



ScienceDirect上提供目錄列表

電腦與教育

期刊首頁：www.elsevier.com/locate/compedu

調查電子遊戲對高中生參與和學習遺傳的影響

Leonard A. Annetta * , James Minogue , Shawn Y. Holmes , 程孟子

美國北卡羅來納州立大學教育學院數學、科學與技術教育系 ,Poe Hall Box 7801 ,羅利 ,北卡羅來納州 27695-7801

文章訊息

抽象的

文章歷史：

2008年6月27日收到

2008年12月20日收到修改稿

2008年12月26日接受

電子遊戲的流行已經超越了娛樂範疇，進入了教育領域。

儘管關於教育遊戲的研究文獻日益增多，但對這項新興技術的有效性仍缺乏系統性的研究。本準實驗研究評估了一款由教師開發的遺傳學視訊遊戲對學生使用者的情感和認知影響。統計結果表明，學生學習效果（以我們的測量工具衡量）並無顯著差異 ($p > .05$)，但參與者在與視訊遊戲互動時的投入程度存在顯著差異 ($p < .05$)。

關鍵字：

在學科領域的應用

互動式學習環境

教學問題

中等教育

虛擬實境

本文探討了這個新興研究方向的意義。

© 2009 Elsevier Ltd. 保留所有權利。

1. 引言

遊戲系統性地讓兒童接觸到只能在其發展階段內進行的學習情境；也就是說，遊戲通常包含一項略高於其已掌握技能的任務。這個理念促成了在學前教育機構及其他教育領域中使用遊戲的論證（維高斯基，1967）。遊戲作為學習工具並非新概念。無論遊戲的複雜程度如何，也無論遊戲是否融入了技術，遊戲都能輔助學習過程。

從最簡單的「躲貓貓」遊戲到複雜的《龍與地下城》，幾十年來，遊戲一直吸引並激勵人們。從教育角度來看，遊戲引人入勝，幾乎可以應用在任何學科上。它們尤其適用於教導因果關係，而且由於學習經驗的互動性，學生從遊戲中學到的知識往往更容易記住（新媒體聯盟[NMC]，2005）。如今，遊戲與科技的結合方式越來越有趣。直到最近，大多數電腦遊戲的設計都是線性的，缺乏作為教學工具的可持續性。

許多頂尖學者都曾報導過利用電子遊戲（通常被稱為嚴肅遊戲或教育遊戲）的流行度來吸引兒童並幫助他們學習複雜概念的潛力（例如，Gee, 2005; Prensky, 2001; Squire, 2002）。然而，目前缺乏具體的實證數據來支持或反駁這些理論主張。Britain 和 Liber (2000)建議教師（以及研究人員）需要從教育的角度評估電子遊戲，以確定它們是否可以融入教學實踐。本文旨在透過擴充實證研究基礎並檢驗電子遊戲的教育影響，來探討這個問題。

2. 研究目的

本研究將教師開發的涵蓋關鍵遺傳學概念的多人教育遊戲應用程式（MEGA）（作者，2006年）整合到高中生物課程中。MEGA是一種新型的教育遊戲，與其他電子遊戲的不同之處在於，它是由教師開發的。

* 通訊作者。電話：+1 919 513 1286；傳真：+1 919 515 1063。

電子郵件地址：len_anetta@ncsu.edu (LA Annetta)。

它們完全是為教學目的而創建的。雖然它們與下文將要討論的教育型多人虛擬環境（MUVE）有許多共同之處，但MEGA的獨特之處在於，課堂教師是遊戲的主要創作者。

我們假設，由於教師自行設計和建構了MEGA系統，他們會對自己的MEGA系統擁有所有權，並且更有可能在課堂上使用它。此外，MEGA系統應與課程內容標準保持一致，有助於推動探究式教學，部分原因是教師能夠利用學生在虛擬環境中的共同經驗，以此為基礎，深入探究學生對嵌入式內容的理解。

由於先前尚無評估MEGAs作為教學工具有效性的先例，本研究重點關注MEGAs的使用可能對學生產生影響的兩個方面：對遺傳學概念的理解以及參與科學課堂活動的積極性。具體的研究問題如下：

1. 與接受較傳統教學的同儕相比，玩電腦為基礎的 MEGA 遊戲的學生是否對嵌入式遺傳學概念有更深入的理解？
2. 與使用傳統教學方式的同儕相比，使用MEGA互動式教學的學生是否更積極參與科學教學？
國家科學課堂活動？

3. 研究背景

3.1. 透過電子遊戲學習

奧布林格夫婦（2005）將當今的中學生、高中生和大學生稱為“網絡世代”，並指出他們喜歡保持在線狀態，需要即時反饋，渴望體驗式學習，並且需要社交互動。網路世代的思維方式與那些沒有花費數千小時玩電子遊戲的人截然不同。一些提倡以電子遊戲為基礎的學習的人士認為，開發教育遊戲是一種道德義務，因為網路世代的孩子對傳統教學方式沒有反應（普倫斯基，2001）。在美國科學家聯盟舉辦的教育遊戲高峰會上，特羅特（2005）指出，美國越來越需要找到一種方法，將孩子們玩電子遊戲的時間與他們沒有花在學習上的時間結合起來。

已有相當多的文獻證明，電子遊戲能夠鼓勵學生探索既定知識範圍之外的領域，從而培養積極主動的探索精神，使學生成為自主學習者（Taradi, Taradi, Radic, & Pokrajac, 2005）。Rickard和 Oblinger（2004）探討了遊戲如何提供學習者實踐學習、親身體驗情境以及角色扮演的機會。Bransford 及其同事（引自Squire, 2002）發現，當學生在完成開放式複雜問題解決任務的同時學習課堂內容時，他們的表現最佳。遊戲環境既能模擬學生在現實世界中可能遇到的經歷，也能創造出通常無法直接體驗到的引人入勝的體驗（Winn, 2002）。

多年來，軍方一直成功運用遊戲化模擬技術。免費遊戲（由美國國防部資助）《美國陸軍》（America's Army™）使軍事遊戲走向主流。Belanich、Sibley 和 Orvis（2004）在研究《美國陸軍》的學習效果時發現，參與者對流程的記憶優於事實，對與遊戲進程相關的資訊的記憶也更準確，圖像和語音文本的記憶比文字文本更清晰，而真實性、挑戰性、探索性和控制感是影響玩家動機的因素。《美國陸軍》提供的動手實作/動腦虛擬體驗，堪稱大型綜合設計（MEGA design）的羅塞塔石碑。

MEGA 的多人遊戲功能可讓學生在與虛擬環境互動的同時進行交流，從而使遊戲更具活力和趣味性。這種合作遊戲的概念為遊戲化學習增添了新的維度（Consortium, 2005）。Munger（2005）的研究表明，電子遊戲能夠提高學生的閱讀理解、拼字和數學能力。MEGA 允許學生在虛擬環境中創建多個虛擬化身（即自身的數位化代表），從而支援匿名團隊或個人探索。

