

國立體育大學
體育學院
體育研究所碩士論文

防護員觀看生物動作知覺下肢動作之傷害風
險

**Perceiving the Risk of Lower Limb Injury
through Viewing Biological Motion in Athletic
Trainers**

指導教授：廖主民 博士

共同指導教授：陳尹華 博士

研 究 生：劉子瑄 撰

中華民國 114 年 1 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

本論文：防護員觀看生物動作知覺下肢動作之傷害風險

係國立體育大學體育研究所研究生 劉子瑄 所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

本論文承蒙下列考試委員審查通過

中華民國 114 年 01 月 14 日

論文考試委員

陳怡汶

陳怡汶博士

國立彰化師範大學助理教授

陳尹華

陳尹華博士

國立體育大學副教授
(本論文共同指導教授)

廖主民

廖主民博士

國立體育大學教授
(本論文指導教授)

防護員觀看生物動作知覺下肢動作之傷害風險

摘要

目的：本研究探討不同經驗水平的防護員透過觀看動作者執行 Y 字平衡測驗 (Y balance test, YBT) 之生物動作、評估其動作品質，於預測下肢傷害風險之差異。

方法：拍攝 8 位柔道選手 (動作者) 執行 YBT 三方向 (前、後內、後外) 於矢狀面及額狀面之動作，將其編輯為生物動作，並計算動作者綜合延伸距離 (composite reach distance, COMP) 作為其傷害風險指標。招募專家組及中等組防護員各十位，要求其評估於兩面向生物動作影片中動作者於各部位 (軀幹、骨盆、膝、踝) 之動作品質。所有影片均透過 Kwon 3D 標記並擷取動作者各關節軌跡，針對各項運動學 (軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、膝內外位移、踝移動距離、軀幹前後傾斜、髌屈曲、膝屈曲、踝背屈) 進行分析，接著以皮爾森積差相關分析檢驗 YBT COMP 與各運動學參數之間的相關，再以廣義估計方程式分別檢驗專家組與中等組對各部位在兩面向之評分是否能預測 YBT COMP，並透過組內相關係數分別檢視專家組與中等組於各評分項目的一致性， $\alpha = .05$ 。

結果與討論：動作者大部分運動學參數均與 YBT COMP 高度相關。專家組對軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額)、膝 (矢) 之評分能預測 YBT COMP，且具有中高度一致性；而中等組僅在膝 (矢) 之評分能預測，但他們在大部分項目具有中高度一致性，顯示其評估可能一致地不準確。

結論：僅顯示主要關節相互位置的生物動作即透露下肢風險訊息，經驗豐富的防護員能夠知覺更多關鍵訊息，進而預測動作者受傷風險，說明了直接知覺理論中訊息具恆定性與環境賦使的特性，亦可提供防護員作為評估下肢受傷風險之參考。

關鍵詞：Y 字平衡測驗、直接知覺、環境賦使、訊息恆定性。

Perceiving the Risk of Lower Limb Injury through Viewing Biological Motion in Athletic Trainers

Abstract

Purpose: This study examined how athletic trainers (ATs) with different experience levels assess lower-limb injury risk in athletes by observing Y-Balance Test (YBT) performance displayed through biological motion. **Methods:** 8 judokas were videotaped performing YBT in 3 directions (anterior, posteromedial, posterolateral), with their composite reach distance (COMP) calculated as injury risk indicator. Videos were processed into biological motion, and 10 expert and 10 intermediate ATs rated the movement quality of trunk, pelvis, knee, and ankle from both frontal and sagittal perspectives. Joint trajectories were tracked using Kwon 3D to obtain kinematic parameters including trunk lateral tilt, pelvic lateral tilt, knee medial-lateral displacement, ankle movement distance, trunk anterior-posterior tilt, hip flexion, knee flexion, and ankle dorsiflexion. Pearson product-moment correlation analyses were performed to examine the relationship between these kinematic parameters and YBT COMP. Separate generalized estimating equations were performed to investigate whether the ratings on movement quality for the 4 body parts from 2 perspectives could predict the YBT COMP for each groups. Intraclass correlation coefficients were conducted to evaluate the consistency of ratings. Significance of all analyses was set at $\alpha = .05$. **Results & Discussion:** Most movement kinematics of judokas were highly correlated with their YBT COMP. For experts, the ratings for the trunk (frontal), hip (frontal), knee (frontal), and knee (sagittal), with moderate to high consistency within experts, could predict the YBT

COMP. However, for intermediates, only the rating for the knee (sagittal), despite most ratings with moderate to high consistency within intermediates, was predictive, implying their ratings being consistently inaccurate. **Conclusions:** Relative movements among primary joints of athletes displayed in biological motion could reveal critical lower-limb injury risk information. Experienced ATs could better perceive the critical information, enabling accurate assessments of movement quality and injury risk. These findings support the concepts of information invariants and affordances in direct perception theory and could offer practical insights for improving AT training and practice.

Key words: Y-Balance Test (YBT), direct perception, Affordances, Invariants



致 謝

在碩士班兩年半的時間，在一次次挫敗中完成了碩士文。還記得碩二上學期思考了一陣子，想要做的主題始終逃不開防護，而廖老師在得知之後，也清楚告訴我，找共同指導老師是沒問題的，希望能做出對我最有幫助的選擇。因此，我開始接觸到 Oli 老闆，對於極度慢熱的我，剛到新環境時真的非常不舒適，光坐在實驗室位子上就一陣不安感。但是非常感謝實驗室夥伴士宏和壯項，一直找話題跟我說話，也在好幾次的 meeting 結束後，花時間陪我研究我的碩論該如何執行，並且給了我很多建議，也告訴我只要有什麼需要幫忙的絕對挺到底，雖然像是在開玩笑，但我還是非常感謝。

過了幾個月後，在 Oli 老闆的協助下，我也慢慢融入了實驗室，終於可以安心的坐在位子了，而我的碩論實驗也要著手進行了，感謝運動心理與神經科學實驗室的夥伴們（雅玲學姊、文婷、晉其、庭宇、壯項、畫逸）在實驗時幫我一起在超悶熱的走廊上把校正架架起來，也一起完成了素材拍攝，也非常感謝明諺學長過程中協助我找到可以拍攝素材的選手。拍攝完成後影片後製也是一大工程，感謝實驗室夥伴（文婷、畫逸）協助分析影片，完成一支影片需要盯著電腦 5、6 個小時，真的辛苦了，也加速了我的實驗進程。總之，感謝所有實驗室的夥伴陪伴（文婷、晉其、子鈞、庭宇、壯項、欣平、畫逸），還會在我快崩潰時帶來好多好多歡笑。另外，也感謝所有協助拍攝的選手，以及防護員學長姊以及同學們，願意協助我完成這些實驗，即使很多防護員聽到實驗內容都開玩笑說著想走了，但還是很專業地完成實驗。

還要特別感謝 Oli 老闆讓我能快速融入實驗室，並且像是在指導自己的學生一樣細心，也謝謝老師時常督促我的論文進度，不然我可能會因為不想面對而遲遲沒有進展。印象最深刻的是最後在做論文分析時，和老師在辦公室討論統計的問題，那樣一起想方法解決一件事的感覺真的很好。常常也感受得到老師對學生的用心及關心，謝謝老師！

另外，還想要感謝幾位生命中非常重要的存在。就是我的大學同學欣錡，寫前三章的時候在咖啡廳一起瘋狂發牢騷，也給了我實驗很多意見，最後影片分析時，就算眼睛花到不行還是幫我弄了好幾個影片。真的很珍惜也很感謝畢業後還能有這樣的時光。還要感謝我的男友弘智，即使專業不同，仍然希望能在他的能力範圍協助我完成論文，在無數個夜晚，頂著上完班疲累的身體討論實驗內容、確認我的想法、給我許多意見、幫忙分析影片、修改素材輸出的程式碼，真的非常感謝弘智這段時間的陪伴。最後還想感謝我的家人，感謝您們無條件的包容和支持，我都感受得到。

回想起一開始入學時，幾乎每一堂都是廖老師的課，在和廖老師互動的過程中才開始了解研究所需要學習的事情，不只是知識，更是思考問題的方式，謝謝廖老師教會我什麼是有邏輯、有條理的思考，也鼓勵我們有很多不同的想法，奠定了研究的基礎。也要感謝偉鈞老師的教導，碩一時認真且細心的教授統計的原理及應用，讓我有扎實的統計分析基礎，好幾次在百忙之中，老師撥空和我討論統計分析該怎麼處理。此外，我也要感謝我自己，在無數混亂的日子裡面，終於挺過來了。碩一整年在課業、工作與生活中努力取得平衡，甚至可以說根本沒有生活，早上起床上班、下班後預習上課內容、晚上上課、上完課繼續準備隔天的工作及上課內容，只要醒著的時間幾乎沒有喘息空間，同時也很感謝我的室友筱鈞，在每個疲累的夜晚

陪我聊聊一整天發生了什麼事，一起在統計課後大吃一頓，在兩次口試期間也盡力在幫助我，讓我能更放心、專心口試。還有隔壁房的怡君，聽我分享了很多工作上、所上發生的事，很感謝在論文申請的程序上幫助我很多。

感謝在碩士班接觸到的所有人，也感謝當初選擇就讀研究所的我，即使過程參雜許多痛苦、焦慮，也曾經想要就此放棄，但最終是度過了，子瑄很棒唷！期許未來能帶著這些知識、能力繼續前進。

劉子瑄謹致

一一四年一月



目 錄

第壹章	緒論	1
第一節	研究背景與動機	1
第二節	研究目的.....	3
第三節	研究問題.....	3
第四節	研究假設.....	3
第五節	名詞操作型定義	4
第貳章	文獻探討	13
第一節	運動傷害的流行病學及檢測	13
第二節	防護員相關研究	19
第三節	評估能力相關研究	21
第四節	知覺與訊息.....	23
第五節	文獻總結.....	26
第參章	研究方法	27
第一節	參與者.....	27
第二節	實驗素材.....	28
第三節	實驗工作.....	35
第四節	資料處理與分析	38
第肆章	結果	39
第一節	動作者各項資料	39
第二節	參與者.....	43
第三節	防護員評估動作者 YBT 動作品質預測 YBT 距離分數.....	44

第四節 參與者評分之一致性	45
第伍章 討論	46
第一節 YBT 距離與運動參數.....	46
第二節 防護員評估動作者 YBT 動作品質與 YBT 綜合距離分數.....	47
第三節 綜合討論.....	49
第四節 研究限制.....	52
第五節 結論與建議.....	53
中文參考文獻	54
英文參考文獻	55



表 目 錄

表 4-1 YBT 三方向及綜合距離分數.....	40
表 4-2 YBT 三方向及綜合之八項運動學參數	41
表 4-3 動作者 YBT 距離分數與其各項運動學參數之相關分析	42
表 4-4 專家組與中等組對於 4 部位於兩面向之評分平均數及標準差	43
表 4-5 專家組與中等組針對軀幹、髖、膝、踝於兩面向評分預測受傷風險的廣義 估計方程式	44
表 4-6 專家組與中等組對於兩面向之 4 部位評分之一致性程度.....	45



圖 目 錄

圖 1-1 額狀面軀幹左右傾斜標記圖.....	5
圖 1-2 額狀面骨盆左右傾斜標記圖.....	6
圖 1-3 額狀面膝內外位移標記圖.....	7
圖 1-4 額狀面踝移動距離標記圖.....	8
圖 1-5 矢狀面軀幹前後傾斜標記圖.....	9
圖 1-6 矢狀面髖屈曲標記圖	10
圖 1-7 矢狀面膝角度標記圖	11
圖 1-8 矢狀面踝角度標記圖	12
圖 3-1 影片拍攝場地配置圖	30
圖 3-2 額狀面 YBT 態光點呈現圖 (已後製).....	34
圖 3-3 矢狀面 YBT 態光點呈現圖 (已後製).....	34
圖 3-4 實驗流程圖	36
圖 3-5 單一題作答之畫面示意圖.....	37

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

運動員在訓練和比賽時經常會發生肌肉骨骼損傷，流行病學研究結果顯示，通常以 1000 次運動暴露 (athletic-exposure, A-E) 發生幾次傷害來計算，流行病學研究結果顯示，柔道運動的受傷風險可能與足球、排球和籃球等團隊運動一樣高，甚至更高 (De Loes & Goldie, 1988; Kujala et al., 1995; Mc McLatchie, Da Vies, & Caulley, 1980)。亞洲的男性柔道選手的受傷發生率 (41.28/1000 A-E) 高於女性 (25.18/1000 A-E) (Pieter, Talbot, Pinlac, & Bercades, 2001)，而下肢在所有部位中的傷害盛行率最高 (Hootman, Dick, & Agel, 2007)。

文獻指出，48%的傷害造成表現水準下降 (Lambert et al., 2022)，傷害亦會減少許多訓練時間 (Hunt et al., 2017; Lambert et al., 2022)。若及早發現運動員存在受傷風險，就能趁早訓練、治療等降低後續受傷的機率，也能減緩受傷導致的表現下降。因此，檢測方法具有信度及效度就相當重要，一個好的檢測方法能夠有效幫助臨床人員篩檢出具有受傷風險的運動員。過去研究顯示，Y 字平衡測驗 (Y Balance Test, YBT) 可用於評估下肢平衡和神經肌肉控制，及預測下肢受傷 (Gribble, Hertel, & Plisky, 2012)。此測驗係透過一腳下蹲，另一腳盡可能向指定方向延伸執行前側、後內側、後外側的平衡動作。臨床人員透過測量並計算每個方向的距離，將三方向距離加總除以腿長再乘以 100%以標準化檢測結果，稱之「綜合延伸距離 (composite reach distance, COMP)」，可推估受測者的下肢傷害風險。距離越短，表示風險越大；反之，距離越大，風險越小。然而，YBT 本身僅透過非站立腳的延伸長度做為評估依據，鮮少探討檢測時的動作品質，但動作品質差亦是傷害風險因子之一，應納入評估。

過去曾有相關文獻要求 3 位物理治療師 (臨床經驗分別為 1.5、6、18 年) 對 YBT 執行動作品質進行評分，並將其與 YBT 結果進行相關分析 (Ness, Taylor, Haberl, Reuteman, & Borgert, 2015)。研究中將動作者分為有風險及無風險兩組，並預期物理

