月旦知識庫

運動科技融入體育教學之經驗分享——以高雄市那瑪夏國中為例

趙懷嘉 / 鹽埕國民中學教師

壹、前言

高雄市那瑪夏國中（以下簡稱那中），是一所地處深山、富含原民文化底蘊的特色學校，學生主要以布農族 (Bunun) 為主，其次為卡那卡那富族 (Kanakanavu) 與拉阿魯哇族 (Hla’ alua)，是筆者從 2001 年起服務十多載的校園。班級結構與學生人數規模方面為典型的小型學校（教育部，2019）。而這種極低的師生比為實施個別化教學與指導及數位設備的導入提供了得天獨厚的教學條件。

月旦知識庫

圖 1

高雄市立那瑪夏國民中學空拍圖



*註：*圖為作者提供。

長期以來，大眾普遍認為原住民學子在運動方面都展現出優於都市學子的情況（吳忠陽、聶喬齡，2023），例如較佳的肢體協調能力與心肺耐力。

然而，在偏鄉的基層教育現場，常面臨到的窘境是許多具備運動天賦、競技能力較佳的學生，可能早在國小階段就已被市區學校體育班挖角，轉往的學生部分身材條件或運動能力可能較不突出，又或是運動天賦尚未被發掘。而那中的運動風氣大多僅從事籃球與排球等運動項目，對其他運動項目認識較少，導致運動偏食（何立安，2016）的狀況非常明顯。

為平衡且增加學生在體育運動中的視野，故筆者曾試著將體育課引入多樣的新興運動，如匹克球、圓網球、飛盤運動、阻力訓練與帶式橄欖球等運動項目。又適逢 2016 年由時任高雄市立寶來國中的蔡嘉興校長為促進高雄市原住民重點學校校際之間的交流所發起的高雄市原住民四校聯合運動會（高雄市寶來國民中學，2011）（以下簡稱四校聯運），促使學生有更強烈的學習動機參與各項訓練計劃中。

月旦知識庫

四校聯運的比賽項目有九年級的三對三籃球、八年級排球與七年級拔河比賽之外；各年級都有的田徑（100 公尺、400 公尺、800 公尺及 1500 公尺的賽跑、大隊接力、立定三次跳與鉛球），還有原民傳統技藝的趣味競賽例如負重接力、擲矛準、鋸木等等。

有鑒於上述多元且具高強度的運動賽事背景，為統籌體育教學與賽事訓練，必須全方位的考量並規劃在有限的時間內進行最有效率進行訓練，且還要避免因為短時間內累積過多訓練所造成的運動傷害 (Soligard et al., 2016)。

基於體育教學及針對賽事訓練之需求，筆者計畫將運動訓練科學化的概念融入體育課程中，進而將教學與訓練效果最大化。

貳、目的

當前智慧型行動載具、穿戴式裝置與運動科學相關的應用軟體相當普及，將運動科學帶進體育課程內已為國際趨勢 (ACSM, 2025)。

數位科技運用蓬勃的趨勢之下，課程規劃的核心目的在於因應四校聯運的比賽項目，而往往單一位學生常需要身兼二至三項的項目。有鑒於肌力水準與運動表現和預防運動傷害之間可說是息息相關，因此提升肌力的基礎可說是訓練的重中之重 (Pichardo et al., 2019)。

為了不落入運動專項化的窠臼之中，在有限的課堂中，又要兼顧體育課程的教學與賽事訓練的全面發展、提升學生身體素質，為求精準的滿足加強學生身體素質的多重需求，故將運動科學中阻力訓練的概念融入體育課程中。

利用過去在進修時所使用過的紅外線計時器（趙懷嘉等，2018）進行運

月旦知識庫

動表現分析的經驗及速度依循訓練 (Velocity-Based Training, VBT) 與無標記動作分析系統 (Markerless Motion Analyze System) 研習課程，將此三項運科儀器帶入體育課程規劃設計中，以因應每年的四校聯運比賽活動。

