

## 以決策樹分析臺灣優秀射箭青少年選手之競技體能

羅仁駿<sup>1</sup>、曾國維<sup>2</sup>、吳聰義<sup>3</sup>、賴長琦<sup>2</sup>、曾暉晉<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 臺灣 臺北市 111 臺北市立大學陸上運動學系

<sup>2</sup> 臺灣 臺北市 111 臺北市立大學運動健康科學系

<sup>3</sup> 臺灣 臺中市 404 國立臺灣體育運動大學技擊運動學系

通訊作者：曾暉晉

通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號

電話號碼：(02)2871-8288 轉 6407

電子郵件：speedceng@gmail.com

投稿日期：2018 年 10 月

接受日期：2019 年 1 月

### 摘要

本研究目的探討臺灣優秀青少年射箭選手與其他專項運動選手之身體組成、競技體能之差異，並利用決策樹分析競技體能之特徵參數。招募 13 個運動項目，男、女生加總共 443 名進行身體組成、競技體能之比較。結果發現射箭專項青少年男、女選手的體脂率、大腿圍長與視覺對比能力均顯著高於其他專項，但最大攝氧量與啟動爆發力顯著低於其他專項。女子射箭選手的上肢握力與閉眼硬地之平衡能力也顯著高於其他專項。決策樹分析發現最大攝氧量、視覺對比、動作反應、握力與閉眼硬地之平衡能力均為射箭項目的主要分類節點指標。本研究結論為臺灣優秀射箭青少年選手之競技能力特徵，具有優異的握力表現、平衡能力與視覺對比能力之特質。未來進行射箭選手的選才與訓練時，可將視覺對比與握力列為首要參考指標，期許早日達到科學化選才與育才之發展。

**關鍵詞：**視覺對比、握力、分類

## 壹、緒論

運動員長期發展模型理論 (long term athlete development, LTAD) 於 2004 年首次由 Balyi 博士提出，此理論根據生理成長週期劃分每一階段的訓練、比賽與恢復目標作為運動員長期發展與訓練的參考依據 (Balyi & Hamilton, 2004)。LTAD 共分為七個階段：積極的活動、基礎、為訓練而學習、為訓練而訓練、為競賽而訓練、為贏而訓練、職業運動生涯等。一位運動員從接觸、訓練至國際賽得名往往需要數十年的培育養成，因此，運動員的科學選才與育才就顯得非常重要 (Vaeyens, Lenoir, Williams, & Philippaerts, 2008)。運動選才乃發現 (identification) 和選擇 (selection) 具有運動天賦的人，經過專項訓練後，使其與同儕間因自身先天條件，在較短時間內達到較高的訓練成效，從中培育具潛力的優質青少年運動選手乃為競技運動未來明確的發展趨勢 (Baker, Cobley, & Schorer, 2013)。然而，兒童與青少年運動員的選才、育才及培才需要考慮生長發育階段複雜的因素及緊要關頭的心理因素等，例如重要的神經系統在 10 歲左右已發展到成人的 95% 以上 (Neil, 2007)。考量臺灣少子化趨勢、傳統項目優勢的流失等，倘若能先經過生理、心理與基礎運動能力指標的判別，初步選才、發掘具有發展潛力之青少年運動員，將是投注大量培訓資源前至關重要的前置任務。

自 1988 年漢城奧運開始，中華女子射箭隊已連續 8 屆取得滿額參賽紀錄，2004 年雅典奧運中華男子、女子射箭隊首度奪下該項目團體銀、銅牌，睽違 12 年後中華女子射箭隊於 2016 年倫敦奧運再度奪下獎牌。今年 5 月甫於摩洛哥舉辦完世界中學運動會，臺灣的青少年男、女射箭代表隊幾乎囊括了射箭項目的所有獎牌，更獲得世界中學運動會團體對抗賽的金牌。臺灣射箭運動的發展透過這群青少年選手如此亮眼的國際成績，不斷激勵臺灣持續推展此競技運動，更證明了射箭運動是一項可以在國際體壇中與西方人一爭長短的競技項目 (林國斌、黃啟光, 2005)。射箭相較於其他項目體能要求相對較低，除了需要極高的個人技術、穩定性及精準性之外，選手在高張力比賽時如何積極、正面的自我談話更是穩固軍心的重要一環 (吳聰義、吳治翰、邱炳坤、張育愷、張怡潔, 2017)。

射箭運動自 1972 年慕尼黑奧運列為正式競賽項目迄今，韓國女子射箭隊從 1984 年洛杉磯奧運會開始即連續獨霸 28 年，除了舉國體制培養系統 (小學至大學皆有射箭專長學校)、健全的職業隊發展之外，挑戰世界體育強國的統治、配合新的訓練方法 (如潛水、高空彈跳)、弓種的設計與開發等都是讓韓國立足射壇強權的重要因素之一 (H.-B.

Kim, Kim, & So, 2015)。過去射箭相關研究多數針對單一變項進行探討，例如射箭時的腦部不同部位之活化情形 (W. Kim et al., 2014)、引弓時手部與肩膀肌肉的活化情況 (Shinohara et al., 2014)，以及核心穩定訓練對射箭選手平衡的影響 (Park, Hyun, & Jee, 2016)，鮮少同時綜合多種指標評估影響射箭運動表現的影響。近期研究 (H.-B. Kim et al., 2015) 為了找出影響射箭運動表現的重要因子，首先招募了 20 名超過 15 年執教經驗的教練使用德菲法 (Delphi method) 確定了 3 項因子共 17 個項目 (體能：5 項；技能：6 項；心理：6 項) 為影響射箭表現的重要因子，接著招募 463 名韓國射箭選手建構此 3 項因子的效度，最後由 36 位射箭教練進行層級分析法 (analytic hierarchy process) 測試，結果發現影響射箭表現重要因子順序分別為：心理、技能與體能因素，其中又以自信 (confidence) 名列第一重要項目 (Kim et al., 2015)。由此可見，射箭運動其基本動作雖不複雜，但每一箭每一分都是影響勝負的關鍵之下，選手的自信心將影響其技術的精準、穩定性。