如前所述，本研究探討的技術與教育型多用戶虛擬環境（MUVE）有許多相似之處。簡而言之，MUVE 是三維虛擬世界，學習者在其中控制虛擬化身，探索環境，與其他使用者交流，並經常參與協作學習活動。這些教育遊戲通常需要運用邏輯思考、記憶力、問題解決能力、批判性思考、視覺化和探索能力。此外，使用這些遊戲技術還要求使用者使用電子工具操作虛擬對象，並逐步理解所模擬的複雜系統。

多用戶虛擬環境（MUVE）的例子包括但不限於River City（Dede、Ketelhut和Ruess, 2002；Ketelhut, 2006）、Quest Atlantis（Barab、Thomas、Dodge、Carteaux 和Tuzun, 2005）以及WolfDen（作者, 2006）。所有這些遊戲都已被推進教學。Nelson和Ketelhut（2007）近期完成了這項遊戲化運動的全面回顧。

總的來說，這些教育遊戲似乎能夠有效提升學生的學習動機和興趣（Yee, 2006），但這種效果在多大程度上能夠轉化為更有效的學習尚不明確。由於缺乏對嚴肅遊戲認知影響的系統性研究，實證數據匱乏，凸顯了本研究的及時性。

3.2 學生參與度

對浩如煙海的學生參與度研究進行全面公正的評論遠遠超出了本文的目的和範圍。因此，我們僅關注教育遊戲與學生參與的交叉領域。遊戲的多學科特性使其非常適合用於全課程項目，在這些項目中，知識可以跨多個學科應用（NMC, 2005）。這種跨學科特性

特里斯特主義有助於激勵那些通常在科學課上表現不佳，但在其他學科領域表現出色的理科學生。

因為玩遊戲感覺不像是在“工作”，學生可能會花更多的時間玩遊戲，而不是閱讀相關材料或做其他事情。

本章末尾的習題。

任何教育計畫的學生學習和個人發展量都與學生參與的品質和數量成正比（例如，Heath 等人，2005）。Jones (1998) 和 Shernoff、Csikszentmihalyi、Schneider 和 Shernoff 的研究也支持這一觀點。

(2003) 年，Shernoff 運用心流理論檢視了學生的參與。他得出結論，高中生的參與度有所提高。

當任務的挑戰性和他們自身的技能水平都很高且達到平衡時，遊戲能夠激發學生對複雜問題的抽象思考。

物理現象，並將學習者沉浸在不僅代表科學現象，而且能夠按照…運行的世界中。

物理定律 (Dede、Salzman 和 Loftin, 1999)。

Ahlfeldt、Mehta 和 Sellnow (2005) 指出，在以問題為基礎的活動中學生的參與度較高。儘管有些人可能反對競爭的理由是，競爭會激勵學生參與枯燥乏味或例行公事的教育活動，而且一直以來都是如此。

被認為可以激發參與度和興趣 (Yu, 2001)。Jayakanthan (2002) 得出結論，讓兩個或兩個以上的兒童玩同一個遊戲，遊戲的競爭性在一定程度上提高了參與度、成就和積極性。這些可能是原因所在。

教育遊戲通常以問題為導向。一位作者（即將出版）指出，玩耍符合兒童的發展階段，當兒童積極參與玩耍時，他們也在學習。

此外，遊戲有可能幫助那些在傳統教學策略下學習效果不佳的學生。資訊科技的快速發展正在重塑許多學生的學習方式 (Dede, 2005)。由於網路世代幾乎可以一鍵獲取所有訊息，他們的注意力持續時間變得更短。這種注意力變化正在影響…

在所有學科中，教師和課堂都採用了遊戲形式的電腦軟體 (deCastell & Jenson, 2004)。一項針對注意力不足過動症兒童數學理解能力的研究表明，與獨立完成作業相比，遊戲形式的電腦軟體能夠增加學生的積極參與時間，並減少走神行為 (Ota & DuPaul, 2002)。類似的研究結果也出現在有情緒和行為障礙的學生身上。

疾病 (Wilder & Black, 2001)。多種外部表徵促進了學生在遺傳學推理方面的發展。

激發他們的動力和興趣 (Tsui & Treagust, 2003)。無論是否有殘疾，遊戲似乎都有潛力惠及殘疾人士。

看似遙不可及的。

3.3 認知與多重表徵

在教育環境中，視覺化是探究式學習日益受到重視的重要結果，而探究式學習通常會利用視覺化技巧。

人類辨識影像和影片中模式的能力 (Edelson、Gordin 和 Pea, 1997)。為了幫助建構科學知識，

科學模型和視覺化可以幫助人們理解抽象概念 (Treagust、Chittleborough 和 Mamialo, 2002)。尤其是在科學教育領域，多媒體教學已被越來越多地用於傳達複雜的概念。

在教學環境中運用多媒體教學，可以提供學生更多切入點，讓他們能透過其他方式加深理解 (Gardner, 1993)。然而，正如 Srinivasan 和 Crooks (2005) 所指出的，科學領域的多媒體教學通常未能充分發揮其應有的作用。

教學潛能。

正因如此（以及其他原因），學習科學研究界對認知方面產生了濃厚的興趣。

多重表徵學習的基礎（例如，Mayer & Moreno, 2003；Paas、Renkl & Sweller, 2003a；Ploetzner & Lowe, 2004）。一個廣泛的

試圖解決這些問題的研究方向是基於認知負荷理論（例如 Paas、Tuovinen、Tabbers 和 Van Gerven,

2003b；Sweller、Merriënboer 和 Paas, 1998）以及相關的多媒體學習理論（例如 Mayer 和 Moreno, 2003；Moreno, 2002）。

這兩種理論都基於一種認知架構模型，該模型包含一個離散的、容量有限的工作記憶組件 (Baddeley, 1999；Newell & Simon, 1972)。雖然該模型基於認知架構的核心歷史模型，但更多

目前基於聯結主義模型並運用神經心理學技術的相關研究繼續支持這個基本模型。

工作記憶成分容量有限（例如，Bunge、Klingberg、Jacobsen 和 Gabrieli, 2000；Just 和 Varma, 2002）。理論上關於工作記憶的結構和功能的研究提出了視覺和聽覺訊息的獨特處理機制 (Baddeley, 1999；Paivio, 1986)。

這些理論對當前研究至關重要，因為電子遊戲將圖像和聲音並置，從而刺激了…

玩家。電子遊戲技巧代表著有意識的、深思熟慮的心理和生理活動，並透過轉變來促進主動學習。

玩家扮演參與者的角色。每一個戰略動作都會產生可見的回饋。此外，相互回饋的即時性減少了玩家努力與成功之間的距離感。外部刺激受到控制，以集中和明確目標。

探索與解決問題。挑戰難度與玩家的發展程度相匹配，旨在創造一種心理上的心流體驗。

(鮑曼, 1982)。

研究人員已報告稱，動畫圖形和音訊的強大組合是一種有效的教學設計策略（例如 Mayer）。

(Moreno, 2003；Rieber、Tzeng 和 Tribble, 2004)。這種感官組合的教育優勢通常與減少…有關。

對使用者的工作記憶提出了更高的要求 (Paas 等人, 2003b；Sweller 等人, 1998)。但是，儘管關於使用工作記憶的研究很多，

雖然已有研究報告指出動畫教學獲得了學習者的正面回饋，但專門研究動畫在促進概念理解方面優勢的研究結果卻不盡相同（例如，Hegarty, 2004；Hutcheson、Dillon、Herdman 和 Wood, 1997）。

