

情绪教学代理对多媒体学习的影响：一项元分析研究

宋迎吉, 郑玉玮, 李 辉

济南大学教育与心理科学学院, 山东 济南

收稿日期: 2025年3月9日; 录用日期: 2025年4月28日; 发布日期: 2025年5月13日

摘 要

情绪教学代理作为一种嵌入在多媒体课程中的角色形象, 对学习者的学习体验和表现具有重要影响。然而, 先前关于情绪教学代理影响的研究结果存在不一致性。为此, 本研究采用元分析方法, 系统考察了情绪教学代理对多媒体学习者学习表现及认知负荷的影响, 并深入探讨了可能导致以往研究结果不一致的调节因素。本研究共纳入符合标准的文献22篇, 涉及总样本量2681人, 生成了160个效应量。研究结果显示, 情绪教学代理能够显著提升保持成绩($g = 0.31$)、迁移成绩($g = 0.26$), 并降低内在认知负荷($g = -0.13$), 但对外在认知负荷($g = -0.03$)和相关认知负荷($g = 0.04$)的影响不显著。进一步的调节因素分析揭示, 情绪教学代理对多媒体学习的影响受代理的特征(如外观和声音类型)、被试特征(如女性占比)以及学习材料特征(如学科领域)的调节。

关键词

情绪教学代理, 多媒体学习, 元分析

The Impact of Emotional Pedagogical Agents on Multimedia Learning: A Meta-Analysis

Yingji Song, Yuwei Zheng, Hui Li

School of Education and Psychology, University of Jinan, Jinan Shandong

Received: Mar. 9th, 2025; accepted: Apr. 28th, 2025; published: May 13th, 2025

Abstract

Emotional pedagogical agents, as character images embedded in multimedia courses, have a significant impact on learners' learning experiences and performance. However, previous research findings on the effects of emotional pas have been inconsistent. Therefore, this study employed a meta-

analysis approach to systematically examine the influence of emotional pas on multimedia learners' learning performance and cognitive load, and to delve into the moderating factors that may contribute to the inconsistencies in previous research results. A total of 22 studies meeting the inclusion criteria were included in this study, involving a total sample size of 2681 participants, and 160 effect sizes were generated. The results indicated that emotional pas can significantly improve retention scores ($g = 0.31$) and transfer scores ($g = 0.26$), and reduce intrinsic cognitive load ($g = -0.13$), but their effects on extrinsic cognitive load ($g = -0.03$) and germane cognitive load ($g = 0.04$) were not significant. Further moderating factor analysis revealed that the influence of emotional pas on multimedia learning is moderated by the characteristics of emotional pas (such as appearance and voice type), participant characteristics (such as the proportion of females), and learning material characteristics (such as subject area).

Keywords

Emotional Pedagogical Agents, Multimedia Learning, Meta-Analysis

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着多媒体教育技术的普及和发展,多媒体学习在学生学习中的地位日益凸显。但在实践以及实验研究中,研究者发现,相较于传统的面对面教学,以计算机为基础的多媒体学习环境往往使学习者因缺乏与他人的交流互动而感到孤独和缺乏存在感(Searls, 2012),进而导致学习动机下降、学习体验不佳。教学代理作为一种能够通过言语和非言语形式进行交流、提供教学信息的生动人物形象(Lin et al., 2013),被引入以解决这个问题。研究者发现,教学代理可以扮演教师或同伴的角色,帮助学习者在多媒体学习过程中感受到与人的交流互动(Mayer & Dapra, 2012),从而激活学习者的社会反应,促使他们采用更深层次的加工策略,进而提高学习效果(Mayer et al., 2003)。

情绪设计是指对网络学习材料和学习环境中的要素进行设计,旨在激发学习者的积极情绪,进而促进他们的学习和认知技能的发展(Um et al., 2012; Plass & Kaplan, 2016)。鉴于需要开发并利用更为精细的教学设计策略来使学习者在整个在线学习过程中保持持续的动力(Horovitz & Mayer, 2021),教学代理领域的研究者开始将情绪元素融入教学代理的设计之中。情绪教学代理即通过面部表情、声音、肢体动作以及言语信息等多种方式,来影响学习者情感体验的教学辅助角色(Guo & Goh, 2015)。

1.1. 情绪代理对学习表现的影响

越来越多的证据表明,情绪代理能够促进学习者的保持成绩或迁移成绩(Liew et al., 2017; Wang et al., 2021; Ba et al., 2021; Schneider et al., 2022)。例如, Schneider 等人(2022)研究了情绪 PA 是否会对多媒体学习环境中的学习者的认知结果产生积极影响。结果表明,情绪代理(微笑、简短的皱眉)比中性代理(保持静止,无明显动作)有更好的学习表现。Wang 等人(2021)调查了在促进大学生在线学习方面,由热情代理指导的视频讲座是否比由中性代理或纯音频(即中性的声音)指导的视频讲座更好。结果发现,热情代理组的学习者在迁移成绩上的表现显著优于中性代理和中性语音组的学习者。

有两种理论可以解释为何情绪代理能够促进学习。情绪反应理论提出,教师的语言和非语言交流方式能够影响学习者的情绪反应,进而影响其行为(Mottet et al., 2006)。具体而言,学习者的情绪状态会决

定他们在学习过程中是倾向于接近还是回避特定主题或教师。当教师的言语或非言语线索能够引发学习者的积极情绪时,学习者就会表现出对学习的趋近行为。因此,情绪反应理论认为,情绪代理可以通过指导学生的接近行为,激励他们更积极地参与学习,从而取得更好的学习表现(Liew et al., 2017)。多媒体认知情感理论(CATLM)认为,学习过程中激活的情感动机状态会通过增加或减少认知投入来影响学习(Moreno & Mayer, 2007)。基于 CATLM, Horovitz 和 Mayer (2021)提出了认知-情感模型,该模型认为,展示积极情感状态的教师可以促使学生更加努力地参与认知处理,最终提高学习表现。