教育部體育署自 2015 年推動之千里馬計畫「資質選才：依據資質發展發掘具運動天賦之人才」，針對重點發展項目輔以浪潮計畫之推動，針對潛能優秀選手進行生、心理與體能檢測，以系統性的科學化調查、檢測、評價方法，及巨量數據採擷、分析應用的處理架構，建構運動科學選才資料庫。雖然近期已有國外文獻透過類神經網路——支持向量機 (support vector machine) 預測不同層級射箭選手之體能特徵 (Taha, Musa, Abdul Majeed, Alim, & Abdullah, 2018)，然而，國內尚未針對不同項目之優秀青年選手進行身體組成、競技體能之探討。因此，本研究目的希望透過資料庫以決策樹 (decision tree) 分類節點分析出射箭項目之重要能力指標，並解析射箭專項之重要競技能力指標，期望有助於未來射箭項目之科學選才、育才與專項能力分析之參考依據。

## 貳、方法

### 一、研究對象

本研究對象為教育部體育署 2016、2017 年千里馬運科選才培訓計畫之專項選手。共計 13 個運動項目分別為：射箭、田徑、體操、橄欖球、網球、射擊、柔道、高爾夫、撞球、划船、輕艇、軟網與手球，男、女生加總共 443 名。其中，射箭男子選手為 18 名、女子選手 14 名。

### 二、實驗方法

依據教育部體育署《千里馬運科選才計畫——

實務作業手冊》進行生理發展與競技體能檢測。生理發展包含身體組成、成長追蹤、反應測試、無氧動力、最大攝氧量與知覺協調整合。競技體能包括 30 公尺衝刺、垂直跳、三次立定跳與 T 字敏捷測試等（教育部體育署，2017）。測驗項目進一步說明如下。

#### （一）身體組成：身高、體重、體脂肪率

本研究使用生物電阻式身體組成分析儀 (Inbody 230, Biospace, Cerritos, CA) 量測每位選手的身體組成，主要參考變項有：體重、身體質量指數 (body mass index, BMI) 與體脂肪率。

#### （二）成長追蹤：坐姿高度、上肢長度、下肢長度、 皮脂厚度、上肢圍長與下肢圍長

1. 坐姿高度：選手坐立於椅子之上抬頭挺胸不駝背，測試者站在選手後方，使用標準量尺測量受試者頭頂至臀部之距離。
2. 上肢長度：選手採站姿雙手平舉至身體兩側，測試者使用標準量尺測量選手中指指尖至胸腺中心點之公分數乘以二。
3. 下肢長度：選手採站姿，雙手叉腰置於髂前上棘 (anterior superior iliac spine) 之上端，並將鞋子脫掉。測試者使用標準量尺測量受試者髌骨上端至腳底之距離。
4. 皮脂厚度：使用專用皮脂厚度測量器，測量髌骨、肩胛骨下緣、肱三頭肌與股直肌之皮脂厚度。
5. 上肢圍長：使用皮尺測量肩峰至鷹嘴突連線之中點，使用皮尺進行上臂圍橫斷面之丈量。
6. 下肢圍長：使用皮尺測量髌前上嶺至髌骨上緣連線之中點，使用皮尺進行下臂圍橫斷面之丈量。

#### （三）反應測試

以 16 頻道資料擷取信號分析系統 (MP150, Biopac, Santa Barbara, CA) 進行反應測試訊號收集。肌電圖訊號放大器黏貼於選手肱三頭肌外側頭處，非慣用手用食指及拇指握著接地線。測驗時，選手慣用手在前方為側身站姿（以拳頭輕觸到目標物為適當距離），當燈光訊號出現時，選手立即反應出拳，計算其神經反應與動作反應時間。

#### （四）無氧動力

以原地腳踏車測功儀 (Avantronic Cyclus 2, RBM Elektronik-automation GmbH, Leipzig, Germany) 進行溫蓋特無氧動力測驗 (Wingate anaerobic test)。鼓勵選手在 30 秒內以最大自主力量踩踏，過程中臀部不可離開椅墊，可得出每位選手的無氧爆發力、無氧能力與疲勞指數。

#### （五）最大攝氧量

使用 YMCA 功率腳踏車模式（間歇有氧動力測試法）進行測試。測試分 3 ~ 4 個階段，每個階段 3 分鐘，分別在第 2 分鐘及第 3 分鐘，記錄心跳數值，透過對照表查出最大心率對應之最大攝氧量。

#### （六）知覺協調整合

統一以 9.7 吋平板電腦進行視動整合、視覺對比、觀察力、短時回溯記憶之測驗。例如，視動整合以 NeuRA Trail 應用程式進行 1 ~ 25 號之連線，已完成時間為成績計算。視覺對比以 Dr. Hue 應用程式進行不同顏色的方塊之選擇，限時 60 秒以完成的關數為成績計算。觀察力使用「天天腦鍛鍊」之應用程式以最快的速度將 1 ~ 25 數字按照順序成功點選一遍的時間為計算。以「Span Tests」應用程式中之 Kessels 2000 Forward 模式進行短時回溯記憶測驗，參與者必須先記住螢幕上之方塊指定順序後再依序點出其順序，共 10 個關卡紀錄其答對題數 (Kessels, van Zandvoort, Postma, Kappelle, & de Haan, 2000)。

#### （七）競技體能

30 公尺衝刺、垂直跳、三次立定跳、T 字敏捷測試。

##### 1. 30 公尺衝刺

本研究以光閘系統 (Smart Speed, Fusion Sport, Queensland, Australia) 進行 30 公尺衝刺時間計算。光閘擺放位置分別為 0、10 與 30 公尺。預備時，選手以前、後腳站姿方式站立於起跑線後，待開始後全力衝刺。記錄 0 ~ 10 公尺時間為啟動爆發力、10 ~ 30 公尺為加速爆發力。每位選手測量一次，以秒為單位，記錄至小數點後 3 位。

