

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PGE1101227

學門專案分類/Division：通識學門體育類

執行期間/Funding Period：民國110年8月1日~民國111年7月31日

運動生物力學 TEMD 教學模式之行動研究
運動生物力學研究 / Research of Sport Biomechanics)

計畫主持人(Principal Investigator)：何金山

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立體育大學運動科學研究所

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於2024年9月30日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022年9月16日

中文摘要：

運動生物力學是運動科學領域中的重要一環，對於運動選手，或未來致力於從事運動科學研究者、運動教練、運動指導員、體育教師等運動相關人員來說，深入認知該學科內容尤為重要。而傳統灌輸式教學模式，以教為中心，教學方法單一、教學思路固定，在形式上也孤立且脫離運動實踐，導致運動生物力學課程教學中面臨諸多問題，這些問題包含：(i) 學生學習興趣問題；(ii) 理論與實踐脫節問題；(iii) 教學學時問題等。為改進運動生物力學課程教學模式，藉以提高學生的學習成效和教師的教學水平，本研究提出了 TEMD 教學模式。TEMD 基本架構包含四個面向，分別為理論 (Theory)、體驗 (Experience)、動作 (Motion)、資料分析 (Data analysis)，簡稱為 TEMD。這種以體驗為核心的教學創新，可以將傳統教學過程中的「以教為主」轉向「以學為主」，使理論與實務更加緊密的融合。此外，藉由3D 動作捕捉分析系統進行理論和實踐交替式教學，有助於將抽象的理論知識具體化，便於學生對運動技術之生物力學原理和動作特徵的掌握。透過 TEMD 教學模式，還可以充分發揮數據資料庫的教學優勢，幫助教師實施有針對性的個性化教學，以提高學生的學習成績和綜合素質。

關鍵字：運動生物力學、TEMD 教學模式、學習成效、行動研究

Abstract:

Sports biomechanics is an important part of the field of sports science. It is especially important for athletes, or those who are committed to sports science research, sports coaches, sports instructors, physical education teachers and other sports related personnel in the future, to have a deep understanding of the subject content. The traditional indoctrination teaching model, centered on teaching, single teaching method, fixed teaching ideas, isolated in form and separated from sports practice, has caused many problems in the teaching of sports biomechanics courses. These problems include: (i) student learning Interest issues; (ii) the disconnection between theory and practice; (iii) teaching hours, etc. In order to improve the teaching mode of sports biomechanics course, so as to improve the learning effectiveness of students and the teaching level of teachers, this study proposes the TEMD teaching mode. The basic architecture of TEMD consists of four aspects, namely Theory, Experience, Motion, and Data analysis, referred to as TEMD for short. This kind of teaching innovation with experience as the core can shift the traditional teaching process from “teaching-oriented” to “learning-oriented”, so that theory and practice can be more closely integrated. In addition, the alternating teaching of theory and practice through the 3D motion capture analysis system helps to concretize abstract theoretical knowledge and facilitate students to master the biomechanical principles and motion characteristics of sports technology. Through the TEMD teaching mode, we can give full play to the teaching advantages of data database, and help teachers implement targeted personalized teaching, so as to improve students' academic performance and comprehensive quality.

Keywords: Sports biomechanics, TEMD teaching mode, learning effectiveness, action research

運動生物力學 TEMD 教學模式之行動研究

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

過去關於運動生物力學的研究主要聚焦於動作分析、運動表現、復健醫療、儀器方法、肌力訓練、穿戴式科技等議題，鮮少以「課程教學模式」為研究對象。為解決運動生物力學課程教學中存在的問題：(i) 學生學習興趣問題；(ii) 理論與實踐脫節問題；(iii) 教學學時問題，本計畫提出藉由3D 動作捕捉分析系統和資料分析，建構 TEMD 教學模式，在研究主題上是創新且具有探究價值的議題。

(1) 教學實踐研究計畫動機

運動生物力學在運動科學領域中，始終為重要的理論科目之一，對於運動選手，或未來致力於從事運動科學研究者、運動教練、運動指導員、體育教師等運動相關工作人員來說，深入認知運動生物力學尤為重要。但因運動生物力學是一門綜合型的交叉學科，內容廣泛、學科跨度大，學生學習起來難度較大。傳統教學模式下，學生學習運動生物力學課程的畏難情緒嚴重，學習動力和積極性偏低，學習效果不佳。如何改進教學模式以提高學生的參與度和學習興趣，是運動生物力學課程教學中亟需解決的重要議題。此外，運動生物力學的實踐性與應用性較高，灌輸式的教學範式，在形式上孤立且脫離運動實踐，不利於學生實務操作能力的提升。要在有限的教學時數內講授大量的、濃縮了的運動生物力學理論，並在理論與實踐之間鋪設一道橋樑實非易事。而申請人從10餘年的運動生物力學的課程教學經驗中發現，藉由現代科技3D 動作捕捉分析系統進行理論與實踐交替式教學，有助於將抽象的理論知識具體化，有利於激發學生的主動性和積極性，繼而達到提高學生學習成效之目標。因此，申請人希望透過教學實踐計畫支持，來找出與解決運動生物力學課程教學中所遇到的問題，並藉由3D 動作捕捉分析系統和資料分析，建構 TEMD 教學模式，以期為運動生物力學課程教學模式改革提供參考。

(2) 教學實踐研究計畫主題及研究目的

本教學實踐研究計畫主題為運動生物力學 TEMD 教學模式之行動研究。本計畫將探究學生在運動生物力學課程教學中的學習現況、遭遇瓶頸、解決策略，並藉由現代科技3D 動作捕捉分析系統和資料分析，建構 TEMD 教學模式，以期為運動生物力學課程教學模式改革提供參考。此外，希望透過該教學模式，幫助學生提升運動生物力學理論知識水平，以及應用理論知識和操作技術解決運動實踐問題的能力。