然而,一些研究表明,情感代理并不总能有效促进学习(Guo et al., 2014; Thompson & McGill, 2017; Guo & Goh, 2016)。基于认知负荷的理论,人类工作记忆在处理学习信息时存在资源限制(Pass et al., 2003; Sweller et al., 2019)。具体来说,当学生学习过程中伴随着过于热情的情绪代理时,他们不仅需分配认知资源以理解学习内容,还需要额外处理代理的情绪信息,这无疑增加了学习者的认知负荷。此种与学习内容本身无关的额外认知负担可能对学习过程产生干扰。进一步地,干扰理论(Moreno et al., 2001)提出,代理情绪可能作为与学习材料无关的信息源,分散学习者的注意力,进而对学习者的加工和处理核心学习材料产生负面影响。

1.2. 情绪代理对认知负荷的影响

依据 John Sweller 等学者的理论,认知负荷可分为内在、外在和相关三类。内在认知负荷由学习材料本身决定,反映任务难度;外在认知负荷源于教学材料设计或呈现方式,是额外负担;相关认知负荷则通常与学习者的动机、兴趣有关,是有助实现教学目标的积极心理负荷,认知负荷理论提倡应通过精心设计教学信息和优化呈现方式,最大限度减少不必要的信息加工与编码,减少外在认知负荷,同时,应充分激发学习者的内在动机和兴趣,增加相关认知负荷,从而有效提升学习者的学习效果。

情绪代理对学习者的认知负荷的影响,与其对学习表现的影响相似,目前研究结论尚未统一。一些研究(董洪宁, 2021; 李维姿, 2022; Liew et al., 2022b)虽未证实代理热情声音在增加相关认知负荷上的优势,但却发现其能降低内在或外在认知负荷。然而,有研究则证实了情绪代理在增加相关认知负荷方面的优势,却并未发现其能降低内在或外在认知负荷(谢科, 2020)。此外,还有研究(Liew et al., 2017; Liew et al., 2020; 封晓伟, 2020; Lang et al., 2022; Schneider et al., 2022; Wang et al., 2023a)表明,情绪 PA 在减少内外认知负荷或增加相关认知负荷上并无明显优势。

1.3. 影响情绪代理效果的调节变量

Mayer (2010)指出,多媒体学习中教学设计的不一致效应是因为存在一定的调节变量或边界条件(Mayer, 2010)。本研究旨在探讨可能影响情绪代理有效性的调节变量,包括情绪代理特征、参与者特征和学习材料特征。对这些潜在边界条件的讨论不仅有助于合理运用多媒体教学设计原则,还具有一定的理论意义。

1.3.1. 情绪代理特征

综合以往研究(Wang et al., 2023b),我们系统探讨了情绪代理的几个核心特征:代理外观、情绪类型、情绪设计的数量以及声音。

(1) 情绪代理的外观

社会存在理论指出,多媒体教学视频中的教师角色若被学生高度感知为“真实老师”,则学生在学习过程中的社会存在感将显著增强,而这会改善其学习效果(Colliot & Jamet, 2018; Frechette & Moreno, 2010)。基于社会存在感理论,越与“真实的人”一致的屏幕教师形象越能正面引导学习,学习者会有更好的学习体验。因此,本研究对比分析了人类情绪代理与虚拟情绪代理在教学效果上的差异。

(2) 情绪代理的类型

目前教学代理的情绪设计大致可分两种：表达型和移情型。Guo 和 Goh (2015)将表达型情绪代理定义为通过面部表情、语言、声音及身体姿势等来影响学习者情感体验的教学代理。移情型情绪代理则是能够理解和回应学生的情绪状态，强调情感互动和支持，其目的是为了调节学习者情绪、激励学习者继续努力(Chen et al., 2012)。根据社会存在理论，若教学代理能够根据学习者的认知和情感状态提供即时且恰当的反馈，那么学习者的学习兴趣和动机可能会得到显著提升(Lowenthal, 2010)。因此，情绪代理的类型可能会对其教学效果产生重要影响。

(3) 代理的情绪设计数量

本研究比较两种水平的情绪线索：单一的情绪线索(如微笑表情或热情声音)和多种情绪线索(如微笑表情、热情声音)。社会代理理论认为，教学代理的社会线索可以促进学习者与代理之间的社会互动倾向，这可能使他们更愿意学习(Moreno et al., 2001)。根据这一原则，表现出多重情绪线索的代理会在学习者中引发更强的社会效应，从而激励他们使用更深层次的认知处理策略来理解代理的陈述。Liew 等人(2017)的研究发现，与单一情感线索的教学代理相比，多重情感线索的教学代理对学习者的认知处理和学习表现产生了更积极的影响。

(4) 情绪代理声音

本研究比较了两种言语信息呈现方式：人类声音和其他方式(例如，机器合成音和文本框)。声音原则认为，比起用机器音呈现多媒体学习材料，采用人类声音讲述，学生的学习效果会更好(Mayer, 2014)。支持声音原则的证据可能归因于，人类声音可以增加情绪代理的亲合力，从而增加学习者接受该代理作为社交伙伴的倾向。此外，根据多媒体学习原则中的通道原则，当动画和屏幕文本同时呈现时，视觉通道工作记忆可能会过载，这可能阻碍知识的构建。因此，当代理的声音是人类声音时，情感代理可能比使用文本对话的代理更能促进学习。本研究将情感代理的声音视为一个调节变量，以检验人类声音是否更有利于学习。

1.3.2. 被试特征

本研究中关注的被试特征主要是指学习者的教育水平和性别比例。

(1) 教育水平

Hernández 等人(2009)的研究观察到，情绪代理对不同教育水平学习者的影响不同。年龄效应或可解释这种差异。年龄较大的学生可能不需要太多的情感代理的指导，这可能会在一定程度上削弱情感教学代理的效果。而年龄小的学生在线学习时更易迷茫，且其内在动机水平相对较低(Schneider et al., 2019)。因此，情绪代理可以作为有效的教学支持手段，提高他们的内在动机。