##### 2. 垂直跳

本研究使用測力板 (Smart Speed, Fusion Sport, Queensland, Australia) 計算每位選手跳躍的滯空時間，以得出每一跳之高度。預備姿勢為雙腳站立、雙手插腰，測驗時，選手以最快速度下蹲至自覺最佳發力角度時，再以最大力量、最快速度進行反向垂直跳躍。當受測者跳離力板騰空直到再次觸碰力板時所得到的每一跳躍滯空時間 (s)，帶入其公式： $g \times \text{滯空時間} \times \text{滯空時間} / 8$  (Haff et al., 2005)，即可得到每一次的跳躍高度。每位選手測量兩次（中間休息 1 分鐘），以最佳成績紀錄。

##### 3. 三次立定跳

預備時，選手站立於起跳線後，雙腳掌約與肩同寬，膝關節自然彎曲，起跳時雙臂自然擺動，並同時往前上方躍起，且必須雙腳「同時落地」進行連續跳躍三次。距離丈量由「起跳線後緣」至「第

三步最近之落點」為準，每位選手測量兩次（中間休息 2 分鐘），以最佳成績紀錄。

#### 4. T 字型敏捷測試

本研究以光閘系統 (Smart Speed, Fusion Sport, Queensland, Australia) 進行 T 字型敏捷跑時間計算。T 字型敏捷跑總長 40 公尺，選手採站姿自 A 角椎起跑，向前衝刺 10 公尺彎腰觸摸 B 角錐後，以側併步方式往左（右）5 公尺觸摸 C 角錐後，再往右（左）側併步 10 公尺後觸摸 D 角錐，最後回到中央觸摸 B 角錐，再倒退通過 A 角錐（光閘停止計時）為一次完整的測驗路線。每位選手測量兩次（中間休息 2 分鐘），以最佳成績紀錄。

### 三、統計分析

本研究蒐集資料共 443 名，以 R 語言製作資料探勘程式，使用決策樹之分類樹 C4.5 (classification tree C4.5) 進行分類器之建構，製作射箭項目競技體能決策分析之混淆矩陣 (confusion matrix)。另外，使用獨立樣本 *t* 檢定比較射箭與他項目間各項體能之差異，顯著水準統一設定為  $\alpha = .05$ 。

## 參、結果

### 一、基本資料與成體組成

本研究對象為 32 名千里馬運科選才培訓計畫之男 ( $n = 18$ )、女 ( $n = 14$ ) 射箭專項選手，與其他 12 項專項共 411 名選手。男、女射箭選手與其他專項同齡選手之基本資料列於表一，結果發現男、女射箭選手的體脂率顯著高於其他專項選手 ( $p < .05$ )，而其他指標包括身高、體重、BMI 等則無統計差異 ( $p > .05$ )。

### 二、成長追蹤、反應、無氧動力與最大攝氧量

從表二可看出男、女射箭選手大腿圍長明顯較其他專項大 ( $p < .05$ )，而上肢長度與臂展比（上肢長度／身高）也同樣有較長的趨勢 ( $p < .05$ ，表二)，另外發現男射箭選手的下肢長度比其他專項選手為短 ( $p < .05$ ，表二)。皮脂厚度方面發現，男、女射箭選手均在髂脊皮脂的厚度上顯著較其他專項低 ( $p < .05$ )，其他部位則無顯著差異。男射箭選手在無氧爆發力、無氧能力均顯著低於其他專項 ( $p <$

表一 男、女射箭選手之基本資料與身體組成

變項	男射箭 ( $n = 18$ )	男其他 ( $n = 276$ )	女射箭 ( $n = 14$ )	女其他 ( $n = 135$ )
身高 (cm)	173.6 ± 5.1	173.3 ± 9.0	160.9 ± 4.9	161.6 ± 6.6
年齡 (歲)	18.0 ± 1.1	16.3 ± 1.6	17.8 ± 1.1	15.7 ± 1.7
體重 (kg)	75.3 ± 16.3	68.3 ± 14.1	58.8 ± 7.0	56.2 ± 10.1
BMI	24.8 ± 4.5	22.7 ± 3.8	22.7 ± 2.7	21.4 ± 3.4
體脂率 (%)	20.6 ± 7.6*	15.5 ± 7.2	28.7 ± 6.9*	24.4 ± 7.5

註：BMI：身體質量指數 (body mass index)。\* $p < .05$ 。

表二 男、女射箭選手與其他專項選手之成長追蹤差異

變項	男射箭 ( $n = 18$ )	男其他 ( $n = 276$ )	女射箭 ( $n = 14$ )	女其他 ( $n = 135$ )
上肢圍長 (cm)	30.30 ± 3.80*	27.40 ± 3.90	26.90 ± 2.50	24.80 ± 4.00
大腿圍長 (cm)	55.20 ± 6.40*	50.90 ± 5.40	51.90 ± 4.10*	48.70 ± 5.40
坐姿高度 (cm)	92.10 ± 3.40	91.60 ± 4.80	87.30 ± 3.60	86.40 ± 3.70
上肢長度 (cm)	178.40 ± 6.50	177.00 ± 11.20	165.30 ± 8.00	163.30 ± 9.40
臂展比	1.02 ± 0.03*	1.03 ± 0.19	1.03 ± 0.04	1.01 ± 0.04
下肢長度 (cm)	97.90 ± 3.40	99.70 ± 6.50	91.40 ± 4.30	92.70 ± 5.70
下肢長度比	0.56 ± 0.01*	0.57 ± 0.02	0.57 ± 0.01	0.57 ± 0.02
髂脊皮脂 (mm)	4.90 ± 2.10*	8.00 ± 8.30	7.80 ± 2.90*	13.50 ± 8.90
肩胛下緣皮脂 (mm)	13.20 ± 5.60	10.50 ± 6.00	15.40 ± 4.80	14.30 ± 6.00
肱三頭肌皮脂 (mm)	10.90 ± 3.90	10.70 ± 6.90	15.00 ± 2.90*	17.20 ± 7.20
股直肌皮脂 (mm)	11.80 ± 3.90	11.40 ± 8.00	18.90 ± 3.20	20.20 ± 8.70