治療師的評分能預測動作者有無風險，然而研究結果卻發現 3 位物理治療師之間僅有低至中等的一致性 ($Kappa=0.18\sim0.60$)；此外，針對特異度 (specificity)，為健康者被診斷為健康的比例，通常用以描述診斷方法的準確率，研究中軀幹評分的特異度為 0.023-0.159、骨盆為 0.477-0.611，膝為 0.591-0.818，也就是僅有膝的評分能預測有無風險 (Ness et al., 2015)。作者認為是因為物理治療師經驗相差甚遠，導致結果不如預期；且此研究僅觀察額狀面動作，某些訊息可能需要觀看矢狀面動作得知，但研究中物理治療師並未能觀察到那些角度 (Ness et al., 2015)。

生物動作 (Biological Motion) 以動態光點呈現動作，每個光點代表一個關節，研究者能夠分析動作者關節運動學或其之間的協調型態，排除掉關節移動以外不相關的訊息 (Johansson, 1973)。已有文獻指出，藉由觀察生物動作，個體可知覺群體發生的 (phylogenetic) 動作形態，例如藉由動作者的肩髖比，可分辨男女的行走步態 (Kozlowski & Cutting, 1977; 嚴雅婷、劉有德, 2008)。亦可知覺個體發生的 (ontogenetic) 動作，例如不同經驗之教練，能藉由不同的最大膝蓋屈曲、最大軀幹旋轉和拋球位置，可辨識出不同層級網球選手的發球動作 (Giblin, Farrow, Reid, Ball, & Abernethy, 2016)。由此可知，個體可藉由從動態光點移動的恆定性 (Invariants)，如步行者的肩髖比、網球發球者的最大膝屈曲等，知覺出分辨動作之關鍵訊息；而動作細部的訊息則必須仰賴觀察者的經驗及對動作之專業知識，為環境賦使 (Affordances) (Gibson, 1979; Michaels & Carello, 1981)。

綜上所述，若防護員知覺運動員傷害的能力越好，對於運動員受傷預防與恢復幫助越大。而了解較多經驗之防護員在評估時如何知覺關鍵訊息，能提供經驗較少的防護員評估動作的建議。生物動作能提供觀察者恆定之訊息，幫助辨識動作，而專家辨識能力更佳。此外，從不同角度觀察，應能會知覺到不同的訊息，但相關文獻相當有限。本研究在此脈絡下，探討不同經驗水平的防護員透過觀察受測者執行 YBT 的生物動作，從不同面向評估受測者之動作品質，並檢視其評估在預測下肢傷害風險之差異；不同面向係指受測動作者的矢狀面及額狀面。

第二節 研究目的

本研究藉觀看生物動作之形式，探討不同經驗的防護員從額狀面及矢狀面評估動作以預估傷害風險之差異。

第三節 研究問題

基於上述目的，本研究問題有以下三點：

- 一、動作者執行 YBT 時的矢狀面及額狀面的身體運動學是否與 YBT 綜合延伸距離 (COMP) 相關？
- 二、兩組對矢狀面及額狀面於軀幹、髖、膝、踝的評分是否能預測 YBT 綜合延伸距離 (COMP)？
- 三、兩組對矢狀面及額狀面於軀幹、髖、膝、踝的評分一致性為何？

第四節 研究假設

- 一、動作者執行 YBT 時的不同面向的身體運動學皆與 YBT 綜合延伸距離 (COMP) 有相關。
- 二、專家組針對不同面向於各部位的評估可預測 YBT 綜合延伸距離 (COMP)，中等組則不可預測。
- 三、專家組之各部位評分皆具有高度一致性，而中等組則為中度一致性。

第五節 名詞操作型定義

一、傷害風險程度

本研究將 YBT 距離除以各動作者的腿長以標準化結果，且以 YBT 標準化後的分數作為傷害風險程度，並將傷害風險程度定義為綜合延伸距離 (composite reach distance)，本研究將其稱為「COMP」，計算方式為「[(向前延伸距離 (anterior, ANT) + 後內延伸距離 (posteromedial, PM) + 後外延伸距離 (posterolateral, P) / 3 倍腿長] * 100」，COMP 越大表示傷害風險程度越低，COMP 越小則表示傷害風險程度越高。

二、動作品質評分

參與者觀看完每題之生物動作影片後，立即對該題動作者於軀幹、骨盆、膝、踝之動作品質進行評分，範圍介於 0~3 分，0 表示動作品質好，3 表示動作品質差。

三、動作者各部位運動學參數

本研究中採用 8 個運動學參數檢視動作者動作，額狀面與矢狀面動作各 4 個參數，額狀面之運動學參數包含軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、膝內外位移、踝移動距離，矢狀面之運動學參數包含軀幹前後傾斜、髖屈曲、膝屈曲、踝背屈，計算方式如下列 (一) 至 (八)。本研究先分別記錄動作者於執行三方向之運動學數值，再將三者加總後取平均以顯示動作者於三方向綜合之參數。

(一) 軀幹左右傾斜

軀幹定義為「胸骨與肚臍的連線」，而軀幹左右傾斜定義為「軀幹與地面垂直線的夾角」。若軀幹與地面垂直線夾角越大，可能代表動作者越需要依靠軀幹傾斜來維持平衡，因此軀幹左右傾斜視為風險動作 (Junge, Balsnes, Runge, Juul-Kristensen, & Wedderkopp, 2012)。

本實驗計算方式如下：計算（動作過程中每一幀軀幹與地面垂直線的夾角）後，找出最大值。數值越小表示動作品質越好，數值越大則代表動作品質越差（見圖 1-1）。

圖 1-1

額狀面軀幹左右傾斜標記圖



(二) 骨盆傾斜程度

骨盆定義為「左右兩側髭前上棘 (ASIS) 的連線」，而骨盆傾斜程度定義為「骨盆與地面平行線的夾角」。骨盆傾斜程度越大，表示動作者越需要骨盆傾斜代償腳向外伸的距離，因骨盆傾斜而測得的距離並非支撐腳下蹲而形成的結果，因此將其視為風險動作 (Junge et al., 2012)。

本實驗計算方式如下：計算 (動作過程中每一幀骨盆與地面水平線的夾角) 後，找出最大值。數值越小表示動作品質越好，數值越大則代表動作品質越差 (見圖 1-2)。

圖 1-2

額狀面骨盆左右傾斜標記圖



(三) 膝內外位移

下蹲時，膝髌骨中心應與第二趾水平對齊方為安全的動作，髌骨中心水平位置偏離第二趾則視為風險動作 (Junge et al., 2012)。

本實驗計算方式如下：(| 動作過程中每一幀髌骨中心水平座標 - 動作過程中每一幀第二趾水平座標 |)，找出兩者水平距離的最大值。數值越小表示動作品質越好，數值越大則代表動作品質越差 (見圖 1-3)。

圖 1-3

額狀面膝內外位移標記圖



(四) 踝移動距離

踝移動距離定義為「踝關節的光點在動作過程中所移動之距離」。動作過程踝關節左右移動距離多表示其踝關節越不穩定。

本實驗計算方式如下： $(| \text{動作過程中每一幀踝關節之位置座標} - \text{踝關節前一幀之位置座標} |)$ ，將每一幀之距離加總。數值越小代表動作品質越好，數值越大則表示動作品質越差（見圖 1-4）。

圖 1-4

額狀面踝移動距離標記圖



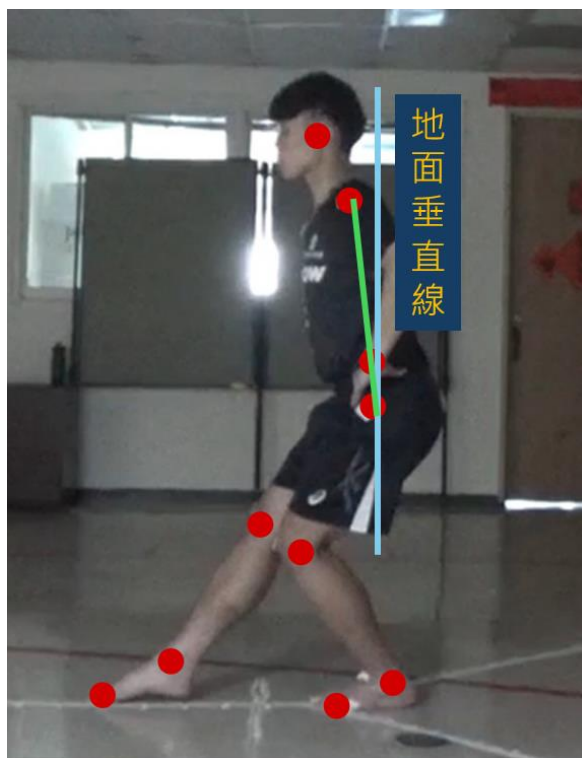
(五) 軀幹前後傾斜

軀幹定義為「肩峰與大轉子的連線」，而軀幹傾斜程度定義為「軀幹與地面垂直線的夾角」。若軀幹與地面垂直線夾角越大，可能代表動作者需要依靠軀幹傾斜來維持平衡，所以軀幹傾斜程度視為風險動作。

本實驗計算方式如下：計算（動作過程中每一幀軀幹與地面垂直線的夾角）後，找出最大值。數值越小表示動作品質越好，數值越大則代表動作品質越差（見圖 1-5）。

圖 1-5

矢狀面軀幹前後傾斜標記圖



(六) 髌屈曲角度

股骨定義為「大轉子與膝外側關節線的連線」，而髌屈曲定義為「股骨與地面垂直線的夾角」。髌關節屈曲越大表示下蹲越多，下蹲越多表示關節能承受得越多，因此屈曲角度越大，風險越低。

本實驗計算方式如下：計算（動作過程中每一幀髌角度－起始髌角度）後，找出最大值。數值越大表示動作品質越好，數值越小則代表動作品質越差（見圖 1-6）。

圖 1-6

矢狀面髌屈曲標記圖



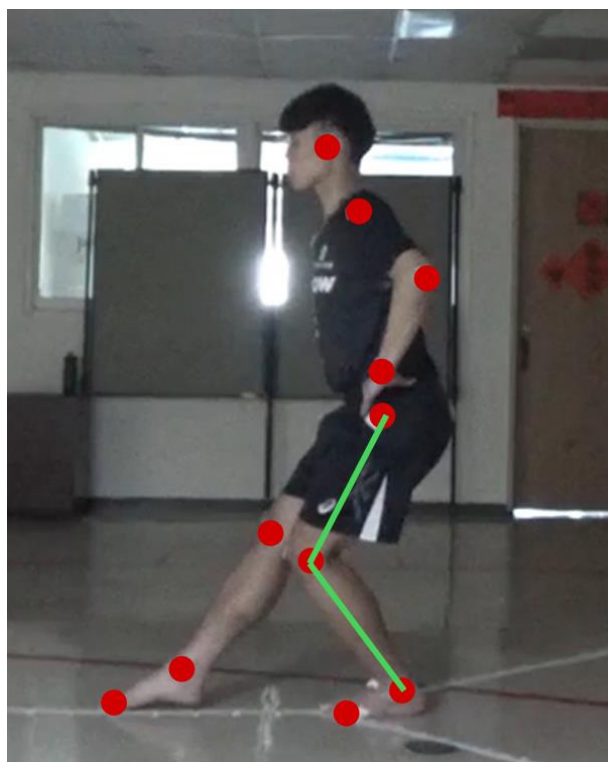
(七) 膝屈曲角度

股骨定義為「大轉子與膝外側的連線」，腓骨定義為「膝外側關節線與外踝的連線」。膝角度定義為「股骨與腓骨的連線」，膝屈曲定義為「膝角度變化」。膝屈曲角度越大表示下蹲越多，因此膝屈曲越大表示風險低。

本實驗計算方式如下：計算（起始膝角度－動作過程中每一幀膝角度）後，找出最小值。數值越小表示動作品質越好，數值越大則代表動作品質越差（見圖 1-7）。

圖 1-7

矢狀面膝角度標記圖



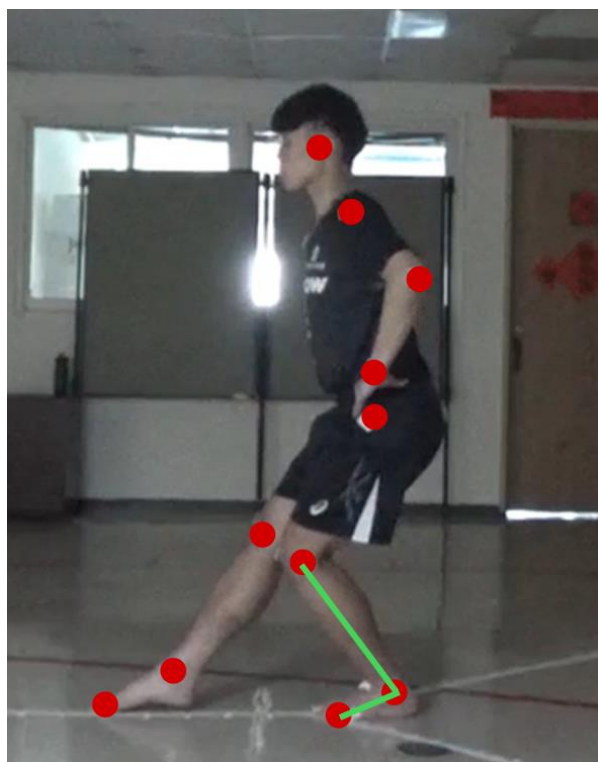
(八) 踝背屈角度

腓骨定義為「膝外側關節線與外踝的連線」，足底定義為「外踝與第五趾末端的連線」，踝角度定義為「腓骨與足底的夾角」。踝背屈定義為「踝角度變化」。踝背屈角度越大表示下蹲越多，因此踝背屈越大表示風險低。

本實驗計算方式如下：計算（起始踝角度－動作過程中每一幀踝角度）後，找出最大值。數值越大表示動作品質越好，數值越小則代表動作品質越差（見圖 1-8）。

圖 1-8

矢狀面踝角度標記圖



第貳章 文獻探討

第一節 運動傷害的流行病學及檢測

一、流行病學

過去研究發現，所有傷害中下肢傷害的盛行率最高 (Hootman et al., 2007; Hunt et al., 2017; Krutsch et al., 2018)，且有 48% 的傷害使表現下降 (Lambert et al., 2022)，亦可能減少許多訓練時間 (Hunt et al., 2017)。大專運動員中最常見的受傷部位為膝關節，足踝次之 (DeHaven & Lintner, 1986)。美國大學體育協會 (NCAA) 的運動傷害監測系統蒐集了大專運動員在 16 年內 (1988 年至 2004 年) 15 項項目的運動傷害，在流行病學中，運動暴露 (Athlete exposure, AE) 指的是一名運動員參加一次訓練或比賽，其中受傷的可能性 (Comstock, Knox, Yard, & Gilchrist, 2006; Patel & Baker, 2006)，通常以每 1000 次的運動暴露 (athlete exposure, AE) 發生幾次傷害來計算。在比賽時受傷的發生率為 13.8 / 1000 A-E，練習時則為 4.0 / 1000 A-E (Hootman et al., 2007)。

