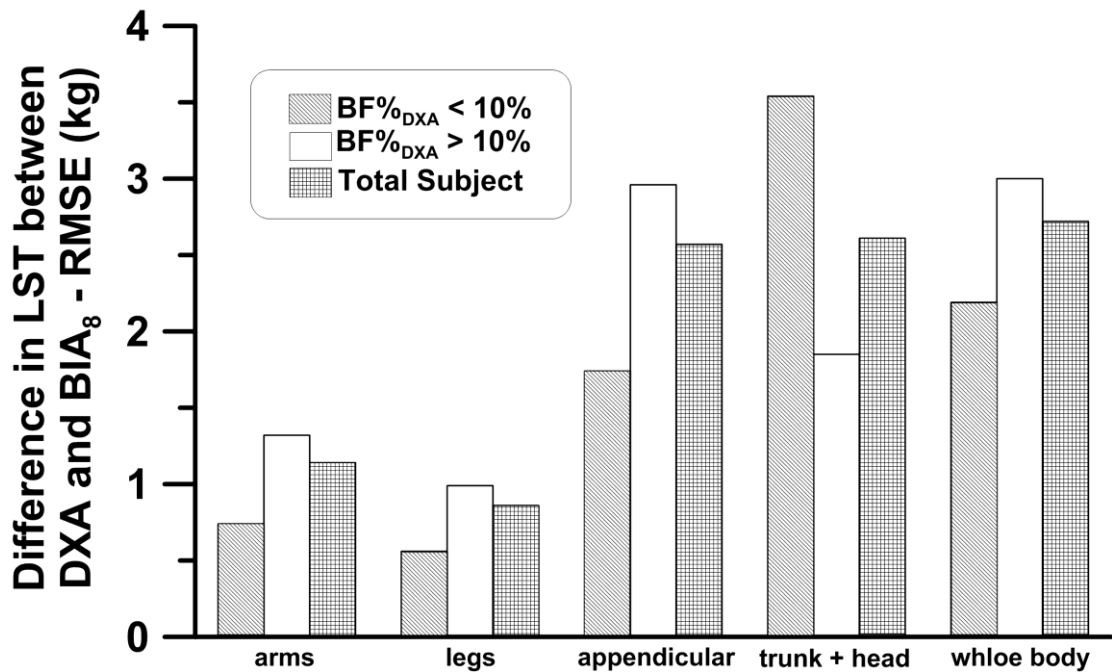


圖 4-5 手、腳、四肢、軀幹與頭部、全身的 LST 於 DXA 與 BIA₈ 測量結果於兩子群組與全部受測者的差異比較

身體組成資訊被廣泛的應用於臨床、運動醫學與其他與健康相關的領域 (Corcoran et al., 2000; Palmier et al., 2003)。

對於評估 DXA 與 BIA₈ 兩種測量方法的結果等效性，僅以相關性來評估是不足的，故以 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)來評估 BIA₈ 與 DXA 測量結果的符合程度。雖然 BIA₈ 對於全身與各肢段的身體組成是一併估測得到的，但其各肢段的測量結果的參考價值，卻需要分別討論，因此為探討 BIA₈ 於各肢段測量所得的體組成結果，進一步以 CV% 表示 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)的對應信賴區間。

第二節 BIA₈ 在估測上的注意事項

本文的研究結果顯示站立式八極板多肢段生物阻抗之體組成測量系統在男子

角力選手，在下肢與全身的 LST、BF% 的測量，以 DXA 測量結果為比對參考依據，BIA₈ 的測量結果有著高度正相關性。手對腳、下肢的電流通路徑，其對應的 h^2/Z_{F-H} 、 h^2/Z_{leg} 與全身、下肢的 LST 亦皆有高度正相關性。但上肢的電流通路徑，其對應的 h^2/Z_{arm} 與上肢的 LST 僅為中度正相關，故 BIA₈ 在於上肢的 LST 的估測結果，與 DXA 的正相關性，亦僅為中度正相關，且 BIA₈ 測量上肢之 LST 的 95% 信賴區間為 2.12 至 4.46 kg，相較於其他項目如四肢瘦肉組織、軀幹與頭部或全身 95% 信賴區間，並非為最偏移量最大或最大區間的項目，但如以 CV% 表示，則上肢之信賴區間位於 64.4 至 135.1%，不僅明顯高估於 DXA 的測量結果，其偏移量亦高於其他肢段或全身。