二、文獻探討(Literature Review)

本計畫擬採行動研究的方法，探究學生在運動生物力學課程教學中的學習現況、遭遇瓶頸、解決策略，並藉由現代科技3D 動作捕捉分析系統和資料分析，建構 TEMD 教學模式。以下對行動研究、運動生物力學、體驗式教學、3D 動作捕捉分析系統、資料分析等相關主題進行文獻探討。

(1) 行動研究 (Action Research)

行動研究主要用於教育情境，是教育研究的一種特殊形式。行動研究系指：教育工作者，以其關注的價值性教育問題為焦點，透過計劃、行動、觀察和反思等階段活動，期能發展實務及可行的行動策略，應用於實際教育情境中，以建構優質的學習環境，縮短學術理論與實務的差距，進而促發自我反省與自我的專業成長（廖智倩，2002），提高學生的學習成效。由此可見，行動研究的對象和起點是實務工作者欲適切解決的教育實務問題，亦或自身的實務活動以及對自己所面臨教育實務之詮釋（潘世尊，2007）。將傳統分立的「行動」與「研究」加以整合，以解決教育情境中所面臨的實務問題是行動研究的基本理念（廖智倩，2002）。由圖1的行動研究循環歷程可知，行動研究是由若干個螺旋形迴圈構成的，而每一個迴圈中又是由相互聯繫且具有內在回饋機制的四個實施程式（計劃、行動、觀察和反思）構成，最終形成了「計劃——反思」循環，每一個「計劃——反思」迴圈都會影響另一個「計劃——反思」迴圈的進行。

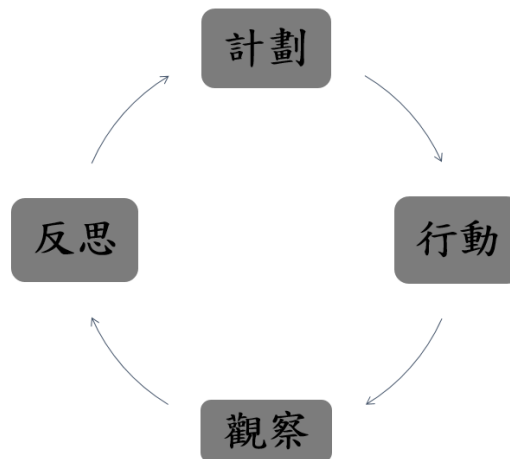


圖1 行動研究螺旋圖

資料來源：「體育教師對行動研究應有的認識與作法」。廖智倩，2002，中華體育季刊，16卷2期，71-78頁。

關於行動研究在教育領域的應用，過去有諸多學者進行了探討。Laudonia 等人（2018）和 O'Connor 等人（2006）表示以教學活動為基礎的行動研究，有助於教師瞭解自己的教學實踐和學生的實際需要，以發現改進教學的策略。吳俊憲等人（2018）認為行動研究是不斷省思及修正的過程，研究者於教學現場中，透過成員的反映進行省思，並在發現問題後，與協同研究者討論，可為課程修正提供依據。蔡清田（2007）指出，學生的學習成效依賴於教師的專業成長與教學水平的增進，透過行動研究，針對教育實務問題所提出的行動方案是課程研究的一種類型。教育人員應具備行動研究能力，以實踐課程改革理念，提高教師教學水準與學生學習成績。Lari 等人（2019）表示行動研究的主要目的是提供關於課程和教學的決策資訊。教師在課堂上可能會遇到諸多問題，譬如學生的行為問題、學習挑戰問題和管理問題等，這些都適合運用行動研究方法進行探討。O'Connor 等人（2006）認為行動研究是教與

學過程中的寶貴經驗，實施行動研究有助於為日常教學提供信息，藉以評估教學策略、課程計畫、教學方法，增強教師的創新能力。

綜上可見，將行動研究運用於教學情境是一種有效且被廣泛應用的研究方法。有鑒於此，本研究採用行動研究為主要的研究方法。

(2) 運動生物力學

目前，學術界對於運動生物力學的概念界定尚未達成共識。大多數學者都將運動生物力學視為一門科學，部分學者將運動生物力學視為一門學科。林寶城等人（2008）表示運動生物力學是探究人體活動過程中所產生的力及其衍生之運動效果的一門科學，人體骨骼肌肉系統是其研究的主要範疇。黃紹仁等人（2012）認為運動生物力學是通過數學及力學原理探討運動技術因果關係之一門科學，它以發現人體結構機能與運動力學特徵為首要目標。Li, F., Li, K., & Lv, J. (2013) 提出運動生物力學是研究人體運動力學規律的一門應用型科學。翁梓林（2018）表示運動生物力學是結合生物學和力學的科學，它是以生物學和力學的理論、方法研究人體運動、活動的動作技術。張至滿等人（2015）認為生物力學是研究作用在生物系統上的力及其產生的效果的科學，而運動生物力學起源於人體肌動學，是研究人體在活動中的力及其產生的效果的一門學問。Elliott, B. (1999) 表示，運動生物力學是運動科學領域中的一門學科，主要任務是運用力學方法對人體運動現象進行客觀的定量描述和解釋。He, C., Jing, J., & Sun, Y. (2018) 表示，運動生物力學是運用力學原理和方法研究人體運動的一門綜合性學科。建構完整的運動生物力學概念，對體育學者、運動科學家、教練等與活動相關的職業人員而言大有裨益。本文結合前人的研究成果，將運動生物力學定義為：運動科學領域中科技含量較高的一門綜合型應用學科。它將生物學、數學，力學以及動作技術原理應用於人體（包括器械）運動的動作技術分析上，以期透過改進運動技術、器材設備和訓練手段提升運動表現，並應用現代化的技術手段和設計工具減少運動傷害與增進運動復健。