註：\* $p < .05$ 。

.05，表三），男、女射箭選手的最大攝氧量表現均低於其他專項（ $p < .05$ ，表三）。

### 三、平衡能力、知覺協調整合

男射箭選手的平衡能力（表四）、平均視力、視動整合、觀察力等（表五）與其他專項選手未達顯著差異（ $p > .05$ ），但在視覺對比與短期回朔能力的

表現上明顯優於其他專項選手（ $p < .05$ ，表五）。女射箭選手在開眼硬地、閉眼硬地的平衡能力表現發現顯著優於其他專項選手（ $p < .05$ ，表四），知覺協調整合僅在視覺對比能力發現顯著優於其他專項選手（ $p < .05$ ，表五）。在最大視野能力上，僅發現女射箭選手在左眼的最大視野上方、右方，明顯較其他專項選手呈現較狹小的現象（ $p < .05$ ，表五）。

表三 男、女射箭選手與其他專項選手之反應、無氧能力與最大攝氧量之差異

變項	男射箭 (n = 18)	男其他 (n = 276)	女射箭 (n = 14)	女其他 (n = 135)
神經反應 (s)	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.05
動作反應 (s)	0.18 ± 0.03	0.18 ± 0.05	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.04
無氧爆發力 (W/kg)	9.30 ± 1.10*	11.40 ± 2.00	9.10 ± 0.50	9.60 ± 2.10
無氧能力 (W/kg)	7.50 ± 0.80*	8.20 ± 1.90	6.40 ± 0.80	6.10 ± 1.90
疲乏指數 (W/s)	11.60 ± 4.10*	16.40 ± 7.30	10.80 ± 1.90*	13.10 ± 7.30
最大攝氧量 (ml/kg/min)	38.50 ± 9.10*	43.70 ± 7.90	33.70 ± 4.10*	41.90 ± 7.80

表四 男、女射箭選手與其他專項選手之平衡與知覺協調整合之比較

變項	男射箭 (n = 18)	男其他 (n = 276)	女射箭 (n = 14)	女其他 (n = 135)
平衡—開眼硬地	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.1*	0.5 ± 0.2
平衡—閉眼硬地	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.5 ± 0.2*	0.6 ± 0.3
平衡—開眼軟地	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.3
平衡—閉眼軟地	2.1 ± 0.3	2.0 ± 0.5	1.8 ± 0.6	1.9 ± 0.4
視力左	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.5 ± 0.3	1.3 ± 0.4
視力右	1.3 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.4	1.3 ± 0.5
平均視力	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.3	1.3 ± 0.4
視覺對比	27.3 ± 8.3*	21.0 ± 6.8	27.5 ± 7.9*	21.0 ± 5.8
視動整合 (s)	16.5 ± 6.1	17.8 ± 5.3	15.7 ± 5.7	17.2 ± 4.3
觀察力 (s)	28.4 ± 8.3	30.8 ± 8.9	26.1 ± 6.1	29.2 ± 7.3
短期回朔總分	70.6 ± 21.9*	61.9 ± 24.8	62.4 ± 21.4	57.0 ± 24.1

註：\* $p < .05$ 。

表五 男、女射箭選手與其他專項選手之視野與深度認知之比較

變項	男射箭 (n = 18)	男其他 (n = 276)	女射箭 (n = 14)	女其他 (n = 135)
最大視野 (L) 上	26.2 ± 7.6	29.0 ± 9.8	26.7 ± 8.0*	33.3 ± 12.1
最大視野 (L) 左	58.5 ± 14.3	57.5 ± 14.6	61.1 ± 14.7	59.9 ± 12.4
最大視野 (L) 右	42.5 ± 9.6	46.5 ± 13.9	44.1 ± 9.7*	50.8 ± 14.4
最大視野 (R) 上	25.1 ± 8.1	29.2 ± 10.4	29.7 ± 14.6	33.7 ± 11.8
最大視野 (R) 左	41.7 ± 9.8	46.0 ± 13.5	48.8 ± 13.4	50.0 ± 12.7
最大視野 (R) 右	58.1 ± 13.0	56.6 ± 14.2	63.9 ± 15.2	60.4 ± 13.9
內側視野	84.2 ± 18.5	92.5 ± 25.9	92.9 ± 22.1	100.8 ± 25.5
外側視野	116.6 ± 24.8	114.1 ± 27.2	125.0 ± 26.9	119.4 ± 25.1
上方視野	25.6 ± 7.5	29.0 ± 9.8	28.2 ± 11.1	33.4 ± 11.5
深度認知 (cm)	2.9 ± 2.1	2.7 ± 4.1	3.0 ± 2.4	3.2 ± 5.4

註：\* $p < .05$ 。

#### 四、競技體能

如表六所示，男子射箭選手的 T 字敏捷能力、啟動爆發力顯著低於其他專項 ( $p < .05$ )，同樣也發現女子射箭選手啟動爆發力能力明顯較其他專項選手差 ( $p < .05$ )。然而，卻發現握力明顯較其他女子專項來的優異 ( $p < .05$ )。其他指標如垂直跳與立定三次跳，不同專項之間均無顯著差異 ( $p > .05$ ，表六)。