BIA₈ 在 BF% 的估測結果，與 DXA 測量結果相較，在上肢、下肢、軀幹+頭部與全身，雖然都達到高度正相關($r>0.82$, $P<0.01$)，BIA₈ 於上肢的 BF% 估測結果之 95% 信賴區間為 -2.2 至 8.5%，與 BIA₈ 於 LST 測試結果於其他項目相似，皆非明顯大於其他項目，但如以 CV% 表示，BIA₈ 於上肢的 BF% 測量結果信賴區間為 -33.6 至 115.8%，則明顯高於其他肢段或全身。

探討 BIA₈ 在不同體脂率的受測族群的 LST 的估測結果，在 $BF\%_{DXA}<10\%$ (Group A)、 $BF\%_{DXA}>10\%$ (Group B)，與所有受測者 (Group C) 等三個群組，本研究的結果顯示，無論是 Group A、Group B 或 Group C，BIA₈ 在上肢的測量結果相較於其他肢段，其估測誤差為最大，BIA₈ 估測 LST 最小項目的分別為下肢與全身。

無論是從相關性、信賴區間與絕對誤差之 CV%，在本研究結果皆顯示，BIA₈ 在 LST 的估測結果是需特別注意的，而從其上肢的 BI (ht^2/Z_{arm}) 與 LST 的相關係數僅為 0.48，而現有研究 BIA₈ 用於健康人士的上肢體組成估測研究，其 BI 與 LST 的相關性 $r=0.97$ 時，BIA₈ 估測上肢的 LST 與 DXA 測量結果相關性為 0.96，而另一研究在上肢 BI 與 LST 的相關係數有 $r=0.55$ 的結果，從本研究結果判斷，BIA₈ 因在年輕男子角力選手測得的上肢 BI 值與對應的 LST 相關性不高，可能是造成其

上肢 LST 估測誤差偏高的主要原因。

在本研究的受測對象，其單一上肢的 LST 平均重量為 $3.2\pm 0.7\text{kg}$ ，單一下肢的平均重量為 $11.7\pm 1.6\text{kg}$ ，男子角力選手の上肢 LST 重量比例僅為下肢的 27.3%，雖然 BIA_8 在上肢的 LST 與 BF% 估測結果於男子年輕角力選手之參考價值有限，但 BIA_8 在下肢與全身的 LST 卻有其參考價值，因此如綜合上肢與下肢所得的 LST，可應用 Kim's equation (Kim et al., 2002)： $SM(\text{kg})=1.19ALST(\text{kg})-1.01$ ，來估算得到全身的 SM，亦有其參考價值。

現有站立式的生物阻抗分析是用於快速全身、各肢段電阻、電抗測量在不銹鋼極板的特性，顯示不銹鋼極板與電極貼片兩者有著高相關性。Pietrobelli et al. (2004)亦使用 BIA_8 針對年齡分布較寬範圍的 40 個健康受測者，進行 ALST 與 BF% 測量果分析，其結果除上肢以外，其研究結果與本研究結果非常相近，顯示 BIA_8 對於年輕優秀角力選的全身體組成估測結果有其價值，上肢之估測結果須小心應用。

在本研究的受測族群，應用 BIA_8 對於全身的 BF% 相較於 DXA 測量結果，從 Bland-Altman plot analysis (布蘭德奧特曼差異圖)顯示兩方法在 ALST 與 BF% 的絕對差異在下肢與全身的部位是小的，而其兩測量方法的差異結果的分布區間亦非很寬，其 BIA_8 於 LST 的估測有其參考價值的，但以不同 BF% 範圍的受測對象而言， BIA_8 應用於 $BF\%_{DXA}<10\%$ 受測族群，並沒有優於或劣於 $BF\%_{DXA}>100\%$ 較低的受測族群的狀況。

