

運動越來越科技

相子元

國立臺灣師範大學 樂活EMBA 研究講座教授

運動科技，這個詞彙或許對一般人來說有些陌生，但它代表著現代科技與運動的結合。運動科技涵蓋眾多不同的科技，甚至包括一些原本不是針對運動目的而開發的科技，但因對運動賽事提供明顯幫助而被應用於其中。近年來運動與科技的結合越來越受到關注，人們對於運動科技的解讀也不再侷限於競技運動上，其實運動科技囊括了非常多面向，除了與運動員本身的訓練、軟硬體設施有關之外，賽事場館的規劃與球團管理也都包含在運動科技的範疇內，運動社群的經營也將會成為未來非常重要的新興服務模式。目前運動科技的涵蓋範圍越來越廣泛，包括感測科技、定位科技及影像科技等，搭配網路、演算法、大數據、人工智慧等軟體功能，一同整合形成完善的運動科學輔助架構，使運動與科技的結合能夠衍生出更多具商業價值的服務模式。

感測科技

感測科技在運動最典型的應用就是穿戴科技，穿戴科技如運動手錶擁有多種感測元件，例如動作偵測、心跳監測、高度計、壓力計和運動量檢測等功能元件。其中一項重要的感測器是慣性感測單元（Inertial Measurement Unit, IMU），它可以測量加速度和角速度，提供運動強度和身體部位的運動狀態資訊。這些感測器可以應用在智慧手錶及智慧鞋等不同穿戴位置，用於監測跑步姿態和著地形態。現今智慧手錶對於簡單的日常活動偵測，如走路、跑步或睡眠，已是基本的必備功能。而這些穿戴裝置是利用裝置內的慣性感測單元來達到智慧感知，若將感測器放在足部則有助於觀察運動時足部各項特徵，可提供更多的下肢動作辨識。早在10年前就有國際研究發表，利用IMU觀察不同運動模式與強



度，足部前後、內外及上下訊號特徵點的變化。透過收集這些感測器所測量的數據並進一步分析，能更深入了解各種運動狀態，進而提供訓練所需資訊，甚至可開發特定的辨識應用，如健身運動的監控或游泳姿勢辨識等，應用於運動遊戲輔助與健康醫療的領域，可以提供使用者更多有價值的訊息。

定位科技

還有一項重要的科技普遍應用在智慧手錶手機等裝置，就是全球定位系統（GPS, Global Positioning System）。它被廣泛應用於運動資訊的收集和衡量運動表現。目前市面上，如手機、運動手環、自行車錶、導航等，都含有定位功能，不難發現GPS已經充斥在生活周遭。例如：許多跑者參加馬拉松時，會藉由此工具量化跑步距離，來規劃訓練的目標，或是自行車友透過即時的速度資訊，維持續航能力。除了個人的使用外，GPS系統具有不受場地限制的優點，也被職業球隊作為選手監控的儀器，進行球員的追蹤。例如針對足球、橄欖球等運動範圍廣的團隊項目，透過GPS定位的位置，隨時間變化可得知距離，經過數學運算後，可獲得球員速度、加速度等運動學參數，進行長期的體能追蹤監

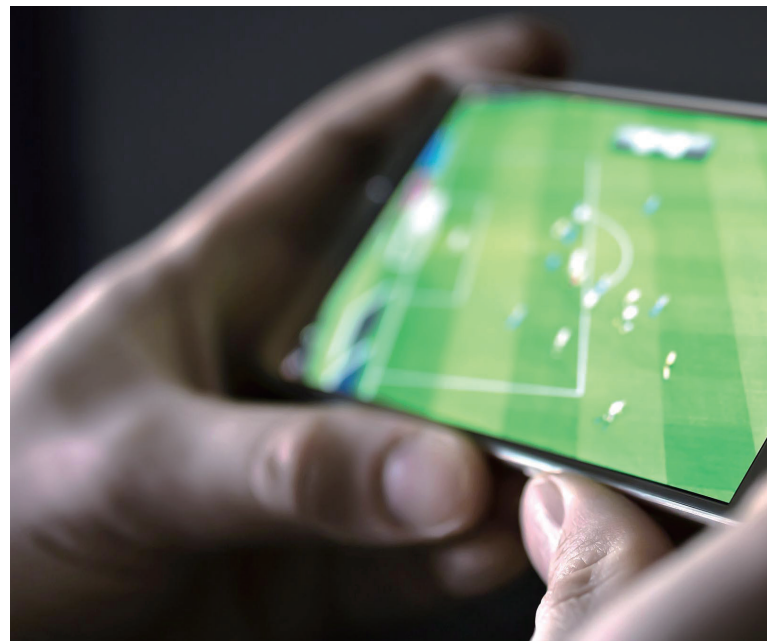
控，其優勢在於同時追蹤多位球員，每個位置的球員，在上場時間、跑動總距離、平均跑動速度、衝刺跑的距離、心律...等，均可即時獲得。在比賽進行中，這些參考資訊可迅速地顯示在平板電腦給教練參考，甚至可進一步賽後分析、戰術調整。同理橄欖球、滑雪、水上競賽項目，運動過程中的表現亦能被詳細紀錄下來，提供運動員更全方位的參考。

