

國立高雄師範大學體育學系碩士班  
碩士論文

Department of Physical Education

National Kaohsiung Normal University

Master's Thesis

不同 BMI 成人在各負重率之步態分析

Gait analysis of different BMI adult with different loads

指導教授：戴遠成博士

Advisor : Dr. Dai Yuan-Cheng

研究生：陳大章 撰

Graduate : Chen Da-Jang

中 華 民 國 一 百 零 一 年 七 月

June,2012

## 謝 誌

研究所時光看似漫長，實則如過眼雲煙轉瞬即逝，很高興終於順利把論文完成，雖然這兩年很忙碌，一邊兼顧工作，一邊修著研究所與大學部的課程，對於離開校園將近四年的我，每天從屏東往返高雄一點都不覺得累，反而多了滿滿的充實感，如：認識很多人、學到很多東西……等。這些都為我的人生經歷增添了不少色彩，然而在這兩年研究所裡，很感謝一路走來幫助我的長輩、同學、學長姐、以及學弟妹們。

首先，很感謝我的指導教授-戴遠成教授，在日常中總是體恤我們外務的忙碌，且不辭辛勞細心的指導我們，很謝謝老師無論是論文寫作指導甚至精神上鼓舞，這一切都讓我受益良多。

感謝兩位口試委員-陳秀惠教授與張瑞泰教授，在口試過程中，給了我更多不一樣的思維與建議，使我的論文更加豐富。

謝謝在實驗過程中，木生、興偉、建志、子奇，工作之餘還願意犧牲休息時間，幫助我完成實驗參與者的招募。

謝謝體碩運科心理組的團隊夥伴們，維靖、國治、士銓、、濬恆以及明憬，沒有你們平日的建議與指導，我的論文就無法如期順利。

最後感謝我的家人以及雅婷，謝謝你們的支持，讓我更義無反顧的完成研究所與學程，對於未來我會更努力且更勇敢地追夢。

## 第壹章 緒論

### 第一節、研究問題與背景

隨著時代的進步，國人生活品質提昇、物質的充裕，導致日常生活中，除了容易攝取過多的能量外，也忽略了規律的身體活動，使得過多的熱量在人體中，造成身體組成產生改變，然而身體組成中分為脂肪重 (fat mass) 與淨體重 (lean body mass) 兩大部分；脂肪重是指身體的脂肪量，淨體重是指全身體重減去脂肪的重量，主要是肌肉、骨骼等重量。其中，脂肪重在身體中的比例過多已成為一種流行，更容易進一步的引發許多身體病變（張豐麟，2001），根據行政院衛生署國民健康局的調查，台灣地區各縣市97至99年18歲以上的男性過重及肥胖盛行率顯示 $\geq 43.0\%$ ，然而肥胖的形成，在人們從事各種活動時，易造成無形的身體負擔。

身體負重的走路型態，為我們日常生活中時常使用的動作行為，根據以往的研究顯示過多的脂肪會增加骨骼的負擔(Rissen, Helio-vara et al. 1990; Launer, Harris et al. 1994)，導致關節炎(Carman, Sowers et al. 1994)，人體背部負重時會引起步態特徵的明顯變化，這種變化主要表現在髖關節、膝關節、以上軀幹的擺動角位移變化（武明、季林紅、金德聞、朱慶豐與王人成，2003），Daniel H.K. Chow等 (2005)發現在少女的背包負重步態研究顯示，除了步態週期中雙腳支撐期(double support time)時間延長外，也發現在矢狀面上髖關節活動顯著增加，因此肥胖者在進行外在，如：背負雙背包或是單肩斜背包的負重走路，對於人體下肢骨骼、肌肉或是關節的病變恐增無減。

近年來，國內的肥胖比例日益增加，衛生署與國民健康局呼籲國人正視肥胖的問題，根據過去國內外相關研究，多屬偏重於孩童或青少年的肥胖、營養問題，以及書包負重的步態相關研究，而針對肥胖成人的探討，大多著重於增加身體活動來降低肥胖者的體脂肪(洪甄憶，2004；薛淑琳、甘能斌、劉介仲與林俊宏，2005)、體重控制介入減重計畫效果評估(甘能斌，2004；Nishikawa等,2002)、或是減重前後的身體組成之研究(甘能斌，2005；何忠鋒，2002)。

然而甚少文獻著重於探討不同BMI成人在負重率下的步態行為，因此本研究希望藉由以（0%、15%）負重率的方式，來觀察不同BMI成人，在各負重率下的步

態行為是否有其差異性，並且進行初步的探討與了解。

## 第二節、研究目的

研究目的：藉由動力系統的觀點，以Kinema Tracer 3D 動作系統分析軟體，來獲取不同BMI成人，(0%、15%)負重率下步態的時空及運動學參數，進而探究不同BMI成人在各負重率下，步態所產生的臨床問題。

## 第三節、研究問題與假設

一、研究問題為：

(一)、不同BMI成人在各負重率下，步態的時空參數學是否有其差異性？

1、不同BMI成人在各負重率下的站立期與擺盪期，是否有其差異性？

2、不同BMI成人在各負重率下的雙腳支撐期，是否有差異？

3、不同BMI成人在各負重率下的步幅是有否有其差異？

(二)、不同BMI成人在各負重率下，步態的各運動學參數是否有其差異性？

1、不同BMI成人在各負重率下，身體軀幹角度是否有其差異性？

2、不同BMI成人在各負重率下，髖關節角度是否有其差異性？

3、不同BMI成人在各負重率下，膝關節角度是否有其差異性？

(三)、不同BMI成人在各負重率的運動學參數下，於相平面圖中是否有其變化上的差異？

二、本研究的假設為：

(一)、不同BMI成人在各負重率下，步態的各時空參數差異比較。

1、不同BMI成人在各負重率下的站立期與擺盪期，有顯著差異。

2、不同BMI成人在各負重率下的雙腳支撐期，有顯著差異。

3、不同BMI成人在各負重率下的步幅有顯著差異。

(二)、不同BMI成人在各負重率下，步態的各運動學參數差異性比較。

1、不同BMI成人在各負重率下，身體軀幹角度有顯著差異。

2、不同BMI成人在各負重率下，髖關節角度有顯著差異。

3、不同BMI成人在各負重率下，膝關節角度有顯著差異。

#### 第四節、研究範圍與限制

本研究雖力求實驗過程的客觀、完整，並對於可能造成困擾的因素進行改善修正，但因限於時間、人力、經費、等多方面的因素，無法進行全面的實驗研究，因此本研究僅限於19至30歲的男性為研究對象，肥胖者( $BMI \geq 27$ )、正常體重者以( $18.5 \leq BMI < 24$ )作為體重的界定方式，且將負重率定於0%與15%，而無法推論至其他性別或年齡。

#### 第五節、名詞操作性定義

本研究所指之步態分析是透過動力系統的觀點對步態相關參數進行分析探討，以下是針對步態參數及負重方式的分項說明如下：

##### 一、步態分析：

##### (一)、步態週期

一腳接觸地面至同一腳再次接觸地面的時間，同等於一個跨步 (stride) 所經過的時間，如圖1-1所表示。

##### (二)、站立期 (stand phase)

腳跟著地至腳尖推進離開地面所需要的時間。站立期中可分為：

1、**雙腳支撐期 (double support time, DST)**：為站立期雙腳著地的時間。

2、**單腳支撐期 (single support time, SST)**：站立時只有單腳著地的時間。

##### (三)、擺盪期 (swing phase)

腳尖往前推進至同一腳跟接觸地面，擺盪期與單腳支撐期是相對稱的。

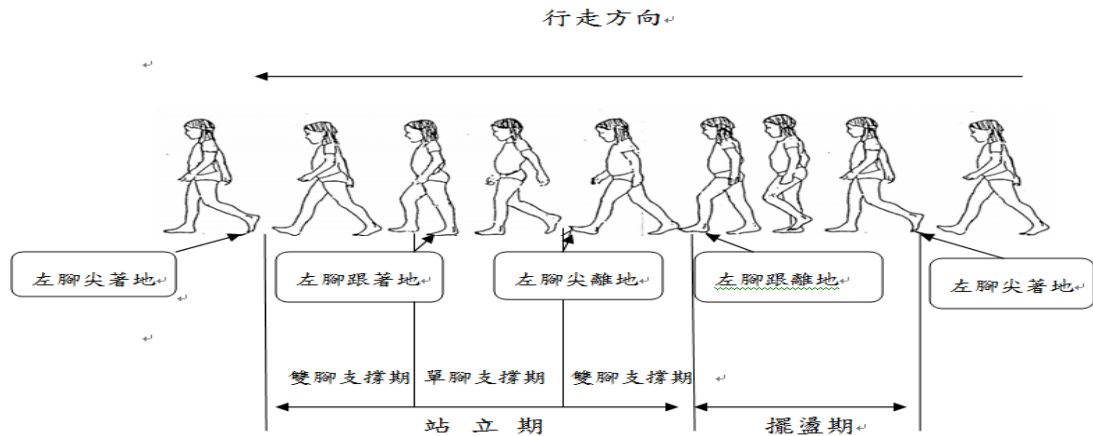


圖1-1 行走步態週期圖 (修改自籃子員, 2008)