#### 五、優秀青少年射箭選手之競技體能與決策樹分析

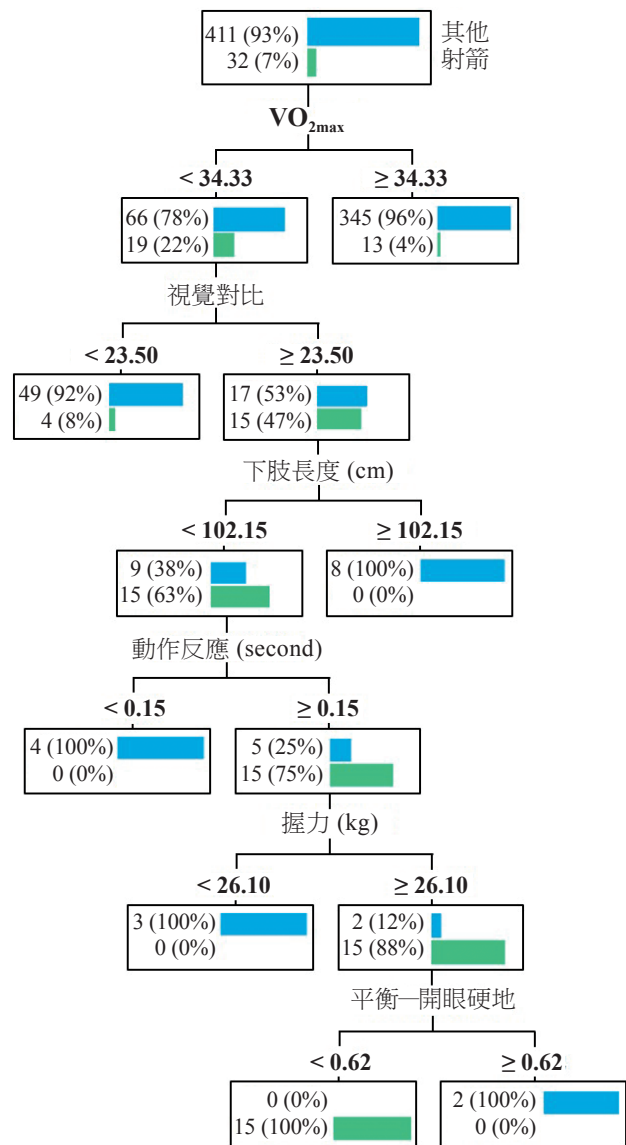
使用決策樹進行射箭選手與其他專項選手之分類建構時，第一個節點以「最大攝氧量」為分支，緊接著為「視覺對比」、「下肢長度」、「動作反應」、「握力」與「開眼硬地平衡」(圖一)。此結果顯示，射箭選手需要有良好的視覺對比能力，因應射箭運動屬性不需特別有利之身體組成與反應能力，然而需要有不錯的握力與平衡能力特徵，以上幾個要素可能是成為一位優秀射箭選手的重要能力。

#### 肆、討論

本研究結果顯示臺灣優秀射箭選手經資料探勘 (data mining) 一決策樹分割後顯示，主要節點包括「最大攝氧量、視覺對比、下肢長度、動作反應、握力與開眼硬地平衡」。射箭選手與其他專項選手相比，握力平衡與視覺對比及視覺回溯之能力較有優勢，但在爆發力 (包括啟動爆發力、無氧爆發力)、敏捷度與最大攝氧量能力，明顯較其他專項選手差。另外，射箭選手之體脂肪率亦顯著較高。本研究結果對於射箭運動之專項發展有其正向效益並且有助於未來實務選才之參考價值。

決策樹分析乃利用樹形圖做為分析工具，在樣本數較大的資料庫中可以迅速的分類出最好的屬性做為內部節點，新產生的分支再次訓練排列直到下

一個節點產生 (Sakr et al., 2017)。本研究決策樹中，節點包括最大攝氧量、視覺對比、下肢長度、動作反應、握力與開眼硬地平衡。隨著樣本數量愈分愈少，更能清楚突顯射箭選手之特質，如同於大型資



圖一 射箭專項的競技體能決策樹分析

表六 男、女射箭選手與其他專項選手之競技體能之比較

變項	男射箭 (n = 18)	男其他 (n = 276)	女射箭 (n = 14)	女其他 (n = 135)
握力 (kg)	44.0 ± 7.4	41.1 ± 10.3	31.7 ± 3.2*	28.5 ± 6.7
垂直跳高度 (cm)	36.7 ± 5.7	36.6 ± 7.2	25.1 ± 5.1	26.8 ± 5.7
T 字敏捷 (秒)	12.7 ± 0.8*	12.0 ± 1.3	14.3 ± 1.0	13.7 ± 1.5
立定三次跳 (m)	6.7 ± 0.7	7.0 ± 0.9	5.1 ± 0.6	5.5 ± 0.7
啟動爆發力 (秒)	2.1 ± 0.1*	2.0 ± 0.2	2.3 ± 0.1*	2.2 ± 0.2
加速爆發力 (秒)	2.8 ± 0.3	2.8 ± 0.5	3.3 ± 0.2	3.2 ± 0.5

註：\* $p < .05$ 。

料探勘中，可使用決策樹分析做出早期篩檢、分類或預測某些潛在因子。然而，當固定母數比較射箭與其他專項之間的體能差異時，研究結果僅發現射箭選手擁有較佳的視覺對比與握力。過去文獻指出射箭為一種較少移動 (movement) 的項目，相較於其他項目如田徑、體操、網球等欠缺了大範圍的動作 (large-scale movement)，故體脂肪率、敏捷性與最大攝氧量能力較差可歸咎其專項屬性有關 (Nabavinik, Abaszadeh, Mehranmanesh, & Rosenbaum, 2018)。值得一提的是，女子射箭選手的握力顯著優於其他項目 (表六)，這可能與射箭運動之屬性有關。選手經年累月練習累積，反覆的持弓、拉弓，沒有良好的握力則無法控制弓的穩定性，因此握力好壞、甚至是手掌大小、手指長度均可能是未來射箭選才的重要策略之一。

射箭成績的好壞除了現場風向掌握之外，選手在整個引弓過程中的姿勢與平衡能力更是影響成績的一大要素 (邱炳坤、王麗鈞、陳詩園, 2011)。射箭姿勢可分為基本站姿、搭箭、引弓、固定、瞄準伸展及鬆弦等連續動作，每個動作之間都是相輔相成互相影響，備有穩定的站姿才能營造穩定的身體角度提供後續的瞄準與放箭，整個過程極度仰賴上、下肢的肌力、肌耐力、平衡及維持身體姿勢穩定度的強壯核心肌群來支持 (Soylu, Ertan, & Korkusuz, 2006; Spratford & Campbell, 2017)。然而，本研究僅發現女子射箭選手在開眼、閉眼狀態下的硬地平衡能力表現較佳，這可能與單純的平衡檢測 (無持弓) 無法有效模擬引弓時的平衡能力有關 (Park et al., 2016)，此外，從引弓至鬆弦過程中選手若有相當程度的情緒變化時，容易有較高的心率變化與胸腔起伏，容易導致專注程度下降並影響其動作穩定性與表現 (林淇堃、呂學冠、張立羣、吳聰義、劉明煌, 2017; 洪聰敏, 2005)。因此，未來也許可以進一步探討不同層級射箭選手進行引弓至放箭過程中其心率變化與重心偏移之相關性，發展一套射箭專項的平衡檢測方式。