(2) 性别比例

在分析所纳入的文章中，部分研究存在被试的性别比例不均衡的情况。Liew 等人(2022a)的研究发现，当代理对学生的表现表达愤怒后，女生相比男生报告了更多的心理投入，并且取得了更好的学习表现。因此，本研究试将被试性别作为一个潜在调节变量加以考虑。

1.3.3. 学习材料特征

本研究中关注的学习材料特征主要包括主题领域、学习持续时间和学习节奏。

(1) 主题领域

领域特异性理论指出，不同认知领域或知识领域具有各自独特的表征方式、处理机制和发展规律。具体来说，某些学科领域可能会要求学习者运用特定的学习策略，或者参与特定的自我调节活动，而这些要求上的差异可能会导致学习者产生不同的情感体验(Goetz et al., 2007)，并进而取得不同的学习成果

(Greene et al., 2015)。相比 STEM (例如数学和统计知识), 社会科学材料往往更易于理解, 也更容易使学习者感到放松。因此, 在多媒体课程中融入情绪教学代理, 对于促进 STEM 材料的学习可能更具有支持作用(Wang et al., 2023b)。基于此, 本研究探讨了在不同学科领域中, 情绪代理是否会产生不同的效果。

(2) 学习持续时间

新颖性效应表明, 当人们遇到新事物时, 他们会保持高水平的参与度(Clark, 1983)。然而, 随着时间的推移, 学习者的兴趣和参与度可能会逐渐减少。Guo 等人(2014)发现, 在多媒体学习中, 学习者的参与度在 6 分钟时达到峰值。因此, 在更长的教学时间内, 教学代理情绪设计更能展现其优势, 因为它可以激励学生保持对学习任务的参与。因此, 本研究将学习持续时间视作一个潜在调节变量。

(3) 呈现节奏

学习者节奏是指允许学习者自行控制播放节奏(例如, 暂停或重播视频课程)。系统节奏: 系统按照既定节奏进行, 学习者无法控制学习进度。多媒体学习设计原则中的节奏原则认为, 当学习者能自主调节学习进度时, 他们便拥有足够的时间来处理和理解复杂信息, 这种灵活性可能比系统预设的节奏更有利于学生的学习(Mayer, 2009)。特别是在与情绪代理结合使用时, 这种自主学习节奏的优势将更加凸显。允许自主控制学习节奏, 学习者有条件管理内在认知负荷。学习者便可有认知资源来加工代理的情绪线索, 这将有助于深化学生对学习内容的理解。因此, 本研究认为呈现节奏可能是一个重要的调节变量。

综上, 情绪代理对多媒体学习表现和认知负荷的影响展现出不稳定性, 暗示其可能受到一些潜在调节变量的影响。元分析不仅可全面评估情绪代理效应, 还能依据不同影响因素对效应量进行细致剖析, 揭示哪些具体因素可能对情绪代理的学习效应产生显著调节作用(Borenstein et al., 2009)。因此, 为了深入研究情绪代理对于多媒体学习的影响, 本研究决定采用元分析这一方法。基于上述理论分析和前人研究成果, 本研究提出以下研究假设: 在多媒体教学视频中嵌入情绪代理, 可以促进学习者的知识保持和迁移成绩(假设 1); 情绪代理还可有效降低学习者的内在和外在认知负荷, 并增加相关认知负荷(假设 2); 情绪代理的效果会受到代理特征、被试特征以及学习材料特征等多种因素的调节和影响(假设 3)。

2. 元分析

2.1. 文献检索

本研究对相关的中英文文献进行了全面系统的检索, 检索时间截至 2024 年 12 月, 共获得了 22 篇相关研究。检索库包括 Science Direct、Web of Science、PubMed、PsycINFO 和 Google Scholar 五个英文数据库; 中国知网(CNKI)、万方和维普三个中文数据库。根据以往相关研究, 确定关键词。英文关键词将 affective pedagogical agent、affective embodied agents、animated pedagogical Agent、pedagogical agent 分别与 multimedia、multimedia learning、learning 进行组合检索; 中文关键词则是将“情绪教学代理”、“情感教学代理”、“移情代理”、“动画教学代理”、“教学代理”分别与“多媒体”、“多媒体学习”、“学习”进行联合搜索。

2.2. 文献纳入与排除

纳入元分析的研究必须满足三个关键条件: (1) 研究需要对比情绪教学代理组与中性代理组的效果; (2) 学生与代理的互动是在多媒体学习环境中进行, 而非线下环境; (3) 研究报告了量化结果, 包括知识保持、迁移、认知负荷等方面的数据。

文献的筛选过程主要包括三个步骤。第一步, 初步检索到期刊文献 2443 篇, 根据文章标题, 删除重复文献和非教育学或心理学的文章。第二步, 根据关键词和摘要, 删去非实证研究和非多媒体学习的

文献,得到 97 篇文献;最后,阅读全文,删除非情绪教学代理的研究以及无中性组和无法生成效应量的研究。总共有 22 篇文章被纳入后续分析。图 1 为文献纳入和排除的 PRISMA 流程图。

2.3. 文献编码

首先,记录文献的基本信息(作者、出版时间)。其次,记录实验的相关信息,包括被试特征(受教育水平、女性占比),情绪 PA 的特征(外观、情绪类别、情绪数量、声音),学习材料特征(学科领域、学习节奏、学习时间)。最后,提取计算效应量的数据(样本量、平均值、标准差)。

情绪教学代理的外观编码为两类:真人代理(4)和虚拟代理(41)。代理情绪类型编码为两类:表达型情绪代理(30)和移情型情绪代理(15)。情绪线索数量编码为单一情绪线索(10)和多种情绪线索(35)。此外,声音方面,情绪代理的叙述声音有人类声音(26)和其他声音(19)。