## 二、步幅(stride length)

同側腳跟著地至該側腳跟再一次著地的距離，單位為 (公分)。

## 三、負重率 (Percentage load)

為了使資料標準化 (normalized) 處理，以降低體型所造成的影響。故本研究負重重量是依據成人體重與負重重量之比例加以換算，其公式如下：

$$\text{負重率} = \frac{\text{背負的重量 (kg)}}{\text{成人的體重 (kg)}} \times 100\%$$

## 四、反光球 (reflective sphere)

黏貼位置: 貼於參與者左右兩側，肩峰、肘關節、腕關節、髌骨、膝關節、踝關節、第五跖趾等肢段關節點之標記。如圖1-2



圖1-2 反光球位置

## 五、軀幹角度

走路時所測量到的軀幹前傾、後仰或鉛垂線所構成的夾角。軀幹中間軸線在y與z平面上的夾角，如：圖1-3、1-4所示。

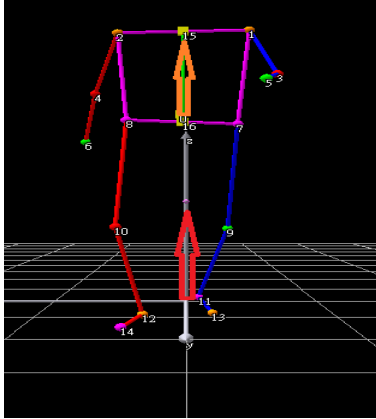


圖1-3軀幹中間軸線與z軸

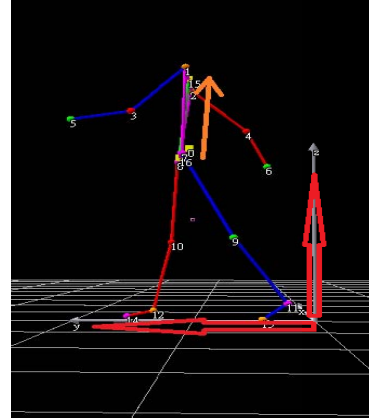


圖1-4 y與z的平面圖

## 六、髖關節角度 ( Hip angle )

髖至肩連線與髖至膝連線於yz平面上的夾角。如：圖1-5、圖1-6所示。

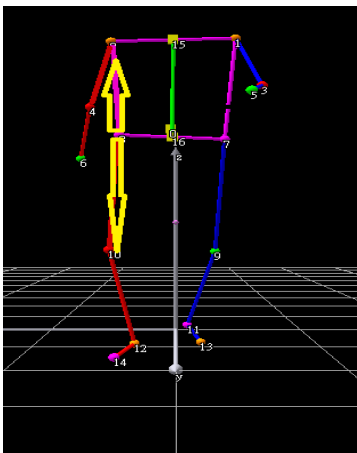


圖1-5 正面髖關節角度

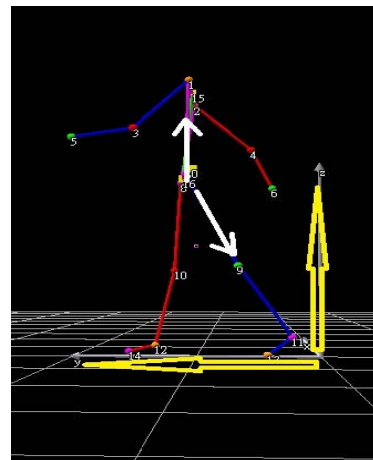


圖1-6y與z的平面圖

## 七、膝關節角度 (knee angle)

膝至髖連線與膝至踝連線於yz平面上的夾角。如：圖1-7、圖1-8所示。

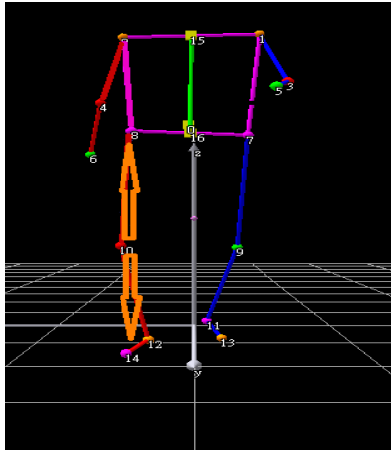


圖1-7 正面膝關節角度

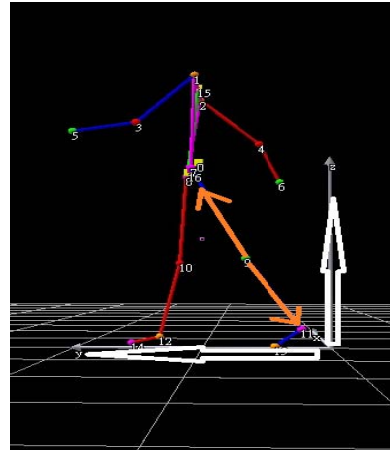


圖1-8y與z的平面圖

## 八、BMI的界定

本研究以身體質量指數 (body mass index, BMI) 作為肥胖與正常體重的界定基準，並採用行政院衛生署於2002所公佈的國人肥胖定義為標準，當作處理體重過重或肥胖時之指導原則。計算公式為：

(一)、身體質量指數 (BMI) = 體重 (公斤) ÷ [身高 (公尺) × 身高平方 (m<sup>2</sup>) ]。

(二)、正常體重者的BMI範圍為:  $18.5 \leq \text{BMI} < 24$ 。

(三)、肥胖體重者的BMI範圍為:  $\text{BMI} \geq 27$ 。

## 九、負重方式

Tarkeshwar Singh, Michael Koh (2009) 研究中發現，使用背包負重、以及背包背負的位置，會影響步態與姿勢穩定相關的時空與運動學參數。因此本研究負重的方式，採用Tarkeshwar Singh等人，所使用的雙肩後背包負重，而負重位置於脊椎，第八節至第九節(T8-T9)胸椎。

## 十、相平面圖(phase plane)

為狀態空間所呈現的人體動作行為的圖形 (狀態空間:可代表一個向量空間的動力系統;然而空間代表運動中人體動作姿態)，橫軸為時間序列，作為人體展現運動時參數的位移，縱軸為位移對時間的微分，即為速度 (Stergiou, Buzzi, Kurz, & Heidel, 2004)。



## 第六節、研究的重要性

肥胖問題已經成為當前全球性的公共衛生問題，這是因為肥胖與多種疾病發生相關，如心血管疾病、高血壓以及糖尿病，此外肥胖所引起的健康問題，其中包括負重的關節疾病。

由於近年來對於肥胖的探討主要著重於生理學方面的研究，如：透過身體活動來改善體脂肪之機轉、或是透過不同運動類型對於肥胖的控制等，至於在人體步態研究上，以運動力學的角度為出發點，如：動態足底壓力的分佈研究。

然而本研究則是希望藉由運動控制中，動力系統的理論為出發點，並使用相平面圖形來比較不同BMI者在各負重率下的步態變化，從相平面的圖型變化，以及步態的時空參數、運動學參數中，了解不同BMI者在各負重率下的步態差異，進一步的為肥胖者，在平時負重下的走路行為提供其建議。

## 第貳章 文獻探討

文獻探討分為：第一節、肥胖的定義;第二節、肥胖者的步態;第三節、肥胖者的病變;第四節、動力系統;第五節、體負重(率)相關研究;第六節;不同負重率的步態影響;第七節本章總結。

### 第一節、肥胖的定義

#### 一、肥胖的定義：

肥胖指數(BMI)可以作為一個人身體脂肪量與肥胖程度相關標準，世界衛生組織(WHO)、國際肥胖症研究協會(IASO)和國際肥胖工作組(IOTF)建議可以界定亞洲成人當BMI超過23.0為超重，肥胖應為BMI超過25.0(WHO/ IASO/ IOTE，2000)。如表2-1

表2-1亞洲肥胖成人的定義

| Classification | BMI (Kg/m <sup>2</sup> ) | Risk of co-morbidities                              |
|----------------|--------------------------|---|
| Underweight    | <18.5                    | low (but risk of other Clinical) problems increased |
| Normal         | 18.5–22.9                | Average   |
| Overweight     | >23                      |   |
| At risk        | 23–24.9                  | Increased   |
| Obese I        | 25–29.9                  | Moderate  |
| Obese II       | ≥30                      | severe  |

身體質量指數 (body mass index, BMI) 可用來評估身體組成指標，即體重(公斤)除以身高(公尺)的平方。BMI值的換算方便簡易，且BMI值與體脂肪比例有很高的相關性，此外，BMI值和罹疾病率或死亡率的相關性高，BMI 為國際間時常當作估計脂肪的指數(劉家鴻，2005)。因此行政院衛生署於2002年公佈台灣肥胖參考值作為國人參考的依據，如圖2-4。

表2-2 國人成人肥胖的定義 (行政院衛生署，2002)

| 成人肥胖定義 | 身體質量指數(BMI) Kg/m <sup>2</sup> |
|--------|-------------------------------|
| 體重過輕:  | BMI < 18.5                    |
| 健康體位 : | 18.5 ≤ BMI < 24               |
| 過重:    | 18.5 ≤ BMI < 27               |
| 體重異常   |                               |
| 輕度肥胖:  | 27 ≤ BMI < 30                 |
| 中過度肥胖: | 30 ≤ BMI < 35                 |
| 重過度肥胖: | BMI ≥ 35                      |

### 第二節、肥胖者的步態：

McGraw et al. (2000) 指出肥胖者在步態週期中減少了步幅長度與步行速度，但增加了步寬(step width)。 Benjamin Smith, Michael Roan, & Minhyung Lee.(2010)發現正常體重者與過重體重者，在外部負重的狀態下顯示，體重過重者在髖關節的自由度顯著大於正常體者。Peggy P.K. Lai, Aaron K.L. Leung, Agnes N.M. & Li, M. Zhang. (2008) 研究肥胖者三維度的步態分析，結果發現肥胖者與正常者相較下，肥胖者在步幅上顯著變短，在步態週期中雙腳支撐期時間顯著高於正常者，以及在站立期持續時間顯著比正常者延長。 Spyropoulos p, Pisciotta JC, Pavlou KN, Cairns MA, & Simon SR. (1991) 研究指出肥胖男性與正常體重男性的步態比較，顯示出(1)肥胖者步行顯著低於非肥胖受試者;(2)肥胖者顯著採取較短步伐和表現出的步寬度(.16米)為非肥胖者(.08米)的兩倍;(3)肥胖者平均比非肥胖者，具更大的顯著幅度在踝關節蹠屈於步態週期中。結論：肥胖者在一個行走的步態模式中，其步態的時間和角度差異，主要是因為他們大腿內過多的脂肪組織不同於非肥胖者。 Browning, R. C. & R. Kram. (2007) 研究肥胖者走在不同的速度時，發現在膝關節矢狀面上，肥胖者的膝關節負荷比正常體重的成年人大。

### 第三節、肥胖者的病變：

人體進行外在負荷時，發現在髖和踝關節是有差異的，這意味著，這些關節可能由於外在負荷的承受更容易受到傷害(Benjamin Smith 等 2010)。肥胖經臨床診斷與人體背部，臀部，膝，踝關節和腳等，肌肉關節病變有關(Holmberget al.,

2005)。洪維振(2003)肥胖除了會造成外觀上的問題外，也容易引起骨骼關節的病變，而過度的肥胖易造成成長激素的減少，阻礙發育。由於體重對下肢的超負荷造成壓力過大，容易使大腿骨脫臼或彎取，以及小腿骨彎曲變形或發生退化性(Cicuttini, Spector, & Baker,1997)。

#### **第四節、動力系統(dynamical systems)：**

動力系統(dynamical systems)的觀點建立起運動行為的分析，隨著時間的變化來瞭解，一個系統的狀態受到次系統間相互作用下，所演變成的線性或非線性運動行為表現。

##### **一、自我組織(self-organization)**

一個系統中包含許多的次系統，而這些次系統間是各自分開的，但由於交互作用及特定控制參數的影響，則形成了一個系統中的穩定狀態。然而形成系統的穩定狀態並非一個單一因素所產生，必須在各個次系統適當的契合作用下才能形成，因此形成這種狀態的過程即以「自我組織」(self- organization)的概念稱之，劉有德(2004)。

##### **二、吸引子(attractor)**

吸引子有如一種集合，從相空間上看，系統演化成一個目的，為一定的點集合，然而演化過程的最終目標，即目的狀態，具有以下特徵：(1)處於非目的狀態的系統時為“不安於現狀態”，力求離之遠去，處於目的狀態的系統則為“安於現狀態”，自身不再願意改變這種狀態。(2)穩定性，目的狀態是系統自身要求的體現，這種要求的體現只有在穩定狀態中才能確立起來並得到保持，不穩定狀態不可能成為目的狀態(3)吸引性，吸引性是目的的基本要素，沒有吸引力的狀態不能成為系統演化所追求的目標。只要系統尚未到達目的，現實狀態與目的狀態之間必定存在非零的吸引力，牽引著系統朝向目的狀態運動。相空間中必須滿足以上3個條件的點集合(可能包含1個點、有限的點或無限的點)，被稱為動力學系統的吸引子，它必須是穩定的狀態。

### 三、協調與自由度的人體型態

Bernstein 於1967 提出自由度問題的學者，人體的動作型態應不只為單關節的活動，而是包涵了人體內多關節、多肢段，換言之也就是多自由度的運動。因此當個體在學習新的動作技能時，為了因應工作與環境所造成本身動作型態的改變，自由度的調控即成為一個重要的課題。人體系統中，自由度意味著數種獨立的要素，而其中每一種要素皆能對人體動作產生不同作用的影響。協調也是一種自由度問題，並進一步指出人體在執行某一動作時，神經系統必須控制動作器中多餘的自由度，並且將它改變成一個可控制的系統。Turvey 於1990 認為協調的定義為頭部、身體軀幹與各肢段間的動作表現，必須依工作與環境的特性，產生相對應的改變。以步態為例：人體在無負重的狀態下，走路型態步幅、步頻為舒適自在，身體軀幹角度無顯著變化，但在負重情況下時，步幅、步頻以及身體軀幹角度開始產生變化，這些變化即是人體為了維持走路的效率所做的改變。

### 四、工作限制

在運動時我們時常只考慮到環境與個體的限制，而忽略了其中影響有個體運動表現的因素-工作限制。Newell(1986) 以動力系統的觀點提出，表示動作表現為個體(organism)、環境(environment)以及工作(task)的交互作用下，產生較佳的動作控制與協調。三種限制如下：

#### (一)、個體限制

個體如：身高、體重、體型、經驗等因素，個體限制來自於「結構性」或是「功能性」的限制。個體的身高與體重發展，為透過個體的發育經成長、成熟，需相當長的時間才能形成，因此身高與體重可假定為個體在協調發展上的「結構性限制」。而神經突觸間的連結是協調人體發展的元素之一，因此個體的反應、經驗等可視為「功能性的限制」。

#### (二)、環境限制

環境限制被認為，有機體的外在環境屬性所附加的限制。當有機體與環境交互作用時，非有機體內部的限制，皆可視為環境限制，如：地心引力、光線、器材、氣溫等等。

### (三)、工作限制

工作限制的界定在動作技能的學習與表現上，需符合特定的目標、規定以及所使用的工具;如:本實驗工作的限制為跑步機以及背包。

人體在進行某一動作型態時，需透過身體骨骼、肌肉、神經、以及關節等等組織，來完成一個動作行為，姿勢與控制的好壞決定了我們所展現的動作行為，透過動力系統的分析，不管是非線性或線性動作行為的呈現，可以更清楚的瞭解人體在執行動作時的表現。

