

2019 未來科技展： 新一代精準舉重訓練台

鍾寶弘、何維華、徐敬亭、蔚順華*

一、前言

由科技部主辦的「2019 未來科技展 (FUTEX)」，108 年 12 月 5 日至 8 日於台北世貿一館登場，現場有 100 多件前瞻創新技術展出。未來科技展設立的宗旨，是因為過去學術界有太多同學優秀研究都沒法走出校園；而產業界在轉型的過程當中，沒有辦法與學界相互串接，形成很多資源僅在校園當中，於是希望能透過未來科技展，讓產業界來學界尋寶，促成最佳的產學合作。科技部經公開徵件方式號召全國學研單位，共受理超過 500 件之報名技術，經由各領域專家與科技部嚴謹的遴選過程，最終選出具有「產業應用性」與「科學突破性」的前瞻科研成果獲得 2019 未來科技突破獎。



圖一：新一代精準舉重訓練台

* 鍾寶弘，臺北市立大學運動器材科技研究所副教授；何維華，臺北市立大學運動器材科技研究所教授；徐敬亭，臺北市立大學運動器材科技研究所副教授兼所長；蔚順華，國立陽明大學物理治療暨輔助科技學系教授。

今年於未來科技展首設的「精準運動」應用特色專區，不僅呼應政府近年發展體育政策，展現科技部推動精準運動的科研成果，也在傳統體育賽事中注入科技元素，展現不同風采的運動家精神。透過運動與科技結合，選手可以在訓練或備戰過程清楚了解身體狀況，能在最短的時間內找到需要加強的地方，進而做出最正確的調整。

其中，由臺北市立大學、國立陽明大學共同為我國菁英舉重選手打造的新一代精準舉重訓練台，除了有動作影像與用力大小的立即回饋以外，更使用了高科技複合材料所製成的減振減噪舉重地墊來保護選手，讓具 2020 東京奧運奪牌實力的我國舉重選手能獲得更完整的運動科學支援，全心備戰為我國爭取奧運金牌。

本產品主要的特色，是使用非接觸形式，記錄與分析舉重訓練動作、槓鈴軌跡、身體施力等參數，並上傳雲端進行大數據分析；再透過 AI 人工智慧技術，找出傷害發生的潛在因子，避免疲勞或過度使用產生傷害，同時能預測運動員最佳表現，作為比賽時加重策略擬定之參考指標。另外，並導入 STF 材料的減震舉重防護地墊，大大提升對於菁英運動員的保護。在展覽現場，也邀請到舉重國家代表隊林敬能總教練，以及全中運冠軍陳享瑜選手進行舉重動作示範，並邀請科技部陳良基部長進行試用；經選手的示範訓練之後，新一代精準舉重訓練台無論是在對選手的保護，以及對訓練的輔助，都獲得教練與選手的大力肯定。在展出的 4 天之中，也有多家電子與平面媒體，特別針對新一代精準舉重訓練台進行報導，足見運動確實有它迷人之處，而運動背後的科學支持，更是讓運動員能站上頂峰的祕密武器。



圖二：陳良基部長（右三）與舉重選手、教練現場試用新一代精準舉重訓練台

二、精準舉重計畫起源

運動員的競賽是為國家的榮譽而戰，在賽場上拼搏不僅是展示個人體力、技術和多年努力成果，更是展示綜合國力、科技實力，以及民族自信。2017 年世界大學運動會（2017 世大運），在國家及台北市政府的支持下，投入大量經費與資源，啟動 2017 世大運培訓計畫及籌辦措施，最終以 26 金 34 銀 30 銅合計 90 面獎牌名列第 3 名，創下我國參加世界大學運動會最佳成績。對獲得金牌的選手而言，在頒獎台上面對全世界，國家的旗幟因自己而升起，國歌因自己而奏響，也帶動了全台灣民眾激動澎湃的「愛國心和民族自信」。在這 12 天當中，全民經歷勝利的喜悅，感受到選手拼搏的激情，盡享了全民參與體育的快樂。

我國自楊傳廣於 1960 年參加奧運以來，僅獲得的 5 面金牌之中，舉重比賽即獲得 3 面金牌。放眼全球的運動競技舞台，是金牌運動員宣示國家主權，展現國家實力，彰顯國際地位的最佳時機，背後更意涵著台灣民眾朝向強國復興的奮鬥、民族自信爭光的展現。2017 世大運我國舉重選手郭婞淳，在挺舉 142 公斤打破世界紀錄並摘下金牌，不僅成為台灣之光，更登上世界之最。她的賽後感言說：「是全台灣人一起幫忙舉起來的。」這席話充分激起台灣民眾心連心，支持運動員展現運動競技中，頑強拼搏、永不服輸的精神，更帶動了全國人民的愛國情懷和民族自信。