下肢傷害不管在練習 (53.7%) 或比賽中 (53.8%) 皆在所有傷害中佔了超過 50%，在所有傷害中，腳踝扭傷及前十字韌帶損傷最為常見，腳踝扭傷平均每年發生 17,000 次 (Hootman et al., 2007)。流行病學研究結果顯示，柔道運動的受傷風險可能與足球、排球和籃球等團隊運動一樣高，甚至更高 (De Loes & Goldie, 1988; Kujala et al., 1995; Mc McLatchie, Da Vies, & Caulley, 1980)。亞洲的男性柔道選手的受傷發生率 (41.28/1000 A-E) 高於女性 (25.18/1000 A-E) (Pieter et al., 2001)。另一項，James 與 Pieter (2003) 的研究中調查英國菁英柔道選手的受傷發生率，發現男性受傷率為 48.54/1000 A-E，女性則為 34.25/1000 A-E。柔道運動員根據體重分為不同的量級，而教練、運動員和醫療團隊投入大量的精力讓運動員能將體重降至較低的量級，也可能因比賽量級需求需要在短時間內減重。許多研究發現這種快速減重的方式會對身體造成短期和長期的傷害 (Sundgot-Borgen & Garthe, 2013)，而且許多柔道運動員在年輕時就開始使用快速減重的方式，可能導致青春期發育延遲和骨骼生長遲緩 (Soric,

Misigoj-Durakovic, & Pedisic, 2008)。與任何接觸運動一樣，柔道運動員存在固有的受傷風險，因此必須預防和減輕受傷的負面後果 (Čierna, Štefanovský, Matejová, & Lystad, 2019)。

臺灣尚無可長時間監控記錄、且使用者友善的運動傷害監測系統 (黃昱倫、梁振威、張雅婷, 2023)。然而，許多研究針對特定運動項目或特定傷害種類進行探討，多數研究都有相似的結果，例如，國內運動傷害中也是以下肢最常見 (王傑賢、黃國恩、卓俊辰, 2008)，而其中又以腳踝最常發生，再來是膝關節。

綜上所述，在任何層級的比賽或訓練中，受傷都是很常見的情況，而下肢損傷在所有級別的大學損傷中佔很大一部分，高達所有損傷的一半，可能減少許多訓練時間，因此預防傷害發生為相當重要的議題。本研究針對柔道項目運動員，探討能夠準確且有效率檢驗下肢傷害風險的方法。

二、傷害風險的檢測

過去文獻發現，二次傷害往往比初次傷害更具破壞性，所以需要採取適當的篩檢方法來識別傷害風險因子，以便在初次傷害之前就先實施預防計畫 (Brooks, Fuller, Kemp, & Reddin, 2006)。傷害的內在風險因子有很多，包含年齡、性別、柔軟度、肌力、神經肌肉控制、肌肉不平衡、受傷史等，而動態姿勢控制是下肢損傷的內在風險因子之一 (Murphy, Connolly, & Beynnon, 2003)。臨床專業人員平時不易取得三維生物力學運動分析所需的複雜儀器和軟體，因此需要視覺評估工具，以易於使用且低成本的方式評估動態姿勢控制 (Ness et al., 2015)。

星狀偏移平衡測驗 (Star Excursion Balance Test, SEBT) 是一項低成本且具有很高的評分者間及評分者內信度的檢測方法 (Kinzey & Armstrong, 1998; Hertel, Miller, & Denegar, 2000)，用於檢測動態姿勢控制，經常於物理治療臨床評估時中使用。SEBT測量的是，受測者保持單腳站立並且作單腳蹲動作，而對側腳向 8 個方向盡可能延

伸的能力。許多文獻以 SEBT 作為動作姿勢控制能力的指標，且證實 SEBT 的距離分數能夠識別有無慢性踝關節不穩定 (Olmsted, Carcia, Hertel, & Shultz, 2002)、前十字韌帶損傷 (Herrington, Hatcher, Hatcher, & McNicholas, 2009)。Olmsted 等 (2002) 招募 20 位有單腳慢性踝關節不穩定 (chronic ankle instability, CAI) 及 20 位沒有踝關節病史的大學生，檢驗有、無 CAI 的 SEBT 結果是否有差異，結果發現 CAI 組以受傷側做為支撐腳測得之距離顯著小於無 CAI 者，且 CAI 患者以受傷側為支撐腳之距離顯著小於未受傷側，表示 SEBT 無論組內或組間比較都可以有效用來區分有無 CAI 的動態平衡。

基於過去研究，學者們為提高效率，許多研究將其修正為三個方向 (Kinzey & Armstrong, 1998; Hertel et al., 2000; Plisky et al., 2009)，即稱之為「Y 字平衡測驗 (Y Balance Test, YBT)」運動，與 SEBT 一樣可用於評估下肢平衡和神經肌肉控制，及預測下肢受傷 (Gribble et al., 2012)。YBT 檢測時，受測者支撐腳站在 Y 字平衡測驗套件 (Y-Balance Test Kit) 的中心平台，另一腳依序輕推前側、後內側、後外側方向的板子，盡最大努力推至最遠距離。施測者將三方向的距離分別除以腿長以標準化測量結果之外，亦會將三方向之距離加總除以三倍腿長得到綜合延伸距離 (composite reach distance, COMP) (Olmsted et al., 2002; Herrington et al., 2009; Delahunt et al., 2013; Plisky, Rauh, Kaminski, & Underwood, 2006; Butler, Lehr, Fink, Kiesel, & Plisky, 2013)。

Delahunt 等 (2013) 檢驗曾接受前十字韌帶重建 (anterior cruciate ligament reconstruction, ACL-R) 的女運動員 (14 位) 與未受傷的控制組 (17 位) YBT 的結果是否有差異，研究結果發現 ACL-R 組在向後內 ($p < .05$) 及向後外 ($p < .05$) 距離顯著低於控制組，而 ACL-R 組 (68.54 ± 3.82 公分) 向前的距離也有低於控制組的趨勢 (71.25 ± 4.35 公分) ($p > .016$)。

此外，YBT 的結果可作為預測高中籃球運動員 (Plisky et al., 2006) 和大學橄欖球運動員 (Butler et al., 2013) 下肢受傷的指標。Plisky 等 (2006) 檢驗 YBT 距離與高中籃球運動員下肢受傷的風險，結果顯示 YBT 左右腳向前的距離相差大於 4 公分的

參與者在賽季中受傷的可能性是其他人的 2.5 倍，而在女性運動員中三個方向綜合距離 (COMP) 低於 94.0% 的參與者受傷的可能性為其他人的 6.5 倍。Butler 等 (2013) 亦檢驗 YBT 的距離與大學橄欖球運動員下肢非接觸性傷害的關聯，參與者為 59 位男性大學美式足球運動員，在賽季前測量前側、後內側、後外側的距離並將分數標準化，在賽季中紀錄每位運動員非接觸性下肢傷害。研究結果發現 YBT 綜合得分低於 89.6% 的運動員受傷的可能性是其他人的 3.5 倍。

雖然過去有關 YBT 研究中沒有建議檢測同時需進行質性分析動作品質，但實務上可以透過觀察 YBT 的運動品質，協助評估運動員當下的身體狀態 (Ness et al., 2015)。Ness 等 (2015) 招募 100 多名健康的動作者檢測 YBT，在檢測時記錄其向外延伸的距離，並依據 COMP 將動作者分為有風險及無風險兩組；另外邀請三位物理治療師 (臨床經驗分別為 1.5、6、18 年) 觀看動作者腳「向前伸」的影片，物理治療師觀看後對軀幹、骨盆及膝關節的「額狀面」動作並進行評分。研究結果發現，軀幹和骨盆運動評分的評分者間信度 (intraclass correlation coefficient, ICC) 為差-中等 ($\kappa=0.18-0.43$)，膝關節為中等 ($\kappa=0.5-0.6$)。評分者對總運動得分的一致性為中等 ($W=0.64-0.73$)，而軀幹、骨盆、膝的評分的特異度別為 0.023-0.159、0.477-0.611 及 0.591-0.818，僅有膝關節能夠較有效判斷有無受傷風險。動作品質不佳，受傷風險應該也隨之提升，然而研究結果卻發現並動作品質和 YBT 的結果不相符。作者提出解釋，第一是此研究招募之物理治療師經驗相差懸殊，第二則是動作者因擔心重心不穩而沒有盡全力下蹲，導致結果不符合假設；第三是研究利用三個方向的分數進行分組，但物理治療師僅觀看腳向前的動作就進行評分，和實務上臨床人員會透過三個方向執行的狀況來給予綜合評估結果的狀況不同。筆者認為，或許僅針對額狀面進行評估也稍嫌不足，不同面向的動作應可透露不同的訊息；下肢中踝關節或許也能透露重要訊息。

綜上所述，YBT 已被許多研究作為動態姿勢控制能力的指標，更被作為下肢傷害的預測指標。然而，尚無研究完整透過不同面向、各部位評估 YBT 檢測時的動作品質來預測傷害風險。若評估動作品質即能得知受測者的傷害風險，能更快速且方便

了解運動員的狀況，且能盡快擬定傷害預防計畫，減低受傷帶來的負面影響。

三、單腳蹲的運動學

過去透過不同的研究方法（例如：肌電圖、動作捕捉系統）得知許多有關 SEBT 檢測時受傷者可能出現的風險動作。在 SEBT 的 8 個方向中，前側、前內側及前外側比其他方向使用更多的股內側肌（vastus medialis oblique, VMO）(Earl & Hertel, 2001)。VMO 無力會導致髌骨向外移動，導致膝關節外翻加、髌關節內轉角度增加、膝關節屈曲角度減少，這可能會影響 SEBT 前側的表現 (Earl, Hertel, Denegar, & Cavanagh, 2003; Lam & Ng, 2001)。

另外，亦有研究比較十字韌帶重建手術患者與控制組在 YBT 時的關節運動學，Delahunt 等 (2013) 招募 14 位曾進行前十字韌帶重建手術 (ACL-R) 的女性運動員作為 ACL-R 組，以及 17 位未受傷的女性運動員作為控制組，兩組皆進行 YBT，並且比較兩組參與者的膝關節及髌關節的運動學，結果發現動作時手術重建組髌關節的內收角度較控制組大、而屈曲角度較控制組小，手術重建組的膝關節屈曲角度較小，這些運動學結果能夠提供給臨床專業人員在視覺評估時參考。然而，觀察這些動作需要從不同觀看角度才能察覺，例如髌內收/外展、膝內/外翻這些動作屬於額狀面動作，需要從動作者前面或後面觀察；髌屈曲/伸直、膝屈曲/伸直則屬於矢狀面動作，需要從動作者的左右兩側觀察。在觀察額狀面的風險動作時較矢狀面有明確的參考依據，例如髌內收/外展、膝內/外翻可以與起始角度相比，但髌屈曲/伸直、膝屈曲/伸直最大角度是否為異常角度，可能須透過過去觀察動作的經驗才能確定，而無法在單一影片中有明確依據。由此可知，不同觀察角度會得到不同的訊息，但有關專業人員評估單腳蹲的文獻中，大多只觀察額狀面動作 (Chmielewski et al., 2007; Junge et al., 2012; Ness et al., 2015)，因此觀察不同面向的動作為值得探討的議題。

綜上所述，下肢運動傷害對於運動員影響甚大，發展能夠準確且有效率檢驗下肢傷害風險的方法更顯重要，YBT 的距離結果已被視為能夠預測下肢傷害的指標。然

而，動作品質不佳亦是傷害風險因子，尚無研究完整透過評估 YBT 檢測時的動作品質來預測 YBT 的距離結果，即使有評估執行 YBT 的動作品質也僅觀察額狀面動作，忽略了矢狀面動作所帶來的訊息。因此，本研究探討執行 YBT 的動作品質是否能預測 YBT COMP。若透過評估動作品質即能得知運動員的傷害風險，臨床人員就能更快速且方便了解運動員的狀況，且能盡快擬定傷害預防計畫，減低受傷帶來的負面影響。



第二節 防護員相關研究

一、運動防護員 (athletic trainer, AT) 資格認定

對於運動傷害防護的發展，起初於 1950 年美國創立運動傷害防護協會 (National Athletic Trainers' Association, NATA)，早期的創會宗旨為交流運動傷害防護相關經驗，以及增進彼此專業知能。直至 1970 年成立運動防護員檢定局開始辦理運動防護員相關檢定證照，其目的是為了讓運動防護員具有更專業的水準與地位 (國立編譯館，2000)。而臺灣則是於 1987 年成立中華民國運動傷害防護協會 (Republic of China Athletic Trainers' Association)，自此運動傷害防護的發展才開始於台灣萌芽。然而，1999 年 6 月，有鑑於台灣運動傷害防護專業發展遭遇瓶頸，為整合專業力量，提升專業水平，建立專業標準，推動專業立法，在各方先進支持下，申請籌組學會。2000 年 7 月 5 日，學會正式成立，命名為「台灣運動傷害防護學會 (Taiwan Athletic Trainers' Society)」，由立法委員朱惠良博士擔任創會理事長，成員涵蓋現職與在學之運動傷害防護員，有志投入運動傷害防護專業的物理治療師等醫事人員，支持運動傷害防護專業發展的醫師。

台灣運動傷害防護學會主要執行的業務包含：辦理教育部體育署委辦之運動防護員資格檢定考試、運動防護員證書管理與工作媒合、辦理與登錄繼續教育訓練課程、輔導相關科系所共同發展運動防護專業。運動防護員資格考試每年度舉辦兩次檢定考試，分別有學、術科測驗，從學科科目中可了解防護員以人體結構、解剖、評估與急救為重點，而運動防護員主要工作內容為運動傷害預防與現場處理 (林建志、唐人屏、張又文，2016)，因此在術科測驗能檢驗臨場反應、貼紮、動作指導等能力，確保運動防護員具有基本的現場處理能力。報考資格首要條件為成年及持有依救護技術員管理辦法發給之有效各級救護技術員證書 (EMT)。另外，根據運動防護員資格檢定辦法第四條，欲報考運動防護員資格考試者還須領有台灣運動傷害防護學會學會認定之學位證書，且修習運動防護員檢定規定課程，並依規定完成 250 小時以上的實習時數。