本研究結果顯示射箭選手之爆發力表現如：啟動爆發力、無氧爆發力，顯著低於其他運動項目，此結果反應出射箭項目相對需要的是身體穩定性及神經動作控制能力。本研究中的啟動爆發力為第 0 至第 10 公尺的衝刺能力，加速爆發力則為第 10 至第 30 公尺的接續徵召能力，然而，目前射箭項目與爆發力相關的研究文獻卻付之闕如。爆發力建立在基礎的肌力、肌耐力及精準的動作控制，射箭項目選手之肌力與肌耐力可能不及其他專項如舉重、田徑等項目，但肌力對於射箭運動的動作控制能力則扮演奪勝關鍵要素 (Park et al., 2016)，未來應針對射箭運動之肌力做更進一步的檢測與評估。

射箭比賽以箭落在靶紙上的分數為依據，現今舉凡奧運、世界錦標賽等的射程均提高至 70 公尺，從引弓至放箭瞬間，選手除了要依照風向微調瞄準點之外，全程需專注標靶的瞄準因此視野能力顯得更為重要。本研究結果顯示男、女射箭選手在視覺對比能力顯著優於其他項目 (表四)，這可能與選手長年瞄準標靶中央的黃心有關係。標靶上共有十環五色，由內而外分別是黃、紅、藍、黑與白色，瞄準時透過主眼瞳孔、瞄準器中的準心與標靶上的黃心連成一條線，聚精會神的將每一箭射向靶心。Laby, Kirschen, and Pantall (2011) 針對 157 位曾經參與過奧運會等級的運動員檢測其視覺能力，包括視覺距離、單眼視覺、眼周 (contour) 角度與對比視覺等，結果顯示不同專項運動員因為專項屬性的需求，進而發展出獨特的視覺模式與表現 (Laby et al., 2011)。Mohammadi et al. (2016) 進一步指出射箭選手的「靜態」與「動態」視覺能力皆為重要，此能力與選手的運動成績也有直接相關性，甚至建議應將視覺技能 (visual skills)，包括視覺敏銳度 (visual acuity)、靜態敏銳度 (stereo-acuity)、雙眼排列 (ocular alignment)、優勢眼 (eye dominance) 與對比敏感度 (contrast sensitivity) 納入射箭選手的評估指標之一 (Mohammadi et al., 2016)。靜眼 (quiet eye, QE) 為一種高壓情境下強化視覺感知、保持專注的心理機制，選手藉由注視於某個目標點上有助於集中專注力於單一事件上，而近期的研究也發現優秀射箭選手在吵雜的模擬賽時，站上比賽區時能較早進入 QE 階段以及有較長的靜眼時期 (quiet eye durations, QED)，較長的 QED 有助於射箭選手提升專注力促進準確度 (Gonzalez et al., 2017)。本研究結果也發現射箭選手在短期回溯能力上明顯較其他專項強大，究其原因可能與射箭比賽時不只需要專注的瞄準視力之外，一場比賽高達數百次的出箭需要依照現場的風向、風速、濕度等環境變化，立刻微調瞄準點與出箭角度，因此射箭選手需要極佳的短期記憶、回溯現場狀況後立即修正才有利於射出一支箭。

射箭比賽中影響勝負最大關鍵無非是心理韌性與應變的判斷能力，Jones (2002) 指出心理韌性為一種自然發展的心理優勢，心理韌性高的人在高度張力、高壓力的競賽情境下，對於決定、聚焦、控制與自信等能力上有較佳的表現。過去研究指出  $\alpha$ -唾液澱粉酶 (salivary alpha amylase, sAA) 活性會受到焦慮和壓力刺激而提升 (Nater et al., 2005)，而在射箭賽場上也得到相似的驗證 (Lim, 2016)。19 名女子射箭選手 (均超過 10 年訓練時間) 在一場國際賽中發現比賽前 1 分鐘、比賽後 10 分鐘的 sAA 活性明顯高於比賽前 10 分鐘，且 sAA 活性與焦慮呈現明顯的

正相關，值得注意的是總得分較低者（341 ~ 349 分）其自我的認知焦慮程度明顯高於較高分（352 ~ 355 分），這結果間接證實焦慮會影響射箭運動表現之外，能力較高的選手對於壓力調適能力較佳，亦或是沉穩、自信的態度能讓選手化壓力為助力更專注於賽場上（陳美綺、洪聰敏，2016；H.-B. Kim et al., 2015）。然而，單純從心理問卷可能無法有效評估射箭選手在比賽時的抗壓程度，未來可透過模擬賽營造高張力、高壓力的情境探究射箭選手其壓力對生理指標的影響（如：sAA 活性、大腦腦區活化），做為評估射箭選手心理層面的方式之一（吳治翰、念裕祥、吳聰義、張育愷，2017）。

射箭運動無疑是一系列機械式動作組合而成，優秀的射箭選手對於舉弓、瞄準到鬆弦等連續動作具有極細膩的控制能力，是歷經數年、數萬支箭反覆訓練之下才能達到的高超控制技巧，動作的一致性更是獲勝路上不可欠缺的重要條件。本研究結論為臺灣優秀射箭青少年選手之競技能力特徵，具有優異的握力表現、平衡能力與視覺對比能力之特質，亦需要極佳短期記憶能力與資訊統合能力，才能在瞬息萬變的射箭競賽場上做出快速調整與應變。建議未來進行射箭選手的選才與訓練時，可將視覺對比與握力列為首要參考指標，本研究亦提供了射箭運動之決策樹節點指標，期許早日達到科學化選才與育才之發展。