在運動科學領域中，運動生物力學是重要組成部分，始終立於運動技術分析的前線。它應用現代化的力學、器材設備、材料、生物等方面的科技、技術，致力於解決運動、訓練和比賽中的繁雜問題。黃紹仁等人（2012）指出運動生物力學的內容主要包括：力學理論（運動學、動力學、靜力學、流體力學與熱力學等），研究方法與儀器（基礎研究與應用研究、量的研究與質的研究，各種儀器原理與操作、人體運動資料收集與處理），人體結構機能力學（人體基本活動、關節機能、骨骼機能、肌肉收縮機能、關節和肌肉與骨骼聯合機能、心臟血管等內臟機能），運動技術分析（各種不同類型的運動技術原理）。在實踐中，運動生物力學在確保運動訓練科學化方面發揮了重要作用，是判斷運動技術和改善運動訓練手段的理論依據和指標。另外，預估運動的潛在風險，改良運動、訓練和康復的工具也會運用運動生物力學知識。目前，學術領域關於運動生物力學的研究主要聚焦於動作分析、運動表現、復健醫療、儀器方法、肌力訓練、穿戴式科技等議題（翁梓林，2018），而關於教學範疇的研究相對較少。

在運動生物力學課程教學中，仍存在教學方法單一、教學思路固定、教學環境落後、硬體條件落後等現象（Liu & Zhu, 2020）。Jian-min, C., (2010) 採用文獻資料法和比較分析法，對實驗計算在運動生物力學教學中的應用進行了研究，結果表明，實驗計算能夠有效發揮學生的學習主動性，激發學生的求知欲，促進學生掌握生物力學知識和運動技術規律，培養學生發現問題、分析問題和解決問題的能力，便於教師掌握教學目標和教學過程。He, C., Jing, J., & Sun, Y. (2018) 研究了團隊型教學模式在運動生物力學課程中的應用發現，團隊型教學模式創新程度高，在培養學生團隊意識的同時，也可以幫助學生樹立自主學習的觀念，有效提高了學生的學習效率和能力，有利於學生整體水平的發展。但由於課堂氣氛過於活躍，在

今後實施時，課堂紀律管理需引起重視。為了讓學生深入認知運動生物力學，並建立基礎概念和思維，有效提高運動生物力學課程的教學水平和學生學習成效，本文在釐清運動生物力學概念的基礎上，對運動生物力學 TEMD 教學模式進行了運動研究。

(3) 體驗式教學 (Experiential Teaching)

體驗式教學的理論源自於教育家杜威 (John Dewey) 的「作中學」。Association for Experiential Education 指出，體驗式教育是一種教學理念，是教育者有目的地與學習者進行直接體驗和集中反思，以建構知識、習得技能、實現自我價值的過程。簡秋蘭，張瀝分 (2011) 表示體驗式教學有別於傳統的教學模式，前者以學生的學為主，後者以教師的教為主。體驗式教學以互動學習的方式取代單向的教學，是一種主動學習，給予個人一種實際或模擬的經驗。張鵬程等人 (2015) 表示，體驗式教學是以「體驗」為中心的教學方式，師生通過各種真實情景的體驗活動來實施課堂教學活動。這種教學方式強調發展學生的主體性、注重教學的情境性、關注教學關係的建構等以促進學生的體驗。體驗式教學的理論基礎主要體現在以下三個方面：①哲學基礎：生命哲學和後現代理論，存在主義，經驗自然主義；②心理學基礎：人本主義心理學，群體動力學，發生認識論；③教育學基礎：體驗式學習循環模式，建構主義的學習觀，知情教學論。

李欣欣 (2016) 認為，體驗式教學法是將課內、外的各項學習活動緊密相連，讓學生能實際體驗專業知識和技能，並能夠學以致用的一種教學方式。其透過行動研究發現，在課程教學中導入體驗式教學法可促進教材創新，活化傳統教學法，以及提升學生的學習動機和學習成就感。王全興 (2006) 表示體驗式教學是教師以活動的方式來促進學生利用自身的能力、團隊的合作、人際的溝通、自信的建立、問題的解決等歷程，習得知識、技能或觀念，並在實際體驗過程中獲得樂趣，從而達到預定的教學目標。Glazier, J., Bolick, C., & Stutts, C. (2017) 也發現，體驗式教學能夠為學生學習帶來正面效果，但這種教學實踐目前仍處於學校邊緣化。

體驗式教學與傳統的傳輸式教學有著本質的區別。體驗式教學是教師以一定的理論為指導，精心設計活動讓學生親身體悟和驗證教學內容的一種教學模式。這種以體驗為核心的教學創新，可以將傳統教學過程中的「以教為主」轉向「以學為主」，使理論與實務更加緊密的融合。運動生物力學作為大專體育院校的應用型學科，保證理論與實務教學的整合是提高學生學習成效的必要手段。然而，在運動生物力學的實際教學中，普遍存在理論與實踐脫軌，學生學習態度消極怠慢的現象。以學生為中心，以體驗為基本手段的教學觀和教學範式，符合運動生物力學課程教學的時代發展需求。本研究主張教師在幫助學生習得運動生物力學理論知識的基礎上，讓學生親身去感知、理解知識，並在實踐中得到證實。希望學生可藉由體驗式教學的學習經驗，積極主動地學習，以提昇運動生物力學的技术實務知能。