### 五、動力系統的測量方式

相平面(Phase Plane): 為一種可以經由圖形觀察人體運動狀態的分析工具，同時它也是某一特定肢段位置與速度的作圖，因此也可從相平面上呈現出時間序列的概念(楊聯聰, 2009)。然而時間序列所形成的結構特點，嵌入一個適當的狀態空間時，相對應的狀態空間中任一點，在動力系統是可以被定義的

(Abarbanel, 1996). 如圖2-1

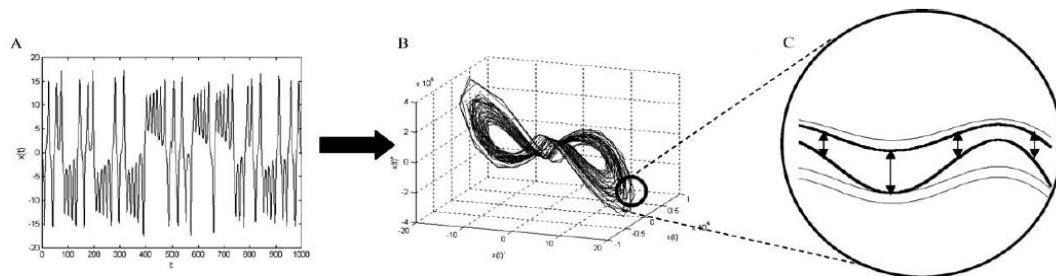


圖2-1 時間序列與狀態空間(Ugo H. Buzzi, Nicholas Stergiou, Max J. Kurz, Patricia A. Hageman, & Jack Heidel, 2003)

除了上述基本的呈現之外，我們可以進一步實際應用於，比較老年人與年輕人步態中膝蓋角度的相平面圖，來觀察兩者動作控制的不同，如圖2-2 所示：

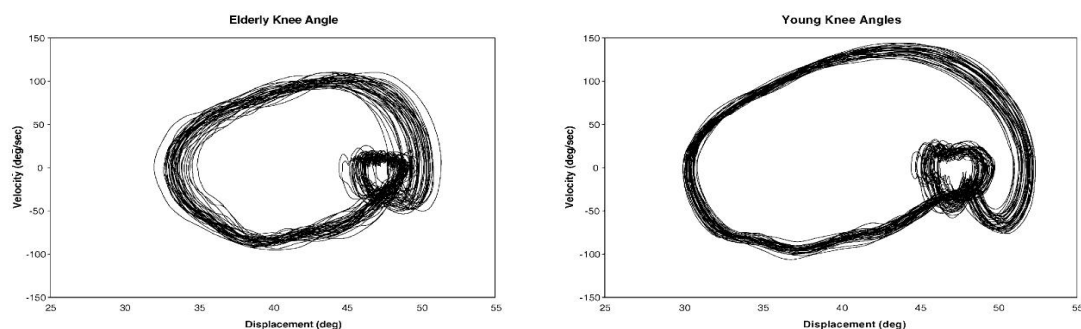


圖2-2 老年人與年輕人膝關節角度的比較(Ugo H. Buzzi, 等 2003)

## 第五節、身體負重（率）相關研究：

據醫學研究指出，長期使用超過身體負荷或設計不良的斜背包，容易讓人產生脊椎側彎、駝背等肌肉骨骼傷害(Dempsey et al, 1996; Mackie et al, 2003)。身體背負重量時姿勢會產生改變，過度或長期使用單一側的肌群，易造成脊椎兩側肌肉不均衡，進而影響姿勢（吳子宏、李勝雄，1998），美國物理治療學會(APTA)美國整形外科學會(AAOS)針對不同的身體重量，而以8.3%至15.0%不等的體重值，作為背負極限值的建議。 Youlian Hong, Chi Kin Cheung (2002) 針對9-10歲的孩童進行不同負重率（0%、10%、15%、以及20%）的研究指出，負重率達20%時，誘發身體軀幹前傾角度增加，因此建議負重率應不超過15%為佳。宋宏偉、李建勳、涂瑞洪（2003）針對國小不同負重率之步態分析，發現背重率到達15%時，身體各參數具有明顯改變之趨勢，因此15%之背重率應可作為判定理想背重率之臨界負荷值。楊鎮鴻（2009）探討不同負重率下的學童對於斜坡行走的力學分析中建議，將國小學童的負重率降低至體重的15%下較為適當。

## 第六節、不同負重率的步態影響

Hong and Brueggemann (2000) 以動作控制的理論，來解釋身體背負重物時軀幹的傾斜。動作控制的功能包括使身體適應環境、以及維持身體姿勢與平衡，當人體負重時，身體的重心會改變，軀幹會向前傾斜，進而使得身體為了保持平衡，身體姿勢的調整能減少能量的消耗並且增加步行的效率。陳佑（2007）進行背負不同背重率步態研究顯示，隨著負重率越大，學童軀幹前傾角度則顯著變大，如：15%的步態背重率時，則顯著大於負重率10%與12.5%。 Youlian Hong & Gert-Peter Brueggemann (2000) 研究了十歲男孩走在跑步機上，負荷依序為0%、10%、15%、20%，逐步的增加將會改變步態模式，0%與20%的負重率相較之下，隨著負重率的增加，身體軀幹的前傾角度、步態週期中的雙腳支撐期以及擺盪期顯著的增加。

## 第七節、本章總結：

藉由肥胖的定義、肥胖者的步態、以及肥胖的相關病變，可以瞭解肥胖以成為目前各國所討論的重要議題，身體過度肥胖對於人體動作行為是種阻礙，且容易導致身體軀幹以及骨骼、關節、肌肉受到傷害，然而步行是人體運動的基礎方式

，對於步行的動作研究，有利於獲得更多人體的運動規律行為，此外負重的走路型態，為上班族、或是學生族群等，經常展現的行為特徵，藉由國內外文獻可以瞭解身體背負重量時，以不超過15%的負重率為建議，藉此以減少身體傷害。



## 第參章 研究方法

本章共分為八節，分別為第一節、研究參與者;第二節、實驗時間與地點;第三節、實驗儀器與設備;第四節、研究架構;第五節、實驗場地與設置說明;第六節、實驗步驟與說明;第七節、資料收集;第八節、資料處理與分析。

### 第一節、研究參與者

本研究已本研究以肥胖者10名( $BMI \geq 27$ )；正常體重者10名( $18.5 \leq BMI < 24$ )，年齡為19歲以上至30歲以下的男性為實驗參與者，基本資料如表3-1

表3-1 研究參與者基本資料表

| 組別   | 性別 | 年齡        | 身高(公分)      | 體重(公斤)     | BMI(公斤/公尺 <sup>2</sup> ) |
|------|----|-----------|-------------|------------|--------------------------|
| 正常體重 | 男  | 22.7±3.30 | 172.19±4.43 | 68.44±7.38 | 22.99±1.83               |
| 肥胖   | 男  | 26.1±3.51 | 172.32±5.38 | 89.76±8.90 | 30.39±1.84               |

研究參與者說明：

參與者身體健康，無上下肢神經及肌肉骨骼傷痛。實驗進行前，即告知所有參與者，使其瞭解本研究目的、以及實驗所使用的器材與步驟流程，說明後並同時填寫參與同意書以及個人資料表，以作為本研究使用。

### 第二節、實驗時間與地點

本研究分為預備實驗與正式實驗兩個階段，實驗日期與地點說明如下：

#### (一)、預備實驗

本預備實驗為了探討不同BMI在各負重率下的步態變化情形，藉此作為正式實驗時缺失改進的參考依據，以避免重複發生錯誤，而影響正式實驗結果的正確性。

一、實驗時間:中華民國101年2月。

二、實驗地點：國立高雄師範大學體育學系運動生理學實驗室。

三、實驗預試如下：

- 1、本研究實驗進行前，各設備的準備如（攝影機、校正架、以及訊號連接器）無重複確定，容易導致錄製參與者影像後，無法順利進行數據化分析。
- 2、拍攝影像進行數位化處理時，實驗室燈光亮度不均，導致實驗參與者身上反光球點模糊，電腦追蹤時產生混淆的現象。

#### 四、改進方式:

- 1、在每次實驗進行前，使用白板與製表將實驗校正順序列出，並逐一校正後打勾標記。
  - 2、實驗室燈光以及背景顏色一併考量，進行配置與佈置完善。
- (二)、本研究正式施測時間訂於中華民國101年3月。
- (三)、本研究實驗地點：高雄師範大學生理學實驗室。

### 第三節、實驗儀器與設備

kinema Tracer 3D 動作分析系統 ( KISSEI COMTEC CO., LTD., Japan )，包含：儀器校正設備、動作拍攝設備、動作數位化(3D Calculator)與分析(KineAnalyzer)。

#### 一、儀器設備校正架

- (一)、長方形鋁製校正架，(50×120×120cm)(如圖3-2所示)。
- (二)、Kinema Tracer 3D動作分析系統，影像校正(MotoRecorder)如圖3-3所示。

#### 二、動作拍攝設備

- (一)、Kinema Tracer 3D動作分析之動作擷取軟體(MotoRecorder)。
- (二)、高效能桌上型電腦一部(DELL precision, USA)。
- (三)、高速攝影機四台(POINT GREY research FL2-03S2C, Canada)，每台頻率為60Hz，如圖3-4所示。
- (四)、反光球 (reflective sphere) 二十八顆，如圖3-5所示。
- (五)、跑步機(Quinton Fitness Equipment)一台，如圖3-6所示。
- (六)、訊號連接器六條；IEEE1394訊號連接線6條及HUB兩台，如圖3-7所示。
- (七)、黑色全身緊身衣二套。
- (八)、雙肩背包一個。
- (九)、身高/體重機測量機一台 (DS-102 Fatness Measuring System, Korea)。