靜態影像很可能會被多次重新檢查 (Carpenter & Shah, 1998；Hegarty, 1992)，而影片中感興趣的影像元素則不然。

遊戲內容可能會隨著玩家遊玩而改變形狀、位置等，甚至完全消失。認知處理速度能否跟上這種變化可能是一個問題 (Bodemer、Ploetzner、Bruchmuller 和 Hacker, 2005；Lowe, 1999)。這是一個核心問題。

在 MEGA 的設計與使用。

3.4. 學生對遺傳學的理解

在本研究中，MEGA 創建了針對特定遺傳學概念，因此必須專注於一些先前的工作。

這項研究考察了學生對遺傳學的理解。儘管遺傳學在全球中學科學課程中佔有一席之地，而且

遺傳學在現代生物醫學、農業、法醫學和製藥業中至關重要，其重要性仍不容忽視。

從概念和語言學角度來看，教與學都比較困難 (Tsui & Treagust, 2007)。總的來說，以往的研究主要集中在…學生對核心遺傳學概念（例如DNA、RNA、基因、染色體、蛋白質、DNA複製、轉錄、翻譯和孟德爾遺傳）的理解表明，同時接觸宏觀和分子層面的對象和過程至關重要。

組織層次的差異以及缺乏與這些理念相關的直接具體經驗，使得他們的學習充其量也只能說是困難的 (Ba-har、Johnstone 和 Sutcliffe, 1999 ;Hackling 和 Treagust, 1984；Lewis 和 Wood-Robinson, 2000；Hackling 和 Ad, 2001 年 ;Stewart 和 Hafner ;Stewart 和 Hafner ;Stewart ;Stewart 和 Hafner ;Stewart ;1994)。

雖然一些研究人員（例如Kindfield ,1994 ;Malacinski & Zell ,1996 ;Peebles & Leonard ,1987 ;Rotbain ,Marbach-Ad 和 Stavy ,2006；Tsui 和 Treagust (2007)指出，由於模型（包括物理模型和電腦模型）的使用，人們對相關問題的理解有所提高，並且…

對大多數孩子來說，理解和有效解決遺傳學問題仍然是一個難題。這些概念上的困難也幫助論證本研究的重要性。

4. 研究方法

4.1 研究設計與樣本

這項準實驗研究採用了一種僅後測的控制組設計，其中處理組（或實驗組）扮演了一個…一項專注於核心遺傳學原理的大型綜合研究（MEGA）（該研究將在下一節中詳細描述）。該研究選取了美國東南部一所高中的四個普通生物學班級。這四個班級均由同一位教師授課。雖然沒有我們採用了正式的配對技術，並運用了判斷抽樣（便利抽樣的延伸）。這種方法使我們能夠利用熟悉該學生群體特徵的課堂教師的專業判斷。

在分配治療組時 (Fraenkel & Wallen ,1996)。研究人員和課堂教師共同審查了學生的…研究人員查閱了學生的檔案資料（例如成績單分數和州統考成績），並在小組作業前與他們討論了課堂表現和參與度。這種抽樣策略有助於確保在研究開始前選定的四個完整班級之間具有可比性。參與者的年齡在 14 歲至 18 歲之間。

在實驗組中，MEGA被引入學生的遺傳學單元複習中。66名學生（35名男生和31名女生）接觸了MEGA。學生們兩人一組，在學校的電腦上用MEGA進行一個90分鐘的練習。

電腦實驗室。有趣的是，儘管關於視頻遊戲和電腦遊戲的流行已有大量報道，但其中大部分內容…樣本報告稱，學生在校外不玩任何類型的遊戲。三個對照組或比較組共有 63 名學生（28 名學生）。其中男性 35 人，女性 35 人），使參與者總數達到 129 人。

值得注意的是，MEGA 僅用於遺傳學單元的複習，所有 129 名學生都體驗了「商業模式」。

通常的遺傳學教學。在這所學校，這種教學方式包括相當均衡的多種形式，例如全班講授、動手實踐探究式活動、小組和全班討論以及獨立練習。因此，學生群體之間的關鍵差異在於：

他們採用的單元複習方式是這樣的：實驗組玩MEGA遊戲，而對照組則複習材料。

透過獨立紙筆練習和全班討論。

4.2 幹預措施

本研究中使用的MEGA軟體的設計和建構旨在探討學生對系譜圖、孟德爾遺傳、血型等方面的理解。

透過以問題為基礎的犯罪現場調查解謎遊戲，運用DNA指紋辨識技術進行偵查。圖1為遊戲的代表性截圖。

遊戲的背景設定在一座大型宅邸，但學生們會被傳送到一個犯罪實驗室。背景故事是遊戲的關鍵組成部分。

MEGA 的遊戲設計向使用者介紹了 IM Megabucks 先生和 IM Megabucks 夫人。這兩個角色最近都去世了，留下來了…

遺囑中有一大筆遺產留給了多位親戚。不幸的是，他們在暴風雨中攀爬遊樂場的金屬滑梯時被閃電擊中身亡。當家人前來宣讀遺囑時，存放在保險箱裡的遺產卻被偷走了。

只有家庭成員才知道密碼。犯罪現場殘留少量血跡。唯一的其他線索是：

管家目睹了這起罪案。他看到一個戴著滑雪面罩的黑影提著一個大袋子（估計裝滿了東西）跑出房間。

（繼承遺產）。當蒙面竊賊衝過管家身邊時，那人豎起了大拇指。管家注意到這個人

拇指彎曲。

在遊戲過程中，IM Megabucks先生講述了他和妻子去世的故事。IM Megabucks太太則解釋了家庭成員之間的關係，以便玩家能夠建立家族譜系。其他主要角色包括：分發禮物的管家



圖 1. 本研究中所使用的 MEGA 的代表性螢幕截圖。

表1

課堂觀察規程的參與程度（2004 年）。

學生服從命令，不參與新學習[1]
學生依指示打開書本，整理材料
學生認真聆聽老師發出熟悉的指示——如何排隊，午餐時如何守規矩。
學生挪動桌子，排隊等候；老師重新佈置家具
學生正在學習[2]
學生練習的任務或常規操作已經示範或非常熟悉。
學生進行口頭總結/複習工作
學生依照老師的指示做筆記（抄寫黑板、投影機等上的內容）。
學生依照老師的指示閱讀課文；聆聽老師朗讀
學生積極參與學習[3]
學生檢視對作業或預期內容的理解
學生積極完成分配的任務，並遵循指示。
學生依照作業要求操作合適的材料。
學生閱讀指定文本，回答文本/教師提出的問題，展現出基本的理解能力。
學生主導探究/學術嚴謹性[4]
學生推理並解決問題
學生進行分析與綜合；學生將所學內容與其他課程或內容領域連結起來
學生獨立建立真實聯繫
學生運用了高水準的思考和理解能力
學生向老師/同學提出問題/討論深奧的內容