(4) 3D 動作捕捉分析系統 (Three Dimensional Motion Capture Analysis System)

運動生物力學不是單一的學科，而是融合了諸多領域的綜合型學科。隨著現代科技的突飛猛進，運動測量的軟硬體技術也取得了巨大進展。傳統接觸式的人機介面互動從圖形化介面、接觸式近距離操作，發展至今非接觸式遠距離操作中能夠直接辨識使用者手部動作來給與回應，使其可在遠處操作電腦，增加了操作上的便利 (蔣亦凱, 2013)。人體動作的量測是運動技術分析的重要依據，以3D 動作捕捉分析系統為代表的高新技術，對推進運動技術分析現代化具有重要作用。動作分析藉由3D 動作捕捉分析系統，在人體肢段上黏貼標記並記錄其運動軌跡及人體數學模型，計算出人體運動之運動學與力學行為 (翁梓林, 2018)。現代的動作捕捉分析系統大多利用數個紅外線高速攝影機，在進行適當空間校正後，攝取貼

於運動人體身上特定位置之反光球於動作過程中之三度空間位置座標（翁梓林，2018），再配合測力板測得之地面反作用力，從而獲得受試者的各關鍵點的運動軌跡和關節角的角度，即人體姿態參數，在此基礎上進行生物力學分析。

3D 動作捕捉分析系統被廣泛應用於人體動作測量的研究中（Murphy, 2018; Schurr et al., 2017; Kaharuddin et al., 2016）。Schurr 等人（2017）和 Murphy（2018）表示利用 3D 動作捕捉分析系統進行運動捕捉是客觀評價動作技術的黃金標準，可用來評估損傷或疾病後的運動表現。Liparoti 等人（2020）同樣認為動作捕捉系統是評估運動表現相關生物力學參數的黃金標準，其通過該系統探究了不同曲柄週期階段骨盆運動學的差異，結果發現，骨盆擺動速度為 90 轉/分對於騎自行車的人來說是最安全、最舒適的。Li & Du（2019）指出運動生物力學的動作呈現主要基於運動生物力學的圖像分析，它能將複雜的人機對話有機地集成到一個系統中，再以 3D 動畫的形式作出快速反饋，並將圖像分析結果直接展示給運動員和教練員。因此，建立合適的人體模型，選擇合適的 3D 電腦程式設計技術，是實現運動技術 3D 顯示的關鍵。Pueo & Jimenez-Olmedo（2017）表示運動捕捉的目的是即時跟蹤和記錄運動員的人體運動，以分析運動員的身體狀況、運動表現、技術專長，以及損傷機制、預防和康復。García-López & Blanco（2017）比較了 3D 動作捕捉系統和 2D 動作捕捉系統對角運動分析的有效性和靈敏度，結果顯示，2D 動作捕捉系統對矢狀面角運動分析是有效和靈敏的，但低估了髖關節、膝關節的伸展/屈曲角度。

在運動生物力學課程教學中，教師借助於 3D 動作捕捉分析系統進行人體運動技術的生物力學分析，有利於幫助學生對各種不同類型的運動技術之生物力學原理和動作特徵的掌握，為綜合分析人體運動技術動作奠定理論基礎。本研究將使用 3D 動作捕捉分析系統（T40, VICON Ltd., U. K.），再配合 Kistler 測力板（Kistler9287A, Kistler Ltd., Switzerland），以獲得運動人體的各關鍵點的運動軌跡和關節角的角度，即人體姿態參數，並在此基礎上進行生物力學分析，藉以更加科學深入地分析動作的完成情況。實驗中所有訊號皆由 3D 動作捕捉分析系統同步收集，操作介面軟體為 Nexus（Ver. 1.8.5., VICON Ltd., U. K.），影像與地面反作用力取樣頻率分別皆設為 200Hz 與 1000Hz。數據處理部份，將以電腦程式語言 MATLAB（R2017b, The MathWorks, USA）自行撰寫分析程式。

（5）資料分析（Data analysis）

隨著科技的發展，科學化數據分析已由傳統分析（人工輸入或是紙本）轉變為大數據資料庫（藉由電腦程式可連結且探勘比對），藉此得以產生更有效率更大範圍的應用面（圖 2）。數據儲存與分析直接影響了運動的各個面向，數據能幫助運動員制定更高效的訓練計畫，亦能成為運動團隊在比賽中作出即時決策的依據（徐榜、程紹同, 2017）。程紹同（2016）表示運動大數據（Sport Big Data），是指因運動或運動研究領域而產生的所有巨量數據，透過科技創新的處理技術後，所萃取出之有用資訊。目前，運動大數據的應用可分為運動競技分析和輔助管理分析兩大類（圖 3）。大數據在運動競技中的應用主要體現在以下諸多方面：運動員的選材、體能的訓練、技術的分析與改善、戰術的輔助決策、比賽與訓練計畫的制定、競技狀態的預測、運動損傷風險的預測、訓練效果與比賽表現的評估、運動表現的提升、個人體適能管理等方面。由此可見，大數據在運動領域應用的核心是預測，實質是從數據中尋找規律，從而進行預測並指導決策。