舉重項目為何是我國競技運動強項呢？以世大運為例，我國在 2011 年世大運的 7 金 9 銀 16 銅（排名第 8 名）、2015 世大運獲得 6 金 12 銀 18 銅（排名第 10 名），直到 2017 世大運選辦項目加入了我國傳統得牌項目如舉重、射箭、跆拳道、棒球……等，提升到 26 金 34 銀 30 銅（排名第 3 名），其中又以舉重項目的表現最為亮眼。由此可見，利用主辦國選辦運動種類的權利，爭取優勢運動種類，是增加獲得金牌的策略。就各國金牌分布的比較，中國大陸、日本、韓國是舉世公認的亞洲競技運動強國，再加上美國、俄羅斯……等傳統強國，當前舉重項目是我國唯一能夠將先天身材劣勢轉換成為優勢，在世大運、亞運會、奧運會與各強國抗衡的競技強項。

精準舉重運動科學計畫之濫觴，是希望以運動科學的焦點，精準地應用在我國競技運動的強項——舉重為標的，將創新科技轉譯至競技運動，協助運動員提升競技表現並解決其訓練瓶頸。呼應我國舉重教練和選手在亞運會、奧運會奪金的運科需求，在科技部的支持下，特推動「精準舉重金牌運動科學之路」整合型計畫，朝向：（1）研用合一：研發成果能確實應用於協助解決運動員的訓練問題及增強訓練成效，提升運動競技表現；（2）資源整合及技術突破：以跨領

域整合彰顯研發成果突破現有技術及發展前瞻技術；(3) 促進運動產業發展：將研發的成果確切落實於產業及商品化；(4) 促進全民運動健康：藉由技術產品開發活絡運動產業，以提升運動人口與促進全民健康。



圖三：精準舉重運科的支援，呈現競技舞台的金牌價值

我國運動科學支援競技訓練，始於 1998 年曼谷亞運，首度成立亞奧運奪金「運動科學小組」，長期監控訓練工作，幕後提供後勤支援，結果榮獲 19 金 17 銀 41 銅，創造參加亞運史上的台灣奇蹟；緊接著 2000 年雪梨奧運獲得 1 銀 4 銅，2004 年雅典奧運 2 金 2 銀 1 銅。由此可見運科後勤人員的持續支援深受教練、選手肯定。本研究團隊已經長期在舉重訓練，發揮了運動科學顯著成效，反映在 2008、2012、2016 三屆奧運會皆獲得金牌，其中關鍵的運科策略是：「以教練和選手的需要為主軸，長期的磨合與共同發掘問題。」所以，本計畫邀請國家運動訓練中心之舉重國家代表隊教練群共同參與，全程參與計畫之規劃、執行、修訂、應用……等。透過舉重國家代表教練群的實際參與，未來將審慎評估是否應用在國家代表隊選手的訓練上，有效地解決訓練的難題及尋求突破瓶頸的方法。綜合上述，本計畫——精準舉重運動科學之路——是以教練和選手的需要為出發點，支援教練和選手訓練為主軸，以精準訓練輔助、精準技術回饋、精準器材研發、精準疲勞恢復等面向，支援我國舉重菁英選手的訓練、技術、器材、傷害預防等運動科學專業服務，讓教練選手能安心備戰，為國家爭取更高榮譽。



圖四：精準舉重專案的四大面向

三、精準舉重計畫之工作目標

運動科學為高度專業的科學，精準地支援舉重運動員的訓練。因此，本研究團隊在實踐運動科學之道路上，精準的瞄準在舉重金牌焦點，召集國內精銳且經驗豐富的運科領域專家，來自臺北市立大學、國立陽明大學及國訓中心教練團，各方集思廣益將理論與實際緊密結合，提升國家競技運動實力，創造舉重選手 2020 奧運金牌和 2022 亞運金牌。計畫工作的執行是由總計畫負責主導、統籌整體的研究方針，並協調、整合及分配研究工作和資源，將各子計畫專業人員及技術人員充分融合。各子計畫之間的配合，在研究方法的建立、研究技術的操作、研究數據和研究結果，都存在著相互依存的整合關係，未來在既定的時間內完成各技術里程碑的目標，亦逐步地完成各種查核點的評核內容，並宣傳我國精準舉重運科成效與社會責任。本計畫包含有 4 個子計畫，分別呼應精準訓練輔助、精準技術回饋、精準器材研發、精準疲勞恢復 4 個支援面向，其簡介與工作目標分別介紹如下：