圖3-1 長方形校正架圖

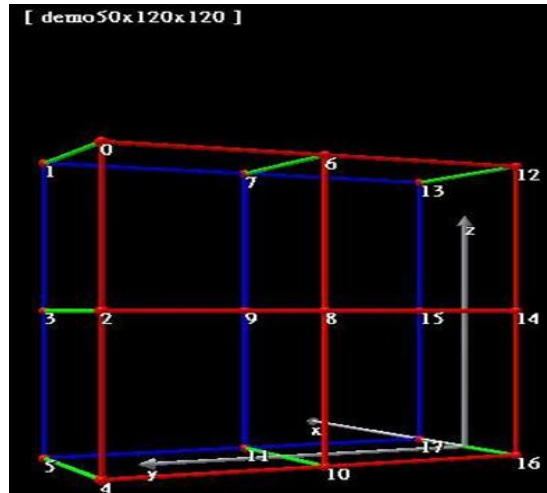


圖3-2 Kinema Tracer 3D影像校正



圖3-3 高速攝影機



圖3-4 反光球



圖3-5 跑步機



圖3-6 HUB

### 三、動作數據分析

(一)、高效能電腦處理器(DELL precision)。

(二)、Kinema Tracer 3D 動作分析系統之影像數位化軟體(3D Calculator)及分析軟體(KineAnalyzer)。

#### 第四節 研究架構

本研究進行肥胖與正常體重者負重率下，對成人的步態進行分析，研究架構如圖 3-7 所示。

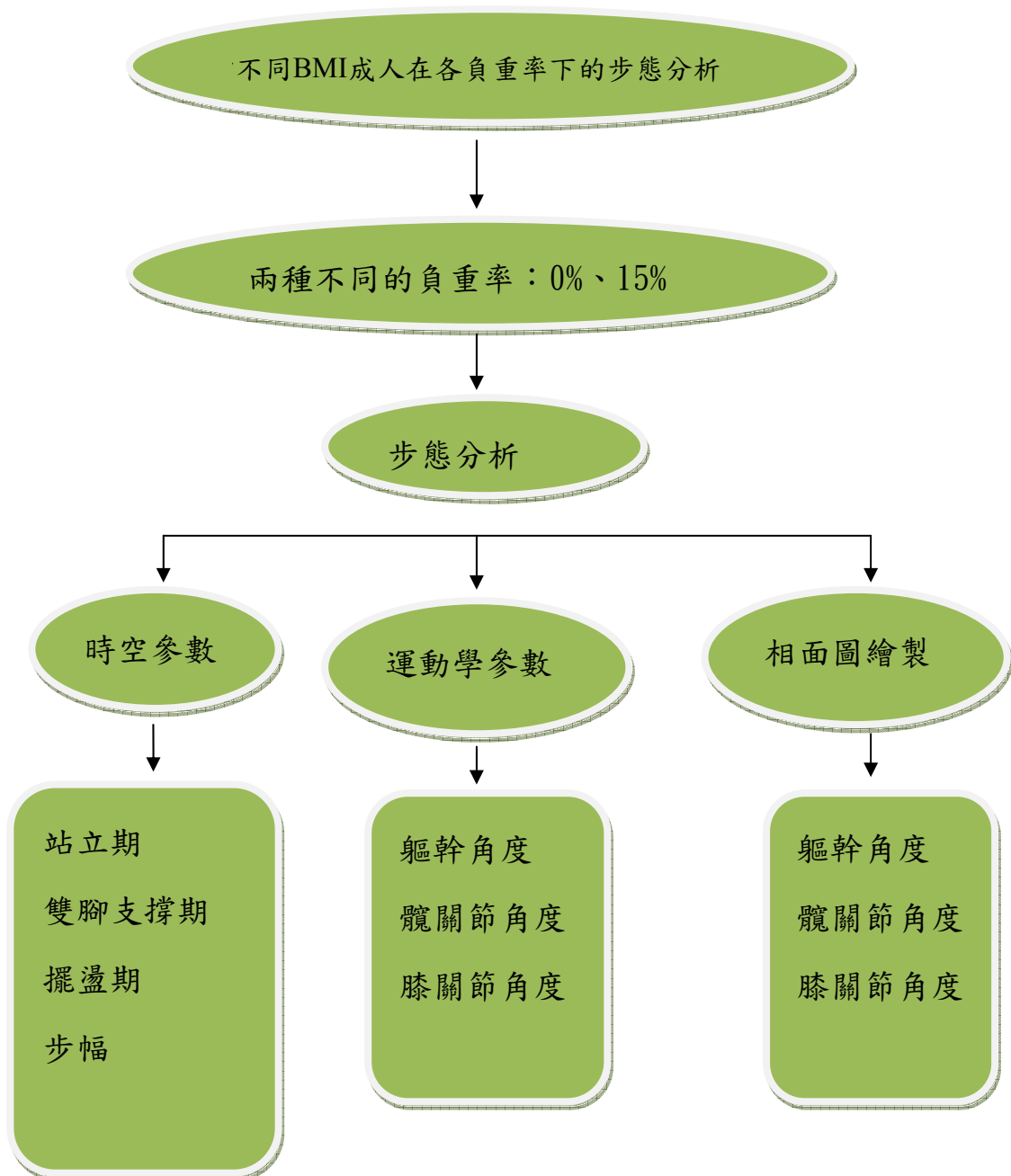


圖3-7 研究架構圖

## 第五節、實驗場地與設置說明

一、跑步機位置:實驗場地正中央

二、高速攝影機架設:高速攝影機架設於實驗室四個角落，並將鏡頭面對中心點的跑步機。

三、集線器配制:四台高速攝影機，每兩台高速攝影機所擷取動態影像，採用 IEEE 1394 規格的訊號連結線，連結至兩個 HUB。而兩個 HUB 藉由另一條 IEEE 1394 連結線，銜接至電腦訊號接收孔，HUB 的作用為收集四台高速攝影機訊息傳至高效能電腦。如圖 3-8



圖3-8實驗場地設置圖

## 第六節、實驗步驟與說明

一、實驗準備及說明:實驗人員為參與者進行基本資料的填寫以及向實驗參與者說明整個實驗所使用的設備、相關實驗流程，並填寫實驗同意書(附錄一)。

二、測量:實驗參與者測量身高與體重後，穿著黑色緊身衣，同時計算出該參與者0%、15%的負重率(附錄二)。

三、反光球定位:本研究針對實驗參與者於跑步機上，負重行走的步態進行分析，使其求得正確的身體各肢段數據，將反光球貼於參與者左右兩側，肩峰(肩峰突)、肘關節(鷹嘴突)、腕關節(尺骨莖突)、髌骨(髌前上棘)、膝關節(外側髌)、踝關節(距骨)、第五蹠趾等肢段關節點之標記。

四、儀器校正:

將長方型鋁製校正架放置於電動跑步機上，以Kinema Tracer 3D動作分析軟體，

進行人體動態影像之參考座標的確認。長方型鋁製校正架的目的為：建立起三維的空間座標、高速攝影機與實驗中電動跑步機的相對位置、確認反光球在實驗範圍空間中的位置，擷取貼於人體動態行走中的反光球，以計算出實驗參與者的步態絕對位置。五、進行實驗：

實驗參與者背負（0%、15%兩種負重率）的雙肩背包於電動跑步機上，以自我最適當的速度，在電動跑步機上練習2分鐘的試走。接著開始實驗並擷取15秒的負重率下的步態影像，每次拍攝完讓參與者休息三分鐘後，再進行接下來的拍攝。實驗流程如3-9圖所示：

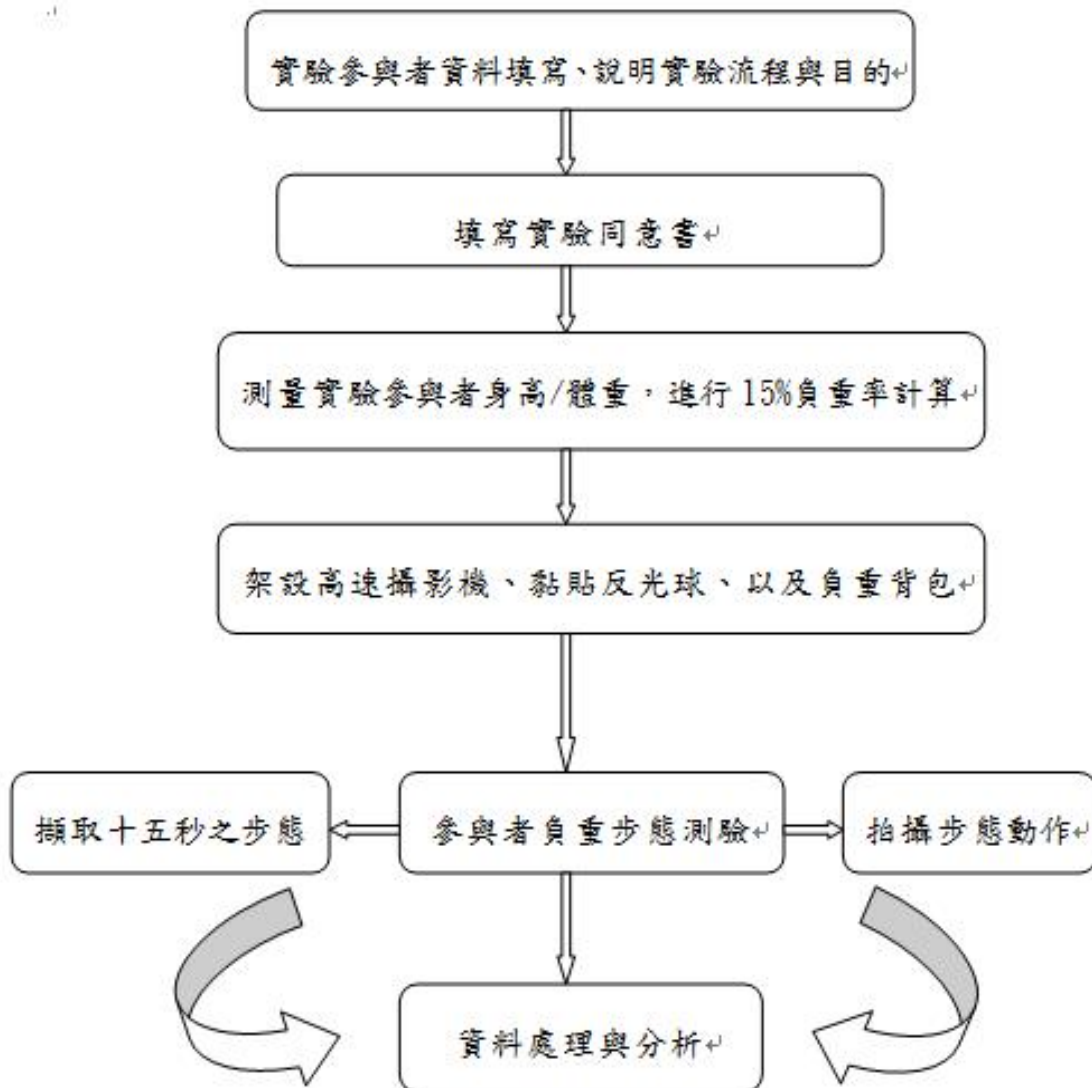


圖3-9 實驗流程

## 第七節、資料收集

- 一、測量研究參與者的身高、體重、以及換算0%、15%負重率。
- 二、在電動跑步機以自我最適當速度，擷取15秒實驗參與者每個負重率下的步態三維動作影像。
- 三、紀錄所有研究參與者負重率下，步態的時空參數與運動學參數。

## 第八節、資料處理與分析

### 一、影像處理

將參與者負重率下的步態三維影像，以Kinema Tracer 3D動作分析系統之影像數位化軟體(3D Calculator)進行影像擷取以及數位化的收集。

- (一) 將分析軟體內建的校正架圖像與實驗前所拍攝的跑步機校正架影像，藉由擷取內建校正架光點的方式作結合，使軟體分析時依此基準，計算所有步態動作的時空參數與運動學參數。
- (二) 將分析軟體內建人形圖像中的各關節點，與實際拍攝參與者身上的反光點影像，以擷取內建人形身上各關節點的光點方式作結合，確立每個反光球在實驗空間中的位置。
- (三) 光點倘若有被遮蔽的狀況，則使用Kinema Tracer 3D 動作分析系統之影像數位化軟體(3DCalculator)內建之內插法將數據補齊。

### 二、分析各項參數

透過Kinema Tracer 3D 動作分析系統中的動作(KineAnalyzer)收集各項人體負重率下，步態的時空參數與運動學參數。

#### (一)、時空參數分析

透過動作分析(KineAnalyzer)軟體，存取參與者步態中的時空參數資料，將數據匯出至excel，再匯入統計軟體進行分析。

#### (二)、運動參數分析

將實驗中所要探討的各運動學參數資料，匯入至excel，再匯入統計軟體進行分析。

### 三、相平面圖的繪製

- (一)、選取肥胖與正常體重參與者各一名，取其兩位的相關數據進行繪圖。
- (二)、將肥胖者與正常體重者的運動學參數((身體軀幹角度、髖關節角度、膝關節

節角度)的數據匯入至excel後，再匯至統計分軟體。

(三)、使用統計軟體進行標準化步驟後匯出至excel。

(四)、藉由excel 內建圖表(XY 散佈圖)繪製成相平面圖形。

## 第九節、統計方法

本研究在實驗完畢後，使用Kinema Tracer 3D 動作分析系統將資料數據化，所需要進行分析之數據，匯入Microsoft Office Excel 2007進行儲存，然後再匯入SPSS 17.0 For Windows 進行統計分析：

一、以描述性統計方法將參與者的基本資料做分析。

二、以二因子混合變異數分析(two-way ANOVA) 進行考驗，不同BMI參與者，在(0%、15%)負重率下的步態(站立期、雙腳支撐期、擺盪期、步幅、髖關節角度、膝關節角度、身體軀幹角度)差異比較。

三、若二因子交互作用達統計上顯著水準，則進行單純主要效果(simple main effect) 考驗，若二因子交互作用未達統計上顯著水準，則進行主要效果(main effect) 考驗。

四、所有統計考驗水準均為 $\alpha=.05$ 。



## 第肆章 結果

本章共分為三節：第一節、不同 BMI 成人在各負重率，步態的時空參數差異情形；第二節、不同 BMI 成人在各負重率，步態的運動學參數差異情形；第三節、不同 BMI 成人在各負重率，運動學參數的時間序列與相平面分析。