圖2 運動資料分析的改變趨勢

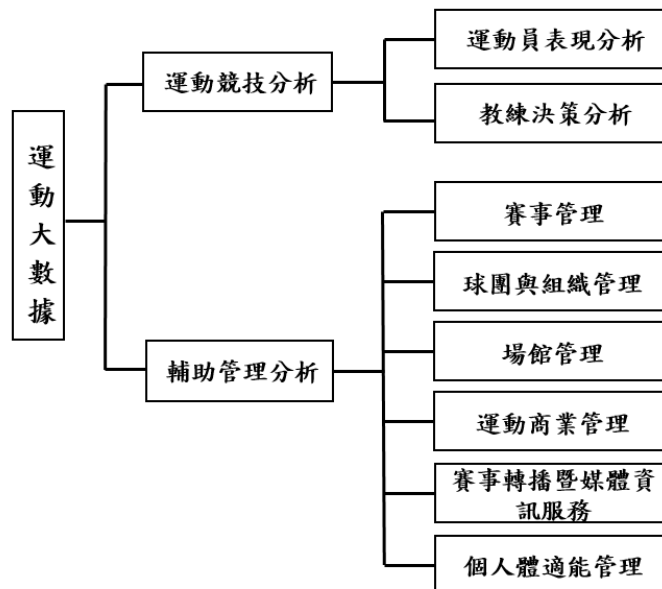


圖3 運動大資料應用分類圖

資料來源：「運動產業4.0時代之大資料新思維」。馮紹同，2016，運動管理季刊，33卷，19-44頁。

科學化的數據分析技術已廣泛應用於體育教學領域中，如體育教學的管理、教學評價、課程設置、教學方法、教材選擇等（Ding, 2020）。基於數據分析中的管理規則，可以根據學生的性別、年齡、身體機能等數據建立預測模型，以改進教學方法，提高教學效果。Sheng, L. (2019) 認為大專院校體育教師應增強大數據意識，把時間和精力投入到大數據時代的教學創新模式中去。Liu, Y., & Zhu, T. (2020) 表示，運動生物力學是一門理論性較強的應用性學科，如果可以透過較實務理論並行的教學模式可以充分發揮數據分析的教學優勢，幫助教師實施有針對性的個性化教學，以提高學生的學習成績和綜合素質。或許，數據整合/分析的應用在一定程度上提升運動生物力學課程的學習性。

三、研究問題(Research Question)

- i. 如何透過 TEMD 教學模式，提高學生在運動生物力學課程教學中的參與度和學習興趣？
- ii. 如何透過 TEMD 教學模式，幫助學生掌握運動生物力學理論知識，以及具備應用理論知識和操作技術解決運動實踐問題的能力？
- iii. 如何透過 TEMD 教學模式，在有限的教學學時內，提升學生在運動生物力學課程教學中的學習成效？

四、研究設計與方法(Research Methodology)

研究設計

- i. 課程範疇：本研究以本校國立體育大學運動科學研究所學生為主要對象，並以上學期所開設的運動生物力學為主要研究課程，該課程教學總學時為54小時(3小時/週，18週)。
- ii. 教材選用：本研究以運動生物力學相關書籍與 SCI 期刊最新研究成果為主要教學內容。
- iii. 教學資源應用：關於3D 動作捕捉分析系統等實驗儀器的技術操作方法，大多是經網路搜索後整理成冊，未來可提供師生參考。在實驗教學過程中建立的數據資料庫，可供學生、教師使用。
- iv. 評量工具：本課程的成績考核方式如下，課堂討論與提問情況占25%，作業完成情況占25%，期中考試成績占25%，期末考試成績占25%。關於學生學習成效的評量，本研究主要參考曹健仲(2007)、李一聖(2002)編制的學習成效量表自行編訂評量表，量表主要包含認知、技能、情意三個構面。
- v. 協作方式：在理論教學過程中，讓學生通過小組討論的形式圍繞相關課題，發表意見，以激發學生學習的主動性和增進對知識的理解；實踐教學，是在學生之間或師生之間的合作中進行的，以調動學生的學習興趣和提升實務操作能力。

研究方法

- i. 文獻資料法：透過 google 學術、Airiti Library 華藝線上圖書館等途徑檢索、查閱大量有關運動生物力學 TEMD 教學模式方面的著作、論文等文獻資料。所查閱到的相關資料，為本研究提供了堅實的理論支撐。
- ii. 問卷調查法：本研究參考曹健仲(2007)、李一聖(2002)編制的學習成效量表編訂了包含認知、技能、情意三個構面的學習成效評量表，以瞭解學生的學習成效。
- iii. 行動研究法：本研究以教學問題為焦點，透過計劃、行動、觀察和反思等階段活動，建構優質的 TEMD 教學模式，縮短理論與實務的差距，進而提升學生的學習成效。

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

1. 教學過程與成果

在本計畫教學過程中，建構符合運動生物力學學科特性的 TEMD 教學模式，並開發針對學生特質之運動生物力學課程與教學設計。學生可透過親身體驗，掌握相關運動項目之技術分析原理和 3D 動作捕捉分析系統的操作方法。學生在運動生物力學領域之理論知識，以及應用理論知識和操作技術解決運動實踐問題之能力有所提升。本計畫之執行成果將會於整理後發表在研討會或期刊上公開分享。

表1 各週課程進度

週次	課程主題	內容說明
1	緒論	運動生物力學簡介，基本量測與分析，貢獻與發展
2	運動的形式	線運動、角運動、人體運動解剖參考面與參考軸
3-4	線運動學	純量與向量、距離與位移、速率與速度、加速度
5-6	角運動學	角距離/位移、角速率/速度、角加速度、切線/向心加速度
7-8	線動因學	牛頓運動定律、衝量與動量、碰撞、功與功率、能量守恆理論
9	期中考	期中考或期中報告
10-11	角動因學	力矩、平衡、轉動慣量、角衝量與角動量
12	流體力學	空氣/液體流體力學在運動中之應用
13	骨骼肌肉系統的生物力學	骨骼、關節、肌肉之力學特性
14	運動生物力學之應用	運動訓練動作、運動傷害機轉、運動生物力學研究
15-17	期末專題	分組實驗設計
18	期末考	期末專題報告

