月旦知識庫

結合心智模式診斷之能量系統教學策略：促進國中學生概念轉變

鄭宗慧 / 桃園市立龜山國中教師暨國立東華大學科學教育博士生

壹、前言

《十二年國民基本教育課程綱要》強調培養學生的核心素養，其中「健康促進能力」與「終身運動素養」是體育領域的重要目標（教育部，2018）。在此脈絡下，能量系統的理解不僅有助於提升學生運動表現，更是促進健康與規劃運動策略的基礎（趙怡文等，2022）。然而，能量系統概念抽象且與學生日常經驗落差大，教學成效常受限（Corbin, 2002）。 為提升教學針對性，本文引入「心智模式診斷」作為設計依據，藉此掌握學生的初始理解與迷思概念，進而促進概念轉變與素養培養。將能量系統教學置於國中健康與體育課程情境，結合室內理論講解與室外運動實作，期望協助學生建立更完整的能量系統認知，並探討心智模式在運動教育領域中的應用。

貳、心智模式與概念改變在運動教育領域中的應用

一、心智模式的定義

心智模式是一個包含理解、解釋和預測的複雜認知結構（邱美虹、林

月日知識庫

靜雯，2002），個人的生活經驗、先前學習和文化背景，都會形塑心智模式(Vosniadou,1994)，進而直接影響學生對新資訊的理解和學習；當新知識與既有心智模式不符時，學生可能產生認知衝突。例如，學生可能將「短跑」視為完全依賴瞬間能量的行為，而忽略了能量系統的連續性和協同性；學生可能認為能量像電池一樣可以儲存和耗盡，或是認為有氧運動和無氧運動是獨立的，沒有相互關聯 (Deng et al. 2021)。這些迷思概念可能源於學生對運動的片面經驗、不完整的知識，或是不正確的教學方式。因此，了解學生心智模式是教學設計的第一步，透過診斷學生的初始心智模式，教師才能設計針對性的教學活動，協助學生修正迷思概念，建立正確的能量系統知識。心智模式被視為影響學習成效的重要因素，依據學生的心智模式設計教學並應用於體育領域，有助於教師了解學生的學習起點，進而擬定有效的教學策略，得以促進學生對能量系統概念的改變和深化學習(Pasco & Ennis, 2015a, 2015b)。類似認知取向的教學法在科學教育相關的研究已發展成熟；在體育教學領域，國外學者也採用此方式建立學生的認知概念並達到良好成效 (Pasco & Ennis, 2015a, 2015b)，可惜相關的研究計劃隨著其過世而消失。學生對運動表現、生理反應與能量來源的理解，往往受到其既有心智模式的影響。這些模式可能來自生活經驗、教練指導或媒體資訊，形成學生對運動現象的直覺性解釋。因此，教師若能掌握學生的心智模式，便能更有效設計教學活動，促進正確運動知識的建構。

二、心智模式與概念改變

Vosniadou (1994) 提出的「概念改變理論」指出，學習者對新知識的接受並非簡單地用科學概念取代樸素框架，而是一個緩慢且漸進的轉變過程，這個過程可能涉及多個階段，從初始理解到過渡認知結構，最終建立

月日知識庫

科學概念。在此過程中，學生會努力將新知識整合到其既有的概念結構中，並可能建構出替代性概念來解釋新現象。然而，對於某些科學概念，學生在整合過程中可能出現認知衝突，當遇到與其心智模式不符的新資訊時，會產生認知失調，這種失調會激發他們尋找新的解釋和理解，這也是概念改變的重要驅動力。這意味著，在能量系統教學，教師需要引導學生經歷認知衝突，並幫助他們建構科學的概念 (Pasco & Ennis, 2015a, 2015b)。學生常以直覺性概念理解運動現象，如「跑得快就代表健康」或「流汗越多表示運動效果越好」。這些迷思概念若未被挑戰，將影響其運動行為與健康判斷。教師可透過設計具挑戰性的情境活動，引發學生認知衝突，進而促進概念改變。例如，比較不同強度運動下的心率變化，讓學生重新思考。教師也可以透過提問、討論、辯論等方式，讓學生意識到其概念的不足之處。例如，教師可以提出挑戰性的問題，引導學生思考不同情境下的能量系統運作方式，並提供反例，讓學生意識到自己概念的局限性；此外，教師還可以使用視覺化工具、實驗活動等多元的學習經驗，幫助學生理解科學概念，並提供適當的鷹架式支持，幫助學生克服學習障礙，逐步建立科學概念。