至 111 年止，運動防護員授證總人數累計 746 人，其中 105 人證照失效；有效證

照人數計 641 人（男性 293 人，女性 348 人）。從事運動防護工作者計 384 人，從事行政及教學等工作人員計 15 人，目前就讀大專校院研究所碩博士計 66 人，從事教師工作者計 30 人，從事物理治療工作者計 8 人，從事運動健康領域及其他工作者計 74 人，待業與服役中者計 64 人（教育部體育署，2023）。

二、防護員的工作內容

運動防護員主要工作內容包含運動傷害之預防、從事體育運動者之健康管理、運動傷害之辨別與評估，及送醫前之緊急處理、運動傷害後之防護及保健。運動傷害預防的內容包含以運動前體能檢測的方式來判斷從事運動體育運動者之身體狀態、提供運動傷害相關預防資訊、給予從事體育運動者體能訓練及調整訓練計畫（例如：關節活動度與柔軟度改善、肌力訓練與調整、神經肌肉控制與協調訓練等）（台灣運動傷害防護學會，2024）。

下肢受傷的情況可能減少許多訓練時間（Hunt et al., 2017），因此傷害預防更顯重要。若能實踐運動傷害之預防僅能降低傷害及傷害帶的負面影響，也能替運動防護員減少運動傷害帶來的龐大工作量，因此對於運動防護員來說預防是相當重要的工作能力之一。以我國目前一般醫院提供的服務項目而言，主要只能提供傷害診斷與適當的復健治療，這些功能都必須在傷害發生後到達醫院才能獲得協助，而就運動傷害而言，傷害前的預防更應該被慎重處置（周明勳，2012），這也突顯出運動防護員對於運動行為的重要性。然而，過去關於有關 SEBT 的文獻皆招募物理治療師但運動防護員的工作場域在球隊及學校中，為第一線人員，因此運動防護員對於傷害風險的覺察能力亦為值得探討的議題。

第三節 評估能力相關研究

文獻指出，評估能力受到專業知識及經驗 (Bernhardt, Bate, & Matyas, 1998; Abernethy, Gill, Parks, & Packer, 2001) 的影響。評估能力需要透過專業知識的訓練來培養。Lee, Pacheco, Lewek, 與 Huang (2020) 招募了三組的實驗參與者，分別是物理治療師、物理治療系學生及控制組，經驗豐富的物理治療師平均有 18 年的執業經驗，物理治療系學生組已完成觀察式步態的相關課程且有實習經驗，而控制組完全無受過相關的訓練。研究者拍攝了截肢者步態，並以額狀面生物動作呈現給參與者，請參與者觀賞完影片後評估其動作異常程度，結果顯示控制組評估正確率顯著低於其餘兩組，而物理治療師組及物理治療系學生組無顯著差異，代表透過專業知識的課程後能掌握評估的關鍵訊息。

除了專業知識會影響評估能力之外，許多文獻亦指出評估能力會因經驗而有所差異。有許多文獻探討運動時運動員的知覺能力，Abernethy 等 (2001) 探討壁球運動中專家及新手運動員知覺來球方向和力量的能力差異，此研究招募 10 名專家球員和 15 名新手球員，觀看兩種時間遮蔽典範 (temporal occlusion paradigm) 的影片，分別在對方球員擊球之前和之後遮蔽，而實驗參與者需要預測球的方向和力量。研究結果顯示在兩種顯示條件下，專家的預測表現都優於新手，這表示專家知覺關鍵的運動學能力較新手好。Hohmann, Troje, Olmos 與 Munzert (2011) 探討不同經驗的籃球運動員知覺運球動作類型 (快速運球、交叉運球、胯下運球、背後運球、旋轉運球) 準確性的差異，結果發現專家組的反應時間較新手組快、準確率更高。Giblin 等 (2016) 探討不同經驗的教練知覺運動學變化的差異，請實驗參與者觀看網球發球的生物動作影片，並回答此影片是否與前一個影片相同，而影片中顯示了三個運動學變項，包含最大膝蓋屈曲、最大軀幹旋轉和拋球位置。研究結果發現專家組識別膝關節屈曲角度及拋球位置變化較新手組敏感，而軀幹旋轉則無顯著差異。

同樣地，不同經驗水平的物理治療師評估動作的正確率也有顯著差異。例如，Weeks, Carty, 與 Horan (2012) 招募了 8 位經驗豐富的物理治療師和 8 位物理治療學

生對單腳蹲進行評分，而在單腳蹲同時使用動作捕捉系統追蹤運動學，結果發現物理治療師分數可透過最大膝關節屈曲 ($R^2 = 0.33$, $p = 0.01$)、最大髖內收 ($R^2 = 0.54$, $p = 0.01$) 和膝關節內外側位移 ($R^2 = 0.64$, $p = 0.01$) 來預測，而學生分數僅透過最大膝關節屈曲 ($R^2 = 0.36$, $p = 0.01$) 和膝關節內外側位移 ($R^2 = 0.57$, $p = 0.01$) 來預測。這樣的結果顯示物理治療師和學生都有能力對單腳蹲動作進行可靠評估，而物理治療師的評分對於髖關節運動學的敏感度更高，單腳蹲動作與 YBT 皆屬於單腳支撐並下蹲的動作，因此可參考此 Weeks 等 (2012) 之研究結果來與本研究 YBT 時的動作做比對。

綜上所述，有無專業知識以及不同經驗水平皆會影響觀察及評估動作的能力，且對不同關節的評估亦有差異。在評估 YBT 或是單腳蹲等動作的文獻中，探討的皆為物理治療師評估的能力。然而運動防護員為第一線接觸運動員的專業人員，對於傷害風險的覺察能力亦十分重要。因此，本研究探討不同經驗水平運動防護員評估 YBT 動作品質的差異，並進一步探討其動作評估是否可以準確預測受傷風險。

第四節 知覺與訊息

一、直接知覺 (Direct Perception)

直接知覺 (direct perception) 是指個體能夠在環境中直接獲得訊息，而不需要經過大腦間接處理、解釋的歷程，以產生動作 (Gibson, 1979)。大部分的訊息來源是透過視覺而來，而訊息有兩大特性，分別是恆定性 (Invariants) 及環境賦使 (Affordances)。個體可以知覺環境中訊息的「恆定性」，而對訊息的解讀，更會因「環境賦使」的不同而產生個別差異 (Michaels & Carello, 1981)：

(一) 恆定性 (Invariants)

意指環境 (例如動作者的動作) 中特定不變的因素，也就是說這些因素會穩定地反映出動作者的差異。例如：成年男性與女性的「肩髖比」不同，不論動作者的身高及體重，觀察者皆能觀察分辨出性別 (Barclay, Cutting, & Kozlowski, 1978)；進行負重動作 (如跳躍落地、跑步) 時，男、女的「膝外翻角度」有所差異 (Cronström, Creaby, Nae, & Ageberg, 2016)，而在單腳蹲動作時，膝外翻的訊息在不同性別間不同，因此能藉此正確判斷動作者性別，可視為檢視性別的訊息恆定性 (林彥，2024)。

(二) 環境賦使 (Affordances)

環境賦使是一種個別化的訊息，指不同個體對同樣的環境 (訊息)，可能因其特徵，包括經驗或能力的差異，導致知覺到的訊息可能不同。例如：不同經驗的物理治療師觀看相同的單腳蹲動作影片，並且進行評分，最大髖內收及膝關節內外位移皆可預測物理治療師及學生的分數，但是最大膝關節屈曲僅能預測出物理治療師的分數 (Weeks et al., 2012)，這意味著在觀看相同動作時，經驗豐富的物理治療師能知覺到膝關節屈曲的變化，而學生卻無法知覺到此訊息，也就是觀看者經驗不同，知覺到的訊息也有所差異。

二、生物動作 (Biological Motion)

生物動作 (Biological motion) (Johansson, 1973) 係指將動作者的關節以光點的方式呈現，以光點的移動呈現複雜的運動模式。而光點呈現的動作形態，不會受到光點運動學以外的訊息 (例如動作者五官、身材、人種、身穿衣服的顏色等) 干擾。文獻指出生物動作之所以能提供運動型態及動作者性質的訊息，應在於關節點間相對運動的關係所提供的訊息 (Cutting & Proffitt, 1982)。

已有許多研究證實，人類可以從動態光點的呈現，成功地辨識出恆定的訊息。例如，Kozlowski 和 Cutting (1977) 的研究中顯示人們可透過觀察側面步態的動態光點來辨識動作者的性別。嚴雅婷與劉有德 (2008) 進一步檢驗個體是否能透過觀察步態的動態光點來識別不同年紀動作者的性別，動作者分為幼兒 (平均年齡 5.2 ± 0.2 歲)、兒童 (平均年齡 12.2 ± 0.1 歲) 及成人 (平均年齡 22.9 ± 2.9 歲)，影片分別從額狀面及矢狀面拍攝。研究結果顯示，個體識別出成人性別的正確率高於兒童及幼童，並且額狀面識別正確率顯著高於矢狀面；不論額狀面或矢狀面，以動態的方式呈現的光點識別正確率比靜態方式呈現的高。Lee 等 (2020) 檢驗物理治療師、物理治療系學生及控制組觀看截肢者額狀面之生物動作步態影片，並評估動作者之步態異常程度，結果顯示控制組評估正確率顯著低於其餘兩組。這些結果代表著關節與關節之間的動態相對關係，具有性別及受傷特徵的訊息。

除上述研究透過個體知覺群體發生動作 (Phylogenetic Movements)，顯示訊息恆定性及環境賦使之外，也有許多研究檢視個體如何知覺個體發生動作 (Ontogenetic Movements)，顯示具備不同運動經驗的個體，似乎可在相同的動態光點中知覺到不同的訊息，而具備專家經驗者較能知覺到關鍵訊息以辨別動態光點顯示的動作差異 (王國連、劉有德，2006；Hsieh, Wang, & Liu, 2005；Hohmann et al., 2011)。例如，Hohmann 等 (2011) 檢驗專家及新手辨識不同籃球運球生物動作的正確率，研究結果顯示專家在辨識運球動作種類的正確率高於新手，可能歸功於其較豐富的動作與知覺經驗。林彥 (2024) 檢驗私人教練與規律健身者由額狀面及矢狀面評估阻力訓練動作

(啞鈴臥推、啞鈴划船、啞鈴肩推、反手下拉、高腳杯深蹲、啞鈴羅馬尼亞硬舉) 之能力差異，研究結果顯示私人教練比規律健身者更能夠知覺出動作者是否有效執行阻力訓練動作之關鍵訊息 (肩推過程中前臂垂直地面程度)，顯示動作經驗之對於知覺生物動作、進而評估動作之貢獻。

綜上所述，生物動作提供豐富且恆定的訊息，可提供個體識別出動作者的特徵 (Kozlowski & Cutting, 1977; 嚴雅婷、劉有德，2008) 及動作品質 (林彥，2024；Hohmann et al., 2011; Lee et al., 2020)。



第五節 文獻總結

運動員在運動中下肢傷害發生比例較身體其他部位更為頻繁，且可能會影響其比賽及訓練時間，因此傷害預防相當重要。若防護員能協助做好預防工作，必能降低傷害造成的負面影響。在實務上，防護員經常會使用 YBT 來了解下肢傷害風險。然而，YBT 本身僅透過非站立腳的延伸長度做為評估依據，鮮少探討檢測時動作者的動作品質，但動作品質差亦是傷害風險因子之一，應納入評估。過去文獻中顯示無法有效透過物理治療師評估 YBT 時動作品質來預測 YBT 結果，其原因可能是因為研究所招募的物理治療師臨床經驗相差懸殊，且僅觀察額狀面、部分下肢關節動作，因而遺漏許多矢狀面透露的重要動作訊息。運動防護員覺察傷害風險的能力亦相當重要，但相關文獻仍十分有限。生物動作以動態光點呈現動作，能檢驗觀察者知覺關鍵運動學訊息的能力。因此，本研究探討不同經驗水平的防護員，如何經由觀察及評估受測者於額狀面及矢狀面執行 YBT 顯示為生物動作的動作品質，並檢驗其評估結果是否能預測下肢傷害風險程度。

第參章 研究方法

第一節 參與者

本實驗招募 20 位實驗參與者，分別為專家組及中等組各 10 位。參與者招募條件如下：

- 一、專家組：持有教育部體育署核發之有效運動防護員證照，取得證照後持續執業，且持有證照時間超過 8 年。
- 二、中等組：持有教育部體育署核發之有效運動防護員證照，取得證照後持續執業，且持有證照時間少於 3 年。

表 4-4 為參與者之基本資料，以卡方獨立性檢定 (Chi-Square Test for Independence) 檢驗兩組男女比例之差異，結果發現兩組之男女比例無顯著差異 ($p = .371$)，並以獨立樣本 t 檢定 (Independent Sample t test) 檢驗兩組在年齡及防護經驗上之差異，結果顯示兩組在年齡 ($p < .001$) 及防護經驗 ($p < .001$) 上都有顯著差異。

表 3-1

參與者基本資料

	專家組 (N = 10)	中等組 (N = 10)	統計考驗
性別	4 男，6 女	6 男，4 女	$\chi^2_{(1)} = 0.80, p = .371$
年齡 (歲)	43.60 ± 5.64	24.80 ± 1.17	$t_{18} = 9.79, p < .001^{**}$
防護經驗 (年)	18.25 ± 4.11	1.7 ± 0.64	$t_{18} = 11.95, p < .001^{**}$

註：** $p < .01$ 。

第二節 實驗素材

一、動作者

本實驗邀請 8 位動作者協助拍攝動作影片，招募標準為每週訓練至少 3 次，且每次訓練至少 2 小時的柔道男性運動員。排除條件如下 (Plisky et al., 2006)：

1. 感冒
2. 前庭失能 (vestibular dysfunction)
3. 一個月內曾經歷下肢傷害
4. 三個月內曾經歷腦震盪
5. 過去一年內動過下背、骨盆、髖、膝、足踝相關的手術
6. 因神經系統疾病、前庭疾病、藥物使用或其他原因導致的已知平衡障礙