2. 教師教學反思

藉由本計畫之執行，體驗為當面對運動生物力學之課程改革、規劃與實施、遭遇挑戰與尋求策略以及成效評鑑時，可為學校或教師提供計畫執行經驗。未來將執行成果整理後發表在研討會或期刊上公開分享，也可給學術界有相關研究興趣的人員參考，以作為相關研究方向的延伸或依據。

3. 學生學習回饋(修課人數16人、有效問卷人數14人、單科平均分數=4.79)

教學內容

Q1. 我認為老師的教材選用很適當	5分：78.57% 4分：21.43%
Q3. 我認為老師的教學內容很適當	5分：78.57% 4分：21.43%
Q11. 我認為老師上課的內容符合本課程所欲培養的核心能力適當	5分：78.57% 4分：21.43%
Q12. 我認為老師上課的內容符合本課程教學大綱適當	5分：78.57% 4分：21.43%

教學方法

Q2. 我認為老師經常鼓勵同學思考或發問	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q7. 我認為老師的教學方式很適當	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q9. 我認為老師的教學進度很適當	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q10. 我認為本課程成績評量方式合理，能鑑別學習成果	5分：78.57%
	4分：21.43%

教學態度

Q4. 我認為老師能針對同學的問題詳細指導	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q5. 我認為老師的教學準備很適當	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q6. 我認為有問題時，學生經常都可以連絡到老師	5分：78.57%
	4分：21.43%
Q8. 我認為老師的出席情形很(理想)正常	5分：78.57%
	4分：21.43%

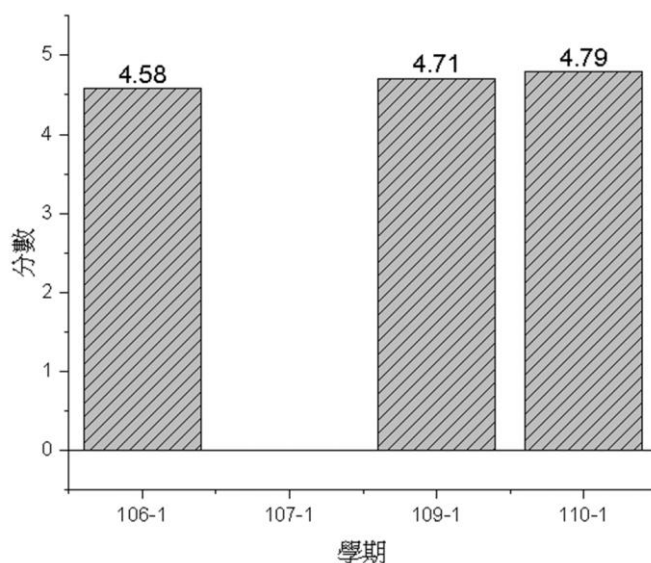


圖4 近年本課程教學評量分數(107-1為無效評量、108-1未開課)

參考文獻(References)

- Aurand, A. M., Dufour, J. S., & Marras, W. S. (2017). Accuracy map of an optical motion capture system with 42 or 21 cameras in a large measurement volume. *Journal of biomechanics*, 58, 237-240.
- Assunção, R., & Pelechrinis, K. (2018). Sports Analytics in the Era of Big Data: Moving Toward the Next Frontier. *Big Data*, 6(4), 237–238.
- Bernardina, G. R. D., Monnet, T., Pinto, H. T., de Barros, R. M. L., Cerveri, P., & Silvatti, A. P. (2019). Are Action Sport Cameras Accurate Enough for 3D Motion Analysis? A Comparison with a Commercial Motion Capture System. *Journal of applied biomechanics*, 35(1), 80-86.
- Brown, S. M., & Brison, N. T. (2020). Big Data, Big Problems: Analysis of Professional Sports Leagues' CBAs and Their Handling of Athlete Biometric Data. *Journal of Legal Aspects of Sport*, 30(1), 63-81.
- Chow, J. W., & Knudson, D. V. (2011). Use of deterministic models in sports and exercise biomechanics research. *Sports biomechanics*, 10(3), 219-233.
- Chan, K. M., Fong, D. T. P., Hong, Y., Yung, P. S. H., & Lui, P. P. Y. (2008). Orthopaedic sport biomechanics—a new paradigm. *Clinical Biomechanics*, 23, S21-S30.
- Cain, T. (2011). Teachers' classroom based action research. *International Journal of Research & Method in Education*, 34(1), 3-16.
- Ding, P. (2019, August). Application of Big Data in Sports Science and Reflections. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1302(4), 042048.
- Ding, P. (2020). Data Analysis and Application Research in Sports Field under Big Data Environment. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1646(1), 012080.
- Elliott, B. (1999). Biomechanics: an integral part of sport science and sport medicine. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(4), 299-310.
- Faber, G. S., Chang, C. C., Kingma, I., Dennerlein, J. T., & Van Dieën, J. H. (2016). Estimating 3D L5/S1 moments and ground reaction forces during trunk bending using a full-body ambulatory inertial motion capture system. *Journal of biomechanics*, 49(6), 904-912.
- Fidalgo-Blanco, A., Martinez-Nuñez, M., Borrás-Gene, O., & Sanchez-Medina, J. J. (2017). Micro flip teaching—An innovative model to promote the active involvement of students. *Computers in Human Behavior*, 72, 713-723.
- Graham, C. R., Borup, J., Pulham, E., & Larsen, R. (2019). K–12 Blended teaching readiness: Model and instrument development. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(3), 239-258.
- Glassman, M., Erdem, G., & Bartholomew, M. (2013). Action research and its history as an adult education movement for social change. *Adult Education Quarterly*, 63(3), 272-288.
- García-López, J., & del Blanco, P. A. (2017). Kinematic analysis of bicycle pedalling using 2d and 3d motion capture systems. *ISBS Proceedings Archive*, 35(1), 125.
- Glazier, J., Bolick, C., & Stutts, C. (2017). Unstable ground: Unearthing the realities of experiential education in teacher education. *Journal of Experiential Education*, 40(3), 231-248.
- Gartner, Inc. (2012). Gartner IT Glossary: Big data. Retrieved December 5, 2020, from Gartner IT Glossary, Web site: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data>.