三、心智模式診斷在運動教育領域的應用

研究指出，心智模式診斷可以幫助教師更準確地了解學生的學習起點和迷思概念，且基於診斷結果設計的教學活動，可以更有效地促進學生概念的轉變和深化學習 (Pasco & Ennis, 2015a, 2015b)。在能量系統教學中，教師若能掌握學生的初始心智模式，便可了解其既有理解，包括先備知識與潛在迷思概念，並據此設計針對性的教學策略，以提升學習成效。教師可以透過訪談、概念圖繪製、問卷等方式了解學生的想法（邱美虹、林靜

月日知識庫

雯，2002)。根據學生的初始心智模式，教師可以設計更有針對性的教學活動，從而提高教學效率。因此，在國中體育課程中，教師可運用心智模式診斷工具（如概念圖、情境式問卷、口語訪談）了解學生對能量系統、運動強度與生理反應的初始理解。例如：概念圖由學生繪製能量系統運作流程，分析其連結邏輯與錯誤概念；問卷設計包含情境判斷題與開放式解釋，辨識其對能量來源與運動型態的理解；口語訪談則透過半結構式問題，深入探究學生的語言表徵與直覺性解釋。教師可進一步設計分層教學活動，針對不同心智模式的學生提供差異化的學習任務與支持，確保每位學生都能在適切的挑戰中逐步修正迷思概念，深化對能量系統的理解。

參、能量系統教學的挑戰與心智模式診斷的必要性

一、能量系統教學面臨的挑戰

在國中體育教學中，能量系統概念的教學常常面臨以下困境：

(一) 學生難以建立能量系統的科學概念。其抽象且複雜，學生往往難以理解三大能量系統（ATP-PC 系統、乳酸系統、有氧代謝系統）的運作機制及其相互關係 (Deng et al. 2021)。

(二) 學生即使學習了正確的科學概念，也容易重現原有的誤解模式。這是因為學生的初始心智模式根深蒂固，他們傾向於用自己熟悉的觀點去解釋新的現象，而這些觀點往往與科學概念相悖。

(三) 缺乏有效的教學策略。傳統的能量系統教學多以講授和記憶為主，缺乏互動和體驗，難以激發學生的學習興趣，也難以促進他們對概念的深度理解 （趙怡文等，2022)。

月日知識庫

二、心智模式診斷的必要性

為了提升能量系統教學成效，教師需要了解學生的初始心智模式，並基於診斷結果設計有效的教學策略。

(一) 了解學生的先備知識和迷思概念。心智模式診斷可以幫助教師了解學生對能量系統的初始理解，包括他們已有的先備知識和可能存在的迷思概念。

(二) 設計針對性的教學活動。根據學生的初始心智模式，教師可以設計更有針對性的教學活動，例如使用「認知衝突策略」或「概念豐富策略」。

(三) 提高教學效率。了解學生的初始心智模式可以幫助教師「對症下藥」，設計並使用更有效的教學策略，從而提高教學效率。

三、能量系統的初始心智模式

國外研究發現，學生在學習能量系統概念之前，往往存在以下兩種錯誤的初始心智模式 (Pasco & Ennis, 2015a, 2015b)：

(一) 電源開關模式：學生認為能量系統就像電源開關一樣，只有「開」和「關」兩種狀態。他們認為運動時，能量系統會突然啟動，提供能量，而運動結束後，能量系統會立即關閉。然而，這種模式無法解釋能量系統在不同運動強度和持續時間下的複雜運作機制。