二、相關設備

(一) 硬體

1. 筆電 (HP, ZHAN 66 Pro 14 G4)：本實驗用來記錄 YBT 時「ANT」、「PM」、「PL」之距離結果，並除以腿長以標準化結果，另外亦紀錄綜合分數「COMP」，也就是「 $[(ANT \text{ 距離} + PM \text{ 距離} + PL \text{ 距離}) / 3 \text{ 倍腿長}] * 100$ 」。
2. 攝影機 (HDR-CX405)：本實驗使用 3 台攝影機，一台攝影機拍攝額狀面動作；其餘兩台攝影機拍攝矢狀面動作。
3. Y Balance Test Kit™ (3802-01)
4. 白貼：黏貼動作者身上之 33 個標記點，包含頭 (左、中、右)、肩峰 (左、右)、鷹嘴突 (左、右)、尺骨莖突 (左、右)、髂前上棘 (左、右)、大轉子 (左、右)、髕骨中心 (左、右)、外側膝關節線 (左、右)、內側膝關節線 (左、右)、踝關節 (左、右)、外踝 (左、右)、內踝 (左、右)、第二趾末端 (左、右)、第一趾末端 (左、右)、第五趾末端 (左、右)、胸骨頸靜脈切跡、肚臍。

(二) 軟體

1. Kwon 3D (3.01.017): 追蹤每個關節光點在動作執行過程的座標軌跡及角度，若為額狀面追蹤點共 17 點，包含頭 (中)、肩峰 (左、右)、鷹嘴突 (左、右)、尺骨莖突 (左、右)、髌前上棘 (左、右)、髌骨中心 (左、右)、踝關節 (左、右)、第二趾末端 (左、右)、胸骨頸靜脈切跡、肚臍，並輸出追蹤點之座標以及「軀幹與垂直線的夾度」、「骨盆與地面水平線的夾度」、「膝內外位移」、「踝內外位移」。若為矢狀面追蹤點則共 11 點，包含頭、單側肩峰、單側鷹嘴突、單側尺骨莖突、單側大轉子、外側膝關節線、內側膝關節線、單側外踝、單側內踝、單側第一趾末端、單側第五趾末端，並輸出追蹤點之座標以及「軀幹與垂直線的夾度」、「股骨與垂直線的夾度」、「膝關節角度」、「踝關節角度」
2. MATLAB (R2023a) 與 BioMotion toolbox：BioMotion toolbox 為 MATLAB 外掛工具，用來輸入 Kwon 3D 所追蹤之關節移動軌跡，生成生物動作影片。
 - (1) Psychtoolbox-3：Psychtoolbox-3 亦為 MATLAB 外掛程式，提供刺激呈現、數據收集和實驗控制。
 - (2) Computer Vision Toolbox 10.4：本工具使用需搭配 MATLAB、Image Processing Toolbox，提供的演算法可用於 MATLAB 函數、MATLAB 的系統物件，特徵偵測、提取和配對的應用，例如自動影像校準、影片拼嵌和影片穩定。
 - (3) Image Processing Toolbox 11.7：本工具提供一個完整的開發環境進行影像分析、處理、視覺化及演算法開發功能。可以恢復雜訊或者降低影像、增強影像、粹取功能、分析陰影、結構，紀錄兩個影像，並且管理色彩裝置檔案。

三、影片拍攝場地配置

場地配置圖如圖 3-1，詳細說明如下：

(一) Y-Balance Test Kit 擺放

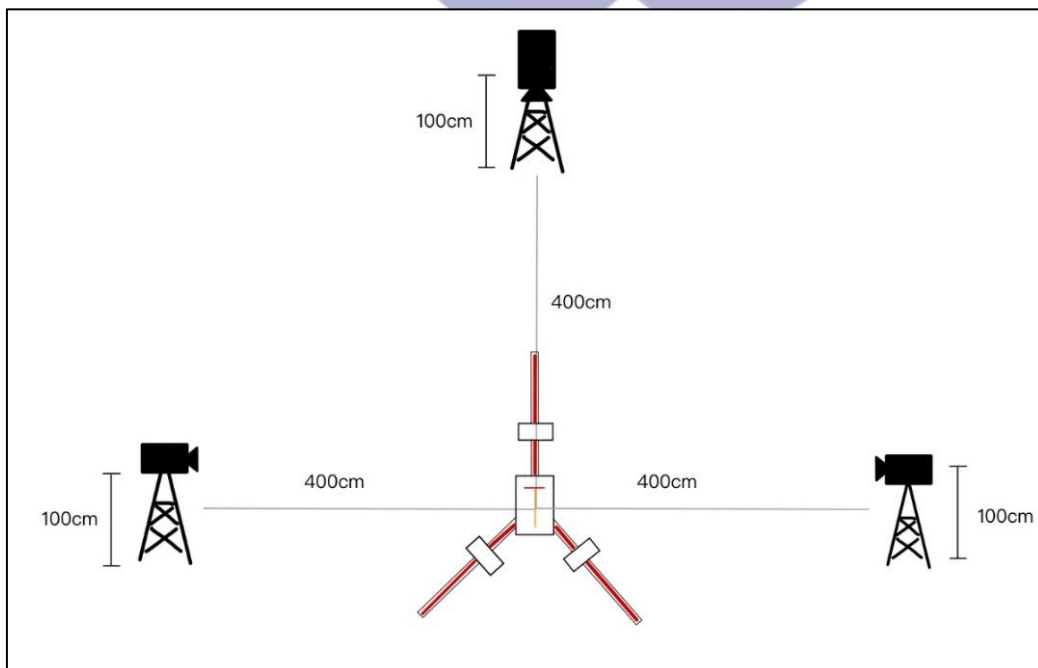
以動作者位置為中心，向前的橫桿朝著正前方，另外兩方向分別與前側夾角 135 度。

(二) 攝影機架設

共有 3 台攝影機，架設方式如圖 3-1，第一台攝影機置於動作者正前方 400 公分處且架高 100 公分，拍攝額狀面動作；第二台攝影機置於動作者左方 400 公分處且架高 100 公分，拍攝站立腳為左腳之矢狀面動作；第三台攝影機置於動作者右方 400 公分處且架高 100 公分，拍攝站立腳為右腳之矢狀面動作。

圖 3-1

影片拍攝場地配置圖



四、影片拍攝步驟

(一) 講解檢測流程並簽屬知情同意書

講解流程之指導與如下：

「首先會由實驗者測量動作者之腿長，並且在動作者身上黏貼 33 個標記點。接下來會進行 YBT，將單腳站在中央白色板子上，且腳尖貼齊紅線，第二腳趾對齊中線，測驗全程請插腰，將雙手放在髂嵴上方。站立腳盡最大努力下蹲，而非站立腳推動各方向的板子，推至最遠後站立腳回到起始位置，再在進行下一方向的動作。站立腳為左時順序為前側、右後側、左後側，站立腳為右腳時順序為前側、左後側、右後側。每一腳需進行 6 次練習試作，接著進行正式試作，正式試作時每一腳須成功完成 3 次試作，若出現以下情況屬於失敗的試作：失去平衡或未能維持單足立、過程中將重心轉移到非站立腳、在往下一個方向前未能先回到起始位置、站立腳的腳跟離開地面、雙手未放在骨盆上、站立腳移動、非站立腳未碰到各方向的板子。正式試作之動作均全程錄影，若同意參與此實驗請閱讀並簽屬知情同意書，過程中有任何疑問請務必告知實驗者，若因任何因素想要暫停實驗，我們將立即停止實驗。」

(二) 測量腿長

測量腿長的流程參照過去文獻的作法 (Plisky et al., 2009)，請動作者仰躺在治療床上，髖及膝關節屈曲 45 度，並主動進行橋式 (bridge)，再骨盆緩慢地放回治療床上。接著實驗者被動伸直動作者下肢，使用皮尺測量從骨盆髂前上棘下緣到同側內踝的長度，單位為公分 (cm)。

(三) 貼點

使用 1.5 吋白貼黏貼標記點，33 個標記點分別為頭 (左、中、右)、肩峰 (左、右)、鷹嘴突 (左、右)、尺骨莖突 (左、右)、髂前上棘 (左、右)、大轉子 (左、右)、髕骨中心 (左、右)、外側膝關節線 (左、右)、內側膝關節線 (左、右)、踝關節 (左、右)、外踝 (左、右)、內踝 (左、右)、第二趾末端 (左、右)、第一趾末端 (左、右)、第五趾末端 (左、右)、胸骨頸靜脈切跡、肚臍。

(四) 檢查拍攝畫面是否完整

確認攝影機能清楚拍攝標記點及完整動作，並調整現場燈光。

(五) Y 字平衡測驗 (YBT)

左右腳的每個方向各進行 6 次練習 (執行前側、後內側、後外側的平衡動作 (Robinson & Gribble, 2008)，結束練習試作後休息 2 分鐘，接著進行正式測驗。正式測驗每個方向皆進行 3 次試作，每次試作結果根據其站立腳及方向命名並紀錄為：右 ANT、右 PM、右 PL、左 ANT、左 PM 和左 PL。動作順序兩腳的順序皆依序為 ANT、PM、PL。若出現失敗的試作，需做到成功或是 6 次嘗試未成功為止。正式試作時，動作過程皆全程錄影。



五、影片後製

- (一) 由於標記點被遮擋會影響影片後製，因此由作者與另外一位具研究經驗且具防護專業之防護員，將每位動作者之 3 次試作中的影片篩選出 1 次試作進行影片後製。篩選之標準依據遮擋的嚴重情況而定，優先選擇遮蔽情形較少的試作。若兩位防護員有異議，則共同討論及協議。若影片標記點的品質相同，則篩選較早的試作影片。例如第 1 次及第 2 次試作的遮擋情形相同，則選擇第 1 次試作進行後製，以最小化練習效應所帶來的影響。針對防護經驗，作者為取得教育部體育署核發之有效運動防護員證照 2 年之防護員，另一位共同篩選者則已取得教育部體育署核發之有效運動防護員證照 4 年，兩位皆修習研究法基本課程，亦曾經擔任國家隊防護員。
- (二) 使用 Kwon 3D 追蹤每個光點，並輸出各光點移動的軌跡之座標及角度。
- (三) 使用 BioMotion Toolbox (van Boxtel & Lu, 2013) 調整動作者大小，使每位動作者身高一致，並根據光點隨著時間移動的座標再製出生物動作影片。每位動作者取 1 次試作影片，每支影片重複循環播放 2 次，產生約 30 - 40 秒之生物動作影片，額狀面即矢狀面之素材如圖 3-2 及圖 3-3。
- (四) 使用 E Prime 3.0 編輯實驗程式，設定題數、回合數、每題播放的畫面長度、答題方式、答題時間、題目間間隔時間。

圖 3-2

額狀面 YBT 態光點呈現圖 (已後製)

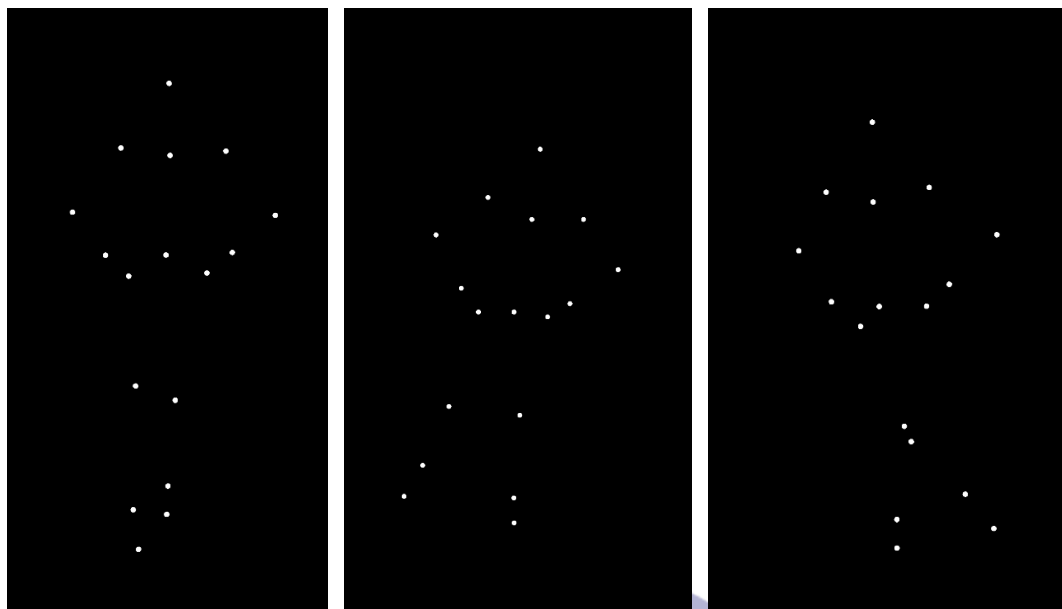
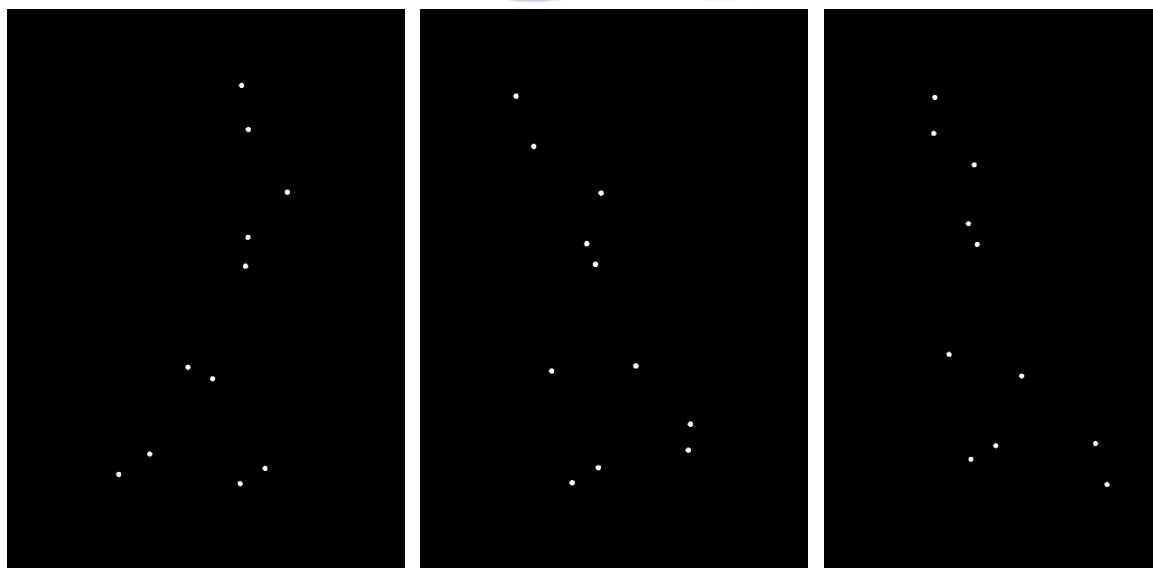


