

教学代理形象类型对学习者视频学习的影响：一项实验研究

Impact of Instructional Agent Appearance on Learners' Visual Attention and Learning

Performance in Video-Based Learning

司源格¹, 李阳¹, 徐珂¹, 葛煜¹, 杨九民^{1*}

¹ 华中师范大学人工智能教育学部

*yjm@mail.ccnu.edu.cn

【摘要】 本研究探讨了虚拟教学代理（Virtual Pedagogical Agent, VPA）及其形象类型对生物学视频学习中注意力分配、学习表现及认知负荷的影响。采用单因素实验设计，将 120 名大学生随机分配至无代理组、动物形象组、机器人形象组和真人形象组。结果表明：VPA 的存在显著降低了学习者的内在认知负荷，表明教学代理在多媒体学习中具有减轻认知负担的作用；在学习表现上，动物及真人代理展现出显著的促进效应。本研究揭示了不同形象代理对学习效果的影响差异，为多媒体教学中 VPA 的优化设计与应用提供了实证依据。

【关键词】 虚拟教学代理；注意力分配；视频学习；认知负荷

Abstract: This study examines the effects of Virtual Pedagogical Agents (VPAs) and their persona types on learners' attention, performance, and cognitive load. 120 students were randomly assigned to four conditions: no-agent, animal, robot, and human personas. Results show that VPAs significantly reduced intrinsic cognitive load, suggesting their role in alleviating cognitive burdens. Furthermore, animal and human personas significantly enhanced learning performance. These findings clarify how different agent personas influence learning outcomes, providing empirical evidence for the optimized design and application of VPAs in multimedia education.

Keywords: Virtual Pedagogical Agents (VPA), Attention Allocation, Video-based Learning, Cognitive Load

1. 引言

随着在线教育与数字化学习资源的普及，视频学习已成为当代教育体系常见的学习方式（杨九民等, 2020）。然而，传统视频学习往往面临社交临场感缺失和认知投入不足的挑战（Mayer & DaPra, 2012）。为缓解这一问题，在视频中引入虚拟教学代理（Virtual Pedagogical Agent, VPA）被认为是行之有效的方式（Feine et al., 2019）。这得到社会代理理论（Social Agency Theory）的支持，该理论认为 VPA 通过模拟人类社交线索（如形象、语音），能促使学习者将交互过程视为社会对话，从而激发深度加工并提升学习效果（Mayer et al., 2014）。

现有实证研究广泛探讨了教学代理形象特征对学习的影响。拟人化（Anthropomorphism）作为 VPA 设计的核心维度描述了将人类的特征、动机或情感赋予非人类实体的倾向（Williams et al., 2020）。研究发现，具有高度社交线索的代理形象能显著增强学习者的社会存在感（Social Presence），进而促进知识迁移（Castro-Alonso et al., 2021）。此外，教学代理的视觉形象与教学内容的匹配性，以及代理的非言语情绪表现，也会共同影响学习者的注意力分配和学习动机（Liew et al., 2020）。然而，关于不同拟人化策略（如人形、动物、机器）在同一实验框

架下的对比效应，学界仍存在争议，尤其是否存在“恐怖谷效应”干扰学习者注意力的分配，尚需更精细的证据支撑。

尽管已有研究揭示了教学代理的积极作用，但仍存在以下局限：首先，多数研究聚焦于单一形象或简单的类人对比，缺乏对非人类拟人化形象（如动物、机器）在视频学习中教育有效性的系统对比。其次，现有研究多依赖自我报告量表，较少结合眼动追踪（Eye-tracking）技术从微观层面动态刻画学习者在不同形象代理影响下的注意力分配规律。

基于此，本研究选取“物质的跨膜运输”为教学主题，采用眼动追踪技术，对比无代理、人形代理、动物代理及机器人代理对学习者的学习过程（注意力分配、认知负荷）及学习表现的影响。本研究不仅旨在厘清不同形象代理，如动物代理组，人形代理组，机器人代理组和无教学代理组的教育适配性，更试图通过眼动指标揭示其内在的认知加工机制，为智能化多媒体教材的设计提供实证指导。基于以上的考虑，本研究提出以下研究假设：