### 第一節、不同BMI成人在各負重率（0%、15%），步態的時空參數差異情形

表4-1 不同BMI成人在各負重率步態時空參數之平均數與標準差（單位:秒）

| BMI  | 負重率 | 站立期（秒）    | 擺盪期（秒）    | 雙腳支撐（秒）   | 步幅(cm)      |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 正常體重 | 0%  | 0.73±0.33 | 0.45±0.16 | 0.19±0.10 | 79.47±22.17 |
| 正常體重 | 15% | 0.70±0.33 | 0.46±0.15 | 0.20±0.11 | 82.22±18.91 |
| 肥胖   | 0%  | 0.79±0.66 | 0.44±0.20 | 0.20±0.20 | 69.24±29.14 |
| 肥胖   | 15% | 0.68±0.28 | 0.43±0.21 | 0.19±0.15 | 72.83±31.27 |

### 一、站立期

表4-2 不同BMI成人在各負重率步站立期變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS   | DF | MS   | F值   | P值   | $\eta^2$ | power |
|--------------|------|----|------|------|------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 0.05 | 1  | 0.05 | 0.64 | 0.44 | 0.03     | 0.12  |
| BMI(B)       | 0.01 | 1  | 0.01 | 0.02 | 0.89 | 0.00     | 0.05  |
| 負重率*BMI(A*B) | 0.02 | 1  | 0.02 | 0.21 | 0.66 | 0.01     | 0.07  |
| (A)誤差        | 1.28 | 18 | 0.07 |      |      |          |       |
| (B)誤差        | 5.33 | 18 | 0.30 |      |      |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著

備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

由表4-2結果，不同BMI成人在各負重率下站立期，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下： $F(1,18)=0.64$ ， $P=0.44>.05$ ， $\eta^2=0.03$ ， $POWER=0.12$ ，顯示(A)因子負重率在站立期無統計性差異； $F(1,18)=0.02$ ， $P=0.89>.05$ ， $\eta^2=0.00$ ， $POWER=0.05$ ，顯示(B)因子無顯著性差異； $F(1,18)=0.21$ ， $P=0.66>.05$ ， $\eta^2=0.01$ ， $POWER=0.07$ ，顯示(A)負重率與BMI(B)在站立期兩者之間沒有交互作用。綜合上述結果，不同負重率在站立期無差異；不同BMI在站立期也沒有差異；另外，負重率與BMI兩者之間在站立期不具有交互作用。

## 二、擺盪期

表4-3 不同BMI成人在各負重率擺盪異數分析摘要表

| 變異來源         | SS   | DF | MS   | F值   | P值   | $\eta^2$ | power |
|--------------|------|----|------|------|------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 2.50 | 1  | 2.50 | 0.00 | 0.1  | 0.00     | 0.05  |
| BMI(B)       | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.06 | 0.82 | 0.00     | 0.06  |
| 負重率*BMI(A*B) | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.05 | 0.83 | 0.00     | 0.06  |
| (A)誤差        | 0.10 | 18 | 0.01 |      |      |          |       |
| (B)誤差        | 1.11 | 18 | 0.06 |      |      |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著 備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

由表4-3，得知不同 BMI 成人在各負重率下擺盪期差異比較，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下： $F(1, 18)=0.00$ ， $P=0.1>.05$ ， $\eta^2=0.00$ ， $Power=0.05$ ，顯示負重率(A)因子在擺盪期無統計性顯著差異； $F(1, 18)=0.06$ ， $P=0.82>.05$ ， $\eta^2=0.00$ ， $Power=0.06$ ，顯示 BMI(B)因子在擺盪期無統計性差異， $F(1, 18)=0.05$ ， $P=0.83>.05$ ， $\eta^2=0.00$ ， $Power=0.06$ ，顯示負重率(A)與 BMI(B)在擺盪期兩者之間沒有交互作用；綜合上述結果，不同 BMI 成人在各負重率，不

同負重率在擺盪期沒有差異；不同 BMI 在擺盪期也沒有差異；另外，負重率與 BMI 兩者之間在擺盪期不具有交互作用。

### 三、雙腳支撐期

表4-4 不同BMI成人在各負重率雙腳支撐期變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS   | DF | MS   | F值   | P值   | $\eta^2$ | power |
|--------------|------|----|------|------|------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 3.61 | 1  | 3.61 | 0.00 | 0.93 | 0.00     | 0.05  |
| BMI(B)       | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.00 | 0.95 | 0.00     | 0.05  |
| 負重率*BMI(A*B) | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.07 | 0.79 | 0.00     | 0.06  |
| (A)誤差        | 0.09 | 18 | 0.01 |      |      |          |       |
| (B)誤差        | 0.67 | 18 | 0.04 |      |      |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著 備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

由表4-4，得知不同BMI成人在各負重率下雙腳支撐期差異比較，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下：F(1, 18)=0.06，P=0.93>.05， $\eta^2=0.00$ ，Power=0.05，顯示負重率(A)因子在雙腳支撐期無統計性差異；F(1, 18)=0.06，P=0.95>.05， $\eta^2=0.00$ ，Power=0.05，顯示BMI(B)因子沒有統計性差異；F(1, 18)=0.00，P=0.79>.05， $\eta^2=0.00$ ，Power=0.06，顯示負重率(A)與BMI(B)兩者之間沒有交互作用；綜合上述結果，證實，雙腳支撐期在15%負重率與0%負重率沒有差異；而雙腳支撐期在不同BMI成人也沒有差異；不同負重率下與不同BMI在成人雙腳支撐期不具交互作用。

#### 四、步幅

表4-5 不同BMI成人在各負重率步幅變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS       | DF | MS      | F值   | P值   | $\eta^2$ | power |
|--------------|----------|----|---------|------|------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 100.87   | 1  | 100.87  | 3.06 | 0.1  | 0.15     | 0.38  |
| BMI(B)       | 962.75   | 1  | 962.75  | 0.74 | 0.4  | 0.04     | 0.13  |
| 負重率*BMI(A*B) | 1.76     | 1  | 1.76    | 0.05 | 0.82 | 0.00     | 0.06  |
| (A)誤差        | 593.62   | 18 | 32.98   |      |      |          |       |
| (B)誤差        | 23491.21 | 18 | 1305.07 |      |      |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著 備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

由表4-5得知，不同BMI成人在各負重率下差異比較，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下： $F(1, 18)=3.06$ ， $P=0.1 > .05$ ， $\eta^2=0.15$ ， $Power=0.38$ ，顯示負重率(A)因子在步幅無統計性差異； $F(1, 18)=0.74$ ， $P=0.4 > .05$ ， $\eta^2=0.04$ ， $Power=0.13$ ，顯示BMI(B)因子無統計性顯著差異； $F(1, 18)=0.05$ ， $P=0.82 > .05$ ， $\eta^2=0.00$ ， $Power=0.06$ ，顯示負重率(A)與BMI(B)之間在步幅無交互作用；綜合上述研究考驗結果，證實，步幅在15%負重率與0%負重率沒有差異；不同BMI成人在步幅也沒有差異；不同負重率下與不同BMI成人在步幅不具交互作用。

第二節、不同BMI成人在各負重率（0%、15%），步態的運動學參數差異情形

表4-6 不同BMI成人在各負重率步態時空參數之平均數與標準差，單位：(deg)

| BMI  | 負重率 | 軀幹角度(deg)  | 髖關節角(deg)   | 膝關節(deg)   |
|------|-----|------------|-------------|------------|
| 正常體重 | 0%  | -4.23±2.26 | 176.36±3.55 | 20.60±4.79 |
| 正常體重 | 15% | 1.09±3.17  | 180.59±2,75 | 21.11±4.15 |
| 肥胖   | 0%  | -3.25±4,09 | 175.714.96  | 17.58±6.47 |
| 肥胖   | 15% | 2.53±4.86  | 180.95±5.12 | 18.72±6.50 |

一、軀幹角度

表4-7 不同BMI成人在各負重率軀幹角度變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS     | DF | MS     | F值    | P值          | $\eta^2$ | power |
|--------------|--------|----|--------|-------|-------------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 307.91 | 1  | 307.91 | 44.88 | <b>0.00</b> | 0.71     | 1.00  |
| BMI(B)       | 37.37  | 1  | 37.37  | 0.70  | 0.41        | 0.04     | 0.13  |
| 負重率*BMI(A*B) | 0.54   | 1  | 0.54   | 0.08  | 0.78        | 0.00     | 0.06  |
| (A)誤差        | 123.50 | 18 | 6.86   |       |             |          |       |
| (B)誤差        | 376.32 | 18 | 20.91  |       |             |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著 備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

不同BMI成人、各負重率（0%、15%）軀幹角度，經混合二因子變異數分析統計考驗後，其有以下結果如下：

由表4-7得知，不同BMI成人、不同負重率下的軀幹角度，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下：F(1, 18)=44.88，P=0.00<0.05， $\eta^2=0.71$ ，Power=1.00，顯示負重率(A)因子在軀幹角度具有統計性顯著差異；F(1, 18)=0.70，P=0.41>.05， $\eta^2=0.04$ ，Power=0.13，顯示BMI(B)因子軀幹角度無統計性差

異;F(1,18)=0.08, P=0.78>.05,  $\eta^2=0.00$ , Power=0.06, 顯示負重率(A)與BMI(B)之間在軀幹角度沒有交互作用存在。由於負重率((A)因子呈現顯著性差異, 因此進行主要效果考驗。

表4-8 各負重率之(0%、15%)軀幹角度主要效果考驗

| 軀幹角度    | 平均數   | 標準差  |
|---------|-------|------|
| 0%軀幹角度  | -3.74 | 0.74 |
| 15%軀幹角度 | 1.81  | 0.92 |

備註：負重率1.0% 2.15%

不同負重率下軀幹角度主要效果考驗, 由表4-8得知, 不同負重率下的軀幹角度, 15%負重率時, (1.81±0.92), 明顯高於0%負重率, (-3.74±0.74)。綜合上述研究考驗結果, 證實, 15%負重率時較0%負重率身體軀幹角度明顯前傾。

#### 一、腕關節角度

表4-9 不同BMI成人在各負重率腕關節角度變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS         | DF | MS         | F值    | P值          | $\eta^2$ | power |
|--------------|------------|----|------------|-------|-------------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 224.16     | 1  | 224.16     | 31.83 | <b>0.00</b> | 0.64     | 1.00  |
| BMI(B)       | 1273058.83 | 1  | 1273058.83 | 0.01  | 0.93        | 0.00     | 0.05  |
| 負重率*BMI(A*B) | 2.51       | 1  | 2.51       | 0.33  | 0.56        | 0.02     | 0.09  |
| (A)誤差        | 126.75     | 18 | 7.04       |       |             |          |       |
| (B)誤差        | 512.49     | 18 | 28.47      |       |             |          |       |

\* 在水準 .05 達顯著 備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 負重率：1.0% 2.15%

由表4-9得知, 不同BMI成人、不同負重率下的腕關節角度, 經混合二因子變異

數分析統計考驗後，結果如下： $F(1, 18)=31.83, P=0.00 < 0.05, \eta^2=0.64, \text{Power}=1.00$ ，顯示負重率(A)因子在髖關節角度具有統計性顯著差異； $F(1, 18)=0.01, P=0.93 > 0.05, \eta^2=0.00, \text{Power}=0.05$ ，顯示BMI(B)因子無統計性異； $F(1, 18)=0.33, P=0.56 > 0.05, \eta^2=0.02, \text{Power}=0.09$ ，顯示負重率(A)與BMI(B)之間在髖關節沒有交互作用。由於負重率((A)因子呈現顯著性差異，因此進行主要效果考驗。

**表4-10 各負重率 (0%、15%) 之髖關節角度主要效果考驗**

| 髖關節角度    | 平均數    | 標準差  |
|----------|--------|------|
| 0%髖關節角度  | 176.03 | 0.97 |
| 15%髖關節角度 | 180.77 | 0.92 |

備註：負重率1.0% 2.15% \* 在水準 .05 達顯著

不同負重率下髖關節角度效果考驗結果，由表4-10得知，不同負重率下髖關節角度，15%負重率( $180.77 \pm 0.92$ )，明顯高於0%負重率( $176.03 \pm 0.97$ )。綜合上述研究考驗結果，證實，15%負重率時髖關節角度較0%負重率大；但不同BMI成人在髖關節角度則沒有差異。；不同負重率下與不同BMI兩者之間在髖關節角度不具交互作用。