圖 3-3

矢狀面 YBT 態光點呈現圖 (已後製)



第三節 實驗工作

首先，請參與者簽署知情同意書，並進行實驗說明，接著參與者坐於筆電 (MSI, MS-1543) 前約 50 公分坐，並使用 E Prime 3.0 作答，試作 8 題熟悉實驗後進行正式實驗。實驗過程皆於安靜且不受打擾的環境，一回合僅針對一部位進行評分，共有 4 個部位包含軀幹、髖、膝、踝，每回合 32 題，實驗共進行 4 回合，回合之間順序為對抗平衡，回合間休息 5 分鐘 (見圖 3-4)。作答之畫面如圖 3-5，每題首先呈現 1 秒鐘十字凝視點，接著播放題目，參與者觀看完整 YBT 影片 (包含 ANT、PM、PL) 後，對於整體動作過程，給予綜合的評分，範圍 0~3 分，0 分為參與者認為最好的動作，3 分則為參與者認為最差的動作。待參與者回答後，休息 3 秒鐘，再進入下一題。一回合 32 支影片，包含 8 位動作者、2 面向、2 支撐腳，不同影片以隨機的方式出現，四回合中每回合皆播放相同之 32 支影片，參與者總計須完成 128 題，視其回答時間約花費 60-80 分鐘。不同支撐腳之動作差異並未在本研究中討論，未來研究可再延伸探討。

為避免參與者之評分依據不一致 (例如：一位動作者之膝關節內外位移小，但其晃動嚴重，有的參與者可能會因其膝內外位移小而將其視為低風險，而另一位參與者可能會因其晃動頻率大視其為高風險，此情況會造成兩位參與者評分之依據項目不同，而對同一動作者有不同的評分)，因此本研究統一參與者在作答時的評分項目，研究者依據過去文獻對兩面向之各部位採取相對應的運動學，參與者在作答時須依據這些運動學來進行評分，且應盡量避免其他運動學訊息的干擾，對應面向及部位之運動學如下：額狀面之軀幹運動學為「軀幹左右傾斜」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「軀幹 (額)」；額狀面之髖運動學為「骨盆左右傾斜」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「髖 (額)」；額狀面之膝運動學為「膝內外位移」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「膝 (額)」；額狀面之踝運動學為「踝移動距離」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「踝 (額)」；矢狀面之軀幹運動學為「軀幹前後傾斜」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「軀幹 (矢)」；矢狀面之髖運動學為「髖屈曲」，參與者針對該部位之評分則

紀錄為「髌 (矢)」；矢狀面之膝運動學為「膝屈曲」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「膝 (矢)」；矢狀面之踝運動學為「踝背屈」，參與者針對該部位之評分則紀錄為「踝 (矢)」。本文章後續內容皆將依此定義來描述。參與者評分標準為，軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額)、踝 (額)、軀幹 (矢) 數值越小代表動作品質越好，髌 (矢)、膝 (矢)、踝 (矢) 則為數值越大動作品質越好，參與者認為動作完全正常且無需補償即可完成評分 0 分，而動作表現接近正常但有輕微代償則評分 1 分，執行過程中缺乏基本的控制能力評分 2 分，動作有非常嚴重的代償評分為 3 分。

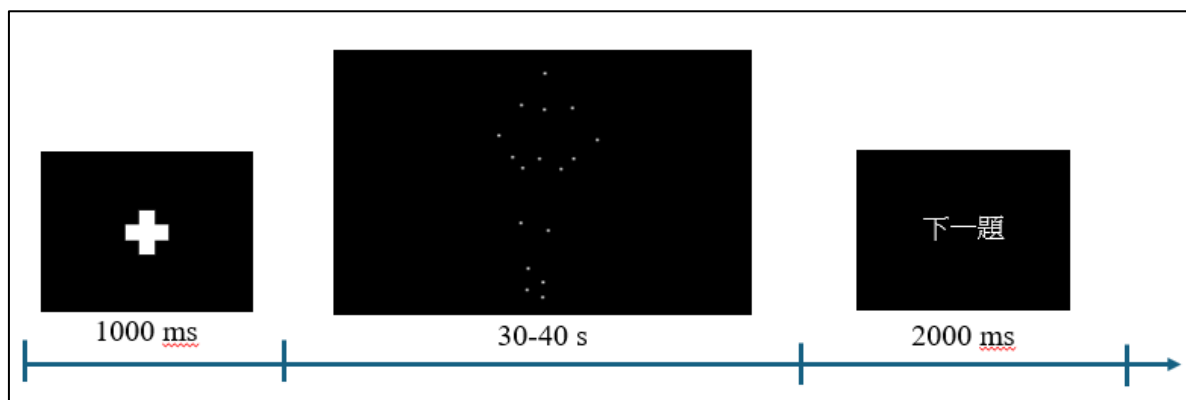
圖 3-4

實驗流程圖



圖 3-5

單一題作答之畫面示意圖



第四節 資料處理與分析

由於本研究素材之動作者為柔道選手，因此僅將其專長動作時慣用支撐腳之資料納入分析。使用 SPSS 25.0 版本進行統計分析。首先透過 Kwon 3D 動作分析軟體，擷取動作者各項運動學參數後，以描述性統計進行檢視，接著以皮爾森積差相關分析 (Pearson Product-moment Correlation) 檢驗 YBT COMP 與各運動學參數之間的相關。考量參與者重複評分及動作者重複被評分之特殊資料結構，所得數據以廣義估計方程式 (Generalized estimating equations, GEE) 分別對於專家組及中等組進行分析，採用可交換 (Exchangeable) 矩陣，以最大概述估計法 (Maximum Likelihood Estimation) 計算模型之參數估計值。模型以各組防護員對軀幹 (額)、髖 (額)、膝 (額)、踝 (額)、軀幹 (矢)、髖 (矢)、膝 (矢)、踝 (矢) 8 個評分項目為預測項，YBT COMP 作為依變項。最後透過組內相關係數 (intraclass correlation coefficient, ICC) 分別檢視專家組與中等組對於各評分項目的一致性，採用雙向隨機模型 (Two-way random)，且計算方式使用絕對契合 (absolute agreement)，計算出兩組針對各評分項目之 ICC (2, 10)。上述所有統計考驗之顯著水準均設為 $\alpha = .05$ 。

第肆章 結果

第一節 動作者各項資料

一、基本資料

本研究素材之動作者為 8 位大專柔道專項之男性運動員，年齡介於 18-20 歲，平均年齡為 19.1 歲 ($SD = 0.8$)，柔道專項的經驗介於 7-12 年，平均專項經驗為 9.75 年 ($SD = 1.71$)，平均身高為 174 公分 ($SD = 6.15$)；體重介於 60-125 公斤，平均體重為 83.75 公斤 ($SD = 19.72$)；身體質量指數 (BMI) 介於 22.04-38.58，平均 BMI 為 27.12 ($SD = 4.96$)；腿長介於 85-93.5 公分，平均腿長為 89.56 公分 ($SD = 3.41$)。全部動作者中，3 位慣用支撐腳為右腳，其餘 5 位慣用支撐腳為左腳。



二、YBT 之距離分數

表 4-1 顯示為 YBT 三方向及綜合距離分數之平均數、標準差、最小值及最大值，ANT、PM、PL 細格中顯示分別為非站立腳向前、向後內、向後外時的距離除以腿長；COMP 則為綜合延伸距離，為三個方向之距離相加除以三倍腿長，分數越高表示傷害風險越低，反之分數越低則表示傷害風險越高。根據過去文獻結果男性 COMP 若小於 89.6% 則視為有風險，若大於 89.6 則是為無風險 (Butler et al., 2013)，本研究 8 位動作者之中 3 位可被視為無風險、5 位為有風險。

表 4-1

YBT 三方向及綜合距離分數

動作者編號	ANT (%)	PM (%)	PL (%)	COMP (%)
1	60.82	114.04	114.62	96.49
2	64.33	95.70	93.55	82.80
3	58.48	102.33	103.49	87.98
4	48.54	90.16	95.08	76.87
5	68.42	110.75	102.15	91.94
6	60.82	104.71	117.65	94.51
7	60.82	82.35	79.14	72.37
8	52.63	90.45	86.52	75.84
平均數	59.36	98.81	99.02	84.85
標準差	5.88	10.29	12.33	8.61
最小值	48.54	82.35	79.14	72.37
最大值	68.42	114.04	117.65	96.49

三、執行 YBT 之運動學

透過 Kwon 3D 追蹤標記點並輸出各部位之運動學，表 4-2 中的 ANT_k 、 PM_k 、 PL_k 分別顯示執行三方向動作過程中各部位之運動學，額狀面之動作包含軀幹左右傾斜角度、骨盆左右傾斜、膝內外位移、踝移動距離，而矢狀面動作則包含軀幹前後傾斜、髖屈曲、膝屈曲、踝背屈。其中踝移動距離取整個動作過程的移動距離，而移動距離越小表示動作品質越好，另外表 4-2 中之髖屈曲、膝屈曲、踝背屈為動作過程中最大值，數值越大動作品質越好，其餘（軀幹左右傾斜角度、骨盆左右傾斜、膝內外位移、軀幹前後傾斜）則顯示為動作過程中最小值，數值越小表示動作品質越好。 $COMP_k$ 則為 ANT_k 、 PM_k 、 PL_k 三者之平均，代表三方向動作整體之運動學。

表 4-2

YBT 三方向及綜合之八項運動學參數

		ANT_k	PM_k	PL_k	$COMP_k$
額狀面	軀幹左右傾斜 (度)	8.73 ± 6.34	17.42 ± 8.04	20.78 ± 13.56	15.64 ± 7.76
	骨盆左右傾斜 (度)	6.18 ± 2.40	8.44 ± 3.07	21.60 ± 8.4	12.07 ± 2.75
	膝內外位移 (公分)	7.98 ± 2.08	6.93 ± 1.69	6.71 ± 1.40	7.20 ± 1.59
	踝移動距離 (公分)	88.45 ± 35.21	88.37 ± 23.81	102.14 ± 4.46	92.99 ± 26.98
矢狀面	軀幹前後傾斜 (度)	11.12 ± 7.63	31.70 ± 11.68	32.40 ± 12.55	25.07 ± 9.85
	髖屈曲 (度)	29.12 ± 9.83	33.93 ± 7.86	22.62 ± 7.85	28.56 ± 7.93
	膝屈曲 (度)	58.95 ± 15.98	57.59 ± 13.42	47.77 ± 13.91	54.77 ± 13.97
	踝背屈 (度)	28.76 ± 6.81	26.79 ± 7.08	28.05 ± 8.12	27.87 ± 7.02

四、動作者 YBT 距離與其運動學

以相關分析檢驗統計 YBT COMP 是否與各運動學參數有相關；相關係數 0.3 以下為低相關，0.3~0.7 為中等相關，0.7 以上為高度相關。分析結果顯示如表 4-3，YBT COMP 與軀幹左右傾斜 ($r = .813, p = .014$)、骨盆左右傾斜 ($r = .842, p = .009$)、軀幹前後傾斜 ($r = .736, p = .037$)、髖屈曲 ($r = .929, p = .001$)、膝屈曲 ($r = .912, p = .002$)、踝背屈 ($r = .916, p = .001$) 有高度正相關；但 YBT COMP 與膝關節內外位移 ($r = -.382, p = .350$)、踝移動距離 ($r = .554, p = .154$) 無顯著相關。

表 4-3

動作者 YBT 距離分數與其各項運動學參數之相關分析

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. YBT COMP	-								
2. 軀幹左右傾斜	.813*	-							
3. 骨盆左右傾斜	.842**	.798*	-						
4. 膝內外位移	-.382	-.015	-.482	-					
5. 踝移動距離	.554	.655	.340	.056	-				
6. 軀幹前後傾斜	.736*	.981**	.746*	.005	.590	-			
7. 髖屈曲	.929**	.729*	.736*	-.348	.352	.696	-		
8. 膝屈曲	.912**	.769*	.680	-.187	.371	.731*	.967**	-	
9. 踝背屈	.916**	.636	.629	-.306	.385	.561	.895**	.935**	-

註：* $p < .05$, ** $p < .01$ 。

第二節 參與者

表 4-4 為兩組對於四部位評分之平均數及標準差，表中顯示為參與者之評分，範圍為 0~3 分，若評分越高表示其認為風險越高，反之評分越低則表示風險越低，表中僅為參與者之評分之描述性統計，其評分與 YBT 檢測結果之關聯需進一步進行統計分析。參與者有未在時間內作答之情況，其中專家組遺漏 6 題，占該組答題題數的 0.94%；中等組遺漏了 9 題，占該組答題題數的 1.41%；總計起來兩組共遺漏了 15 題，占總題數的 1.17%。

表 4-4

專家組與中等組對於 4 部位於兩面向之評分平均數及標準差

	專家組	中等組
軀幹 (額)	1.43 ± 1.02	1.46 ± 1.01
髖 (額)	1.44 ± 1.08	1.29 ± 0.86
膝 (額)	1.12 ± 0.96	1.47 ± 1.07
踝 (額)	1.36 ± 1.01	1.28 ± 1.04
軀幹 (矢)	1.24 ± 0.98	1.49 ± 0.97
髖 (矢)	1.36 ± 1.14	1.46 ± 0.99
膝 (矢)	1.19 ± 0.97	1.23 ± 0.90
踝 (矢)	0.96 ± 0.91	1.05 ± 0.87

第三節 防護員評估動作者 YBT 動作品質預測 YBT 距離分數

以 2 個廣義估計方程式 (GEE) 分別檢驗專家組與中等組評估動作者 YBT 動作品質是否能預測動作者 YBT COMP，模型以軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額)、踝 (額)、軀幹 (矢)、髌 (矢)、膝 (矢)、踝 (矢) 8 個評分項目為預測變項，動作者 YBT COMP 分數為依變項。針對專家組，分析結果顯示軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額)、膝 (矢) 能夠預測動作者 YBT COMP。中等組則僅有膝 (矢) 能夠預測距離分數，詳細之統計細節見表 4-5。