被试按教育水平编码为 2 类:K-12 (8)和大学生(37)。被试女性占比编码为四类:未报告(8)、“ $\leq 50\%$ ”(6)、“ $> 50\%$ 且 $< 75\%$ ”(9)和“ $\geq 75\%$ ”(22)。

学科领域编码为两类:STEM (例如,生物、物理、计算机、统计学) (33)和社会科学(例如,历史、英语和信息素养) (12)。学习时长编码为两类:“ ≤ 6 分钟”(24)和“ > 6 分钟”(21)。学习节奏编码为两类:学习者节奏(24)和系统节奏(21)。具体编码信息见表 1。

本研究采用 Comprehensive Meta-Analysis (v. 3)来进行元分析,使用 Hedges's g 作为效应量的无偏估计(Borenstein et al., 2009)。考虑到每项研究的实验设计各不相同,且为了研究结果能有更广泛的适用性,因此本研究选择了随机效应模型进行分析。

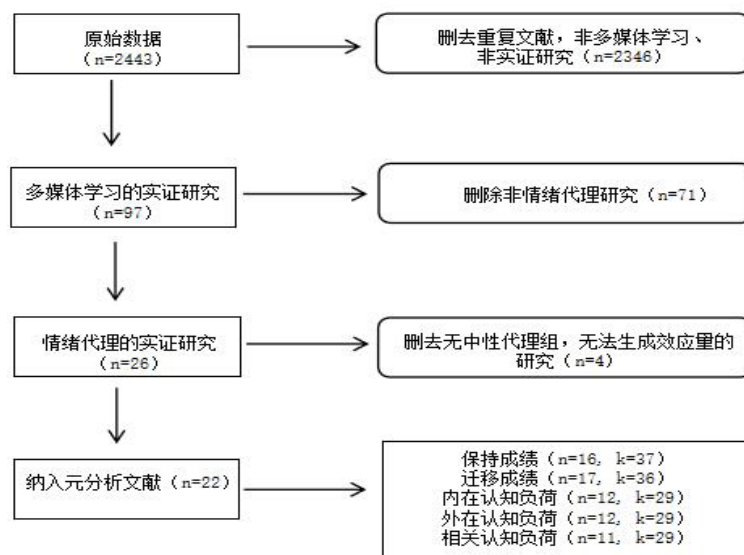


Figure 1. PRISMA flowchart for literature inclusion/exclusion criteria

图 1. 文献纳入/排除标准的 PRISMA 流程图

2.4. 发表偏倚

为评估发表偏倚,本研究采用了漏斗图法与 Egger 线性回归检验两种方法。首先,通过观察漏斗图的对称性分布,初步判断可能不存在明显的发表偏倚。进而,利用 Egger 线性回归进行更深入的检验,结果显示,所有变量的 95%置信区间(CI)均包含 0, p 值均大于 0.05,这表明存在发表偏倚的可能性相对较低。综合上述分析结果,可以推断本研究受发表偏倚影响的可能性较小。

Table 1. Basic characteristics of the included literature
表 1. 纳入文献的基本特征

研究	实验条件	样本	外观	类型	数量	声音	教育水平	女性占比	学科领域	学习节奏	学习时间	结果变量
Ba 等(2021)	/	40	虚拟	移情	多重	其他	大学	50%~75%	社会科学	学习者	> 6	TT、ICL、GCL
Beege 等(2020)	高负荷	60	虚拟	表达	单一	人类	K-12	≤50%	STEM	系统	> 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Beege 等(2020)	低负荷	58	虚拟	表达	单一	人类	K-12	≤50%	STEM	系统	> 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Guo 等(2014)	/	81	虚拟	移情	多重	其他	大学	≤50%	社会科学	学习者	> 6	CT
Guo & Goh (2016)	/	105	虚拟	移情	多重	其他	大学	≤50%	社会科学	学习者	> 6	TT
Han 等(2024)	有线索	56	虚拟	表达	单一	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤ 6	CT
Han 等(2024)	无线索	56	虚拟	表达	单一	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤ 6	CT
Hernández et al., 2009	小学	17	虚拟	移情	多重	其他	K-12	/	社会科学	学习者	> 6	CT
Hernández et al., 2009	初一	20	虚拟	移情	多重	其他	K-12	/	社会科学	学习者	> 6	CT
Hernández et al., 2009	初二	11	虚拟	移情	多重	其他	K-12	/	社会科学	学习者	> 6	CT
Hernández et al., 2009	初三	14	虚拟	移情	多重	其他	K-12	/	社会科学	学习者	> 6	CT
Lin et al., 2014	/	80	虚拟	移情	多重	其他	K-12	/	STEM	学习者	> 6	TT
Jaques et al., 2009	/	26	虚拟	移情	多重	其他	K-12	≤50%	社会科学	学习者	> 6	CT
Liew et al., 2017	/	72	虚拟	表达	多重	人类	大学	≤50%	STEM	学习者	> 6	TT、ECL
Liew et al., 2020	Exp.1	76	人类	表达	单一	人类	大学	50%~75%	STEM	系统	> 6	TT、GCL
Liew et al., 2020	Exp.2	50	人类	表达	单一	人类	大学	50%~75%	STEM	系统	> 6	TT、ICL、ECL、GCL
Liew et al., 2022b	高热情	112	虚拟	表达	单一	其他	大学	50%~75%	社会科学	系统	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Liew et al., 2022b	中等热情	129	虚拟	表达	单一	其他	大学	50%~75%	社会科学	系统	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Liew et al., 2022b	低热情	129	虚拟	表达	单一	其他	大学	50%~75%	社会科学	系统	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Schneider et al., 2022	有手势	82	人类	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Schneider et al., 2022	无手势	81	人类	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Thompson & McGill, 2017	/	40	虚拟	移情	多重	其他	大学	50%~75%	STEM	学习者	> 6	CT
Wang et al., 2021	多重线索	54	虚拟	表达	多重	人类	大学	/	STEM	系统	≤ 6	CT、TT
Wang et al., 2021	单一线索	55	虚拟	表达	单一	人类	大学	/	STEM	系统	≤ 6	CT、TT
Wang et al., 2022	Exp1	66	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Wang et al., 2022	Exp2-CR 策略	53	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Wang et al., 2022	Exp2-ES 策略	58	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Wang et al., 2022	Exp3-HPK	52	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤ 6	CT、TT、ICL、ECL、GCL