RQ1: 不同教学代理形象是否会导致学习者对学习内容和教师认知的注意力分配产生显著差异？

RQ2: 不同教学代理形象是否会导致学习者的学习表现产生显著差异？

RQ3: 不同教学代理形象是否会导致学习者的认知负荷产生显著差异？

2. 研究设计

2.1. 被试

在某师范大学本科生与研究生群体中招募有效被试 120 名，其中女生 100 名，男生 20 名。被试年龄范围在 18 至 31 岁之间 ($M=20.87, SD=2.03$)，专业分布广泛，涉及化学、历史、计算机、汉语言文学、地理和教育技术学等众多专业。通过实验前的非正式访谈确认所有被试都没有系统学习过物质的跨膜运输相关知识。他们视力或矫正视力正常。被试被随机分配到四组（每组 30 人），即控制组、人形代理组、动物代理组以及机器人代理组，有效被试在试验结束后会收到实验报酬，被试均知情同意。

2.2. 实验设计

本实验采用单因素被试间设计，自变量为虚拟教学代理的类型，因变量为学习者的认知负荷、学习者的注意力分配情况（不同兴趣区之间的注视时间、注视比例和眨眼频率）以及学习者的学习表现（包含即时测试和延迟测试）。实验组的视频材料含有不同类型的教学代理，控制组的视频材料中无教学代理，四组被试观看的视频学习内容均相同。

2.3. 实验材料与仪器

2.3.1. 实验材料

研究实验材料主要知识点是物质跨膜运输的定义和类型。教学视频涉及两个主题：物质的跨膜运输的定义以及重要性；物质的跨膜运输的类型。

为验证实验假设，本实验设计了四种视频材料，分别为控制组教学视频（无教学代理）、人形代理教学视频、动物代理教学视频以及机器代理教学视频，除教学代理之外教学视频其他内容完全相同。

2.3.2. 实验仪器

本实验使用 EyeLink 1000 桌面式眼动仪以 1000Hz 的采样率实时记录参与者的眼动数据。学生坐在距离屏幕约 60 厘米的位置，头部通过下巴和前额支撑架固定。视觉注意力通过两个预定义的注视兴趣区（Area of interests, AoIs）进行测量：左侧的内容区域（AOI1）和右侧的虚拟人物代理（VPA）区域（AOI2），AOI 示例见图 1。以注视时间和注视时间比例作为视觉注意力的标准指标（Pi et al., 2023）。



图1a 控制组视频



图1b 人形代理组视频



图1c 动物代理组视频



图1d 机器代理组视频

2.4. 测量工具

2.4.1. 基本信息问卷

基本信息问卷主要统计被试的人口统计学特征，包括被试的姓名、年龄、性别、年级、专业、联系方式等。

2.4.2. 先验知识测试问卷

先验知识测试问卷考察被试对物质的跨膜运输知识的熟悉程度，以考察被试的先验知识经验水平。该问卷由两名生物学领域经验丰富的教师编制，包含 8 个题目，具体题型及数量如下：填空题 4 道、单选题 3 道、简答题 1 道。本问卷的内部一致性系数 Cronbach's α 值为 0.64。

2.4.3. 学习效果测试

学习效果测试主要考察学习者对教学视频中物质的跨膜运输相关知识的记忆和理解。学习效果测试包含即时测试和延迟测试，两项测试均由生物学相关专业教师编制。即时测试包含 13 道填空题（共 19 个空）、11 道单选题（每题设 5 个选项）、2 道简答题以及 1 道记忆题。即时测试总分为 61 分，该测试信度 Cronbach's α 值为 0.69。延迟测试在学习结束 7 天后进行，其内容与即时测试完全一致，以保证评估项目的一致性。该测试的信度 Cronbach's α 值为 0.79。

2.4.4. 认知负荷问卷

改编自 Klepsch 等人（2013）的认知负荷评价量表，采用 7 点李克特量表，分为内在认知负荷、外在认知负荷和相关认知负荷三个维度。三个维度的 Cronbach's α 值分别为 0.81, 0.86, 0.85。得分越高表示学习者认知负荷越高。