表 4-5

專家組與中等組針對軀幹、髌、膝、踝於兩面向評分預測受傷風險的廣義估計方程式

	B (標準誤)		Wald-Chi Square		顯著性	
	專家組	中等組	專家組	中等組	專家組	中等組
截距	89.41 (2.89)	84.50 (1.67)	857.36	2549.89	< .001**	< .001**
軀幹 (額)	1.23 (0.48)	1.38 (0.79)	6.59	3.01	.010**	.083
髌 (額)	1.60 (0.69)	1.25 (1.10)	5.27	1.29	.022*	.257
膝 (額)	-2.78 (0.71)	-1.13 (0.60)	15.21	3.46	< .001**	.063
踝 (額)	0.01 (0.88)	-0.08 (0.65)	0.00	0.01	.990	.905
軀幹 (矢)	-0.8 (0.81)	0.86 (0.68)	0.01	1.62	.918	.202
髌 (矢)	-1.06 (0.63)	-0.45 (0.51)	2.84	0.79	.092	.375
膝 (矢)	-3.41 (1.09)	-2.14 (0.54)	9.78	15.71	.002**	< .001**
踝 (矢)	-0.56 (0.85)	-0.16 (0.98)	0.44	0.03	.509	.871

註：* $p < .05$, ** $p < .01$ 。

第四節 參與者評分之一致性

進一步探討專家組與中等組分別在額狀面及矢狀面的各部位評分之一致性，兩組針對各評分項目之 ICC (2, 10) 如表 4-6。根據 Koo 與 Li (2016) 定義之 ICC 標準，ICC 小於 0.5 屬於「低度一致」，ICC 介於 0.5 至 0.75 屬「中度一致」，ICC 介於 0.75 至 0.9 屬「高度一致」，ICC 大於 0.9 則屬「極高一致」。

專家組對於軀幹 (額) 及膝 (矢) 評分具有高度的一致性 (ICC = 0.826-0.859)，髌 (額)、膝 (額)、踝 (額)、軀幹 (矢) 評分具有中度一致性 (ICC = 0.500-0.681)，對於髌 (矢)、踝 (矢) 僅具有低度的一致性 (ICC = 0.389-0.495)。中等組對於軀幹 (額)、軀幹 (矢) 及膝 (矢) 評分具有高度的一致性 (ICC = 0.790-0.869)，而髌 (額)、膝 (額)、髌 (矢)、踝 (矢) 評分具有中度的一致性 (ICC = 0.582-0.722)，踝 (額) 則具有低度一致性 (ICC = 0.343)。檢視兩組在各評分項目之 ICC，發現專家組除了在膝 (額)、踝 (額) 評分 ICC 大於之中等組之外，其餘評分項目皆為中等組評分之 ICC 大於專家組。

表 4-6

專家組與中等組對於兩面向之 4 部位評分之一致性程度

	專家組 (一致性程度)	中等組 (一致性程度)
軀幹 (額)	0.895 (高)	0.869 (高)
髌 (額)	0.500 (中)	0.669 (中)
膝 (額)	0.681 (中)	0.582 (中)
踝 (額)	0.579 (中)	0.343 (低)
軀幹 (矢)	0.645 (中)	0.790 (高)
髌 (矢)	0.389 (低)	0.588 (低)
膝 (矢)	0.826 (高)	0.856 (高)
踝 (矢)	0.495 (低)	0.722 (中)

第伍章 討論

第一節 YBT 距離與運動參數

在相關分析中發現髖屈曲、膝屈曲、踝背屈皆與 YBT COMP 呈現正相關，這與 Delahunt 等 (2013) 研究有類似的結果，下蹲動作要依靠髖、膝、踝三關節的屈曲來完成，若三關節屈曲角度越多，則會下蹲越低，距離分數越高，意味著下肢能夠承受的角度越大，受傷風險則低。然而，軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、軀幹前後傾斜皆被認為可能為異常動作 (Ness et al., 2015)，這幾項參數卻與 YBT COMP 呈現正相關。軀幹左右傾斜、軀幹前後傾斜、骨盆左右傾斜可能的原因有很多，第一，核心無力，無法將重心維持在身體中線 (Nakagawa, Moriya, Maciel, & Serrão, 2012)；第二，非支撐腳髂腰肌過於緊繃，限制了骨盆活動，而為了將腳延伸至更遠，會透過軀幹傾斜代償來完成動作 (Weeks, Carty, & Horan, 2015)；第三，支撐腳之臀中肌或臀小肌肌力不足以在動作時維持髖關節穩定 (Weeks et al., 2015)。在檢測時應多注意軀幹左右傾斜、軀幹前後傾斜、骨盆左右傾斜這些動作是否有出現，因為其可能影響延伸距離，若因軀幹傾斜使距離能夠更遠，距離雖然變遠了，卻可能隱含了受傷風險。由於本研究之動作者為柔道選手，在長期的高強度訓練之下，較可能出現屈髖肌緊繃的情況，推測較可能因屈髖肌緊繃造成動作代償，核心無力及髖部不穩定情況則因人而異，並非柔道運動員特別容易出現此兩種情況，核心及髖穩定也常見於非運動員。

第二節 防護員評估動作者 YBT 動作品質與 YBT 綜合距離 分數

專家組對軀幹 (額)、髌 (額) 之評分能夠正向預測 YBT COMP，beta 值分別是 1.23 及 1.60，也就是評估每增加一分，YBT COMP 就提高 1.23 及 1.60；膝 (額) 及膝 (矢) 評分能負向預測 YBT COMP，beta 值分別是-2.78 及-3.41，也就是評估每增加一分，YBT COMP 就下降 2.78 及 3.41。相形之下，可看出對膝不論是哪一個面向的評估一改變，其影響均大於對在軀幹 (額) 及髌 (額) 的評分，說明了膝關節透露了重要的風險評估訊息。

針對中等組，八個評估中只有對膝 (矢) 評分能夠負向預測 YBT COMP，其 beta 值是-2.14，也就是評估每增加一分，YBT COMP 就下降 2.14。對膝 (矢) 評分能負向預測 YBT 綜合距離分數之結果與專家組相符，但中等 beta 值較小，也顯示了中等組對此評估的敏感度略低於專家組。而整體來說，中等組僅有一項評分能夠預測動作者 YBT COMP，也顯示其評估較不準確。

專家組對軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額) 之評分除了能夠預測 YBT COMP，且評分皆具有中至高度的一致性。此研究結果可與 Ness 等 (2015) 的研究結果相呼應，Ness 等 (2015) 研究中先將動作者分為有風險及無風險，而有無風險的標準是依據動作者腳向外延伸的距離而決定，物理治療師 (臨床經驗 1.5、6、15 年) 透過對軀幹、髌、膝的動作品質的評分，透過統計來檢驗評分是否能判斷有無風險，而其特異性非常低，這可能是因為評分者之間的變異過大，僅有低至中度的一致性，亦可能是因為動作品質越好其實並不表示距離能夠越遠。而在本研究控制了評分者的變異，也就是本研究招募經驗較相近的防護員 (兩組臨床經驗分別為小於 3 年與大於 8 年)，接著，再來檢視其評分者之一致性以及其評估之預測力是否有因經驗較豐富而提高。在信度檢驗中看到兩組皆有中至高度的一致性 (ICC = 0.500-0.869)，而預測力的部分僅有專家組能夠以有較多部位的評估預測動作者 YBT COMP。

除了專家組對於軀幹 (額)、髌 (額)、膝 (額) 評分能夠預測 YBT COMP 之外，兩組對膝 (矢) 也具有預測力，且兩組皆具有高度的一致性。膝 (矢) 評分依據為膝屈曲之程度，若膝屈曲越多，風險就越低，評分也就越低，而其 YBT COMP 也會越高。過去研究發現膝屈曲較多者其受傷風險較低 (Delahunt et al., 2013)，而本研究結果驗證了這樣的訊息不管是專家組或中等組皆能辨識出來。

綜上所述，透過蒐集經驗相近之防護員，其評分一致性較過去文獻高出許多，且預測力也與過去文獻有所不同。其中，專家組對軀幹 (額)、髌 (額) 之評分能正向預測 YBT 綜合距離分數、對膝 (額)、膝 (矢) 能負向預測 YBT COMP，而中等組僅膝 (矢) 能負向預測 YBT COMP。這些結果皆與過去研究結果相符，這也意味著動作風險越低，其 YBT COMP 的表現並不一定會越好。例如本研究在專家組評分為風險越低，但其 YBT COMP 表現卻也表現越差。另外，除了膝 (矢) 之外，中等組對於其他部位之評估無法預測 YBT COMP；即使中等組對於膝 (矢) 能預測 YBT 綜合距離分數，其評估之敏感度仍略低於專家組。

第三節 綜合討論

運動學參數與 YBT COMP 的相關分析結果部分符合研究假設，本研究假設所有運動學參數都與 YBT COMP 顯著相關，而研究結果顯示軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、軀幹前後傾斜、髖屈曲、膝屈曲、踝背屈與 YBT COMP 呈現高度正相關，而膝內外位移及踝移動距離與 YBT COMP 無顯著相關。而兩組對於矢狀面及額狀面於軀幹、髖、膝、踝評分對於 YBT COMP 預測結果亦部分符合假設，原先假設專家組能預測，而非專家組無法預測，分析結果發現專家組能夠預測的項目較中等組多，但也無法每個評分項目的評分皆能顯著預測 YBT COMP。專家組對於軀幹 (額)、髖 (額)、膝 (額)、膝 (矢) 的評分能預測 YBT COMP，而中等組則有膝 (矢) 的評分能夠預測。最後，對於兩組一致性的結果與假設不符，研究假設專家組都能有高度一致性，而中等組則有中度一致性，但專家組有僅有 2 個評分項目為高度一致性，有 4 個項目為中度一致性，其餘 2 項低度一致性；而中等組則有 3 個評分項目為高度一致性，3 個項目為中度一致性，其餘 2 個評分項目為低度一致性。對於各項目結果的詳細討論如下：

一、額狀面

額狀面之軀幹參考之運動學參數為「軀幹左右傾斜」，本研究結果發現軀幹左右傾斜程度與 YBT COMP 為正相關，而專家組與中等組對於軀幹 (額) 評分皆具有高度的一致性，中等組甚至略高於專家組，然而，僅有專家組之評分能夠預測 YBT COMP，且專家組之評分與軀幹左右傾斜皆與 YBT COMP 為正向的關聯，這可能表示雖然中等組評分一致，評分的分數高低標準卻可能與實際軀幹傾斜程度有所出入，導致無法預測動作者 YBT COMP。

額狀面之髖參考之運動學參數為「骨盆左右傾斜」，本研究相關分析簡檢驗發現骨盆左右傾斜與 YBT COMP 為正相關，且專家組對於髖 (額) 評分能夠正向預測 YBT COMP，中等組則無法預測。這可能是因為素材畫面為 2D 生物動作，本研究骨盆左右傾斜程度定義為兩側 ASIS 連線與地面水平線之夾腳，但動作過程可能會有骨盆旋

轉動作，在觀看素材時除了觀看骨盆連線與地面夾腳之外，亦可透過兩側 ASIS 光點之間的距離變化推測其是否有旋轉，在觀看時防護員可能知覺到骨盆左右傾斜的訊息以外，還知覺到骨盆旋轉的訊息，而專家組可能較能排除干擾，針對骨盆左右傾斜進行評分，但中等組較無法完全排除其他訊息的干擾。

額狀面之膝參考之運動學參數為「膝內外位移」，研究結果發現膝內外位移與距離分數之相關未達顯著，但專家組對於膝（額）之評分卻能負向預測 YBT COMP，代表膝關節可能有其他運動學指標（例如：膝晃動頻率、動作流暢度等）與 YBT COMP 相關，但而專家組也知覺到該運動學訊息，因此無意識地將其一起納入評分，未來可多探討其他可能之運動學參數與 YBT COMP 的相關。

額狀面之踝參考之運動學參數為「踝移動距離」，踝移動距離與 YBT COMP 之相關未顯著，專家組對踝（額）評分具有中度的一致性，而中等組僅具有低度的一致性，可能是由於踝關節之評分參照標準還尚不明確，若去文獻針對踝關節僅有一項依據為踝內旋，但透過額狀面之生物動作無法完全呈現踝內旋，且踝關節之結構組成較為複雜，可能還與足部有極大的關聯。本研究光點僅黏貼於距下關節處，有許多更細微的運動學無法從單一光點判斷，例如：踝內外翻需透過內外踝的相對運動來判斷等。

二、矢狀面

矢狀面之軀幹參考之運動學為「軀幹前後傾斜」，其與 YBT COMP 有正相關，但專家組及中等組對軀幹（矢）之評分皆無法預測 YBT COMP。由於做單腳蹲動作時，軀幹有些微的傾斜用以調整重心位置，因此輕微傾斜為正常現象，因此在實驗開始之前，評分軀幹（矢）的指導語為「做單腳蹲動作時會有些微的傾斜程度，其屬於正常，若您認為其軀幹傾斜程度屬於合理且正常的程度，就將其評為 0 分，若超出您認為的正常傾斜程度，則依據嚴重程度評分 0~3 分」。可能因為每個人對於正常範圍的界定不同，而本研究僅依據軀幹前後傾斜 0 度為最好，將其運動學與 YBT COMP 進行相關分析，導致運動學能預測 YBT COMP，防護員評分卻無法預測距離分數的情況，

因此，在一開始界定風險程度時，應更謹慎界定正常範圍為何及異常角度為何。

矢狀面之髌參考運動學參數為「髌屈曲」，矢狀面之踝參考之運動學參數為「踝背屈」，兩部位之運動學參數皆與 YBT COMP 呈現正相關，但防護員對髌（矢）及踝（矢）之評分卻無法預測 YBT COMP，且專家組僅有低度的一致性，而中等組則有中度的一致性，但其可能是因為髌、踝皆和膝關節相鄰，本研究之實驗素材顯示全身之生物動作，而非特定部位，因此防護員在評分髌及踝時受到與膝有關的訊息影響（例如：膝髌協調、膝踝協調等），而導致評分結果不一致且無法預測。