## 一、膝關節角度

表4-11 不同BMI成人在各負重率膝關節角度變異數分析摘要表

| 變異來源         | SS       | DF | MS       | F值   | P值   | $\eta^2$ | power |
|--------------|----------|----|----------|------|------|----------|-------|
| 負重率(A)       | 6.89     | 1  | 6.89     | 0.42 | 0.27 | 0.04     | 0.12  |
| BMI(B)       | 15217.80 | 1  | 15217.80 | 1.40 | 0.25 | 0.07     | 0.20  |
| 負重率*BMI(A*B) | 0.99     | 1  | 0.99     | 0.10 | 0.76 | 0.01     | 0.06  |
| (A)誤差        | 182.03   | 18 | 10.11    |      |      |          |       |
| (B)誤差        | 935.95   | 18 | 51.80    |      |      |          |       |

備註：BMI為 1.正常體重組 2.肥胖組 \* 在水準 .05 達顯著

由表4-11得知，不同BMI成人、不同負重率下的膝關節角度，經混合二因子變異數分析統計考驗後，結果如下： $F(1, 18)=1.32$ ， $P=0.42 > 0.05$ ， $\eta^2=0.04$ ， $Power=0.12$ ，顯示負重率(A)因子在膝關節不具有統計性顯著差異， $F(1, 18)=1.40$ ， $P=1.40 > 0.05$ ， $\eta^2=0.07$ ， $Power=0.20$ ；顯示BMI(B)因子在膝關節角度不具有統計性差異； $F(1, 18)=0.10$ ， $P=0.76 > 0.05$ ， $\eta^2=0.01$ ， $Power=0.06$ ，顯示負重率(A)與BMI(B)之間在膝關節沒有交互作用。綜合上述研究考驗結果，證實，15%負重率與0%負重率在膝關節角度沒有差異；不同BMI成人在膝關節角度也沒有差異；不同負重率下與不同BMI成人在膝關節角度兩者之間不具交互作用。

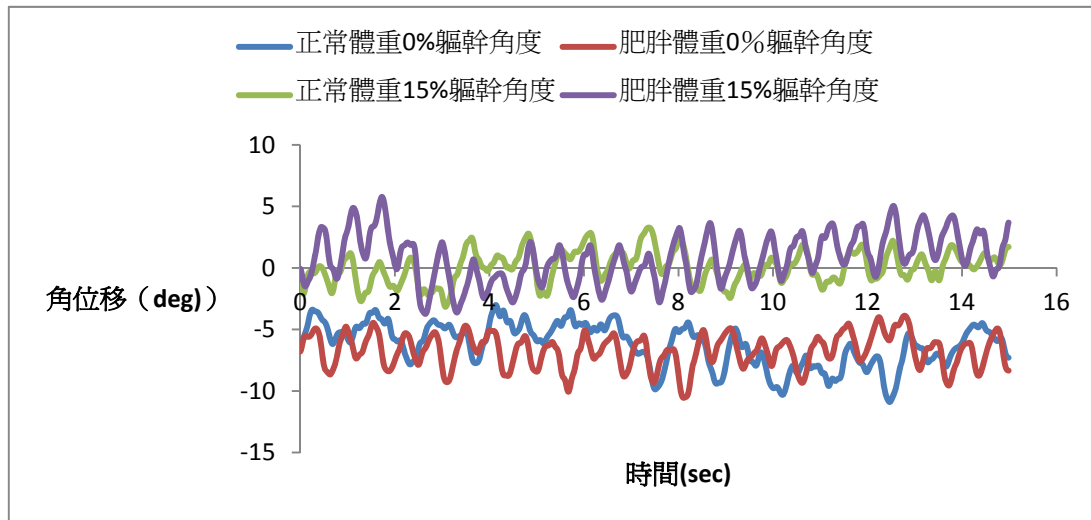


第三節、不同BMI成人在各負重率（0%、15%），運動學參數的時間序列與相平面分析。

### 一、軀幹角度時間序列

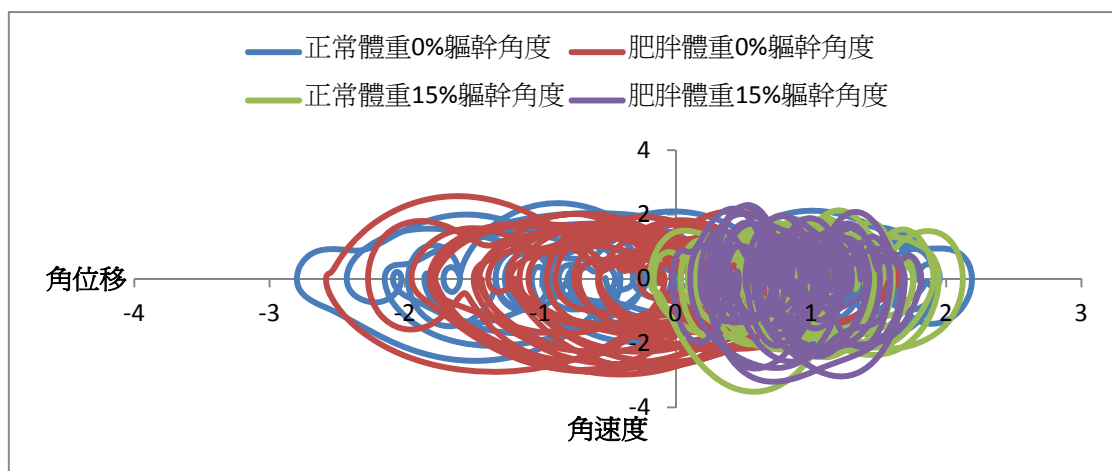
以9號（肥胖組）與12號（正常體重組），兩研究參與者為例作比較。

圖4-1 正常體重與肥胖體重實驗參與者軀幹角度時間序列之比較



1.圖4-1 表明不同BMI成人的軀幹角度時間序列顯示，可看出角位移在時間序列中有所變化，但卻看不出肥胖體重與正常體重實驗參與者步態結構上的變化，因此使用相平面圖來加以說明。

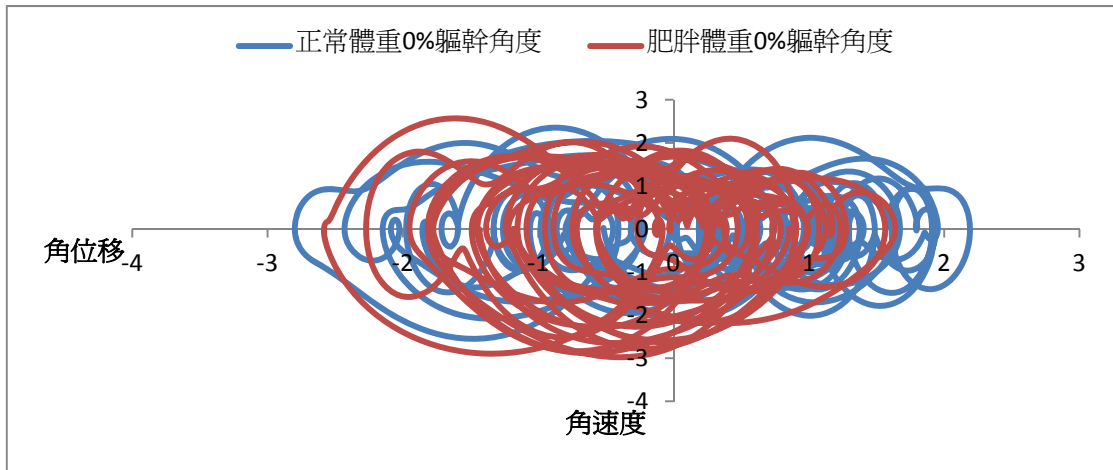
圖4-2 正常體重與肥胖體重實驗參與者在各負重率軀幹角度相平面之比較



2.由圖4-2 相平面中可以得知，不同負重率（0%、15%）肥胖體重與正常體重

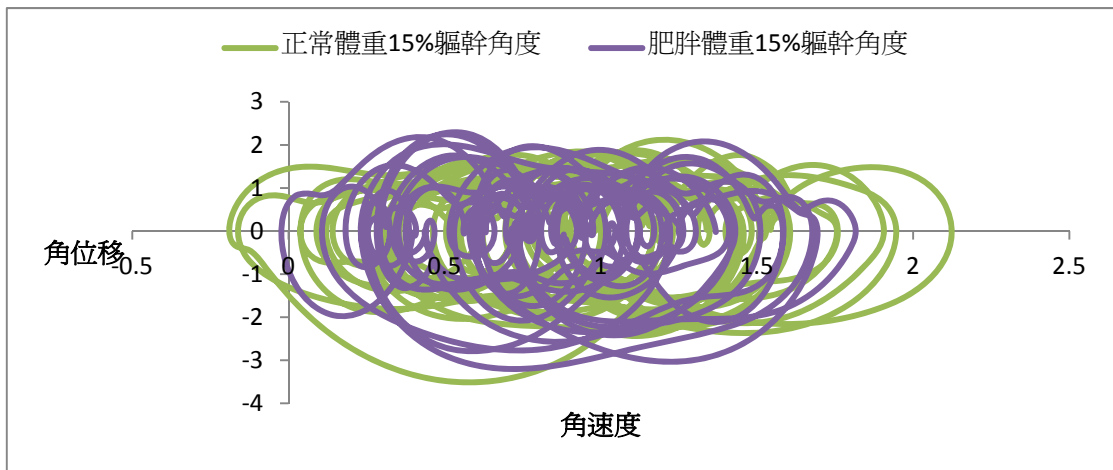
在角位移明顯變大，且正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面在不同負率均無明顯差異。

圖4-3 正常體重與肥胖體重實驗參與者0%負重率軀幹角度相平面之比較



3.由圖4-3 相平面中可以得知，0%負重率下正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面在不同負重率均無明顯差異。

圖4-4 正常體重與肥胖體重實驗參與者15%負重率軀幹角度相平面之比較

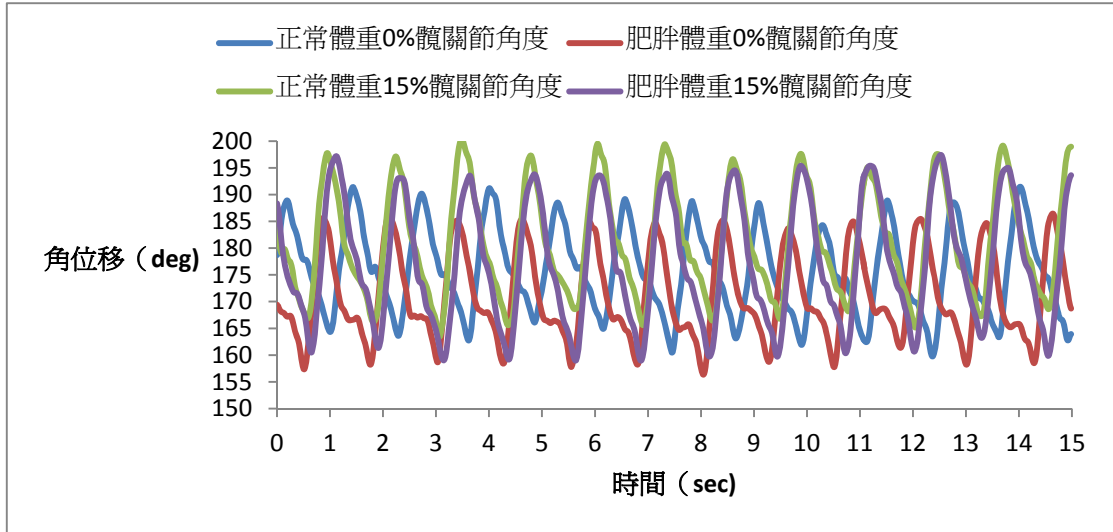


4.由圖 4-4 相平面中可以得知，15%負重率下正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面在不同負重率均無明顯差異。