- Howard, R. M., Conway, R., & Harrison, A. J. (2016). A survey of sensor devices: use in sports biomechanics. *Sports biomechanics*, 15(4), 450-461.
- Hwang, D. H., Aso, K., Yuan, Y., Kitani, K., & Koike, H. (2020). MonoEye: Multimodal Human Motion Capture System Using a Single Ultra-Wide Fisheye Camera. *In Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 98-111.
- Hanley, B., Tucker, C. B., & Bissas, A. (2018). Differences between motion capture and video analysis systems in calculating knee angles in elite-standard race walking. *Journal of sports sciences*, 36(11), 1250-1255.
- He, C., Jing, J., & Sun, Y. (2018). Practical Research on TBL-teaching Mode in the Sports Biomechanics Course. *In 2018 International Conference on Advances in Social Sciences and Sustainable Development*. Atlantis Press.
- Jian-min, C. H. E. N. (2010). Experiment Calculation Application in Sports Biomechanics Teaching. *Sports Science Research*, (1), 32.
- Kaharuddin, M. Z., Razak, S. B. K., Abd Rahman, M. S., An, W. C., Kushairi, M. I., & Ngali, M. Z. (2016, November). Biomechanics Analysis of Sepak Takraw Tekong Serves via Depth Camera Motion Capture System. *In International Colloquium on Sport Science, Exercise, Engineering and Technology*, 119-128.
- Kovalchik, S. A., & Reid, M. (2017). Comparing matchplay characteristics and physical demands of junior and professional tennis athletes in the era of big data. *Journal of sports science & medicine*, 16(4), 489-497.
- Kitchin, R. (2015). Big data and official statistics: Opportunities, challenges and risks. *Statistical Journal of the International Association of Official Statistics*, 31(3), 471-481.
- Kinsler, K. (2010). The utility of educational action research for emancipatory change. *Action Research*, 8(2), 171-189.
- Kemmis, S. (2006). Participatory action research and the public sphere. *Educational action research*, 14(4), 459-476.
- Kemmis, S. (2009). Action research as a practice-based practice. *Educational Action Research*, 17(3), 463-474.
- Kember, D. (2002). Long-term outcomes of educational action research projects. *Educational Action Research*, 10(1), 83-104.
- Lee, Y., & Yoo, H. (2017). Low-cost 3D motion capture system using passive optical markers and monocular vision. *Optik*, 130, 1397-1407.
- Liu, Y., & Zhu, T. (2020). Individualized New Teaching Mode for Sports Biomechanics Based on Big Data. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(20), 130-144.
- Li, F., Li, K., & Lv, J. (2013). Research on Biomechanics Technology Based on the Tennis Sports. *In Informatics and Management Science III*, 415-420.
- Li, J., & Du, H. (2019, February). Research on the Sports Biomechanics Modeling of the Human Motion Technical Movements. *In The International Conference on Cyber Security Intelligence and Analytics*, 243-248.
- Liparoti, M., Lopez, E. T., & Agosti, V. (2020). Motion capture system: A useful tool to study cyclist's posture. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(4), 2364-2367.