矢狀面之膝參考之運動學為「膝屈曲」，其與 YBT COMP 有正相關，且專家組及中等組對於膝（矢）皆能負向預測 YBT COMP，評分標準為屈曲越多風險越低，評分越低，YBT COMP 越高，這與過去研究結果相符 (Delahunt et al., 2013)。

綜上所述，軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、軀幹前後傾斜、髌屈曲、膝屈曲、踝背屈這 6 個運動學與 YBT COMP 有顯著相關，顯示這些運動學能透漏受傷風險高低的訊息，也就是意味著這 6 個運動學透露受傷風險訊息的恆定性。本研究專家組與中等組觀看相同的影片，而專家組能知覺到軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜，中等組卻無法知覺到。兩組觀看相同的影片，但專家組因經驗豐富而知覺到更多的關鍵訊息，並透過這些關鍵訊息去進行評估以預防傷害，這也顯示了環境賦使的特性。這樣的結果也呼應了過去研究發現，亦即經驗會影響動作觀察與評估，而經驗較豐富者可知覺到更多關鍵訊息 (王國連、劉有德，2006；林彥，2024；Hsieh et al., 2005；Hohmann et al., 2011)。

第四節 研究限制

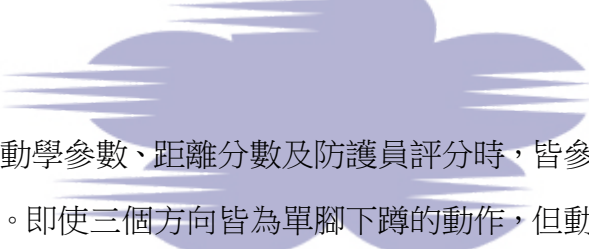
本研究招募的動作者為男性柔道選手，是由於過去研究發現受傷發生率最高的運動項目為柔道 (Kujala et al.,1995)，而柔道專項中有許多需要在單腳支撐的情境下進行的專項動作，因此本研究採用柔道選手之慣用支撐腳來進行探討，也因此柔道選手之非慣用支撐腳及其餘運動項目不在本研究討論內。另外，本研究評估 YBT 動作時的動作品質，而在單腳蹲動作時膝外翻程度可能因性別而有所差異，為避免動作評分受性別影響，因此統一招募男性運動員，女性運動員不在此研究討論範圍內。

本研究的參與者依照取得證照後的年資區分為兩組，但除了年資之外，防護工作內容廣泛且每位防護員每天工作的時數也非常浮動，不同的工作內容會有不同的經歷而工作時數較長可能也會遇過較多的狀況，評估內容可能有所不同，本研究未考慮到防護工作之經歷，未能確保兩組的差別僅限於年資，還有防護經歷未被控制。另外，參與者在作答時遺漏了一些題數，雖然僅占整體題數的 1.17%，但仍可能會對研究結果造成些微的偏差，為避免此狀況發生，可延長題目播放時間以確保參與者有足夠的時間作答。

在實務上，評估需要多方面的考量，基於研究使用，評分標準需要可被測量，且應盡量控制混淆變項，本研究僅採用了軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、膝內外位移、踝移動距離、軀幹前後傾斜、髖屈曲、膝屈曲、踝背屈，參與者之評估侷限於本研究採納的這 8 個評分項目，其餘評估可能會參考之因素未被考量，例如動作流暢度、軀幹旋轉、骨盆旋轉、膝晃動程度、踝內外翻、兩光點之間的協調等。除了矢狀面及鵝狀面之外，本研究素材為 2D 畫面無法完全檢驗水平面的運動學，例如軀幹旋轉、骨盆旋轉等，未來可以加入水平面之評估，更符合實際評估時的情境，參與者也較能依據平時的評估狀況去作答。

第五節 結論與建議

動作者軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜及軀幹前後傾斜皆與 YBT COMP 有正相關，而軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜及軀幹前後傾斜都屬於異常動作，未來在檢測時施測者應避免受測者做出這些風險動作（軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜、軀幹前後傾斜），因為風險動作可能會影響 YBT 檢測時的結果。另外，專家組針對動作者軀幹（額）、髖（額）評分能夠預測動作者 YBT COMP，評分的預測力因經驗不同而不同，評估軀幹左右傾斜、骨盆左右傾斜是中等組能多加改進的部分，進而使評估更準確。另外，專家組和中等組對於膝（額）評分一致性高，且與運動學參數一樣與距離分數呈現負向關聯，可見在此膝屈曲的判斷上，只要有受過相關訓練且有一定的經驗就能辨識出來，利用膝屈曲就能預測 YBT COMP 的高低。未來防護員在檢測時若手邊無檢測的器材，可透過膝屈曲來了解其下肢傷害風險的狀況。



本研究在計算運動學參數、距離分數及防護員評分時，皆參考三個方向之動作過程再給予綜合的數值。即使三個方向皆為單腳下蹲的動作，但動作者會依非支撐腳不同而有不同的動作方案，例如：向前時主要作用肌肉為股四頭肌，而股內斜肌在向前時也相較於其他方向更為重要，髖內收肌群則是在向後內時較其他方向重要，股二頭肌則在向後外時較重要 (Earl & Hertel, 2001)。最後，本研究僅使用柔道選手之慣用支撐腳來作為分析資料，盼未來研究納入非慣用支撐腳進行分析，探討慣用與非慣用腳之差異，給予臨床實務人員更多的參考。

中文參考文獻

- 王國連、劉有德 (2006)。以動態光點識別動作協調型態及性別。《體育學報》，39(2)，75-84。
- 王傑賢、黃國恩、卓俊辰 (2008)。國立臺灣大學學生運動傷害之探討。《中華體育季刊》，22(2)，45-52。
- 台灣運動傷害防護學會 (2024)。學會介紹。取自 <https://www.tats.org.tw/about>
- 周明勳 (2012)。運動傷害防護員角色與功能之研究-以國家運動選手訓練中心為例 (未出版碩士論文)。長榮大學，台南市。
- 林建志、唐人屏、張又文 (2016)。運動員背後的守護者：運動防護員專業職能。《中華體育季刊》，30(2)，113-120。
- 林彥 (2024)。私人教練與規律健身者評估阻力訓練動作之能力差異 (未出版碩士論文)。國立體育大學，桃園市。
- 國立編譯館 (2000)。《教育大辭書》。臺北：文景書局。
- 教育部體育署 (2023)。112年運動統計。取自 <https://www.sa.gov.tw/ebook/List?id=12&n=169>
- 黃昱倫、梁振威、張雅婷 (2023)。以國際奧林匹克委員會共識聲明分析臺灣運動傷害與疾病流行病學研究。《大專體育學刊》，25(4)，436-457。
- 嚴雅婷、劉有德 (2008)。從步態的性別辨識探討訊息來源。《體育學報》，41(3)，29-42。

英文參考文獻

- Abernethy, B., Gill, D. P., Parks, S. L., & Packer, S. T. (2001). Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception*, 30(2), 233-252.
- Barclay, C. D., Cutting, J. E., & Kozlowski, L. T. (1978). Temporal and spatial factors in gait perception that influence gender recognition. *Perception & Psychophysics*, 23(2), 145–152.
- Bernhardt, J., Bate, P. J., & Matyas, T. A. (1998). Accuracy of observational kinematic assessment of upper-limb movements. *Physical Therapy*, 78(3), 259-270.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(8), 1297-1306.
- Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2013). Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports Health*, 5(5), 417-422.
- Chmielewski, T. L., Hodges, M. J., Horodyski, M., Bishop, M. D., Conrad, B. P., & Tillman, S. M. (2007). Investigation of clinician agreement in evaluating movement quality during unilateral lower extremity functional tasks: a comparison of 2 rating methods. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(3), 122-129.
- Čierna, D., Štefanovský, M., Matejová, L., & Lystad, R. P. (2019). Epidemiology of competition injuries in elite European judo athletes: a prospective cohort study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 29(4), 336-340.
- Comstock, R. D., Knox, C., Yard, E., & Gilchrist, J. (2006). Sports-related injuries among high school athletes--United States, 2005-06 school year. *MMWR: Morbidity & Mortality Weekly Report*, 55(38).
- Cronström, A., Creaby, M. W., Nae, J., & Ageberg, E. (2016). Gender differences in knee

- abduction during weight-bearing activities: A systematic review and meta-analysis [Abstract]. *Gait & Posture*, 49, 315-328.
- Cutting, J. E., & Proffitt, D. R. (1982). The minimum principle and the perception of absolute, common, and relative motions. *Cognitive Psychology*, 14(2), 211-246.
- De Loes, M., & Goldie, I. (1988). Incidence rate of injuries during sport activity and physical exercise in a rural Swedish municipality: incidence rates in 17 sports. *International Journal of Sports Medicine*, 9(06), 461-467.
- DeHaven, K. E., & Lintner, D. M. (1986). Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. *The American Journal of Sports Medicine*, 14(3), 218-224.
- Delahunt, E., Chawke, M., Kelleher, J., Murphy, K., Prendiville, A., Sweeny, L., & Patterson, M. (2013). Lower limb kinematics and dynamic postural stability in anterior cruciate ligament-reconstructed female athletes. *Journal of Athletic Training*, 48(2), 172-185.
- Earl, J. E., & Hertel, J. (2001). Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. *Journal of Sport Rehabilitation*, 10(2), 93-104.
- Earl, J., Hertel, J., Denegar, C., & Cavanagh, P. (2003). Kinematics of lower extremity dynamic malalignment in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), S221.
- Giblin, G., Farrow, D., Reid, M., Ball, K., & Abernethy, B. (2016). Does perceptual or motor experience influence the perception of global and joint-specific kinematic changes in complex movement patterns? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 78, 1781-1793.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339-357.
- Herrington, L., Hatcher, J., Hatcher, A., & McNicholas, M. (2009). A comparison of Star

- Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *The Knee*, 16(2), 149-152.
- Hertel, J., Miller, S. J., & Denegar, C. R. (2000). Intratester and intertester reliability during the Star Excursion Balance Tests. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9(2), 104-116.
- Hohmann, T., Troje, N. F., Olmos, A., & Munzert, J. (2011). The influence of motor expertise and motor experience on action and actor recognition. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(4), 403-415.
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311.
- Hsieh, T-Y., Wang, K-L., & Liu, T-Y (2005, June). *Do gymnastics coaches perform better in identifying a gymnast's gender from a point light display?* Poster session presented at the annual meeting of the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, St. Pete Beach, FL.
- Hunt, K. J., Hurwit, D., Robell, K., Gatewood, C., Botser, I. B., & Matheson, G. (2017). Incidence and epidemiology of foot and ankle injuries in elite collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(2), 426-433.
- James, G., & Pieter, W. (2003). Injury rates in adult elite judoka. *Biology of Sport*, 20(1), 25-32.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & psychophysics*, 14, 201-211.
- Junge, T., Balsnes, S., Runge, L., Juul-Kristensen, B., & Wedderkopp, N. (2012). Single leg mini squat: an inter-tester reproducibility study of children in the age of 9–10 and 12–14 years presented by various methods of kappa calculation. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 1-8.
- Kinzey, S. J., & Armstrong, C. W. (1998). The reliability of the star-excursion test in

- assessing dynamic balance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(5), 356-360.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155-163.
- Kozlowski, L. T., & Cutting, J. E. (1977). Recognizing the sex of a walker from a dynamic point-light display. *Perception & Psychophysics*, 21, 575-580.
- Krutsch, W., Krutsch, V., Hilber, F., Pfeifer, C., Baumann, F., Weber, J., ... & Angele, P. (2018). 11,361 sports injuries in a 15-year survey of a Level I emergency trauma department reveal different severe injury types in the 6 most common team sports. *Sportverletzung· Sportschaden*, 32(02), 111-119.
- Kujala, U. M., Taimela, S., Antti-Poika, I., Orava, S., Tuominen, R., & Myllynen, P. (1995). Acute injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo, and karate: analysis of national registry data. *BMJ*, 311(7018), 1465-1468.
- Lam, P. L., & Ng, G. Y. (2001). Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80(11), 804-808.
- Lambert, C., Ritzmann, R., Akoto, R., Lambert, M., Pfeiffer, T., Wolfarth, B., ... & Shafizadeh, S. (2022). Epidemiology of injuries in olympic sports. *International Journal of Sports Medicine*, 43(05), 473-481.
- Lee, I. C., Pacheco, M. M., Lewek, M. D., & Huang, H. (2020). Perceiving amputee gait from biological motion: kinematics cues and effect of experience level. *Scientific Reports*, 10(1), 17093.
- Mc McLatchie, G. R., Da Vies, J. E., & Caulley, J. H. (1980). Injuries in karate—a case for medical control. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 20(11), 956-958.
- Michaels, C. F., & Carello, M. C. (1981). *Direct perception*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Murphy, D. F., Connolly, D. A. J., & Beynnon, B. D. (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 13-29.
- Nakagawa, T. H., Moriya, É. T., Maciel, C. D., & Serrão, F. V. (2012). Trunk, pelvis, hip, and knee kinematics, hip strength, and gluteal muscle activation during a single-leg squat in males and females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(6), 491-501.
- Ness, B. M., Taylor, A. L., Haberl, M. D., Reuteman, P. F., & Borgert, A. J. (2015). Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 168.
- Olmsted, L. C., Carcia, C. R., Hertel, J., & Shultz, S. J. (2002). Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 37(4), 501.
- Patel, D. R., & Baker, R. J. (2006). Musculoskeletal injuries in sports. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 33(2), 545-579.
- Pieter, W., Talbot, C., Pinlac, V., & Bercades, L. T. (2001). Injuries at the konica asian judo championships. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 6, 102-11.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919.
- Robinson, R. H., & Gribble, P. A. (2008). Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 364-370.

- Soric, M., Misigoj-Durakovic, M., & Pedisic, Z. (2008). Dietary intake and body composition of prepubescent female aesthetic athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(3), 343-354.
- Sundgot-Borgen, J., & Garthe, I. (2013). Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body composition. *Food, Nutrition and Sports Performance III*, 101-114.
- van Boxtel, J. J. & Lu, H. (2013). A biological motion toolbox for reading, displaying, and manipulating motion capture data in research settings. *Journal of Vision*, 13(12), 7.
- Weeks, B. K., Carty, C. P., & Horan, S. A. (2012). Kinematic predictors of single-leg squat performance: a comparison of experienced physiotherapists and student physiotherapists. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 1-7.
- Weeks, B. K., Carty, C. P., & Horan, S. A. (2015). Effect of sex and fatigue on single leg squat kinematics in healthy young adults. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16, 1-9.