## 參考文獻

- 吳治翰、念裕祥、吳聰義、張育愷（2017）。正念訓練與運動表現之關聯。《運動教練科學》，48 期，65-77 頁。doi:10.6194/SCS.2017.48.07
- [Wu, C.-H., Nien, Y.-H., Wu, T.-Y., & Chang, Y.-K. (2017). The relationship between mindfulness and sport performance. *Sports Coaching Science*, 48, 65-77. doi:10.6194/SCS.2017.48.07]
- 吳聰義、吳治翰、邱炳坤、張育愷、張怡潔（2017）。自我對話在射箭之介紹與運用。《運動教練科學》，45 期，107-118 頁。doi:10.6194/SCS.2017.45.11
- [Wu, T.-Y., Wu, C.-H., Chiu, P.-K., Chang, Y.-K., & Chang, Y.-C. (2017). Self-talk in archery: Introduction and implications. *Sports Coaching Science*, 45, 107-118. doi:10.6194/SCS.2017.45.11]
- 邱炳坤、王麗鈞、陳詩園（2011）。射箭教練選擇選手站姿之決策分析。《大專體育學術專刊》，100 年度，209-216 頁。doi:10.6695/AUES.201110\_100.0026
- [Chiu, P.-K., Wang, L.-C., & Chen, S.-Y. (2011). Analysis of decision making in archery coach choosing stance for archer. *Archives of University Education and Sports*, 2011, 209-216. doi:10.6695/AUES.201110\_100.0026]
- 林淇瑩、呂學冠、張立羣、吳聰義、劉明煌（2017）。心跳率對射箭運動的影響。《臺中教育大學體育學系系刊》，12 期，10-23 頁。
- [Lin, C.-K., Lu, H.-K., Chang, L.-C., Wu, T.-Y., & Liu, M.-H. (2017). Effect of heart rate on archery performance. *N.T.C.U. Physical Education*, 12, 10-23.]
- 林國斌、黃啟光（2005）。射箭教學場地及器材設計與應用。《大專體育》，79 期，8-16 頁。doi:10.6162/SRR.2005.79.02
- [Lin, K.-B., & Hwang, C.-K. (2005). The teaching venue of archery and the design and application of archery equipment. *Bulletin of University Physical Education & Sports*, 79, 8-16. doi:10.6162/SRR.2005.79.02]
- 洪聰敏（2005）。腦波與心跳在精準運動上之應用。《國民體育季刊》，146 期，8-11 頁。
- [Hung, T.-M. (2005). The application of electroencephalogram and heart rate in precision sports. *National Sports Special Issue*, 146, 8-11.]
- 教育部體育署（2017）。千里馬選才計畫——實務作業手冊。臺北市：作者。
- [Sports Administration, Ministry of Education (2017). *Manual of sports science exploring excellent talented athlete project practical work*. Taipei, Taiwan: Author.]
- 陳美綺、洪聰敏（2016）。射箭隊的運動心理介入。《運動表現期刊》，3 卷 2 期，55-62 頁。doi:10.3966/240996512016120302002
- [Chen, M.-C., & Hung, T.-M. (2016). Sport psychology intervention for archers. *Journal of Sports Performance*, 3(2), 55-62. doi:10.3966/240996512016120302002]
- Baker, J., Cobley, S., & Schorer, J. (2013). *Talent identification and development in sport: International perspectives*. Oxfordshire, UK: Routledge.
- Balyi, I., & Hamilton, A. (2004). *Long-term athlete development: Trainability in children and adolescents. Windows of opportunity, optimal trainability*. Victoria, BC: National Coaching Institute British Columbia & Advanced Training and Performance.

- Gonzalez, C. C., Causer, J., Grey, M. J., Humphreys, G. W., Miall, R. C., & Williams, A. M. (2017). Exploring the quiet eye in archery using field- and laboratory-based tasks. *Experimental Brain Research*, 235(9), 2843-2855. doi:10.1007/s00221-017-4988-2
- Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., Kilgore, J. L., Kawamori, N., Jackson, J. R., ... Stone, M. H. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 741-748. doi:10.1519/00124278-200511000-00004
- Jones, G. (2002). What is this thing called mental toughness? An investigation of elite sport performers. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 205-218. doi:10.1080/10413200290103509
- Kessels, R. P. C., van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., & de Haan, E. H. F. (2000). The Corsi block-tapping task: Standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*, 7(4), 252-258. doi:10.1207/S15324826AN0704\_8
- Kim, H.-B., Kim, S.-H., & So, W.-Y. (2015). The relative importance of performance factors in Korean archery. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1211-1219. doi:10.1519/jsc.0000000000000687
- Kim, W., Chang, Y., Kim, J., Seo, J., Ryu, K., Lee, E., ... Janelle, C. M. (2014). An fMRI study of differences in brain activity among elite, expert, and novice archers at the moment of optimal aiming. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 27(4), 173-182. doi:10.1097/WNN.0000000000000042
- Laby, D. M., Kirschen, D. G., & Pantall, P. (2011). The visual function of Olympic-level athletes—An initial report. *Eye & Contact Lens*, 37(3), 116-122. doi:10.1097/ICL.0b013e31820c5002
- Lim, I. S. (2016). Correlation between salivary alpha-amylase, anxiety, and game records in the archery competition. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 20(4), 44-47. doi:10.20463/jenb.2016.0050
- Mohammadi, S. F., Aghazade Amiri, M., Naderifar, H., Rakhshi, E., Vakilian, B., Ashrafi, M., & Behesht-Nejad, A. H. (2016). Vision examination protocol for archery athletes along with an introduction to sports vision. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(1), e26591. doi:10.5812/asjasm.26591
- Nabavinik, M., Abaszadeh, A., Mehranmanesh, M., & Rosenbaum, D. A. (2018). Especial skills in experienced archers. *Journal of Motor Behavior*, 50(3), 249-253. doi:10.1080/00222895.2017.1327416
- Nater, U. M., Rohleder, N., Gaab, J., Berger, S., Jud, A., Kirschbaum, C., & Ehlert, U. (2005). Human salivary alpha-amylase reactivity in a psychosocial stress paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 55(3), 333-342. doi:10.1016/j.ijpsycho.2004.09.009
- Neil, A. (2007). *Paediatric exercise physiology: Advances in sport and exercise science series*. London, UK: Churchill Livingstone.
- Park, J. M., Hyun, G. S., & Jee, Y. S. (2016). Effects of pilates core stability exercises on the balance abilities of archers. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 12(6), 553-558. doi:10.12965/jer.1632836.418
- Sakr, S., Elshawi, R., Ahmed, A. M., Qureshi, W. T., Brawner, C. A., Keteyian, S. J., ... Al-Mallah, M. H. (2017). Comparison of machine learning techniques to predict all-cause mortality using fitness data: The Henry ford exercise testing (FIT) project. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 17(1), 174. doi:10.1186/s12911-017-0566-6
- Shinohara, H., Urabe, Y., Maeda, N., Xie, D., Sasadai, J., & Fujii, E. (2014). Does shoulder impingement syndrome affect the shoulder kinematics and associated muscle activity in archers? *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(6), 772-779.
- Soylu, A. R., Ertan, H., & Korkusuz, F. (2006). Archery performance level and repeatability of event-related EMG. *Human Movement Science*, 25(6), 767-774. doi:10.1016/j.humov.2006.05.002
- Spratford, W., & Campbell, R. (2017). Postural stability, clicker reaction time and bow draw force predict performance in elite recurve archery. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 539-545. doi:10.1080/17461391.2017.1285963
- Taha, Z., Musa, R. M., Abdul Majeed, A. P. P., Alim, M. M., & Abdullah, M. R. (2018). The identification of high potential archers based on fitness and motor ability variables: A Support Vector Machine approach. *Human Movement Science*, 57, 184-193.