竊賊拇指彎曲的信息，以及幫助玩家提供有關拇指信息的調查員，每個家庭成員的拇指類型是什麼，以及幫助玩家將血液樣本送到犯罪實驗室的實驗室技術人員，以便…可以輸入文字，並在嫌疑人名單縮小後幫助玩家完成DNA指紋鑑定過程。接近尾聲時遊戲中，15名家庭成員在宅邸內排成一排，當玩家知道誰是罪犯後，他/她就可以上樓了。並選出罪魁禍首。

讀者應謹記，課堂教師是遊戲的主要作者/創建者。理論上，這有助於確保…本單元學習內容涵蓋的遊戲玩法、遊戲目標和遺傳學概念都很好地契合在一起。

4.3 資料來源與儀器

為了確保本研究中實驗組和對照組的等效性，我們統計了每位參與者在以下方面的平均成績：

計算並記錄了生物課程最後三份成績單。為了評估玩MEGA遊戲是否對學生產生了影響…

對參與者對嵌入式遺傳學概念的理解，以及在幹預後由教師編制的遺傳學單元測試（見附錄 A）中的成績，在各個治療組之間進行了比較。

此外，學生參與度評估採用了安納伯格教育學院的《課堂觀察協議》。

Reform (2004) 表1展示了這一框架。粗體類別代表參與程度及其對應的分數。

這些子類別顯示了學生可能採取的行動。兩位研究人員使用錄影帶觀察了學生的參與。

對參與 MEGA 遊戲的學生進行觀察，並對對照組進行課堂現場觀察。共觀察十八次（每兩分鐘一次）。

隨後進行編碼。透過雙重評分和近點評分法獲得觀察結果的評分者信度分數。

程序 (Allen & Yen, 1979 ;Crocker & Algina, 1986)。評分者得分的信度為89%。採用了近點法。

分析評分者可在可比較分數範圍內的一致性，精確到分。

表2

比較各治療組的遺傳學單元測驗成績。

	實驗組 (n = 66)		對照組 (n = 64)		U	p
	平均排名	排名總和	平均排名	排名總和		
遺傳學單元測驗分數	65.39	4315.50	65.62	4199.50	2104.50	.971

註：可能的得分範圍為 0 到 4 分。採用 Mann-Whitney U 檢定比較治療組。

表3

比較不同實驗組學生的參與度。

	實驗組 (36 次觀察)		對照組 (36 個觀察值)		U	p
	平均排名	排名總和	平均排名	排名總和		
課堂觀察規程	53.67	1932.00	19.33	696.00	30.00	0.000**

註：可能的得分範圍為 0 到 4 分。採用 Mann-Whitney U 檢定比較治療組。

** p < .01

4.4 數據分析

如前所述，為了確保各治療組之間的等效性，我們計算了每位參與者最後一次考試的平均成績。
我們計算了生物課程的三份成績單。該校學生的成績等級以字母等級表示，具體百分比如下：A = 90–100，B = 80–89，C = 70–79，D = 60–69，F = 低於 60。在我們的分析中，這些等級被編碼為：A = 4，B = 3，C = 2，D = 1，F = 0。遺傳學單元測試也採用了相同的編碼方案。學生分層旨在將學生分成各組，每組學生的成績與先前各組學生的成績相當。這種分層方法確保了並非所有高分學生都在同一組，也並非所有低分學生都在同一組。
成功人士則身處另一個境地。

由於產生的數據本質上是有序的，因此所有分析均採用非參數推斷統計方法。為了幫助確定參與遺傳學 MEGA 計畫是否影響了學生對遺傳學概念的理解，我們統計了乾預後單元測驗的分數。
使用曼-惠特尼 U 檢定比較各處理組之間的差異。此外，還使用曼-惠特尼 U 檢定顯著性分析了透過觀察參與者錄影和現場互動而獲得的學生參與度資料在各處理組之間的差異。

5. 結果與討論

本節首先介紹統計分析結果，然後對結果進行理論和實踐兩方面的解釋。
觀察到的結果顯示，各處理組的平均成績單分數在統計上沒有顯著差異，這表明學生入學時的表現與對照組沒有顯著差異。
這項研究旨在檢視學生對科學概念的相似理解。直接比較學生在遺傳學單元測驗中的得分。
幹預後結果表明，不同治療組的測試分數分布沒有顯著差異（見表 2）。

學生參與度數據分析結果（表 3）表明，實驗組學生的參與度更高。
然後是對照組學生。

5.1 教育遊戲的固有複雜性

由於將電子遊戲作為教學工具在教育研究領域開闢了新天地，因此更全面地了解人們如何玩電子遊戲變得越來越重要。由於幹預週期相對較短，因此可能無法…
令人驚訝的是，本研究中所使用的認知評估並未發現具有統計意義的差異。大多數「遊戲玩家」必須他們必須反覆玩某個遊戲，花費大量時間，才能學會如何在虛擬世界中有效地導航和應對，更不用說學習了。
遊戲內嵌入的內容。由於學生參與者只接觸過一次 MEGA，因此可以說他們的大部分體驗都來自遊戲本身。
玩家花時間探索周圍環境，熟悉遊戲玩法。這種策略在遊戲玩家中並不罕見。然而，值得注意的是，目前正在開發一些微型遊戲，例如本文所述的 MEGA，以確保玩家能夠在短時間內學習。
接觸遊戲玩法。從參與度結果來看，我們可以確定學生參與者完全沉浸在學習環境中。由於學生被迫將遺傳學知識應用於真實情境，一定程度的認知衝突可能導致學生質疑他們在教學單元其他活動中學到的知識，這可能阻礙了學習。

單元測驗結束時的成績。

學習不僅存在於遊戲內部，也存在於遊戲之外。學習電子遊戲本身就是一種文化薰陶行為。
這不僅包括學習遊戲機制，還包括學習如何應對遊戲環境、術語和慣例。
遊戲玩家及其開發者的設計選擇。Gee (2003) 將這些參與程度分別稱為內部參與。
以及特定領域的外部設計語法。這些設計語法存在於任何給定的符號學領域（該術語用於描述不同的、具身的語境、環境屬性矩陣以及至關重要的社會實踐，在這些實踐中，符號被賦予不同的意義，並且人們能夠理解這些符號）。從籃球比賽到考古挖掘 (Craft, 2004; Gee, 2003)。電子遊戲