2.5. 实验程序

在学习开始之前，主试会向被试说明实验流程和注意事项，被试完成在线的先验知识测试和基本信息问卷。随后被试进行眼动矫正，观看教学视频。在学习完成后，被试者完成后测问卷，具体流程如图 2 所示。

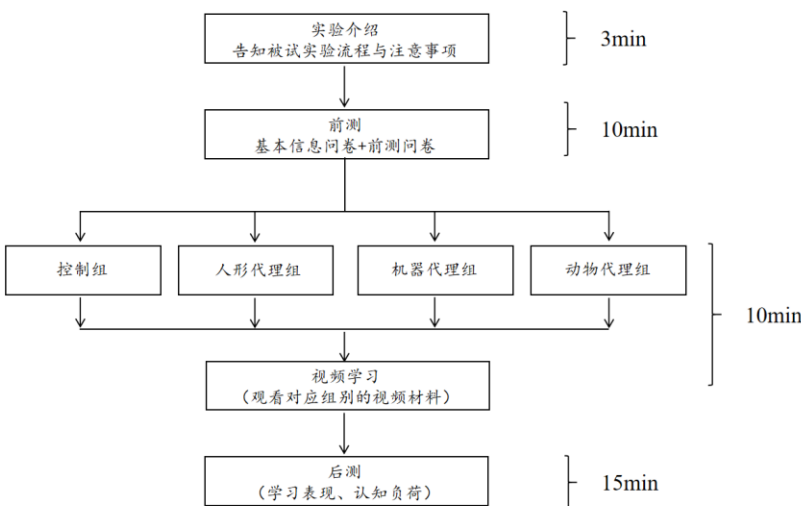


图 2 实验程序

3.实验结果

为了回应上述三个研究问题，本研究以学习过程中观看的不同教学视频类型（控制组视频（无代理）、人形代理视频、机器代理视频以及动物代理视频）为自变量，学习者的注意力分配、学习表现以及认知负荷作为因变量，运用 SPSS 27.0 进行单因素方差分析，描述性结果统计如表 1 所示。其中先前知识水平测试各组没有显著的组间差异 ($F(3, 116) = 1.41, p = .243, \eta^2 = .04$)。这说明学习者的先验知识水平没有明显差异，故不纳入后续分析。

表 1 描述性统计结果 ($n = 120$)

测量指标	动物组 ($n = 30$)		机器组 ($n = 30$)		人形组 ($n = 30$)		控制组 ($n = 30$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
前测成绩	5.52	3.50	5.58	3.64	6.44	3.78	4.46	3.67
学习 效果	即时测试	36.12	7.48	31.14	9.82	34.90	8.43	30.63
	延迟测试	33.80	6.96	29.90	10.94	31.97	8.63	27.13
内容区注视时间 (秒)	223.02	48.48	208.73	63.40	218.18	55.56	219.99	59.78
内容区注视时间比例	0.93	0.63	0.93	0.93	0.94	0.49	0.97	0.60
代理区注视时间 (秒)	15.23	14.99	7.86	8.32	9.24	9.32	0.29	0.39
代理区注视时间比例	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.01	0.01
眨眼频率	0.45	0.05	0.43	0.04	0.45	0.04	0.48	0.06
认知 负荷	内在认知负荷	4.43	1.00	4.85	1.09	4.45	1.05	5.23
	外在认知负荷	2.69	0.88	2.84	1.30	2.82	1.33	3.29
	生成认知负荷	5.14	0.81	5.12	0.81	5.21	0.82	4.95

3.1. 注意力分配

3.1.1. 注视时间和比例

对于视频内容区, 单因素方差分析表明, 四组被试的注视时间没有显著区别 ($F(3, 116) = 0.36, p = .779, \eta^2 = 0.01$)。同时, 四组被试在内容区的注视时间比例也没有显著区别 ($F(3, 116) = 2.47, p = .066, \eta^2 = 0.06$)。

对于教学代理区, 单因素方差分析表明, 四组被试在代理区的注视时间存在显著差异 ($F(3, 116) = 11.88, p < .001, \eta^2 = .24$)。对教学代理区的注视时间进一步经过 LSD 事后比较分析表明: 动物组的注视时间显著高于机器人组、人形组与控制组, 机器人组和人形组在教学代理的注视时间也显著高于控制组 (如图 3a)。