续表

Wang et al., 2022	Exp3-LPK	50	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	学习者	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Wang et al., 2023a	自我解释	52	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Wang et al., 2023a	重复学习	51	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
Lang et al., 2022	简单反馈	59	虚拟	移情	多重	其他	大学	≥75%	STEM	学习者	>6	TT、ICL、ECL、GCL
Lang et al., 2022	精细反馈	58	虚拟	移情	多重	其他	大学	≥75%	STEM	学习者	>6	TT、ICL、ECL、GCL
王雪等(2024)	/	59	虚拟	表达	多重	其它	大学	/	社会科学	学习者	>6	CT、TT
封晓伟(2020)	Exp1	66	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
封晓伟(2020)	Exp2-HPK	55	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
封晓伟(2020)	Exp2-LPK	40	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
封晓伟(2020)	Exp3-CR	59	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
封晓伟(2020)	Exp3-ES	52	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
董洪宁(2021)	/	56	虚拟	表达	多重	人类	大学	50%~75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
李维姿(2022)	男性代理	56	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
李维姿(2022)	女性代理	56	虚拟	表达	多重	人类	大学	≥75%	STEM	系统	≤6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
谢科(2020)	Exp2-简单反馈	59	虚拟	移情	多重	其他	大学	≥75%	STEM	学习者	>6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
谢科(2020)	Exp2-精细反馈	59	虚拟	移情	多重	其他	大学	≥75%	STEM	学习者	>6	CT、TT、ICL、ECL、GCL
谢科(2020)	Exp1	64	虚拟	移情	多重	其他	大学	50%~75%	STEM	学习者	>6	CT、TT、ICL、ECL、GCL

注：CR，认知重评；ES，表达抑制；HPK，高先验知识；LPK，低先验知识；CT，保持测验；TT，迁移测验；ICL，内在认知负荷；ECL 外在认知负荷；GCL，相关认知负荷。

3 结果

3.1. 主效应分析和异质性检验

分别对保持测验等 5 个结果变量下的情绪代理的主效应进行随机效应模型检验(表 2)。结果表明，保持测验、迁移测验和内在认知负荷的效应量 g 值分别是 0.31、0.26 和-0.13，即情绪代理组比中性代理组有更好的保持成绩、迁移成绩，其内在认知负荷也较中性代理组更低。但情绪代理组与中性代理组在外在认知负荷($g = -0.03$)和相关认知负荷($g = 0.04$)上并无显著差异。

Table 2. Main effect test results
表 2. 主效应检验结果

结果变量	k	N	g	95%CI	异质性		
					Q_B	p	I^2
保持测验	37	2141	0.31***	[0.15, 0.48]	125.19	< 0.001	71.24%

续表

迁移测试	36	2360	0.26**	[0.11, 0.41]	112.58	< 0.001	68.91%
内在认知负荷	29	1859	-0.13*	[-0.24, -0.02]	40.49	0.060	28.39%
外在认知负荷	29	1891	-0.03	[-0.16, 0.10]	56.09	0.001	51.77%
相关认知负荷	29	1895	0.04	[-0.06, 0.14]	35.16	0.165	20.35%

注: k : 独立效应量个数; N : 样本量; 95% CI : 各结果变量对应的效应量 g 的 95%置信区间(含上限和下限), 下同; 双尾检验: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, 下同。

3.2. 异质性检验

分别对保持测验等 5 个结果变量进行异质性检验(见表 2)。结果发现, 保持测验($ps < 0.001$)、迁移测验($ps < 0.001$)、外在认知负荷($ps < 0.05$)的 Q 检验均显著, 而内在认知负荷($ps = 0.076$)和相关认知负荷($ps = 0.165$)不显著。这表明含有保持测验、迁移测验、外在认知负荷的研究的效应量是异质的。另外, 从 I^2 值($I^2 = 25\%、50\%、75\%$: 异质性低、中、高)来看, 保持测验为 71.24%, 迁移测验为 68.91%, 外在认知负荷为 51.77%, 表明这 3 个结果变量异质性均为中等及以上。

3.3. 调节效应检验

分别对情绪代理的设计特征、学习材料的特征以及学习者的特征是否对情绪代理在多媒体学习中的效果产生调节作用进行了检验。

3.3.1. 学习表现

在保持成绩上, 情绪代理的设计特征中, 代理声音($Q_B(1) = 5.07, p < 0.05$)存在显著的调节作用。相较于其它类型的声音, 具有人类声音的情绪代理更有助于学习者提高保留成绩($g = 0.41, p < 0.01$)。学习者特征中, 女性占比($Q_B(3) = 8.96, p < 0.05$)存在显著的调节作用。相较于其它占比水平, 女性占比高的($\geq 75\%$)研究中的保持成绩显著更好($g = 0.51, p < 0.001$)。

在迁移成绩上, 情绪代理的设计特征中, 代理外观($Q_B(1) = 5.32, p < 0.05$)存在显著的调节作用。相较于虚拟形象代理, 真人代理更有助于学习者提高迁移成绩($g = 0.56, p < 0.001$)。

3.3.2. 认知负荷

从外在认知负荷上看, 学习材料特征中, 学科领域($Q_B(1) = 9.37, p < 0.01$)存在显著的调节作用。相较于使用 STEM 知识, 使用社会科学知识作为学习材料的研究, 学习者的外在认知负荷显著更低($g = -0.36, p < 0.01$)。