第五章 結論與建議

本研究結果顯示站立式八極板生物阻抗分析儀(BIA₈)可用於下肢與全身的 LST、BF% 的估測，以 DXA 測量結果為比對參考依據，BIA₈ 的測量結果具有高度正相關性。如果應用 DXA 來測量各肢段與全身的軟組織成分是昂貴且不容易進行的，因此應用站立式八極板生物阻抗分析儀，基於各生物阻抗索引(bioimpedance index, BI)與 LST 的高相關性，對於男子年輕角力選手的下肢 LST 與全身 SM 是具參考價值的，因此如果站立式八極板生物阻抗分析儀可以提高上肢的 LST 估測結果的精確度，將可以提供男子優秀年輕角力選手在體組成測量研究與臨床應用。

針對提高上肢測量準確性的討論，認為應當加入臂圍的測量，將上肢的組成做更詳細的測量以供評估。另外，上肢測量的準確性與其他各肢段的測量相比，在表現成績上是否有正相關，是否從其他肢段來看會比上肢的評估測量來得有意義，則須要更進一步的討論。

參考文獻

- 林正常(1997)。運動生理學。台北市：師大。
- 曹德弘(1997)。身體組成測量方法的新動向。中華體育季刊，11(3)，49-66。
- 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人成人體脂肪之公式。台灣營養學會雜誌，21，49-66。
- 鍾承穎、洪啟智、黃尚志、陳鴻鈞(2012)。生物阻抗分析於內科學之應用。內科學誌，23，245-253。

- Andreoli, A., Meliciorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., & Garofano, P. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta diabetol*, 40, 122-125.
- Beekly, M. D., Abe, T., Kondo, M., Midorikawa, T., & Yamaguchi, T. (2006). Comparison of normalized maximum aerobic capacity and body composition of Sumo wrestlers to athletes in combat and other sports. *Journal of sports science and medicine*, 13-20.
- 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.
- Grundy, S. M. (2004). Obesity, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Disease. *The journal of clinical endocrinology and metabolism*, 89(6), 2595-2600.
- Heyward, V. H. (2001). Asep methods recommendation: body composition assessment. *Journal of exercise physiology on line*, 4(4), 1-12.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.
- Houston, M. E. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Physician and sports medicine*, 9, 73-78.
- 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.

- Kim, J., Wang, Z. M., Heymsfield, S. B., Baumgarthner, R. N., Gallagher, D. (2002). Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *American journal of clinical nutrition*, 76, 378-383.
- Kireilis, R. W., & Cureton, T. K. (1947). The relationships of external fat to physical education activities and fitness tests. *Research quartely*, 18, 123-134.
- Kohrt, W. M. (1995). Body composition by DXA: tried and true? *Medicine and science in sports and exercise*, 27(10), 1349-1353.
- Kohrt, W. M. (1998). Preliminary evidence that DXA provides an accurate assessment of body composition. *Journal of applied physiology*, 84(1), 372-377.
- Meredith, C. N., Zackin, M. J., Frontera, W. R., & Evans, W. J. (1987). Body composition and aerobic capacity in young and middle-aged endurance-trained men. *Medicine & science in sports & exercise*, 19(6), 556-563.
- 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.
- Organ, L. W., Bradham, G. B., Core, D. T., Lozier, S. L. (1994). Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *Journal of applied physiology*, 77(1), 241-250.
- Pichard, C., Kyle, U. G., Gremion, G., Gerbase, M., & Slosman, D. O. (1997). Body composition by x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance in female runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(11), 1527-1534.
- 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 od pediatrics*, 132(2), 204-210.
- Pollock, M. L., Foster, C., Knapp, D., Rod, J. L., & Schmidt, D. H. (1987). Effect of age

- and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *Journal of applied physiology*, 62(2), 725-731.
- Powell, L. 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, H. J., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M., et al. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of applied physiology*, 83(2), 623-630.
- Prior, B. M., Modlesky, C. M., Sloniger, M. A., Saunders, M. J., Lewis, R. D., & Cureton, K. H. (2001). Muscularity and the density of the fat-free mass in athletes. *Journal of applied physiology*, 90, 1523-1531.
- 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.
- Taylor, W., & Baranowski, T. (1991). Physical activity, cardiovascular fitness, and adiposity in children. *Research quarterly for exercise and sport*, 62(2), 157-163.