(二) 可調節開關模式：學生認為能量系統可以像控制開關及大小一樣，進行能量的調節。他們意識到能量的消耗和補充是一個動態的過程，但對能量調節的機制和原理缺乏深入的理解。

月日知識庫

肆、基於心智模式診斷的能量系統教學策略

了解學生的初始心智模式後，教師可以針對性地設計教學活動，促進學生概念的轉變和深化學習。

一、針對「電源開關模式」學生的教學策略

教師可以採用「認知衝突策略」，透過引導性問題，讓學生思考自身概念的不足，進而修正迷思。例如，學生在短跑後表示：「我覺得我一下子就用完力氣，好像電池沒電了。」或「我覺得我一開始衝得很快，但一下子就沒力了，好像電池用完了。」或「跑完就不需要能量了吧？我以為能量只在運動時才會啟動。」或「我以為能量系統是像開關一樣，跑步時打開，停下來就關掉了。」這些語句反映學生將能量系統視為瞬間啟動、瞬間關閉的機制，忽略了能量系統的協同與持續性。此語句反映其「電源開關模式」的心智表徵。教師可以提問：

(一)「持續用跑 100 公尺的速度跑馬拉松，和以較慢且穩定的配速跑馬拉松相比，何者會率先完成馬拉松？」

(二)「短跑和馬拉松比賽的運動員，他們的能量供應方式有什麼不同？」

這些問題可以引發學生產生初始心智模式，接著讓他們模擬或實際上場小規模實踐，親身經歷「電源開關模式」並無法順利且迅速地完成馬拉松，進而產生認知衝突。接著教師可藉由他們的驚訝、好奇與認知衝突，引入科學的能量系統概念，解釋不同運動強度和持續時間下，三大能量系統如何協同作用，提供運動所需的能量，便容易因勢利導，改變概念。

二、針對「可調節開關模式」學生的教學策略

月日知識庫

教師可以採用「概念豐富策略」。由於此類學生的想法較為接近科學模式，因此教師只要透過設計衍生性問題，便能順利引導學生深化對能量系統的理解。例如，學生在短跑後表示：「我覺得跑久了會慢慢喘，應該是身體在調整能量吧。」或「我跑快一點就比較累，可能是用到不同的能量系統。」或「我覺得身體會自己調整速度和呼吸，應該是能量在變化。」教師可以提問：

(一)「長距離跑步要如何進行能量的調整？」

(二)「調整的依據是什麼？」

(三)「不同強度的運動，能量系統是如何協同工作的？」

這些問題可以引導學生思考能量調節的機制和原理，並將其與三大能量系統的特性和功能聯繫起來。

三、促進身體經驗與概念融合的教學設計

在國中體育教學，學生的身體經驗是促進概念理解的關鍵橋樑教師可透過以下策略，協助學生將運動中的感官反應與能量系統概念進行融合設計多元的教學活動（程峻，2018）以下的課程以一般國中體育教學課程為例，7 年級學生班級人數 25 人，教學場域學校田徑場，2 周 4 節課，可以充分的讓學生進行討論，再將這經驗與概念充分的體驗：