參、課程中運動科技儀器、系統介紹

一、無標記動作分析系統

當學生在練習阻力訓練動作時，教師較無法同一時間逐一檢視學生的動作操作的是否合乎要求，且學生也看不出自己本身或是同學的動作軌跡、角度等問題點，使得學習或修改的效果不佳。

過去可以先利用影片錄製的方法，隨後再一格一格的回放進行修正與討論，但僅能看到二維 (Two-Dimensional, 2D) 平面的畫面，能得到的資訊有限。而 OpenCap 是由美國史丹佛大學所開發的系統，突破了傳統實驗室昂貴成本的隔閡，也不需要耗費時間在學生身上貼上反光球。只需要兩個 ios 系統的手機錄製影片，隨後採用自動化的雲端處理系統，便可以評估其三維 (3D) 的運動學特徵 (Lima et al., 2024; Uhlrich et al., 2023)，從各個角度都一覽無遺，對於動作學習及分析都可以有更直接的角度檢視動作結構。。

在課程規劃設計中，是讓學生輪流錄製 10 到 15 秒的深蹲及硬舉動作，再將動作影片上傳至史丹佛大學的實驗室進行分析。經過雲端系統分析之後的影像，就可以在螢幕畫面上觀察關節角度是否有彎腰駝背、膝蓋內夾或是骨盆後傾等動作代償的情況而進行討論，一來可確保阻力訓練動作的品質，二來也可以避免因為動作品質不佳的情況造成運動傷害的發生。

月旦知識庫

一旦確立操作動作時的品質及安全之後，就可以開始進行系統化、個別化的阻力訓練，用以奠定肌力基礎。

圖 2

透過 OpenCap 動作分析系統現場觀察自身動作展示影像



*註：*圖為作者提供。

圖 3

OpenCap 動作分析系統展示講解說明



*註：*圖為作者提供。

月旦知識庫

二、速度依循訓練

過去傳統的阻力訓練是以最大肌力百分比 (% 1RM) 為依據而進行設定動作操作時的強度。但是，實際在教學現場中其實不建議對沒有足夠訓練經驗的學生檢測最大肌力 (Faigenbaum & McFarland, 2014)。又因為每個人的 1RM 並非是固定不變的，是會隨每日生理狀態、疲勞程度而產生波動，若是盲目遵循固定重量，在狀態不佳時可能導致負荷過重，造成運動傷害；在狀態好時，可能導致刺激不足 (Weakley et al., 2021)，造成刺激不足導致無法進步。而速度依循訓練就是利用槓鈴在動作中所移動的速度，去預測學生的最大肌力或是評估其他肌力特質，如爆發力 (García-Ramos et al., 2018)。

學生在透過無標記動作分析系統確保動作品質之後，再將每位學生的訓練強度個別化。

（一）設備架設與參數設定：

1. 將 VBT 感應器固定在槓鈴或是六角槓上面。
2. 設定所要量測之相關速度指標。
3. 於應用程式中設定相關參數，如：負荷重量、動作類別、自身體重。

（二）班級分組與組內工作分配

1. 每組大約四至五人。
2. 組內分工如下：

(1) 操作者：執行阻力訓練動作（深蹲或硬舉）

月旦知識庫

(2) 數據監控與報讀員：負責記錄每次反覆之速度，並且將每一次的反覆速度數據大聲報讀給操作者知道。

(3) 協助更換槓片者。

3. 組內實施輪替。

（三）監控執行動作時的速度發展情況

1. 評估是否有對應到訓練肌力 (0.75–1.0 m/s) 與爆發力 (1.0–1.3 m/s) 的速度區間 (Signore, 2022)，以期達到訓練的效率。

2. 若是速度過快便可考慮增加重量；反之，若是速度變慢可考慮減少重量。

3. 重量確定後開始執行所設定的反覆次數。

（四）VBT 的引入讓訓練具備科學依據，學生透過操作可以將槓鈴的速度視為當天練習時的即時監控數據。在每一次的動作反覆中，學會透過數據的呈現，以確保每次的深蹲與反向跳都是高品質的訓練，而非單純僅依賴主觀 (Lagally & Robertson, 2006) 的感受。