doi:10.1016/j.humov.2017.12.008

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, 38(9), 703-714. doi:10.2165/00007256-200838090-00001

## **Analysis of Skill-Related Physical Fitness Among Elite Adolescent Archers in Taiwan Through Decision Tree**

Jen-Chun Lo<sup>1</sup>, Kuo-Wei Tseng<sup>2</sup>, Tsung-Yi Wu<sup>3</sup>, Chang-Chi Lai<sup>2</sup>, and Wei-Chin Tseng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Athletics, University of Taipei, Taipei 111, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Exercise and Health Sciences, University of Taipei, Taipei 111, Taiwan

<sup>3</sup>Department of Combat Sport, National Taiwan University of Sport, Taichung 404, Taiwan

Corresponding Author: Wei-Chin Tseng  
E-mail: speedceng@gmail.com

---

### **Abstract**

This study aimed to investigate the differences of body composition and skill-related physical fitness variables between elite archers and other specific athletes. Through decisions tree analysis for optimal diagnostic criteria, we expected to provide important suggestions for scientific athlete selection and development in this field. This study recruited total 443 athletes from 13 specific sports to compare their body composition and skill-related physical fitness. We found that body fat percentage, thigh circumference, and visual contrast of young archers were significantly higher than other athletes from specific sports. Nevertheless, the maximum oxygen consumption and explosive force of archers were much lower than other sport athletes. Visual contrast, grip strength, and balance in open-eye on the fixed platform were greater in female archers compared to others. Taken together, maximum oxygen consumption, visual contrast, action-response time, grip strength, and balance in open-eye on the fixed platform are the key classify decision points for archers in the decision tree. This study showed that elite adolescent archers were superior in visual contrast sensitivity, balance abilities, and grip strength. For the selection and training of archers, we suggest that visual contrast sensitivity and grip strength are the most critical indicators.

**Keywords:** visual contrast, grip strength, classify

## Introduction

Talent identification in sports is crucial to choose active and elite athletes. After professional training, these selected athletes could achieve better training outcomes in a shorter time compared to others due to their congenital condition. Selection of young talented athletes is a clear trend for competitive sports (Baker, Cobley, & Schorer, 2013).

In 2004, the Chinese men's and women's archery teams won their first silver and bronze medals, respectively in the Summer Olympics. Compared with other sports, archery shows relatively low physical requirements. In addition to the high levels of personal skills, stability and precision, stays active, and positive are the most important items in high-tension competitions, like archery. The purpose of this study was to analyze the critical indicators of the archers through the decision tree classification, and to identify the crucial competitive abilities of the archers. We postulated to establish the scientific selection and identification of talent archers in Taiwan to serve as a reference for capability analysis.

## Method

Total 443 athletes from 13 types of specific sports who participated in the sports talent selection project conducted by the Sports Administration, Ministry of Education of Taiwan (2016 and 2017) were enrolled in this study. Physical fitness variable, include body composition, growth tracking chart, reaction test, anaerobic power test, maximal oxygen uptake test, and perception-motion coordination were analyzed. Skill-related fitness includes 30-meter sprint test, vertical jump, standing triple jump and *t*-test agility were recorded. R programming language was used as a data-mining program. C4.5 (classification tree C4.5) of the decision trees was used to construct the classifier, and confusion matrix for competitive performance decision analysis of the archery.

## Results

In this study, there were 32 archers (18 males and 14 females) and 411 athletes in the other 12 specific sports. The body fat percentage of the archers was significantly higher ( $p < .05$ ) than other athletes. There

was no significant difference on height, weight, and body mass index (BMI). The thigh circumference of the archers was bigger than other athletes ( $p < 0.5$ ), and the upper limb and opening arms were also longer and wider than other athletes ( $p < .05$ ). Male archers showed shorter limb lengths than other athletes ( $p < .05$ ). Furthermore, male and female archers had significantly lower iliac crest skinfold than others ( $p < .05$ ). Interestingly, anaerobic capacity and maximal oxygen consumption of female archers were significantly lower than other athletes ( $p < .05$ ).

The visual contrast and short-term retrospective ability of male archers were significantly better than those of other athletes ( $p < .05$ ). Female archers had significantly better balance performance and visual contrast than those of other players. The left eye maximum vision (the upper and right side) of female archers was narrower than other subjects ( $p < .05$ ). Interestingly, the explosive power of male and female archers was significantly lower than other athletes ( $p < .05$ ), however, the female archers' grip strength was significantly better than others ( $p < .05$ ).

In decision tree analysis, the first node of the classification construction of archers and other athletes was the maximum oxygen uptake, followed by visual contrast, length of the lower limb, action response, grip strength, and balance with open-eye on the fixed platform

## Conclusion

We concluded that along with motor control and perception-motion coordination skills, archers also need excellent short-term memory and information integration capabilities to make rapid adjustments and strains in the constantly changing archery competition. This study provided the skill-related fitness analysis and important decision-making tree nodes of Taiwan's outstanding young archers. Our findings could serve as a reference for the scientific selection and identification of potentially talented young archers.

## References

- Baker, J., Cobley, S., & Schorer, J. (2013). *Talent identification and development in sport: International perspectives*. Oxfordshire, UK: Routledge.