(一) 啟動認知衝突：針對「電源開關模式」學生的策略

1. 電源開關模式：學生傾向認為能量系統是單獨運作、互相替換的（非此即彼，像開關）。
2. 實作活動：極端強度對比與生理反應記錄

月旦知識庫

表 1

針對「電源開關模式」學生的策略

步驟		課堂操作細節	實務應用與引導重點
1.	體驗與記錄	活動： 分組進行「100 公尺全力衝刺」和「800 公尺持續慢跑」。 記錄： 使用計時器記錄兩種運動的時間，並立即測量心率 (脈搏/心率計) 與記錄主觀用力程度 (RPE) (例如 1-10 分)。	衝刺結束後，引導學生思考 :「你接下來能立刻跑 800 公尺嗎？為什麼？」強調衝刺的爆發力來源。
2.	數據分析	教師提供簡單的能量系統特性表(例如 : 系統 A 供能快、時間短 ; 系統 B 供能慢、時間長)。引導學生比較兩種運動的心率、疲勞感與持續時間的差異。	認知衝突點： 衝刺時身體感覺「電力」耗盡，但慢跑時卻能持續。這暗示了能量來源不是單純「用完即關閉」，而是有不同效率的系統在轉換。
3.	概念導入	藉由衝突點，導入三大系統協同運作的概念，強調它們是同時作用，只是主導比例不同。	使用視覺化圖表 (如三條曲線隨時間變化的圖) 展示能量系統供能比例的動態轉換。

*註：*表為作者彙整。

(二) 深化理解：針對「可調節開關模式」學生的策略

月日知識庫

1. 可調節開關模式：學生已理解系統會協同運作，但需深化調節機制與比例變化的細節。
2. 實作活動：配速調整模擬與概念豐富

表 2

針對「可調節開關模式」學生的策略

步驟		課堂操作細節	實務應用與引導重點
1.	配速預測	任務：設計一個 10 分鐘的複合運動流程(例如：快走 2 min → 慢跑 5 min → 間歇衝刺 1 min → 慢走 2 min)。學生需預測在不同階段哪種能量系統佔主導地位，並用百分比表示。	鼓勵學生使用「可調節」的語言：「慢跑時有氧系統可能佔 70%，乳酸系統佔 20%...」。
2.	實踐與對照	學生進行該流程，並在各階段結束時記錄呼吸頻率、心率與主觀疲勞感。	教師提醒學生留意：呼吸的急促感(乳酸系統)、持續的耐力(有氧系統)、瞬間的爆發力 (磷酸肌酸系統)。
3.	視覺化建模	小組討論，繪製一張能量系統使用比例圖，用不同顏色的長條圖或面積圖表示 10 分鐘內三大系統供能比例的	重點：將身體感受(數據) 與抽象概念 (比例圖) 進行對照。教師巡視時可追問：「你這個時候心跳這麼快，為什麼有氧系統比

月旦知識庫

變化。	例還這麼高？」

*註：*表為作者彙整。

(三) 概念建構與語言表達：促進身體經驗與概念融合

這是所有教學活動中不可或缺的環節，確保身體經驗能轉化為可表達的科學知識。實作工具：運動感受紀錄表與概念轉譯。

月旦知識庫

表 3

概念建構與語言表達策略

課堂操作細節	學生學習單內容範例	語言表達與概念融合
工具：教師發放「運動感受紀錄表」，包含運動類型、持續時間、心率/呼吸、肌肉疲勞感。	學生紀錄： 1. 類型：100m 衝刺 2. 持續：15 秒 3. 心率：快 4. 疲勞感：腿很酸，無法再跑 5. 能量系統判斷：磷酸肌酸系統主導，乳酸系統快速介入。	引導語言表達：教師要求學生在結論欄位，將「身體感受」轉譯成「能量系統語言」。
小組討論：互相分享紀錄與轉譯的結果。	轉譯範例：「當我衝刺到 10 秒左右，腿部的痠痛感出現，這代表身體為了快速產生能量，乳酸系統已經大量啟動，生成了代謝產物。」	透過語言表達與小組同儕回饋，強化概念的可信度與完整性，將學生心智模式從隱性經驗提升到顯性知識。

*註：*表為作者彙整。

四、視覺化鷹架：結合多媒體工具的支持

(一) 視覺化工具應用：使用 YouTube 上的運動生理動畫或簡報，展示有氧呼吸的流程圖。

月日知識庫

(二) 雙重對照：教師在播放動畫的同時，不斷要求學生回想「你剛才慢跑 800 公尺時，身體內的哪個流程正在大量運作？」透過螢幕上的圖表與身體記憶進行雙重鷹架支持，促進抽象概念的具象化理解。