- Laudonia, I., Mamlok-Naaman, R., Abels, S., & Eilks, I. (2018). Action research in science education—an analytical review of the literature. *Educational action research*, 26(3), 480-495.
- Lari, P.R., Annette, E., Jeremy, V.C., Aaron, C.K., Daniel, P.D., DeLuca, V.W. (2019). *Action research*, 79(2), 23-27.
- Mehta, D., Sotnychenko, O., Mueller, F., Xu, W., Elgharib, M., Fua, P., et al. (2020). XNect: Real-time multi-person 3D motion capture with a single RGB camera. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 39(4), 82-1.
- Memmert, D., & Rein, R. (2018). Match analysis, big data and tactics: current trends in elite soccer. *German Journal of Sports Medicine/Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin*, 69(3), 65-72.
- Murphy, M. A., Murphy, S., Persson, H. C., Bergström, U. B., & Sunnerhagen, K. S. (2018). Kinematic analysis using 3D motion capture of drinking task in people with and without upper-extremity impairments. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (133), e57228.
- Napoli, A., Glass, S., Ward, C., Tucker, C., & Obeid, I. (2017). Performance analysis of a generalized motion capture system using Microsoft kinect 2.0. *Biomedical Signal Processing and Control*, 38, 265-280.
- Nakano, N., Sakura, T., Ueda, K., Omura, L., Kimura, A., Iino, Y., et al. (2019). Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras. *BioRxiv*, 842492.
- O'Connor, K. A., Greene, H. C., & Anderson, P. J. (2006). Action Research: A Tool for Improving Teacher Quality and Classroom Practice. *Online Submission*.
- Park, S. W., Park, H. S., Kim, J. H., & Adeli, H. (2015). 3D displacement measurement model for health monitoring of structures using a motion capture system. *Measurement*, 59, 352-362.
- Papageorgiou, K. (2020). On Sports Biomechanics Methodology. *Epistēmēs Metron Logos*, (4), 50-61.
- Park, S. U., Ahn, H., Kim, D. K., & So, W. Y. (2020). Big Data Analysis of Sports and Physical Activities among Korean Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5577.
- Phinyomark, A., & Scheme, E. (2018). EMG pattern recognition in the era of big data and deep learning. *Big Data and Cognitive Computing*, 2(3), 21.
- Phinyomark, A., Osis, S. T., & Ferber, R. (2016). Analysis of big data in running biomechanics: application of multivariate analysis and machine learning methods. *CMBES Proceedings*, 39, 24-27.
- Pueo, B., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2017). Application of motion capture technology for sport performance analysis.
- Phinyomark, A., Petri, G., Ibáñez-Marcelo, E., Osis, S. T., & Ferber, R. (2018). Analysis of big data in gait biomechanics: Current trends and future directions. *Journal of medical and biological engineering*, 38(2), 244-260.
- Rein, R., & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5(1), 1-13.
- Robertson, J. (2000). The three Rs of action research methodology: Reciprocity, reflexivity and reflection-on-reality. *Educational action research*, 8(2), 307-326.

- Schurr, S. A., Marshall, A. N., Resch, J. E., & Saliba, S. A. (2017). Two-dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. *International journal of sports physical therapy*, 12(2), 163.
- Sheng, L. (2019). Application Status and Development Prospect of Big Data in Chinese Sports Field. *In 2019 International Conference on Communications, Information System and Computer Engineering (CISCE)*, 583-585.
- Vermeulen, E., & Yadavalli, S. V. (2018). Big data in sport analytics: applications and risks. *South Africa*, 21-30.
- Wallace, B., Knudson, D., & Gheidi, N. (2020). Incorporating problem-based learning with direct instruction improves student learning in undergraduate biomechanics. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 27, 100258.
- Wierschem, D. C., Jimenez, J. A., & Mediavilla, F. A. M. (2020). A motion capture system for the study of human manufacturing repetitive motions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 110(3), 813-827.
- Wang, X. (2020, April). Digital Management of Sports Industry Based on Big Data Era. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1533(3), 032061.
- Zhou, Y., & Chen, X. (2020). Simulation of Sports Big Data System Based on Markov Model and IoT System. *Microprocessors and Microsystems*, 80,103525.
- Zeng, J., & Jia, J. (2017). The impact of big data on school sports and competitive sports. *In 2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, 596-599.
- Zou, H., & Xu, X. (2018). Research on Trend Analysis Model of Movement Features Based on Big Data. *In International Conference on Advanced Hybrid Information Processing*, 187-194.
- 黃紹仁等 (2012)。運動生物力學理論與應用。臺中市：華格那出版有限公司。
- 張至滿等 (2015)。運動生物力學。臺北市：禾楓書局有限公司。
- 林寶城等 (2008)。運動生物力學。臺中市：華格那出版有限公司。
- 李欣欣 (2016)。體驗式教學法於初級商務華語教學中的應用。 *臺灣華語教學研究*, (12), 43-66。
- 張鵬程、陶愛華、王燦明 (2015)。中國大陸體驗式教學研究: 成效, 問題與對策。 *體驗教育學報*, (9), 144-155。
- 簡秋蘭、張瀝分 (2011)。實務體驗教學法與簡報教學法影響學習成效之研究-以飲料課程為例。 *臺南科大學報(人文管理)*, (30), 125-139。
- 翁梓林 (2018)。運動生物力學之研究熱門與前瞻~以 2006~2015 為例。 *華人運動生物力學期刊*, 15(1), 1-13。
- 王全興 (2006)。體驗學習的理念及其在教育情境的應用。 *台灣教育*, (640), 32-36。
- 程紹同 (2016)。運動產業 4.0 時代之資料庫 新思維。 *運動管理*, (33), 19-44。
- 蔡清田 (2007)。課程行動研究的實踐之道。 *課程與教學*, 10(3), 75-89。
- 潘世尊 (2007)。行動研究-停在批判或轉向實踐與後現代?。 *教育學刊*, (28), 1-32。

- 潘世尊 (2011)。論行動研究論文審查上的一些問題。《當代教育研究》，19(4)，41-83。
- 吳俊憲、吳錦惠、許竣揚 (2018)。輔導團體運用自我調整學習策略促進國中學生學習動機與希望感之行動研究。《臺灣教育評論月刊》，7(10)，301-322。
- 廖智倩 (2002)。體育教師對行動研究應有的認識與作法。《中華體育季刊》，16(2)，71-78。
- 李典穎、陳政宇、李建勳、何金山 (2014)。慣性測量裝置應用於動作分析之回顧。《屏東教育大體育》，(17)，217-225。
- 蔣亦凱 (2013)。一種以深度資訊為基礎的偵測手指骨架彎曲度演算法。
- 曹健仲、張世聰、陳文成 (2007)。中原大學學生體育課學習滿意度及學習成效之相關調查研究。《北體學報》，(15)，322-333。
- 李一聖、林國瑞、劉海鵬、陳堅錐 (2002)。台北市國民小學體育教師效能信念與學生學習成效之相關研究。《大專體育學術專刊》，68-76。