讓遊戲玩家以傳統教學方式無法實現的方式模擬、學習和管理設計語法。這本身可能會導致…
強大但「混亂」（就我們評估它的能力而言）的學習。

5.2 學習評估

這些認知結果對評估學生在這些新型沉浸式學習環境中的學習情況提出了關鍵問題。
例如，3D 感官豐富的教學介入與「測驗」之間是否存在根本性的不匹配？2D 書面論文是否也能起到類似的作用？
鉛筆認知評估能否反映出各治療組之間實際存在的學習/表現差異？
或許更恰當的學生學習評估方法是讓他們創作自己的原創教育遊戲，然後再進行評估。
部分評估依據是其科學準確性。然而，這些研究人員認為，使用教師自編的測試，可以提供更全面的資訊。
真實性評量是指學生和教師在課堂上使用的評量方法。如果我們作為研究人員的目標是無縫地評估介入措施，那麼真實性評估就適用於學生和教師在課堂上使用的評估方法。
在真實情境下使用經過驗證的測量工具可能並非總是最佳的測量方式。這位老師曾經使用過這種測驗。
歷時三年，所有題目均來自北卡羅來納州發布的期末標準化考試。

對觀察到的結果的另一種解釋考慮了「教師效應」。本研究的主要目的是衡量這種創新幹預措施（與「常規」教學相比）的有效性，而研究結果可以合理地歸因於…的影響。

專家教師。也就是說，認知評估項目上各治療組之間沒有顯著差異的結果可能這可能是因為所有研究參與者一開始就接受過良好的教育，這或許削弱了教學效果。
MEGA。據推測，高品質的教學與早期採用教學技術之間存在著關聯 (Jacobsen, 2000)。
顯然，未來在該領域的研究應嘗試仔細地將科技對學生學習的影響與認知能力的影響區分開來。
優秀教師的影響。

5.3. 衡量學生參與度

參與度是一個多維且動態的概念。Fredricks, Blumenfeld 和 Paris (2004) 提出了學習者的三個向度。
參與度。它們包括認知參與（定義為學習者對學習的心理投入、努力運用學習策略、深度參與）。

學生的學習投入包括三個面向：思考和對學業的投入、情感投入（指學習者對他人的情感反應以及與學校社區的聯繫）以及行為投入（指積極參與學校和學業活動，例如專注、堅持不懈以及提問和回答問題）。儘管Fredricks等人（2004）將學生的學習投入分為三類，但他們認為，將這些類別「融合」起來，才能更深入、更全面地了解學生的學習投入。

我們承認，僅憑動機和參與度並不能確保成就，但認知參與度確實在價值觀和需求與學習和成就之間的關係中起著調節作用。Blumenfeld、Kempler 和 Krajcik (2006)指出，學習環境的四個特定特徵真實性、探究性、協作性和技術對動機和認知參與度有著影響和挑戰。他們認為，科技作為一種“誘餌”，能夠激發學習者的參與熱情，從而起到激勵作用。

5.4 電子遊戲作為課程工具

最近的其他研究表明，玩電腦遊戲作為一種課程工具，具有巨大的潛力來激勵和吸引各個年齡段的兒童進行深度學習（Barab 等人，2005），但是 3D 多人虛擬環境（3D MUVE）中的干擾因素，以及學習者面臨的困難，實際上可能會導致缺乏參與度（Lim、Nonis 和 Hedberg，2006）。

Blumenfeld 等人（2006）也指出，學習環境的這些特徵或許能夠激發學生的學習動機，但可能僅僅起到「吸引」作用，而無法維持學生的興趣。設計者和教師需要探索如何克服“新奇效應”，從而在不犧牲高品質認知參與（這是意義建構所必需的）的前提下，實現學生持續的學習動機。

此外，本研究結果表明，MEGA遊戲或一般意義上的電子遊戲可能並非複習內容的最佳選擇，而更適合作為導入環節，激發學生的學習興趣和注意力。在教學序列的這個階段，它們可以作為預先評估，用來衡量學生已有的知識水準。之後，學生可以再次游玩 MEGA 遊戲複習，教師則可以評估學生的學習進步。

6. 結論

本研究的統計結果表明，儘管玩電腦版 MEGA 遊戲的學生在課堂上更加投入，但他們對所講授的遺傳學概念的理解並沒有顯著提高。這項發現雖然令人有些失望，但不應因此而否定這項新興技術的應用。相反，它更凸顯了進行進一步研究的緊迫性，旨在探討並記錄這項技術對學生認知能力的影響。

我們在此提醒讀者，認知加工只是影響有效學習的因素之一；情緒影響和動機因素也應予以考慮（Schnottz，2002）。也就是說，如果新興的創新技術（例如教育遊戲）更能吸引學生，更能激發他們的學習興趣，並且學生也因此更有動力與這些學習環境互動更長時間，而不是使用傳統的印刷材料，那麼這本身就足以證明使用這些新技術並對其進行更深入研究的合理性。

7. 謹慎樂觀

遊戲並非萬能藥。教育遊戲或許應該更注重技能培養，而非僅僅圍繞著引人入勝的故事情節。這種方法已在其他嚴肅遊戲中成功應用，例如為軍事和醫療領域開發的遊戲（Dugdale、Pallamin 和 Pavard，2006；Macedonia，2000）。遊戲設計需要考慮四個元原則來支持知識整合：使科學易於理解、使思考過程可視化、幫助學生相互學習、促進自主學習（Linn，2004）。更具挑戰性的是，遊戲設計需要跳脫傳統的線性內容創作模式——這對許多教師來說是一種反直覺的做法（Morrison 和 Aldrich，2003）。

建構和使用 MEGA（大型綜合教學系統）可能是一項值得投入的工作，因為課堂教師可以自行設計和構建，我們認為這有助於課程的連貫性並提高教師的參與度。然而，將任何新概念或教學法融入教學都需要深入且持續的專業發展。當然，我們需要更加關注如何更好地為早期採用者提供技能和支持，以便他們將 MEGA 融入自身的教學實踐中。

電子遊戲在課堂教學中的潛在角色日益凸顯，但遊戲的設計和評估標準仍需建立。本研究旨在初步闡明這些標準。遊戲設計應專注於嵌入的教學內容，並減少對學習過程無益的動畫、文字和音訊的過度依賴。此外，如果遊戲能夠激發學生的學習興趣，那麼我們有理由相信學生能夠透過遊戲學習。學生的學習時間是影響其學業成績的最重要因素（Farragher & Yore，1997；Tobin，1986）。學習過程中至關重要的是我們能否有效地利用學生的注意力和參與度，幫助他們更深入地理解複雜的科學概念。如果能夠做到這一點，那麼遊戲教學便可發揮其應有的作用。

致謝

我們要感謝參與的老師 Maya Schultz 女士以及美國北卡羅來納州東教堂山高中的各位好心人。本資料基於美國國家科學基金會（NSF）資助計畫（項目編號：0525115）的研究成果。本資料中所表達的任何觀點、發現、結論或建議均為作者的觀點，不一定反映美國國家科學基金會的觀點。

附錄

2006-2007學年第三季生物學評估說明：請在提供的答案卡上標記您的選擇。請勿在試卷上書寫。

1. 在 $Rr \times Rr$ 的雜交中，子代均為 A. Rr
B. 所有 RR C. $\frac{1}{2} Rr$ D. $\frac{1}{2} rr$

使用下面的旁氏表回答問題 21 和 22。

AABB	AABb	AaBB	AaBb	
AABb	AAbb	AaBb	Aabb	
AaBB	AaBb	aaBB	aaBb	
AaBb	Aabb	aaBb	aabb	