伍、結語

將心智模式診斷應用於能量系統教學，是促進學生認知學習與運動表現的有效策略。教師應在教學前診斷學生的初始心智模式，結合問卷、訪談及情境式活動，深入了解學生對運動能量系統的認知起點，並根據診斷結果設計針對性的教學活動，如運用心率監測與能量消耗視覺化工具，將抽象概念具體化，幫助學生修正迷思概念，構建更科學的運動生理學知識體系。同時，教師需持續評估學生的學習進展，調整教學方案，確保學生能深化理解。

此外，國內課綱也希望學生可以提升素養，而鼓勵採用跨科的學習。國內的科教學者與生物學及健康教育教師合作設計教學活動，整合相關課綱內容，有效拓展學生知識的應用場景，培養其整體素養，進而對其終身學習與健康行為產生深遠影響 (趙怡文等，2022)。例如，課綱整合具體操作方面，教師可設計「運動與能量」跨科模組，由健康教育課介紹心率與代謝概念，生物課講解細胞能量轉換機制，體育課則安排不同強度的運動實作，並引導學生紀錄心跳與疲勞感，最後進行能量系統的概念建構與反思。又例如，以跨科合作，在「能量系統與運動表現」單元中，科學教師與體育教師共同設計學習單，學生在運動後記錄生理反應，並透過圖表分析能量系統的運作，進一步理解有氧與無氧系統的協同關係。

未來研究與實務可聚焦於以下實踐方向，為體育教學提供更科學、系統

月日知識庫

的指引，進一步提升學生的學習成效：

一、探索跨學科教學的實踐模式，將運動能量系統教學與生物、健康等學科系統化結合。

二、研究學生心智模式演化的長期影響，追蹤其對終身運動行為的效應，為素養導向教育提供實證支持。

三、未來可開發 AI 技術的應用，以提升心智模式診斷的精準度及教學設計的有效性。

月旦知識庫

參考文獻

教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校 - 健康與體育領域。*行政院公報，24*(107)。https://www.rootlaw.com.tw/Attach/L-Doc/A040080081017400-1070608-1000-001.pdf

程峻 (2018)。國中素養導向教學體育教案分享 -「飛鴿傳書」。*中等教育，69*(2)，99-112。https://doi.org/10.6249/SE.201806_69(2).0021

邱美虹、林靜雯 (2002)。以多重類比探究兒童電流心智模式之改變。*科學教育學刊，10*(2)，109-134。https://doi.org/10.6173/CJSE.2002.1002.01

趙怡文、郭重吉、林淑楞 (2022)。健康體適能科學知識架構之研究。*科學教育月刊*，452，15-33。https://doi.org/10.6216/SEM.202209_(452).0002

Corbin, C. (2002). Physical activity for everyone: What every physical educator should know about promoting lifelong physical activity. *Journal of Teaching in Physical Education, 21*(2), 128-144. https://doi.org/10.1123/jtpe.21.2.128

Deng, A., Zhang, T., & Chen, A. (2021). Challenges in learning aerobic and anaerobic concepts: An Interpretative understanding from the cognitive load theory perspective. *Physical Education and Sport Pedagogy, 26*(6), 633-648. https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1849595

Pasco, D., & Ennis, C. D. (2015a). Third grade students' mental models of blood circulation related to exercise. *Journal of Teaching in Physical Education, 34*(1), 76-92. https://doi.org/10.1123/jtpe.2013-0205

Pasco, D., & Ennis, C. D. (2015b). Third-grade students' mental models of energy expenditure during exercise. *Physical Education and Sport Pedagogy, 20*(2), 131-143. https://doi.org/10.1080/17408989.2013.803525

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*(1), 45-69. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3