4. 讨论

本研究采用元分析方法探讨了情绪代理对多媒体学习效果的影响, 具体来说, 研究了情绪代理能否改善学习者的认知负荷, 从而提升多媒体学习成绩。此外, 分析了影响情绪代理多媒体教学效果的潜在调节变量。

4.1. 情绪代理效果的稳健性

从主效应检验的结果来看, 情绪代理能够促进学习者保持成绩、迁移成绩的提高, 并且降低学习者内在认知负荷的感知, 验证了假设 1, 部分验证了假设 2。

本研究从元分析的角度出发, 进一步验证了情绪代理对多媒体学习者保留成绩、迁移成绩的影响非

常稳健,情感反应理论指出,教学代理的情感线索可能会引发学习者的相应情感反应,这种反应进而可能促进或阻碍学习过程。此外,多媒体认知情感理论也强调,教学助理所展现的特定情感可以影响学习者的学习体验和最终成果。目前的研究结果表明,情绪代理对保留($g = 0.31$)和迁移($g = 0.26$)学习成绩有积极影响。这些结果与之前的研究相吻合,一致表明情绪代理能够提升学习者的学习成果(Liew et al., 2017; Wang et al., 2021)。这些发现为情感反应理论和 CATML 提供了实证支持,进一步证明了情绪代理在提升学习成绩方面的重要作用。

此外,情绪代理能够较为稳健地降低内在认知负荷($g = -0.13$)。根据“美丽即可用”效应,情绪设计特征在减少感知难度方面具有显著效果(Tractinsky et al., 2000)。具体来说,在多媒体学习环境中,吸引力美学元素(如代理所展现出的热情)能够使得学习者更加容易地处理学习主题或材料(Brom et al., 2018; Wong & Adesope, 2021)。代理的情绪表达降低了学习者的感知难度,从而减少了内在认知负荷。

4.2. 情绪代理效果的边界条件

从调节效应检验的结果来看,情绪代理对多媒体学习的影响存在一定的边界条件,主要表现在情绪代理的外观和声音、被试的女性占比、学习材料的学科领域的调节作用上,部分验证了假设3。

首先,在保持成绩上,声音类型显著调节了情绪代理的效果。声音类型为人声($g = 0.41$)的研究报告的保持成绩显著高于声音类型为机器音或文本材料($g = 0.09$)的研究。这一结果验证了通道原则和声音原则。文本材料可能会加重学习者的视觉通道的认知负担,而机器音则可能无法像人声一样增加情绪代理的类人性和亲和力。因此,情绪代理的声音设计应尽量采用人声设计。人声设计更容易让学习者将代理代入为一个真实的教师或同伴角色。

保持成绩上,女性占比显著调节了情绪代理的效果。女性占比高($\geq 75\%$)的研究报告的保持成绩($g = 0.51$)显著高于女性占比为中等($g = 0.04$)、低($g = 0.03$)和未报告($g = 0.26$)的研究。Castro-Alonso 等人(2021)指出,在教学代理的研究中应充分考虑学习者的性别因素,因为多媒体学习的认知和动机效果在男性和女性之间可能存在显著差异(Heo & Toomey, 2020; Dousay & Trujillo, 2019; Castro-Alonso et al., 2019)。有研究表明,女性学习者相较于男性学习者,更倾向于接受教育代理在多媒体学习环境中提供的情感和动机干预,从而在学习成果方面表现出色(Arroyo et al., 2013)。这一现象可能归因于女性在解码和处理教学代理的社会和情感线索方面具有更强的能力。因此,研究者在研究情绪教学代理的效果时应当重视平衡男女被试的比例。

迁移成绩上,代理外观显著调节了情绪代理的效果。真人代理的研究报告的迁移成绩($g = 0.56$)显著高于虚拟代理($g = 0.22$)的研究。这一结果支持了社会存在理论。相比虚拟代理,真人教学代理更能提高学生在多媒体学习环境中的社会存在感,增强个体感知体验,提升学习动机。但纳入的文献中只有 Liew 等人(2020)和 Schneider 等人(2022)研究中使用了真人形象的情绪代理,其他研究者均采用虚拟代理,因此对于这个结果应谨慎看待。

在外在认知负荷上,学科领域显著调节了情绪代理的效果。与 STEM 比,社会科学材料在有情绪代理的情况下,其外在认知负荷显著更低。因此,多媒体视频中的情绪代理,可能在教授社会科学知识时更为有效,可以有效降低学习者的外部认知负荷。但由于纳入的采用社会科学材料的研究较少,因此对这一结果的解读应持谨慎态度。未来研究者可以设计相关的实验来探究情绪代理是否在应用于社会科学材料时更有效。

5. 局限性

首先,本研究并未探讨情绪教学代理对某些其他相关因素的影响,如学习满意度和代理感知等。为了更全面地理解情感教学代理的效能和影响,未来的研究应当更加聚焦于这些因素,并深入探究它们与

情感教学代理效果之间的内在联系和关联机制。

其次, 本研究中某些调节组的研究数量较为有限。例如, 关于人类代理在保留成绩、迁移成绩和外部认知负荷方面的研究, 其数量分别为 2、4 和 3 项。由于这些调节组的样本量相对较小, 因此对其分析结果应持谨慎态度。

最后, 元分析作为一种统计方法, 其本质决定了它无法直接阐明导致这些异质性的具体原因。为了更深入地理解影响情感教学代理效果的各种因素, 未来的研究应当对比和分析本研究中提及的调节变量, 并通过实证研究提供更直接的证据来支持或反驳现有的假设和理论。