月旦知識庫

圖 4

藉由使用六角槓反向跳體驗 VBT 課程



*註：*圖為作者提供。

圖 5

利用頸後深蹲體驗 VBT 課程



*註：*圖為作者提供。

月旦知識庫

三、紅外線計時光閘

研究指出運動選手的水平衝刺的最大速度，可能會發生在 30–40 公尺左右的距離 (Barr et al., 2013)，所以檢測的距離設定就在 30 公尺，並論定其運動表現或訓練成效。然而，起跑、加速度及維持最高速度的能力都是很重要的，而這些能力都可以利用分段計時來討論（曾景松、黃慶旻，2009）。不過，因受限於人工計時的精準度以及能執行計時的人力有限，才希望可以藉由此儀器協助計時 (Hetzler et al., 2008)，並作為運動表現的前後測。

在起跑之前，告知學生可自行選擇起跑時機以減少因個人對於發令的反應動作時間誤差，以呈現出符合自身運動能力的運動表現。將阻力訓練與四校聯運的賽事需求進行緊密的串聯，並檢視在經過數堂的阻力訓練課程之後，將 30 公尺衝刺的運動表現視為將運動科學與實際運用的成果驗證。

其操作流程如下：

（一）將設備架設在直線跑道上於 0 公尺（起點）、10 公尺、20 公尺與 30 公尺（終點）架設四組紅外線發射器與接受器。將發射器高度統一設置於離地面 90 至 100 公分之高度。

（二）每位同學起跑位置皆設定於起點線（第一組發射器）後方 30 公分，採站立式起跑預備姿勢；起跑時機由學生自行決定，以減少發令到起跑時反應時間的誤差。

月旦知識庫

（三）當學生衝過終點之後，除了起點之外，每一段的設備皆會顯示分段的時間數據；而其所呈現之數據可做為學生在接受阻力訓練前後之運動表現差異。

圖 6

紅外線計時光閘體驗——起跑、加速度



*註：*圖為作者提供。

肆、課程設計、實施與教學

由於許多運動表現的主要關鍵與下肢的肌力脫離不了關係，因此特別針對下肢的阻力訓練做為重點 (McQuilliam et al., 2020)，例如頸後深蹲 (Back squat) （以下稱為深蹲）與六角槓硬舉 (Hex bar deadlift) （以下稱為硬舉），以增強下肢的肌力及爆發力。阻力訓練的課程規劃期程大約為六週，共計十二堂課，說明如下：

月旦知識庫

一、介紹運動科學儀器之使用，與阻力訓練動作說明與練習（第一、二週）

首先，講解介紹儀器的操作原理以及設備架設的相關注意事項及深蹲與硬舉的動作之講解、示範與說明。當學生熟悉且能做出動作執行要點之後，便可透過無標記動作分析系統 (OpenCap) 以及同儕之間透過觀看動作的執行是否有遵照教師的指導，例如：有無出現膝蓋內夾或骨盆後傾等情況，予以回饋並進行修正 (Çabuk et al., 2026)，以確認動作品質安全無虞。

二、進行衝刺前測與阻力訓練負荷探索（第三、四週）

檢測 30 公尺衝刺速度的分段紀錄（0–10、10–20、20–30 公尺）作為前測，以作為未來評估、檢測的基準點；經過先前阻力動作訓練之後，接著引導學生嘗試找出深蹲與硬舉兩項動作中，可完成 8 至 12 RM 的適當負荷重量。除了可推估學生的最大重量之外，也可以讓學生練習對於重量負荷的強度感知，瞭解槓的移動速度快慢與重量大小的關係 (Behm et al., 2025)。

三、衝刺運動表現檢驗（第五、六週）

第五週將深蹲與硬舉動作的訓練重點放在加快肌肉向心收縮時的站立期，以訓練爆發力為主。將重量調整成每次的反覆都有落在訓練肌力與爆發力目的所設定的速度區間 (Gantois et al., 2023)，並透過速度依循訓練設備的即時數據回饋確認；在第六週利用紅外線計時器檢視 30 公尺衝刺的分段時間，討論在經過阻力訓練後的衝刺的成績差異，以及探討經過阻力訓練之後在同一重量之下，槓的移動速度是否有所變化。