## 二、髌關節角度時間序列

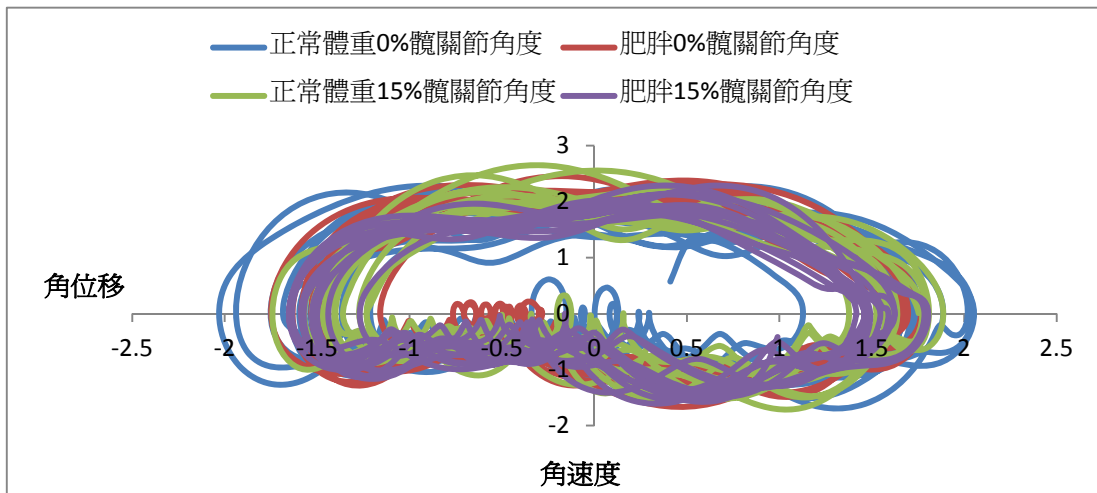
以12號（正常體重組）與9號（肥胖組），兩研究參與者為例。

圖4-5 正常體重與肥胖體重實驗參與者髌關節角度時間序列圖之比較



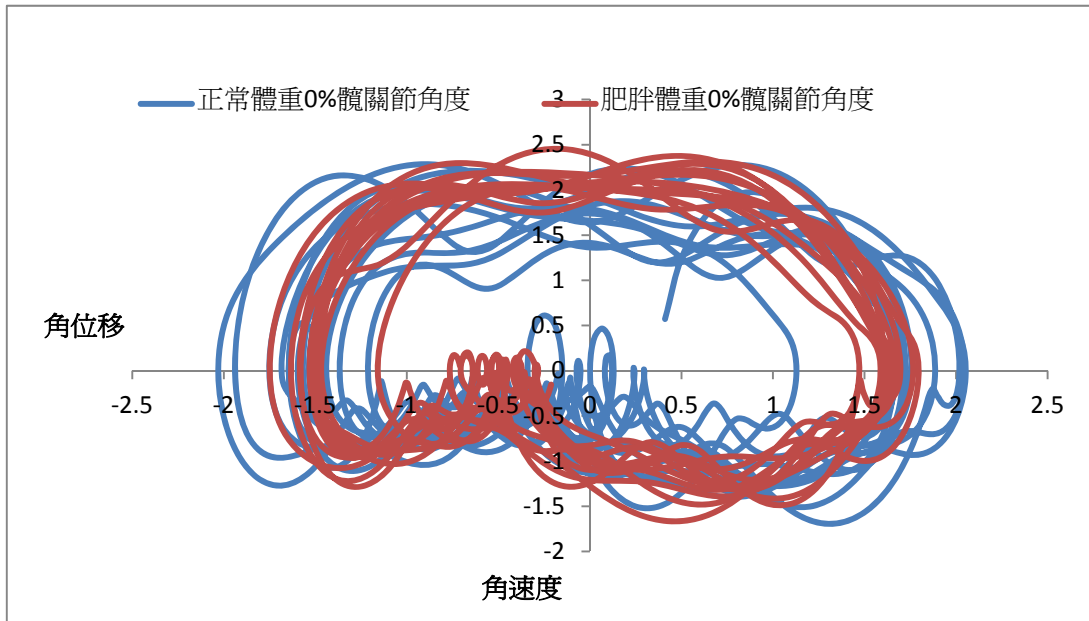
1.圖 4-5 表明不同BMI成人的髌關節角度時間序列顯示，可看出角位移在時間序列中有所變化，但卻看不出肥胖體重與正常體重實驗參與者步態結構上的變化，因此使用相平面圖來加以說明。

圖4-6 正常體重與肥胖體重實驗參與者在各負重率髌關節角度相平面之比較



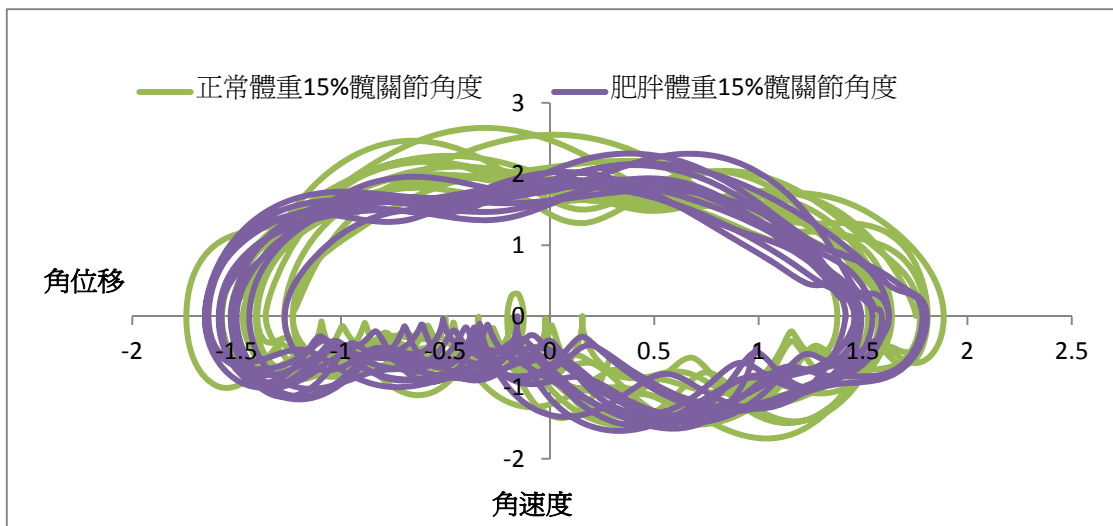
2.由圖4-6 相平面中可以得知，不同負重率（0%、15%）肥胖體重與正常體重在角位移明顯變大，且正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

圖4-7 正常體重與肥胖體重實驗參與者0%負重率髖關節角度相平面之比較



3.由圖4-7 相平面中可以得知，0%負重率下正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

圖4-8 正常體重與肥胖體重實驗參與者15%負重率髖關節角度相平面之比較

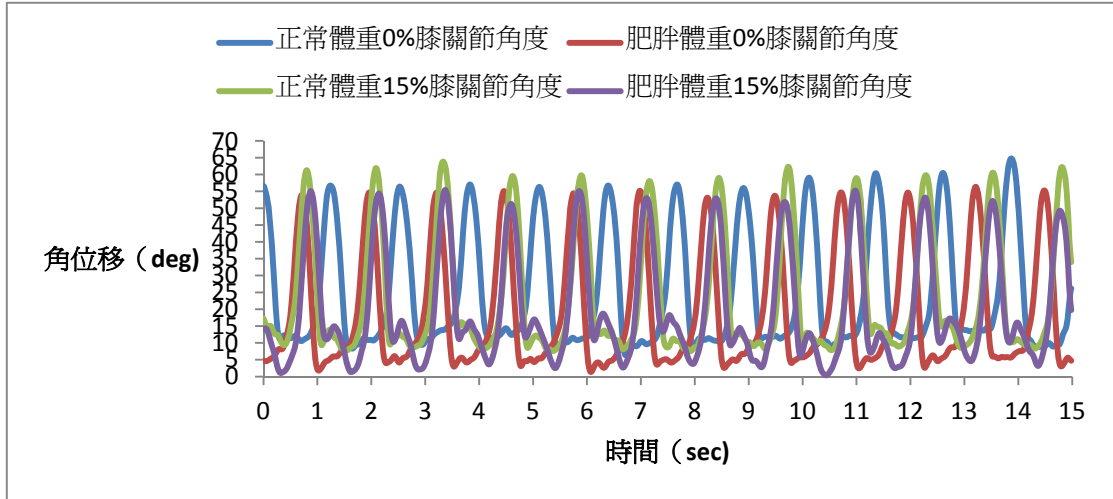


4.由圖 4-7 相平面中可以得知，15%負重率下正常體重角位移明顯大於肥胖體重；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

### 三、膝關節角度時間序列

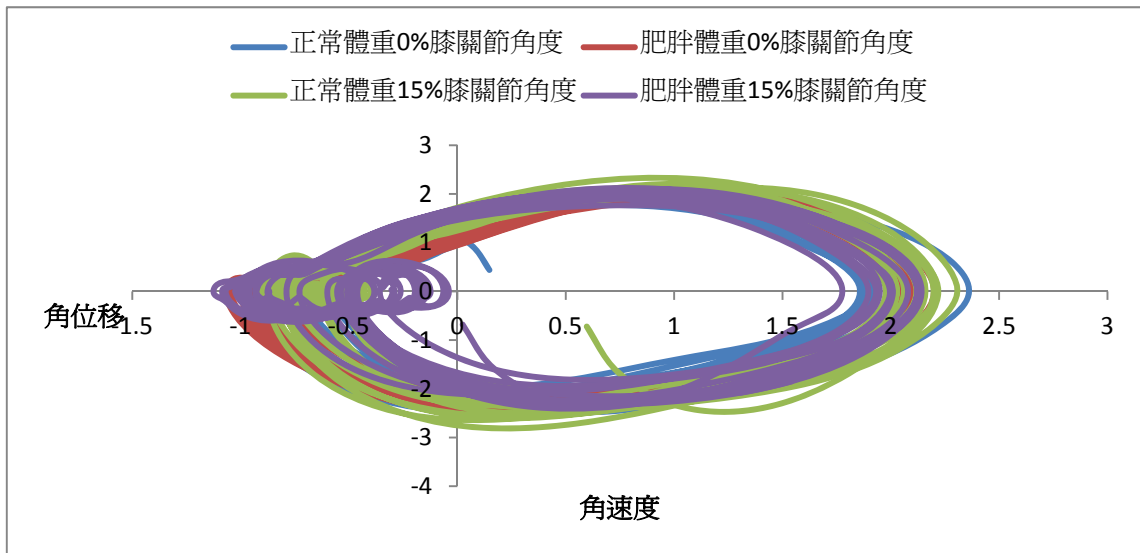
以12號（正常體重組）與9號（肥胖組），兩研究參與者為例。

圖4-9 正常體重與肥胖體重實驗參與者膝關節角度時間序列圖之比較



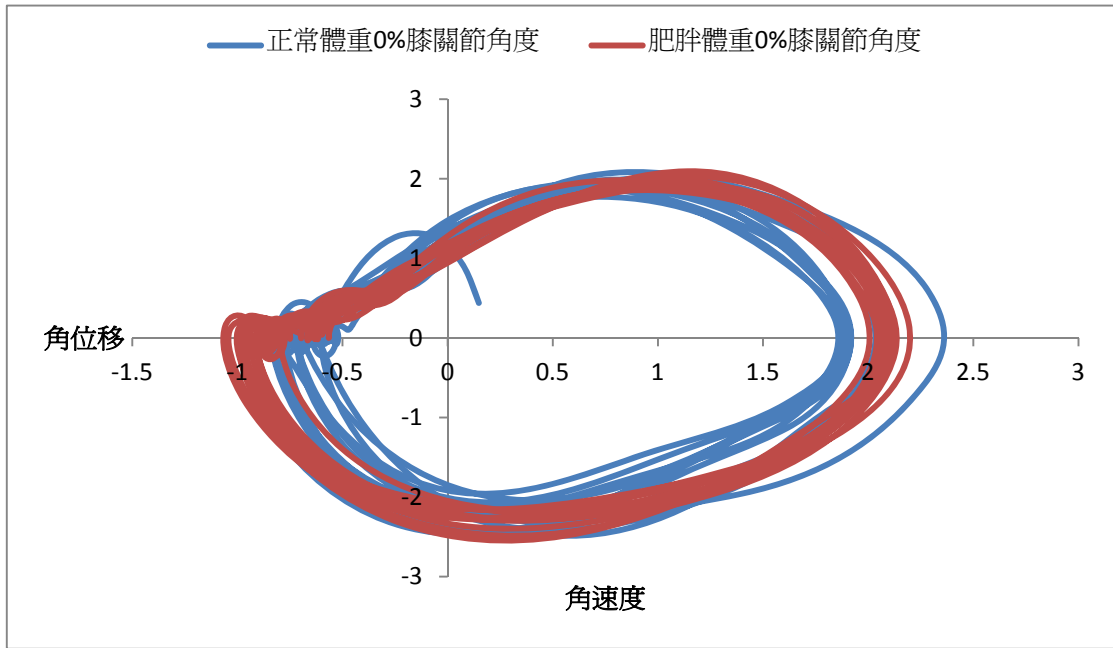
1.圖4-9 表明不同BMI成人的膝關節角度時間序列顯示，可看出角位移在時間序列中有所變化，但卻看不出肥胖體重與正常體重實驗參與者步態結構上的變化，因此使用相平面圖來加以說明。