(一) 子計畫 1：外骨骼機器人應用於舉重訓練

子計畫 1 以下肢外骨骼機器人之機構設計與實現，用來作為舉重選手的測試與訓練設備，引用的外骨骼機器人為多個自由度的連桿系統，可以控制雙腳髖關節、膝關節及踝關節，並且以承重系統的機構結合步態控制器，來產生舉重訓練下肢動作軌跡為基礎來做實驗。接下來更進一步在大專甲組舉重選手實際應用於舉重測試與訓練上，以 ACWR 訓練監控分析模型，精準的訓練與評估舉重選手的實施過程，故本子計畫各年間具體的目標，第一年以介入舉重外骨

骼機器人設計，評估舉重選手的動作特徵，建構下肢段 COM、COP、Velocity、Angle 運動學參數和 GRF、Torque、Inverse dynamics 動力學模型；第二年則應用舉重外骨骼機器人實際訓練，探討 TL、DTL、WTL、TM、TS、WWCR 和 ACWR 之訓練總量監控成效，以及 TQ、DTQ、WTQ、TM、TS、WWCR 和 ACWR 之訓練品質監控成效；第三年進行優化舉重外骨骼機器人模組，驗證實驗組與控制組介入外骨骼機器人訓練差異；最後在第四年嘗試應用舉重外骨骼機器人在頂尖舉重選手，探討精準訓練的成績迴歸預測指標和精準訓練負荷迴歸預測指標。



圖五：以MIT外骨骼機器人進行舉重測試與訓練

(二)子計畫 2：以人工智慧與視訊物件追蹤技術建立即時精準舉重技術回饋系統之研究

子計畫 2 透過人工智慧的機器學習演算法，取得舉重槓鈴軌跡及其運動學參數，建立即時技術回饋與戰術分析系統，精準地輔助舉重運動選手獲得良好的成績。各年間具體的目標，第一年以支援向量機為基礎之即時槓鈴辨識與軌跡追蹤演算法，快速且正確地得到槓鈴在空間中的位置及運動軌跡，即時辨識與追蹤演算法利用支援向量機為核心，自動判斷舉重槓鈴的空間座標，並將之連結成為軌跡；第二年以即時視覺回饋與動作診斷系統，使用類神經網路為基礎的機器學習演算法，主要目標在於建立選手的黃金樣本，當選手在練習或是在競賽會場，藉由即時視覺回饋與動作診斷系統告訴其動作優缺點，補足教練不足之處；第三年針對戰術分析，再加上賽會現場的各教練所使用的加重策略，量化後透過類神經網路進行分析，藉此建立戰術模型資料庫，在競賽時精確地

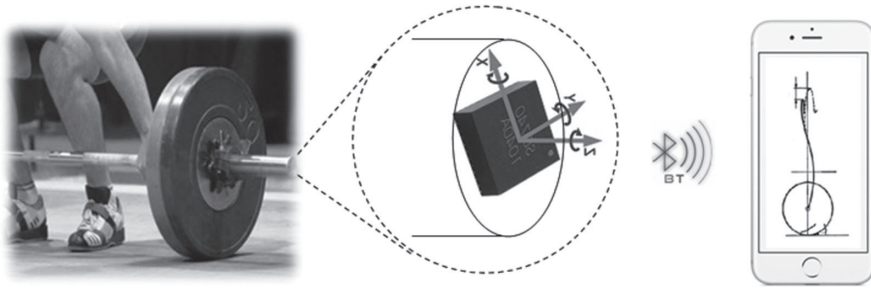
提供教練戰術分析結果，提供教練參考；第四年進行整合成為新一代的舉重訓練平台，發展出其他的感測資訊一併的資料庫，將槓鈴運動軌跡假設為技術評估指標，戰術與感測資訊定義為其他能力指標，建立舉重選手綜合能力訓練平台。