2. 產生這些後代的父母的基因型是什麼？
A. $AABB$ 和 $aabb$ B. $AaBb$
和 $aabb$ C. $aaBB$ 和 $AAbb$ D. $AaBb$
和 $AaBb$

3. 後代同時表現出兩種性狀的顯性表型的機率是多少？

- A. $9/16$ B. $4/16$ C. $3/16$ D. $1/16$

4. 一位親代的基因型為 $AaBB$ ，這位親代會產生哪些配子？
A. Aa 和 BB B. AB 和 AB C. AB 和 aB D. 僅 AB

5. 可以將表現出顯性表現型的個體與下列哪項雜交來確定其基因型？ A. 純合顯性個體 B. 隱性個體
C. 雜合子個體 D. 不同物種

使用下面的旁氏表回答問題 6 和 7。

T t

		盒子 1	盒子 2
t			
t		盒子 3	盒子 4

6. 對於上面的旁氏表， T 代表高個子等位基因， t 代表矮個子等位基因。方格 3 中的基因型是什麼？

- A. TT D. 高個子 B. tt C. Tt

7. 對於上述旁氏表，假設這對父母有 10 個子女，而且這些子女都很高，那麼他們的下一個子女也是高的機率是多少？

- A. 100% B. 75% C. 50% D. 25%

8. 血型為 AB 的人表現出下列哪一種遺傳模式？
A. 優勢 B. 隱性 C. 共顯性 D. 性連鎖

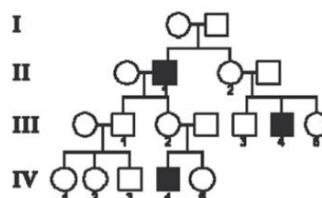
9. 在兔子中，黑色毛（B）對棕色毛（b）為顯性。雜合子兔子的表型是？

- A. Bb B. BB C. 布朗 D. 黑

10. 如果你想快速了解鳥類羽毛的表型，你應該

- A. 分析它的DNA B. 觀察它
的羽毛 C. 觀察牠吃什麼 D. 檢
查它的糞便

請使用以下系譜圖回答問題 11 – 12。



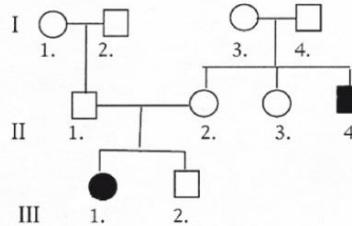
11. 分析上述系譜圖，這種疾病最可能的遺傳模式是什麼？

- A. 體染色體顯性遺傳 B. 性連鎖
顯性遺傳 C. 體染色體隱性遺傳 D. 性連鎖
隱性遺傳

12. 在第三代中，個體#2的基因型是什麼？

- A. $XDXd$ B. $XDXD$ C. Dd D. dd

請使用以下系譜圖回答問題 13-14。



13. 上述系譜圖中所示性狀的可能遺傳模式為何？

- A. 體染色體顯性遺傳 B. 性連鎖
顯性遺傳 C. 體染色體隱性遺傳 D. 性連
鎖隱性遺傳

14. 第一代第 3 號個體的基因型是什麼？

- A. XaXa B. XAXa C. Aa D. aa

15. 桑迪瓦爾先生是B型血，桑迪瓦爾太太是AB型血。他們有三個親生子女和一個養子女。歐文是O型血，瑪莉是AB型血。

蘇西是A型血，卡爾是B型血。哪個孩子是領養的？

- A. 歐文 C. 蘇西 D. 卡爾 B. 瑪麗

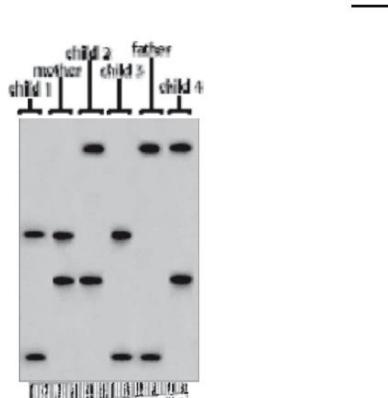
16. 人類有

- A. 22對常染色體和1對性染色體 B. 23對常染色體和1對性染色體 C. 44對常
染色體和2對性染色體 D. 21對常染色體和2對性染色體

17. 下列何者最能描述心臟病和高膽固醇等疾病？

- A. 它們完全是遺傳性的。
B. 它們完全是環境友善的。
C. 它們是遺傳因素和環境因素共同作用的結果。
D. 沒有人知道人們為什麼會患上這些疾病。

18. 圖中顯示了一對男女及其四個孩子的DNA指紋分析結果。請問，哪個孩子（如果有話）不可能是父親的親生子女？



- A. 孩子 1 B. 孩
子 2 C. 孩子 3
D. 孩子 4 E. 所
有孩子都可能
是父親的親生子女

19. 觀察上面的凝膠圖，如果凝膠頂部是 DNA 上樣的位置，那麼最大的片段位於哪裡？

- A. 在頂部 B. 底部 C. 均勻分佈於整個凝膠中 D. 在中間

20. 含有來自其他物種基因的生物體稱為

- A. 基因改造生物
B. 誘變生物 C. 供體生物 D. 逆轉錄生物

21. 將健康基因的拷貝植入缺乏相應基因的細胞中來嘗試治癒遺傳疾病的過程被稱為：A. 基因療法 B. DNA指紋圖譜

C. 快速定序 D. 人類基因組計劃

22. 要進行DNA指紋鑑定，您需要嫌疑人的DNA樣本。您可以從以下途徑獲得DNA：

A. 精子 B. 毛髮 C. 皮膚細胞 D. 白血球 E. 以上全部

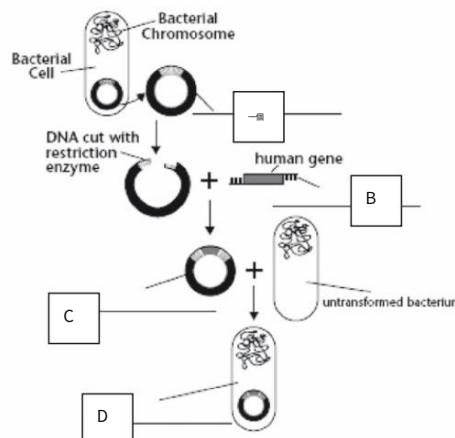
使用以下細菌轉化圖回答問題 23-25。

Bacterial Transformation

During transformation, plasmids are taken out of bacterial cells. Plasmids are small circular pieces of bacterial DNA. These plasmids are cut using restriction enzymes. A foreign gene is inserted into the plasmids. The plasmids, which are now recombinant DNA, are then inserted into other bacteria cells.