参考文献

- 董洪宁(2021). 情绪同伴代理对多媒体学习的影响. 硕士学位论文, 武汉: 华中师范大学.
- 封晓伟(2020). 情绪代理对多媒体学习的影响: 学习者个体特征的调节作用. 硕士学位论文, 武汉: 华中师范大学.
- 李维姿(2022). 视频学习中教学代理对学习效果的影响. 硕士学位论文, 济南: 山东师范大学.
- 王雪, 刘伊祉兰, 兰翠玲, 邢晓宁, 余能保(2024). 沉浸式虚拟现实环境中学习者需要何种同伴教学代理?——基于社会存在框架的研究. *远程教育杂志*, 42(6), 33-42.
- 谢科(2020). 代理的情绪反馈和认知反馈对形成性评估的影响. 硕士学位论文, 武汉: 华中师范大学.
- Arroyo, I., Bursleson, W., Tai, M., Muldner, K., & Woolf, B. P. (2013). Gender Differences in the Use and Benefit of Advanced Learning Technologies for Mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 105, 957-969. <https://doi.org/10.1037/a0032748>
- Ba, S., Stein, D., Liu, Q., Long, T., Xie, K., & Wu, L. (2021). Examining the Effects of a Pedagogical Agent with Dual-Channel Emotional Cues on Learner Emotions, Cognitive Load, and Knowledge Transfer Performance. *Journal of Educational Computing Research*, 59, 1114-1134. <https://doi.org/10.1177/0735633121992421>
- Beege, M., Schneider, S., Nebel, S., & Rey, G. D. (2020). Does the Effect of Enthusiasm in a Pedagogical Agent's Voice Depend on Mental Load in the Learner's Working Memory? *Computers in Human Behavior*, 112, Article ID: 106483. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106483>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Brom, C., Stárková, T., & D'Mello, S. K. (2018). How Effective Is Emotional Design? A Meta-Analysis on Facial Anthropomorphisms and Pleasant Colors during Multimedia Learning. *Educational Research Review*, 25, 100-119. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.004>
- Castro-Alonso, J. C., Wong, R. M., Adesope, O. O., & Paas, F. (2021). Effectiveness of Multimedia Pedagogical Agents Predicted by Diverse Theories: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 989-1015. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09587-1>
- Chen, G. D., Lee, J. H., Wang, C. Y., Chao, P. Y., Li, L. Y., & Lee, T. Y. (2012). An Empathic Avatar in a Computer-Aided Learning Program to Encourage and Persuade Learners. *Journal of Educational Technology & Society*, 15, 62-72.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Colliot, T., & Jamet, É. (2018). Understanding the Effects of a Teacher Video on Learning from a Multimedia Document: An Eye-Tracking Study. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1415-1433. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9594-x>
- Dousay, T. A., & Trujillo, N. P. (2019). An Examination of Gender and Situational Interest in Multimedia Learning Environments. *British Journal of Educational Technology*, 50, 876-887. <https://doi.org/10.1111/bjet.12610>
- Frechette, C., & Moreno, R. (2010). The Roles of Animated Pedagogical Agents' Presence and Nonverbal Communication in Multimedia Learning Environments. *Journal of Media Psychology*, 22, 61-72. <https://doi.org/10.1027/1864-1105/a000009>
- Goetz, T., Frenzel, A. C., Pekrun, R., Hall, N. C., & Lüdtke, O. (2007). Between- and Within-Domain Relations of Students' Academic Emotions. *Journal of Educational Psychology*, 99, 715-733. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.715>
- Greene, J. A., Bolick, C. M., Jackson, W. P., Caprino, A. M., Oswald, C., & McVea, M. (2015). Domain-Specificity of Self-Regulated Learning Processing in Science and History. *Contemporary Educational Psychology*, 42, 111-128. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.06.001>