或許受限課程時間限制，整體衝刺的秒數並未有突飛猛進的表現。但

月旦知識庫

是多數學生的前十公尺的速度皆展現些許的進步（尤其是以接受過筆者阻力訓練課程的國二、國三學生），而隨後的 10–30 公尺並未看見明顯的差異。這樣的結果正好呈現前段起跑加速度的爆發力有些許的改善，而後段的速度需要再加入短跑的技術累積（因當時數據已遺失，在此僅以文字描述當時的狀況。）

表 1

阻力訓練的課程規劃

週次	運動科技設備	教學目標
第一、二週	無標記動作分析系統	1. 介紹運科儀器原理、設備架設與基礎動作建構。 2. 深蹲與硬舉的動作講解與示範，並由同儕互助修正。
第三、四週	紅外線計時器	1. 測量深蹲與硬舉 8 至 12 RM 的適當負荷重量，強化重量負荷壓力感知。 2. 評估重量與槓鈴移動速度之關聯。 3. 執行 30 公尺分段衝刺前測。

月旦知識庫

第五週	VBT 儀器	1. 針對深蹲與硬舉動作，著重於加快肌肉向心站立期的速度。 2. 運用即時數據回饋以確保訓練強度維持在設定區間。
第六週	紅外線計時器	1. 30 公尺衝刺分段後測 2. 了解阻力訓練與速度表現關聯性，進而產出應有的肌力與運動表現

*註：*內容為作者編列。

伍、 結論

在運科儀器以及課程規劃之間，課程依照運動訓練法的特殊性適應原則(Specific Adaptations to Imposed Demands, SAID)原則(Reilly, Morris, & Whyte, 2009)進行規劃。本課程設計經過六周、十二堂課的實踐，筆者將這三項科學儀器運用在體育教學中的心得，歸納如下：

一、奠定動作品質：從最初的前導課程中透過 OpenCap 修正、調整深蹲與硬舉的阻力訓練動作，引導學生透過 3D 骨架影像的呈現，協助教師、同學排除受傷的風險，以確保動作品質。

月旦知識庫

二、重量強度監控：經由 VBT 概念的訓練，對準所需要發展的肌力與爆發力的速度區間，藉由每一次槓鈴反覆的移動速度讓每位學生的訓練強度到達個別化。

三、運動表現與驗證：最後在紅外線計時器之下的 30 公尺分段測驗獲得客觀的數據。

數位科技介入體育課程，反轉盲目苦練的常態，也大幅開展了學生的體育運動視野，建立起學生們的自我效能及成就感，筆者拋磚引玉，特撰此文，期望未來學校體育能以此作為起點，持續培育更多元的運科人才。

月旦知識庫

參考文獻

何立安（2016）。肌力訓練的個人化動作學習方法。*運動教練科學*，44，93-104。https://doi.org/10.6194/SCS.2016.44.10

吳忠陽、聶喬齡（2023，5 月 20 日）。*不同族群學生參與運動社團及體育課動機研究的結果[海報發表]*。臺灣身體活動與運動科學國際學術研討會，臺中。

高雄市寶來國民中學（2011，11 月 11 日）。*【我愛高雄-運動港都好運發】高雄市原住民四校聯合運動會專訪*。高雄廣播電台。https://www.blm.kh.edu.tw/view/index.php?WebID=268&MainType=101&SubType=0&MainMenuId=44829&SubMenuId=0&DataId=213289&page=1&Work=View&TypeChange=&SearchStr=

教育部（2024）。*那瑪夏國中*。臺灣原住民族事點。https://aborgpedia.alcd.center/detail?id=4925&search=&cat=0&race=8&writer

曾景松、黃慶旻（2009）。百米賽跑分段速度參數之相關探討。*大專體育*，100，137-143。https://doi.org/10.6162/SRR.2009.100.19