Use the words below to label the diagram.

foreign DNA plasmid	recombinant DNA transformed bacterium
------------------------	--



23. 上文哪一個字母代表重組質粒？

24. 上文哪一個字母代表會產生所需蛋白質的細胞？

25. 下列哪一項不是圖中所示製程所生產的產品？

A. 胰島素 B. 人類生長激素 C. 抗蟲玉米 D. 克隆羊

參考

- Ahlfeldt, S., Mehta, S., & Sellnow, T. (2005). Measurement and analysis of student engagement in university classes where different levels of PBL methods of instruction are in use. *高等教育研究與發展*, 24(1), 15-20。
- Allen, MJ 與 Yen, WM (1979). *測量理論導論*. Brookes Cole。
- 安納伯格學校改革研究所 (2004). *課堂觀察規程*. 2006年2月24日自 http://www.annenberginstitute.org/images/class_obs.pdf 檢索。
- 作者 (2006). *戲劇遊戲：將電子遊戲融入課堂*. 《教育季刊》。
- 作者 (即將出版). *連結現實與虛擬實境：探究性別因素與學生參與度對小學電子遊戲學習的影響*。《國際科學教育期刊》。
- Baddeley, A. (1999). 人類記憶：波士頓·麻薩諸塞州 Allyn & Bacon。doi:10.1080/09500690801968656。
- Bahar, M., Johnstone, AH, & Sutcliffe, RG (1999). 以字詞聯想測驗調查學生在小學遺傳學中的認知結構。《生物學雜誌 教育》, 33, 134-141。
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). 讓學習充滿樂趣：Quest Atlantis –一款沒有槍的遊戲。《教育科技研究與開發》，53(1), 86-107。
- Belanich, J., Sibley, DH, & Orvis, KL (2004). 以電腦為基礎的遊戲的教學特徵和激勵因素。維吉尼亞州亞歷山大：美國陸軍研究機構 行為與社會科學。
- Blumenfeld, PC, Kempler, TM, & Krajcik, JS (2006). 學習環境中的動機與認知參與。載於 RK Sawyer (編), 《劍橋學習手冊 學習科學》(第 475-488 頁)。紐約劍橋：劍橋大學出版社。
- Bodemer, D., Ploetzner, R., Bruchmüller, K., & Hacker, S. (2005). 透過主動整合表徵來支援互動式多媒體學習。《教學科學》, 33, 73-95。
- Bowman, RF (1982). 吃豆人動機理論：對課堂教學的策略性啟示。《教育技術》, 22(9), 14-17。
- Britain, S. 與 Liber, O. (2000). 虛擬學習環境教學評估架構 (第 41 號)。JISC 科技應用 (JTAP) 計畫。
- Bunge, SA, Klingberg, T., Jacobsen, RB, & Gabrieli, JDE (2000). 執行工作記憶神經基礎的資源模型。《美國國家神經科學學會會刊 美國科學》, 97(7), 3573-3578。