圖4-10 正常體重與肥胖體重實驗參與者在各負重率膝關節角度相平面之比較



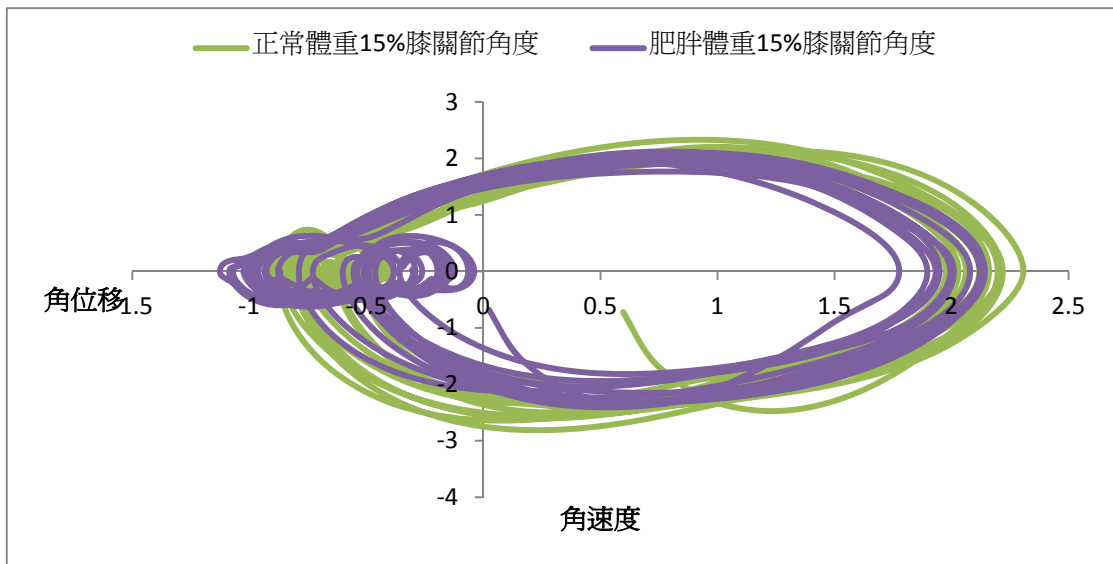
2.由圖4-10 相平面中可以得知，不同負重率（0%、15%）肥胖體重與正常體重在角位移無明顯變化；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

圖4-11 正常體重與肥胖體重實驗參與者0%負重率膝關節角度相平面之比較



3.由圖4-11 相平面中可以得知，0%負重率下肥胖體重與正常體重在角位移無明顯變化；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

圖4-12 正常體重與肥胖體重實驗參與者15%負重率膝關節角度相平面之比較



4.由圖4-12 相平面中可以得知，15%負重率下肥胖體重與正常體重在角位移無明顯變化；然而在角速度變化方面，不同負重率均無明顯差異。

## 第五章 討論

本研究討論分為三節：本研究討論分為三節：第一節：正常體重與肥胖成人在不同負重率下步態的時空參數，第二節：正常體重與肥胖成人在不同負重率下步態的運動學參數，第三節：結論與建議。

### 第一節、正常體重與肥胖成人在各負重率下步態的時空參數

本研究探討正常體重與肥胖成人在兩種不同負重率（0%、15%）下進行步態之分析，結果發現，正常體重與肥胖成人在（0%、15%）負重率下，其步態的時空參數，包含：站立期、雙腳支撐期、擺盪期、與步幅，都沒有顯著差異的情形，BMI值與負重率兩者之間也無交互作用。宋宏偉等（2004）研究中指出，國小高年級學童不同背重率的步態分析中，發現國小高年級學童在0%與15%背重率下，步態的時空參數站立期、雙腳支撐期、步幅並不顯著差異；Youlian Hong, Gert-Peter Brueggemann (2000)研究9-10歲小朋友在跑步機上，背負0%與15%負重率步態中，其站立期、擺盪期、擺盪期並無顯著上的差異；Youlian Hong, Chi-Kin Cheung (2003) 研究小孩背負背包走路時的步態與姿勢反應，在0%與15%的背包負重下步態中，其站立期、擺盪期、雙腳支撐期、以及步幅，0%與15%下並無顯著差異。綜合以上述相關研究研究大都主要針對學童負重下的步態分析，然而，鮮少研究對象是針對正常體重與肥胖者成人在背負背包的步態進行探討。

Peggy P.K. Lai 等 (2008) 研究三維度的肥胖成人步態分析，採用正常體重 (BMI:平均 $21.33\pm 1.5$ ) 男/女，與肥胖體重 (BMI:平均 $33.06\pm 4.2$ )男/女成人，在步態時空參數下，如：雙腳支撐期、站立期、以及步幅顯著大於正常體重組；McGraw Ben等 (2000) 探討8-9歲正常體重 (BMI:平均為 $18.30\pm 1.53$ ) 與肥胖體重

(BMI:平均為 $30.40\pm 6.26$ ) 孩童的步態與姿勢穩定分析，表明肥胖孩童在步態週期中站立期、雙腳支撐期顯住大於正常體重孩童，而在擺盪期肥胖孩童顯著小於正常體重孩童。

本研究正常體重與肥胖體重成人，在各負重率（0%、15%）的步態所有時空參數分析，均無統計上之顯著差異，與上述文獻研究有所不同，至於造成結果不同原因，可能在於本研究正常體重組與肥胖體重組，兩組間BMI數值差異性大小有關，相關文獻探討正常體重與肥胖者其BMI值差距很大。反觀，本研究正常體重組 (BMI: $22.99\pm 1.83$ )、肥胖組 (BMI: $30.39\pm 1.84$ )，兩組間BMI值差異性似乎小於上述相關文獻，因此能造成兩組在步態所有時空參數分析都呈現沒有差異情形。另一方面，可能與測驗的工作限制不同有關，根據相關文獻中，在進行的步態分析皆採用實驗參與者在地面上行走方式，而本研究採用則是參與者在電動跑步機上行走，由於跑步機跑板屬於連續轉動的狀態，因此參與者雖然在不同負重率下，個體為了達成工作目標需求，必須做出符合跑板的轉動速度的步態行為，相較之下與自然行走狀態下的步態模式就有可能產生不同的結果。

## **第二節、正常體重與肥胖成人在各負重率下步態的運動學參數**

本研究正常體重與肥胖成人在兩種不同負重率（0%、15%）下進行步態的運動學參數分析，結果發現正常體重與肥胖體重在軀幹角度、髖關節角度、膝關節角度兩組之間沒有差異性；不同負重率下在膝關節角度沒有多大變化，不過，軀幹角度與髖關節角度，呈現背負越重，則會造成軀幹角度與髖關節角度變大的現象，除此之外，參與者BMI值與負重率亦未呈現交互作用。

陳佑（2007）探討學童背負不同背重率步行結果發現，軀幹角度不會因為時間變化而改變；但卻會因為負重率的增加而使軀幹角度變大，其中，在15%背重率下，軀幹前傾角度顯著大於10%與12.5%；武明等（2003）研究人體背部負重對



於步態特徵的影響及相應補償策略的實驗研究中，發現成年男性背負（6、12以及25kg）重量時，誘發步態特徵明顯的變化，此變化則表現在髖關節、軀幹的擺動角位移具有明顯改變；Youlian Hong & Gert-Peter Brueggemann (2000) 研究學童走在跑步機上，增加不同負重率負荷將會改變其步態模式，0%與15%的負重率比較下，呈現隨著負重率的增加，身體軀幹前傾角度顯著增加；在本研究中從不同BMI成人的相平面圖可看出，不同BMI成人在0%與15%負重率相較下，雖然在角速度上並無明顯變化，但卻可看出軀幹角度與髖關節角位移上，隨著負重率增加而顯著變大，然而在膝關節部份未隨負重率而改變，這有可能因為當個體為了維持步態在跑步機上的穩定性時，軀幹角度與髖關節變異性已很大，如果個體膝蓋角度也無法穩定來維持負重下的走路行為，那將導致個體摔倒甚至受傷的機率增加。

Eva D'Hondt 等 (2010) 研究視力對於肥胖與正常體重孩童的步態控制作用中發現，正常光線下行走步態中，肥胖與正常孩童間的運動學參數，如：軀幹角度、髖關節、膝關節，兩者間均無顯著差異；Benjamin Smith 等(2010) 研究均勻負重對於肥胖與正常體重下半身步態動態影響，發現在均勻負重下，肥胖者的髖關節自由度顯著大於正常體重者，然而在本研究相較下有所不同，雖然在統計學上運動學參數在兩組之間並無顯著差異性存在，但從相平面圖中可看出，肥胖者無論在不同負重率下，軀幹前傾與髖關節角位移明顯來得比正常體重者小，而在膝蓋部份則與上述文獻一樣並無顯著差異。

人類的動作行為是複雜且隨著時間不斷在改變的，因此當探討個體行為變異量時，傳統量化運動形式，透過個體平均數來解釋其行為變異情形，那將會使許多重要訊息被忽略，因此本研究同時也採用時間序列圖形與相平面圖形，試圖使用不同觀點來更清楚詮釋人體的動作行為的變化。

### 第三節、結論與建議

本研究目的為探討不同BMI成人在各負重率（0%、15%）進行步態之分析，經由本研究結果與相關文獻探討後，提出以下結論與建議：

不同BMI成人在（0%、15%）負重率，站立期、雙腳支撐期、擺盪期、以及步幅，均無顯著差異，而軀幹角度、髖關節角度、膝關節角度在兩者之間也無顯著差異性；軀幹角度與髖關節角度，在不同BMI成人之間，經研究證實背負越重，則會造成身體角度變大；此外，隨著負重率越大，肥胖者會試圖調整動作行為的協調性，而這些現象是無法從連續動作分析的平均值，所能完整呈現出來。

綜上所述，透過相平面的觀察，更可顯示肥胖者在(0%、15%)負重率，軀幹角度與髖關節角位移明顯比正常體重者小，為此凍結自身多餘的自由度，其目的為使個體在負重行走的過程中，保持其動作穩定性。人體動作行為是非常複雜的，因此，在探討連續動作分析時，除了獲得動作分析數據外，並可以同時搭配相平面，觀測相轉移之狀態，更可讓動作分析的呈現更為完整清楚。

附錄一

實驗參加者同意書

一、題目:不同BMI在各負重率之步態分析

二、研究目的: 使用Kinema Tracer 3D 動作系統分析軟體，以獲取不同BMI者的身體各肢段角度，以及(0%、15%)負重率下，步態的時空及運動學參數，進而探究不同BMI成人，在各負重率之步態分析。

三、實驗流程:

(一)、實驗參與者測量身高與體重後，穿著黑色緊身衣，並計算出該參與者(0%、15%)的負重率。

(二)、反光球貼於參與者左右兩側，肩峰、肘關節、腕關節、髌骨、膝關節、踝關節、第五蹠趾等肢段，共計十四顆反光球。

(三)、背負所計算出之負重率後，進行試走與正式實驗。

四、實驗地點:高雄師範大學體育系運動力學實驗室。

五、參與者權益及隱私權。

(一)、本計畫執行者將維護參與者在實驗過程中應得之權益。

(二)、參與者於實驗中無須提出任何理由，可隨時撤回同意退出實驗。

(三)、研究資料中參與者姓名將不會公佈，且受試者之隱私將予以保密。

我了解以上有關事項，也同意與上述同意書內容後，請於下方簽名。

實驗參與者簽名：

中華民國 年 月 日

## 附錄二

### 實驗參與者基本資料

基本資料：

- 1、姓名：
- 2、出生年月日：
- 3、聯絡電話：
- 4、通訊地址：

基本測量：

- 1、身高：
- 2、體重：
- 3、BMI：
- 4、15%負重率換算：