然而，在室內場館中，GPS的訊號受到遮蔽限制，因此室內定位系統（LPS, Local Positioning System）應運而生，取代了GPS的功能，用於準確定位室內運動選手位置。早年常見LPS發展在室內定位，例如：對建築物內的人或物體定位，並得知其在室內空間座標。約在2010~2015年，運動員追蹤系統以GPS為主流，但GPS無法降低的定位誤差，使其應用層面受到限制；另一方面，LPS相關定位技術當時也在逐漸成長，似乎能突破GPS定位精準度不足的缺點，因此LPS應用於運動員追蹤的信效度、訊號分析研究，亦同時被專家勘探。LPS相比GPS除了更準確外，同時可在室內運動使用，因此目前LPS應用在運動中的數量越來越多，並且都是針對多人的球類運動，例如：籃球員的內外部負荷、足球員涵蓋的進攻面積等，除了使用在學術研究外，也有許多職業聯盟、球團，使用此系統對球員運動表現做進一步的分析。LPS

已運用在不同領域，除了運動員的追蹤外，長照或病人的監控、物流倉儲都已經使用局部定位系統來有效管理。LPS與GPS通常會搭配IMU來針對更細微的動作特徵做判斷，從廣泛的範圍到微小的訊號，結合不同儀器的優點，將會是未來的趨勢。目前除了足球、籃球、橄欖球有較多研究與應用外，田徑、排球、羽球、曲棍球也是未來可使用LPS的運動項目，對於運動員來說，越詳細且準確的數值，可讓教練或運科人員做更全面的分析，協助其表現提升。

影像科技

另一個重要的運動科技是光學攝影。透過攝影機捕捉影像，可以幫助分析選手的姿態、



動作和戰術。運動科技的發展不斷提升運動表現的監測、分析和改進。其中，光學技術的優勢在於直接使用攝影機觀察，無需其他設備配戴於身上。這種技術能夠判定運動場上的人物，並透過攝影機傳回影像進行分析。透過運動影像的分析，我們可以量化運動員在技術與戰術兩個層面的運動表現。早期，為了捕捉動作過程的瞬間，主要使用高速攝影機或紅外線動作分析系統來進行資料擷取，在硬體設備的限制下，這些資料擷取過程往往需要在實驗室內進行。高速攝影機所拍攝的畫面，會切割成影格並標記事件，例如：跆拳道選手踢擊的瞬間、跑步腳著地至離地的時間；紅外線動作分析系統(如Vicon、Motion Analysis System等)，必須黏貼反光球在身上或物體上，動作時，可透過反光球在空間之位置建構出人體的肢段，並運算出力矩、角度...等，例如：下蹲大腿彎曲的角度、跳躍落地時各關節受到的衝擊。然而為了獲得細微、準確的數據，背後相當耗費時間與人力，也只能針對特定動作範圍之技術項目進行分析，難以模擬運動員在賽場上的真實狀況。

截至目前為止，在高規格的比賽中(如職業聯盟之比賽)，大多是使用運動影像分析來獲得資訊，其原因除了硬體設備提升，影像呈現更清晰外，也符合無穿戴感測器的規則。例如：目前的NBA與Second Spectrum公司合作；MLB使用Chyronhego、Hawk eye及Statcast球員



數據系統，都是藉助運動影像分析的例子。除了MLB，鷹眼系統如今已被廣泛應用在各種運動項目，包括網球、足球，還有其他許多運動。該系統透過攝影機收集高速畫面，提供3D資訊，並透過演算法和快速傳輸進行影像重建。鷹眼系統的判斷準確度相對較高，且無法被挑戰，除非使用更高速、更高解析度的攝影機。這個系統的价值不只體現在硬體設備上，更在於軟體算法的後端處理。高速攝影與演算法相關科技的發展引起了人們對於運動裁決公平性的關注，能幫助裁判作出更為正確的判斷，避免產生灰色地帶的爭議。在大聯盟的棒球比賽中，這個系統幫助揭示了裁判的判決失誤率，使比賽更加公平公正。總之，影像科技結合人工智慧這類軟硬整合技術，未來必定是運動科技的主流。