- Guo, Y. R., & Goh, D. H. (2015). Affect in Embodied Pedagogical Agents: Meta-Analytic Review. *Journal of Educational Computing Research*, 53, 124-149. <https://doi.org/10.1177/0735633115588774>
- Guo, Y. R., & Goh, D. H. (2016). Evaluation of Affective Embodied Agents in an Information Literacy Game. *Computers & Education*, 103, 59-75. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.013>
- Guo, Y. R., Goh, D. H., & Luyt, B. (2014). Using Affective Embodied Agents in Information Literacy Education. In *IEEE/ACM Joint Conference on Digital Libraries* (pp. 389-398). IEEE. <https://doi.org/10.1109/jcdl.2014.6970195>
- Han, L., Guo, H., Ma, Z., Wang, R., & Xiao, M. (2024). The Effect of Instructor's Voice Enthusiasm and Visual Cueing in Multimedia Learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40, 3044-3054. <https://doi.org/10.1111/jcal.13049>
- Heo, M., & Toomey, N. (2020). Learning with Multimedia: The Effects of Gender, Type of Multimedia Learning Resources, and Spatial Ability. *Computers & Education*, 146, Article ID: 103747. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103747>
- Hernández, Y., Sucar, L. E., & Conati, C. (2009). Incorporating an Affective Behavior Model into an Educational Game. In *The FLAIRS Conference*. Sanibel Island.
- Horovitz, T., & Mayer, R. E. (2021). Learning with Human and Virtual Instructors Who Display Happy or Bored Emotions in Video Lectures. *Computers in Human Behavior*, 119, Article ID: 106724. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106724>
- Jaques, P. A., Lehmann, M., & Pesty, S. (2009). Evaluating the Affective Tactics of an Emotional Pedagogical Agent. In *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 104-109). ACM. <https://doi.org/10.1145/1529282.1529304>
- Lang, Y., Xie, K., Gong, S., Wang, Y., & Cao, Y. (2022). The Impact of Emotional Feedback and Elaborated Feedback of a Pedagogical Agent on Multimedia Learning. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 810194.
- Liew, T. W., Mat Zin, N. A., & Sahari, N. (2017). Exploring the Affective, Motivational and Cognitive Effects of Pedagogical Agent Enthusiasm in a Multimedia Learning Environment. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 7, 1-21. <https://doi.org/10.1186/s13673-017-0089-2>
- Liew, T. W., Tan, S., & Kew, S. N. (2022a). Can an Angry Pedagogical Agent Enhance Mental Effort and Learning Performance in a Multimedia Learning Environment? *Information and Learning Sciences*, 123, 555-576. <https://doi.org/10.1108/ils-09-2021-0079>
- Liew, T. W., Tan, S., Pang, W. M., Khan, M. T. I., & Kew, S. N. (2022b). I Am Alexa, Your Virtual Tutor! The Effects of Amazon Alexa's Text-to-Speech Voice Enthusiasm in a Multimedia Learning Environment. *Education and Information Technologies*, 28, 1455-1489. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11255-6>
- Liew, T. W., Tan, S., Tan, T. M., & Kew, S. N. (2020). Does Speaker's Voice Enthusiasm Affect Social Cue, Cognitive Load and Transfer in Multimedia Learning? *Information and Learning Sciences*, 121, 117-135. <https://doi.org/10.1108/ils-11-2019-0124>
- Lin, L., Atkinson, R. K., Christopherson, R. M., Joseph, S. S., & Harrison, C. J. (2013). Animated Agents and Learning: Does the Type of Verbal Feedback They Provide Matter? *Computers & Education*, 67, 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.04.017>
- Lin, H. C. K., Wu, C. H., & Hsueh, Y. P. (2014). The Influence of Using Affective Tutoring System in Accounting Remedial Instruction on Learning Performance and Usability. *Computers in Human Behavior*, 41, 514-522.
- Lowenthal, P. R. (2010). The Evolution and Influence of Social Presence Theory on Online Learning. In *Social Computing: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 113-128). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-984-7.ch010>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511811678>
- Mayer, R. E. (2010). Unique Contributions of Eye-Tracking Research to the Study of Learning with Graphics. *Learning and Instruction*, 20, 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.012>
- Mayer, R. E. (2014). Principles Based on Social Cues in Multimedia Learning: Personalization, Voice, Image, and Embodiment Principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed., pp. 345-368). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139547369.017>
- Mayer, R. E., & DaPra, C. S. (2012). An Embodiment Effect in Computer-Based Learning with Animated Pedagogical Agents. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18, 239-252. <https://doi.org/10.1037/a0028616>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2010). Techniques That Reduce Extraneous Cognitive Load and Manage Intrinsic Cognitive Load during Multimedia Learning. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive Load Theory* (pp. 131-152). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511844744.009>
- Mayer, R. E., Sobko, K., & Mautone, P. D. (2003). Social Cues in Multimedia Learning: Role of Speaker's Voice. *Journal of Educational Psychology*, 95, 419-425. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.2.419>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19, 309-

326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., & Lester, J. C. (2001). The Case for Social Agency in Computer-Based Teaching: Do Students Learn More Deeply When They Interact with Animated Pedagogical Agents? *Cognition and Instruction*, 19, 177-213. https://doi.org/10.1207/s1532690xc1902_02
- Mottet, T. P., Frymier, A. B., & Beebe, S. A. (2006). Theorizing about Instructional Communication. In *Handbook of Instructional Communication: Rhetorical and Relational Perspectives* (pp. 255-282). Routledge.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38, 63-71. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_8
- Plass, J. L., & Kaplan, U. (2016). Emotional Design in Digital Media for Learning. In S. Y. Tettegah, & M. Gartmeier (Eds.), *Emotions, Technology, Design, and Learning* (pp. 131-161). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801856-9.00007-4>
- Schneider, S., Häßler, A., Habermeyer, T., Beege, M., & Rey, G. D. (2019). The More Human, the Higher the Performance? Examining the Effects of Anthropomorphism on Learning with Media. *Journal of Educational Psychology*, 111, 57-72. <https://doi.org/10.1037/edu0000273>
- Schneider, S., Kriegelstein, F., Beege, M., & Rey, G. D. (2022). The Impact of Video Lecturers' Nonverbal Communication on Learning—An Experiment on Gestures and Facial Expressions of Pedagogical Agents. *Computers & Education*, 176, Article ID: 104350. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104350>
- Searls, D. B. (2012). Ten Simple Rules for Online Learning. *PLOS Computational Biology*, 8, e1002631. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002631>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31, 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Thompson, N., & McGill, T. J. (2017). Genetics with Jean: The Design, Development and Evaluation of an Affective Tutoring System. *Educational Technology Research and Development*, 65, 279-299. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9470-5>
- Tractinsky, N., Katz, A. S., & Ikar, D. (2000). What Is Beautiful Is Usable. *Interacting with Computers*, 13, 127-145. [https://doi.org/10.1016/s0953-5438\(00\)00031-x](https://doi.org/10.1016/s0953-5438(00)00031-x)
- Um, E., Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional Design in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 104, 485-498. <https://doi.org/10.1037/a0026609>
- Wang, Y., Dong, H., Guo, J., & Gong, S. (2021). Exploring the Role of Different Types of Peer Affective Pedagogical Agents in Video Learning. In *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)* (pp. 1158-1160). IEEE.
- Wang, Y., Feng, X., Guo, J., Gong, S., Wu, Y., & Wang, J. (2022). Benefits of Affective Pedagogical Agents in Multimedia Instruction. *Frontiers in Psychology*, 12, Article No. 6639. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.797236>
- Wang, Y., Gong, S., Cao, Y., & Fan, W. (2023a). The Power of Affective Pedagogical Agent and Self-Explanation in Computer-Based Learning. *Computers & Education*, 195, Article ID: 104723. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104723>
- Wang, Y., Gong, S., Cao, Y., Lang, Y., & Xu, X. (2023b). The Effects of Affective Pedagogical Agent in Multimedia Learning Environments: A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, 38, Article ID: 100506. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100506>
- Wong, R. M., & Adesope, O. O. (2021). Meta-Analysis of Emotional Designs in Multimedia Learning: A Replication and Extension Study. *Educational Psychology Review*, 33, 357-385. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09545-x>