圖六：將舉重即時技術回饋系統與訓練結合

(三)子計畫3：新一代舉重訓練設備之精準研發

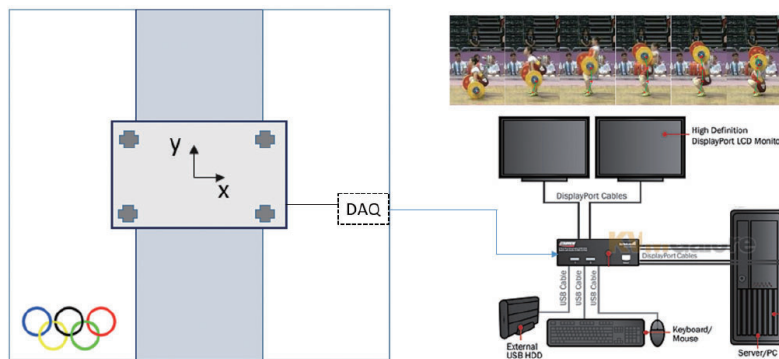
子計畫3 應用國防科技材料，轉向民營化應用之剪切增稠液體 (STF)，在施加衝擊時與其他材料結合而以複合材料的形式，研發舉重減振減音的舉重地墊。再以微機電系統 (MEMS) 慣性感應器的加速度計製成的穿戴式舉重新器材，加入了可測量旋轉運動的電子陀螺儀，除了可測量直線運動外，更可以測量旋轉運動速度，使得慣性感應器用以測量舉重能力的精確度。以慣性感應器測量到開始提鈴到落地時的各軸向加速度值，計算出各種運動學與動力學參數，用於作為教練指導及菁英運動員動作回饋之參考。各年間具體的目標，第一年以 STF 材料建構高減振舉重防護地墊，減少槓鈴彈跳與產生的噪音，以保護我國菁英舉重運動員；第二年以 MEMS 慣性感應器建構智慧化舉重槓鈴，達到精準的舉重軌跡之演算，並可用無線傳輸至儲存設備進行記錄；第三年以舉重軌跡及國家級舉重教練的意見，建構出能計算舉重各階段的力學參數的自動化舉重生物力學監控系統；第四年以前期研發之系統對我國舉重代表隊的菁英選手進行長時間的監控，並運用長期大數據的分析來找出運動員生物力學的變化，以建構訓練與技巧評估系統。



圖七：開發非接觸式舉重智慧訓練監控設備

(四)子計畫 4：開發肌肉疲勞偵測與加速恢復系統

子計畫 4 有效率提升舉重訓練後，肌肉的血液及代謝循環大幅加速疲勞的恢復。替代傳統肌肉疲勞恢復方式如休息、按摩、輕量活動，以協助治療師或防護員，針對舉重選手肌肉疲勞的問題，研發加速疲勞恢復的自動深層按摩裝置，結合成為一完整舉重運動疲勞偵測及加速恢復系統。各年間具體的目標，第一年的研究將可提供舉重選手一全身各大肌群同時按摩的有效便利裝置；第二年的研究此裝置以手機或平板如何簡易的控制，同時體積小便於攜帶，無論是在訓練或在外地比賽，每位選手皆可隨時且立即的獲得深層肌肉的按摩，同時結合了深層按摩及電刺激雙管齊下的介入，將更理想快速的疲勞恢復；第三年的研究提供教練與選手攜帶式智慧型肌肉疲勞偵測系統，同時搭配主客觀肌肉疲勞參數的蒐集，將數據轉譯成教練與選手易讀取的應用程式，將有助於在訓練前、中、後立即找出可敏感偵測舉重選手肌肉疲勞並進行長時間的監控，再對應進行訓練量的調整與恢復策略的執行；第四年將舉重運動疲勞偵測及加速恢復系統整合及優化，預期此系統可有效協助舉重選手提升運動表現。另外，未來將推廣此運科研發產品，實際應用在廣大運動群眾，以及提升運動相關產業之發展。



圖八：以地面反作用力進行舉重肌肉疲勞之偵測

四、結語

世大運帶給台灣民眾親身參與的機會，展現出競技運動長遠影響的最大成效就是「民族自信心」提升。我國運動員傑出的表現，激起國人團結心、愛國情，並造就郭婞淳、戴資穎、楊俊瀚、鄭兆村等等新民族英雄，型塑台灣不只是福爾摩沙的科技強國外，更是快樂的公民參與運動島。精準運動科學支援競技運動是公民參與的亮點政績。因此，本計畫對政府施政具有社會責任和實踐承諾，讓全體公民能夠清楚地知道，精準運動科學如何有效地支援競技訓練，透明化讓公民關心與熱心參與競技運動，並藉由精準舉重運科的推動，提供豐富的高科技專業、扎實的技術支援訓練任務，創造舉重選手 2020 奧運金牌和 2022 亞運金牌，以符合公民參與的期待。