趙懷嘉、李佳倫、張文典、張乃仁（2018）。動態伸展結合肌內效貼紮對棒球運動員表現的影響。*大專體育學刊*，*20*(3)，265-278。https://doi.org/10.5297/ser.201809_20(3).0006

American College of Sports Medicine (2025, October 22). *The Future of Fitness: ACSM Announces Top Trends for 2026*. ACSM. https://acsm.org/top-fitness-trends-2026/

Barr, M. J., Sheppard, J. M., & Newton, R. (2013). Sprinting kinematics of elite rugby players. *Journal of Australian Strength and Conditioning, 21*(4), 14-20.

Behm D. G., Konrad A., Nakamura M., Alizadeh S., Culleton R., Anvar H. S., Pearson L. T., Ramirez-Campillo R., Sale D. G. (2025). A narrative review of velocity-based training best practice: the importance of contraction intent versus movement speed. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 50*, 1-9. https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0136

Çabuk, S., Ulupınar, S., ince, i., & Özbay, S. (2026). Can OpenCap deliver valid and

月旦知識庫

reliable kinematic data for motion analysis? A systematic review and three-level meta-analysis. *Biology of Sport, 43*, 555-573. https://doi.org/10.5114/biolsport.2026.154942

Faigenbaum, A., & McFarland, J. (2014). Criterion Repetition Maximum Testing. *Strength and Conditioning Journal, 36*(1), 88-91. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000029

Gantois, P., Fonseca, F. S., Nakamura, F. Y., Fortes, L. S., Fernandez-Fernandez, J., & Batista, G. R. (2023). Analysis of velocity- and power-load relationships of the free-weight back-squat and hexagonal bar deadlift exercises. *Biology of Sport, 40*(1), 201-208. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.112966

García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Gregory Haff, G. (2018). Mean Velocity vs. Mean Propulsive Velocity vs. Peak Velocity: Which Variable Determines Bench Press Relative Load With Higher Reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(5), 1273-1279. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998

Hetzler, R. K., Stickley, C. D., Lundquist, K. M., & Kimura, I. F. (2008). Reliability and accuracy of handheld stopwatches compared with electronic timing in measuring sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22*(6), 1969-1976. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f36c

Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(2), 252-256. https://doi.org/10.1519/r-17224.1

Lima, Y. L., Collings, T., Hall, M., Bourne, M. N., & Diamond, L. E. (2024). Validity and reliability of trunk and lower-limb kinematics during squatting, hopping, jumping and side-stepping using OpenCap markerless motion capture application. *Journal of Sports Sciences*, *42*(19), 1847–1858. https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2415233

McQuilliam, S. J., Clark, D. R., Erskine, R. M., & Brownlee, T. E. (2020). Free-Weight Resistance Training in Youth Athletes: A Narrative Review. *Sports Med, 50*(9), 1567-1580. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01307-7

Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S., Lloyd, R. S., & Kandoi, R.

月旦知識庫

(2019). The Influence of Maturity Offset, Strength, and Movement Competency on Motor Skill Performance in Adolescent Males. *Sports*, *7*(7), 168. https://doi.org/10.3390/sports7070168

Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *Journal of Sports Sciences, 27*(6), 575-589. https://doi.org/10.1080/02640410902729741

Signore, N. (2022). *Velocity-Based Training: How to Apply Science, Technology, and Data to Maximize Performance*. Human Kinetics.

Soligard T., Schwellnus M., Alonso J. M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra H. P., Gabbett T., Gleeson M., Hägglund M., Hutchinson M. R., Janse van Rensburg C., Khan K. M., Meeusen R., Orchard J. W., Pluim B. M., Raftery M., Budgett R., Engebretsen L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine, 50*(17), 1030-1041. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581

Uhlrich S. D., Falisse A., Kidziński Ł., Muccini J., Ko M., Chaudhari A. S., Hicks J. L., & Delp S.L. (2023). OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos. *PLoS Computational Biology, 19*(10), e1011462. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011462

Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & García Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength and Conditioning Journal, 43*(2), 31-49. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560