感測融合

運動賽事或訓練通常會結合多種感測訊號進行分析，包括影像和感測科技及定位科技。2022年的世界盃足球賽中，使用了多項高科技輔助裁判及協助整體賽事順利進行，讓具有爭議的情況藉由即時影像重播或人工智慧辨識，提供主審裁判更為清晰可靠的裁決依據，並讓所有球員、教練或球迷對判決結果都能心服口服。半自動越位判斷系統（Semi-Automated Offside Technology, SAOT）就是最具代表性的感測融合技術，協助裁判更為精準判斷有無越位，扮演得分確認的關鍵角色。SAOT半自動越位判斷技術結合兩套系統：(1) Optical Tracking: Limb-tracking offside technology，主要用於判斷接球者與防守者的位置變化。(2) LPS: The Connected Ball，主要用於判斷最後一個傳球的時間點。這種同步整合感測器與影像科技2種不同的資訊來源，經過分析判斷後做精準判決，為運動科技感測融合的最佳範例。除了環繞於球場的攝影機外，SAOT中的LPS: The Connected Ball是德國運動員追蹤系統廠商Kinexon與運動大廠Adidas合作，將慣性感測器置入足球內，捕捉觸球的瞬間精確時間點(擷取頻率達500Hz)，輔助解讀難以判斷的越位情形。此智慧球亦可做為其他判決依據及足球軌跡追蹤，例如葡萄牙名將C羅於小組賽中的頭槌射門，經過智慧球中的感測器判斷，並沒有接觸到球，因此改判由隊友得分。相信未來會有更多結合視覺與穿戴搭配的科技，提供更精準的運動資訊及更公平的判決依據。



結語

運動科技不僅對運動選手和教練提供了更多的資訊和分析工具，同時也為觀眾提供了更多的娛樂價值。這些技術能夠提高比賽的準確性，讓個人運動能力得到更好的展現。然而，在台灣，雖然運動科學越來越受重視，但台灣的品牌在運動科技方面的展示較少，大多掌握在國外廠商手中。台灣身為科技強國，擁有豐富的人才和技術，在運動與科技領域也分別有著一定的成就，然而，與國外相比，台灣的運動科技發展尚不夠興盛。現行的運動科技應用在台灣的選手經費投入不高，要讓運動科技發揮更大的作用，我們需要結合本土運動和科技的優勢，重視運動科技的發展。

總結來說，運動科技將科技與運動結合，為運動領域帶來了革新。在全球運動科技的應用越來越廣泛，包括影像科技、感測科技及定位科技等。台灣在科技業方面擁有強大的實力，但在運動科技的應用上還有進一步的發展空間。透過結合本土優勢，加大對運動科技的重視和投資，我們可以期待台灣在運動科技領域取得更好的成果，提升運動表現，同時為觀眾提供更好的娛樂體驗。

參考文獻

- Cant, O., Kovalchik, S., Cross, R., & Reid, M. (2020). Validation of ball spin estimates in tennis from multi-camera tracking data. *Journal of Sports Sciences*, 38(3), 296-303.
- Fuchs, P. X., Fuchs, P., von Duvillard, S. P., Wagner, H., & Shiang, T.-Y. (2022). Critical assessment of a wide-spread method for estimating energy expenditure during accelerated running based on positioning tracking systems. *J Sport Health Sci*, 11(6):641-643.
- García, F., Vázquez-Guerrero, J., Castellano, J., Casals, M., & Schelling, X. (2020). Differences in physical demands between game quarters and playing positions on professional basketball players during official competition. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 256.
- Lee, Y. S., Ho, C. S., Shih, Y., Chang, S. Y., Róbert, F. J., & Shiang, T. Y. (2015). Assessment of walking, running, and jumping movement features by using the inertial measurement unit. *Gait & Posture*, 41(4), 877-881.
- Spitz, J., Wagemans, J., Memmert, D., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2021). Video assistant referees (VAR): The impact of technology on decision making in association football referees. *Journal of Sports Sciences*, 39(2), 147-153.
- Tsung-Han Liu, Wei-Han Chen, Yo Shih, Yi-Chih Lin, Chien Yu, Tzyy-Yuang Shiang (2021). Better position for the wearable sensor to monitor badminton sport training loads. *Sports Biomechanics*.
- Wei-Han Chen, Yin-Shin Lee, Ching-Jui Yang, Su-Yu Chang, Yo Shih, Jien-De Sui, Tian-Sheuan Chang & Tzyy-Yuang Shiang, (2020). Determining motions with an IMU during level walking and slope and stair walking, *Journal of Sport Science*.