- Carpenter, PA, & Shah, P. (1998). 圖形理解中的知覺與概念過程模型。《實驗心理學雜誌·應用》, 14, 75-100。
- 新媒體聯盟。(2005)。地平線報告 (ISBN 0-9765087-0-2)。加州史丹佛。
- Craft, J. (2004). 電子遊戲能教我們關於學習和讀寫能力的綜述。《電子素養動態》, 8。
- Crocker, LM, & Algina, J. (1986). 古典與現代測驗理論導論。Harcourt Brace Jovanovich College Publishers。
- deCastell, S., & Jenson, J. (2004). 專注於注意力:學習的新經濟。《教育理論》, 54(4), 381-397。
- Dede, C. (2005). 為新千禧世代的學習風格進行規劃 [電子版]。Educause, 28, 11, 2005年3月17日自www.educause.edu/apps/eq/eqm05/eqmo511檢索。
- Dede, C., Ketelhut, DJ 與 Ruess, K. (2002). 基於博物館的多用戶虛擬環境原型中的動機、可用性和學習成果。載於 P. Bell, R. Stevens 和 T. Satwicz (編), 保持學習的複雜性:第五屆國際學習科學會議論文集。Mahwah, NJ: Erlbaum。
- Dede, C., Salzman, M. 與 Loftin, B. (1999). 多感官沉浸作為學習複雜科學概念的建模環境。載於 W. Fuerzeig 與 N. Roberts (編), 科學與數學教育中的建模與模擬。紐約:施普林格出版社。
- Dugdale, J., Pallamini, N., & Pavard, B. (2006). 混合環境環境的評估:邁向民族方法論方法。《模擬與學習》, 37(2), 226-244。
- Edelson, DC, Gordin, D. 與 Pea, R. (1997年3月20日至24日)。利用專家調查工具創建科學學習工具:一個設計框架。論文發表於伊利諾州奧克布魯克舉行的全國科學教學研究協會年會。
- Farragher, P., & Yore, LD (1997). 嵌入式監控與調節設備對高中生透過文本學習科學的成績的影響。《學校科學與數學》, 97(2), 87-95。
- Fraenkel, JR 與 Wallen, NE (1996)。如何設計和評估教育研究。紐約:麥格勞-希爾出版社。
- Fredricks, J., Blumenfeld, P., & Paris, A. (2004). 學校參與:概念的潛力、證據現狀。《教育研究評論》, 74, 59-109。
- Gardner, H. (1993). 心智架構:多元智慧理論。紐約:基礎書籍出版社。
- Gee, JP (2003). 電子遊戲能教我們什麼關於學習的知識。紐約:帕爾格雷夫出版社。
- Gee, JP (2005). 透過設計學習:優秀的電子遊戲作為學習機器。《電子學習》, 2(1), 5-16。
- Hackling, MW 與 Treagust, DF (1984)。對十年級高中遺傳學課程進行有意義的審查所需的研究數據。《科學教學研究期刊》, 21, 197-209。
- Heath, B., Herman, R., Lugo, G., Reeves, J., Vetter, R., & Ward, CR (2005). 發展支持虛擬教育社群的行動學習環境。《教育科技視野》線上期刊, 32(8), 112-132。
- Hegarty, M. (1992). 理解的機制與對機制的理解。載於 K. Rayner (編), 眼動與視覺認知:場景感知與閱讀。紐約:施普林格出版社。
- Hegarty, M. (2004). 動態視覺化與學習:解決難題。《學習與教學》, 14(3), 343-351。
- Hutcheson, TD, Dillon, RF, Herdman, CM, & Wood, J. (1997). 動畫化或不動畫化,這是一個問題。論文發表於人類因素與人體工學第41屆年會-1997年:阿爾伯克基。
- Jacobson, M. (2000). 優秀教學與教學科技的早期採用者。載於 J. Bourdeau 與 R. Heller (編), 世界教育會議論文集:多媒體、超媒體與電信 2000 (第 486-491 頁)。維吉尼亞州切薩皮克:AACE。
- Jayakanthan, R. (2002). 電腦遊戲在教育領域的應用。《電子圖書館》, 20(2), 98-102。
- Jones, MG, (1998年2月18日至22日)。創建電子學習環境:遊戲、流程和使用者介面。論文發表於美國教育傳播與技術協會(AECT)全國大會:密蘇裡州聖路易斯。
- Just, MA 與 Varma, S. (2002)。工作記憶的混合架構:對 MacDonald 與 Christiansen (2002) 的回應。《心理學評論》, 109(1), 55-65。
- Ketelhut, DJ (2006)。自我效能感較高的學生是否表現出更強、更多樣化的科學探究技能:一項在多用戶「河城」中的探索性調查。虛擬環境:哈佛大學未出版的博士論文。
- Kindfield, ACH (1994). 理解一個基本的生物學過程:減數分裂的專家和新手模型。《科學教育》, 78, 255-283。
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). 基因、染色體、細胞分裂和遺傳—學生能看出它們之間的關聯嗎?《國際科學教育雜誌》, 22, 177-195。
- Lim, CP, Nonis, D., & Hedberg, J. (2006). 3D 多人虛擬環境中的遊戲:激發學生參與科學課程。《英國教育科技雜誌》, 37(2), 211-231。
- Linn, MC (2004)。利用資訊通信技術進行科學教學和學習。載於 R. Holliman 和 E. Scanlon (編), 透過資訊與通訊科技促進科學學習。倫敦:Routledge Falmer。
- Lowe, RK (1999). 在複雜的視覺學習過程中從動畫中擷取資訊。《歐洲教育心理學雜誌》, 14, 225-244。
- Macedonia, M. (2000). 兵士玩的遊戲。IEEE Spectrum, 39(3), 32-37。
- Malacinski, GM, & Zell, PW (1996). 操縱「看不見的」:使用廉價模型學習分子生物學。《美國生物學教師》, 58, 428-432。
- Marbach-Ad, G. (2001). 嘗試破解學生對遺傳概念理解的密碼:生物教育雜誌, 35, 183-189。
- Mayer, RE 與 Moreno, R. (2003)。降低多媒體學習中認知負荷的九種方法。《教育心理學家》, 38(1), 43-52。
- Moreno, R. (2002). 誰最擅長使用多種表徵進行學習?認知理論對多媒體學習中個別差異的啟示。論文發表於 2002 年 ED-MEDIA 世界教育多媒體、超媒體與遠距通訊大會:科羅拉多州丹佛市。
- Morrison, JL 與 Aldrich, C. (2003)。模擬與學習革命:對 Clark Aldrich 的訪談。《Vision》。
- Munger, D. (2005). 電子遊戲能促進學術學習嗎? [電子版] 認知日報。2005年4月20日取自http://scienceblogs.com/cognitivedaily/2005/04/can_video_games_stimulate_acad.php#更多。
- Nelson, BC 與 Ketelhut, DJ (2007)。教育多用戶虛擬環境中的科學探究。《教育心理學評論》, 19, 265-283。
- Newell, A. 與 Simon, H. (1972)。人類問題解決:恩格爾伍德克利夫斯:新澤西州:普倫蒂斯霍爾。
- Oblinger, DG 與 Oblinger, JL (2005)。教育網路世代。
- Ota, KR 與 DuPaul, GJ (2002)。注意力不足過動症兒童的任務參與度和數學表現:補充電腦的影響。指導:學校心理學季刊, 17(3), 242-257。
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003a). 認知負荷理論與教學設計:最新進展。《教育心理學家》, 38(1), 1-4。
- Paas, F., Tuovinen, JE, Tabbers, H., & Van Gerven, PWM (2003b). 認知負荷測量作為推進認知負荷理論的一種手段。《教育心理學家》, 38(1), 63-71。
- Paivio, A. (1986). 心理表徵:雙重編碼方法。紐約:牛津大學出版社。
- Peebles, P., & Leonard, WH (1987). DNA結構與功能教學的實務方法。《美國生物學教師》, 49, 436-438。
- Ploetzner, R., & Lowe, RK (2004). 動態視覺化與學習:學習與教學, 14(3), 235-240。
- Prensky, M. (2001). 數位遊戲式學習。紐約:麥格勞-希爾出版社。
- Rickard, W., Oblinger, D. (2004年9月9日至10日, 2003年)。高等教育領導者研討會:釋放遊戲技術的潛力。在華盛頓州雷德蒙德舉行的高等教育領導者研討會上發表的論文。
- Rieber, LP, Tzeng, S.-C., & Tribble, K. (2004). 電腦模擬中的發現式學習:表徵和解釋:找到合適的組合:學習與指導, 14(3), 307-323。
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2006). 珠子和插圖模型對高中生分子遺傳學成績的影響。《分子遺傳學研究期刊》。科學教學, 43(5), 500-529。
- Schnotz, W. (2002). 邁向從文本和視覺展示中學習的綜合視角。《教育心理學評論》, 14, 101-120。
- Shernoff, DJ, Csikszentmihalyi, M., Schneider, B., & Shernoff, ES (2003). 從心流理論的角度看高中課堂中學生的參與度。《學校心理學季刊》, 18(2), 158-176。
- Squire, K. (2002). 電腦/電玩遊戲的文化架構。《國際電腦遊戲研究雜誌》, 2(1)。
- Srinivasan, S., & Crooks, S. (2005). 科學學習環境中的多媒體:教育多媒體與超媒體雜誌, 14(2), 151-167。
- Stewart, J. 與 Hafner, R. (1994)。問題解決研究:遺傳學。載於 DL Gabel (編), 《科學教學與學習手冊》(第 284-300 頁)。紐約:麥克米倫。
- Sweller, J., Merriënboer, JJGV, & Paas, FGWC (1998). 認知架構與教學設計。《教育心理學評論》, 10, 251-296。
- Taradi, SK, Taradi, M., Radic, K., & Pokrajac, N. (2005). 將基於問題的學習與網絡技術相結合:對酸鹼理論中學生的學習成果產生了積極影響。《生理學:高級生物教育雜誌》, 29, 35-39。
- Tobin, K. (1986). 學生在過程導向科學活動中的任務參與與成就。《科學教育》, 70(1), 61-72。
- Treagust, DF, Chittleborough, G., & Mamialo, TL (2002). 學生對科學模型在科學學習中的作用的理解。《國際科學教育期刊》, 24(4), 357-368。

- Trotter, A. (2005). 儘管充滿吸引力，但利用電子遊戲學習並非易事[電子版]。《教育週刊》，25，1-19。2005年11月3日取自
<http://www.edweek.org/ew/articles/2005/11/02/10games>。
- Tsui, C.-Y., & Treagust, DF (2003). 具有多種外在表徵的遺傳推理。《科學教育研究》，33，111-135。
- Tsui, C.-Y., & Treagust, DF (2007). 理解遺傳學：中學生概念狀態分析。《科學教學研究雜誌》，44(2)，205-235。
- 維高斯基，L.S. (1967). 遊戲及其在兒童心理發展中的作用。《蘇聯心理學》，5（3），6-18。
- Wilder, LK, Black, Sharon. (2001). 將科技融入有情緒/行為障礙兒童/青少年的專案開發中。
- Winn, W. (2002). 教育科技研究的最新趨勢：學習環境的研究。《教育心理學評論》，14(3)，331-351。
- Yee, N. (2006). 大型多人線上圖形環境使用者的統計特徵、動機和衍生體驗。《存在：遠端操作員與虛擬環境》環境，15，309-329。
- 餘福元 (2001). 合作競爭教學策略的思考：理論基礎與實證研究。《中華大學學報》，51，181-196。