運動科學是一門精細而且有趣的學問，不但能夠讓全民獲得一些指導原則，亦能告訴民眾如何把最新的運動科學知識應用到生活實踐之中。科學是人類榮進的驅動力，運動是國民健康的手段，藉由運動科學的普及化，讓每位小孩子都曾經像科學家一樣，用自己的方式嘗試運動、探索身體的極限，因此計畫的社會責任讓大部分的人在成長的過程中，享受各種有趣運動，吸收運動科學的科普知識讓生活精彩。另外，本計畫的初衷，希望透過一些配套活動，例如建立網站和社群平台、舉辦記者會、舉辦成果發表會、學術研討會及新書發表會，以宣傳我國精準舉重運科成效，讓小朋友和大朋友一起來拾回對科學的興趣，共同參與運動和欣賞運動，進而了解運動科學的奧妙。

金牌選手的養成如「十年磨一劍」何其容易！這些身經百戰的選手，透過運動科學的陶冶以後，下一步人才培育的目標是能夠擔任運動教練，以專業協助訓練運動選手，讓未來的選手獲得運科結合競技的專業指導，可望透過本計畫的運科專業，培養具有運科素養的專任運動教練。提高教練的整體運科素質，是我國運動科學推動的社會責任。競技場上的勝利都離不開運動科學後勤的支持，本計畫每個參與者都牢固樹立起運動科學的發展觀念，意識到承擔社會責任的必要性，將運科理論與實際訓練緊密結合，提升國家競技運動實力。因此在執行過程中穿插特定的運科培訓教育內容，讓全體教練和選手從基礎上認識，運科專業對教練人才培育的社會責任。

台灣製造運動器材的品質舉世聞名，尤其台灣中部更是精密工業重鎮，已成為世界公認的高品質運動製造王國。在台灣眾多優良運動器材製造中，成功自創品牌仍屬少數，多數仍為國際知名品牌代工，如舉重品牌 ELEIKO、服裝品牌 NIKE 等，巨大的銷售利潤為國外品牌所掌控。本計畫抱持台灣運動器材

創新研發與永續經營的理念，發展 MIT (made in Taiwan) 舉重專業科技化訓練器材，結合舉重台、槓鈴、槓片、技術回饋系統和精準分析儀器，輔導台灣運動器材製造廠，擺脫外國企業政治、經濟打壓，避免台灣企業遭受排擠邊緣化的窘況。MIT 舉重運動器材將為台灣廠商獲得良好的利潤，使製造端才有能力做出更好的創新研發，立於永續經營不敗之地。因此本計畫相當重視創新運動器材研發的社會責任，並逐步將研究與研發成果實際投入發明專利與新型專利，且一慣性的展延到生產製造上，最後也針對企業與政府的發展，給予具體實施與推動的建議。

附錄：本文相關媒體報導

(一) 電子媒體報導

中天新聞「未來科技展產學媒合商機上看 10 億(內有專門報導舉重監測設備)」(2019/12/5) <https://youtu.be/A4-oJVmum5A>

大愛新聞「2019-12-05 1900 整點新聞(44:45 開始有專門報導舉重地墊)」(2019/12/5) https://youtu.be/KpB_w2Z07_M

華視新聞「隔空量血壓 未來科技展亮點多(內有專門報導舉重設備)」(2019/12/6) <https://news.cts.com.tw/cts/life/201912/201912051983317.html>

八大民生新聞「未來科技展開跑 聚焦東奧 AI 應用」(2019/12/6) <https://youtu.be/pk2ZWMTCV3Y>

緯來體育「大力女神舉出新高度 郭婞淳訓練有撇步」(2019/12/6) <https://youtu.be/nusqyoLzMq4>

公視新聞網「科技融入運動競技 成舉重選手秘密武器」(2020/1/28) <https://youtu.be/ITKTd3yRgo4>

(二) 平面媒體報導

聯合新聞網「瞄準 2020 東奧 陽明物輔系打造精準舉重訓練台」(2019/12/4)

中央通訊社「備戰東京奧運 陽明團隊打造精準舉重訓練台」(2019/12/5)

中時電子報「備戰東京奧運 陽明開發舉重訓練台防運動傷害」(2019/12/5)

ETtoday 新聞雲「迎戰 2020 東奧 陽明大學打造人工智慧精準舉重訓練台」(2019/12/5)

今日新聞「未來科技迎戰東京奧運 陽明大學研發智慧舉重台」(2019/12/5)

中央廣播電台「因科技而不同 台灣以大數據迎 2020 東奧奪金路」(2019/12/12)