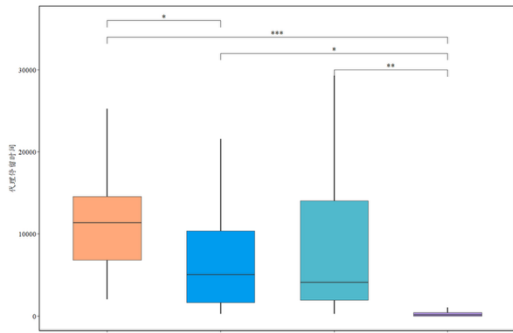


图 3a 注视时间

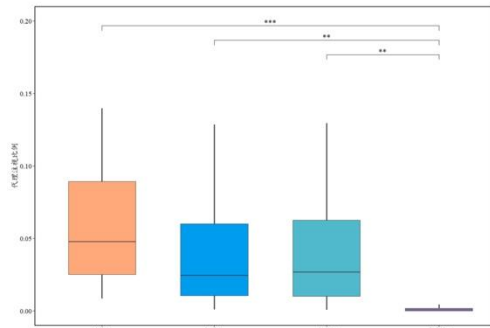


图 3b 注视比例

(注: ***表示 $p < .001$, **表示 $p < .01$, *表示 $p < .05$)

此外, 单因素方差分析表明四组被试在代理区的注视时间比例也存在显著差异 ($F(3, 116) = 9.52, p < .001, \eta^2 = .20$)。进一步经过 LSD 事后比较分析发现, 动物组、机器组和人形组的注视时间比例均显著高于控制组。而动物组、机器组和人形组三组之间并没有显著差异 (如图 3b)。此结果与上述注视时间的分析结果是部分一致的。

3.1.2. 眨眼频率

单因素方差分析结果显示, 以四组实验条件为自变量, 学习过程中的眨眼频率为因变量时, 四组被试的眨眼频率存在显著差异 ($F(3, 116) = 5.66, p = .001, \eta^2 = .12$)。进一步经过 LSD 事后分析发现: 动物组、人形组的眨眼频率显著低于控制组。机器组的眨眼频率也显著低于控制组。动物组与人形组的眨眼频率未观察到显著差异 (如图 4)。

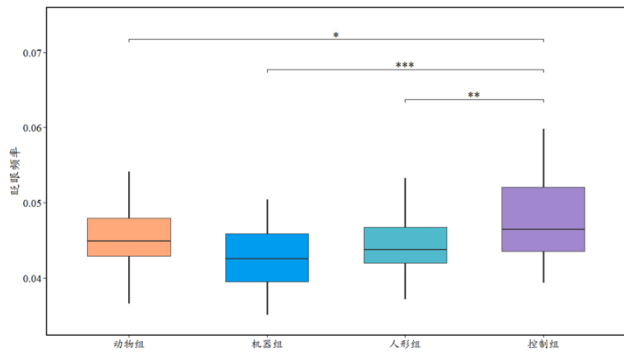


图 4 眨眼频率

(注: ***表示 $p < .001$, **表示 $p < .01$, *表示 $p < .05$)

3.2. 学习效果

以学习者的即时成绩为因变量, 进行单因素方差分析。单因素方差分析表明, 四组被试之间存在显著差异 ($F(3, 116) = 2.89, p = .038, \eta^2 = .07$)，动物组的学习者的学习效果与机器组和控制组之间观测到显著差异。机器组、人形组和控制组之间未观测到显著差异。进一步通过 LSD 事后比较分析表明, 动物组学习者的学习表现显著好于机器组和控制组; 而动物组与人形组以及机器组和控制组之间没有显著差异 (如图 5a)。

此外，以学习者的延迟测试成绩为因变量，进行单因素方差分析。结果发现，四组学习者存在显著差异（ $F(3, 116) = 2.89, p = .039, \eta^2 = .07$ ）。进一步通过LSD事后比较分析表明，动物组和人形组的延迟后测显著高于控制组，动物组和人形组没有显著差异（如图5b）。

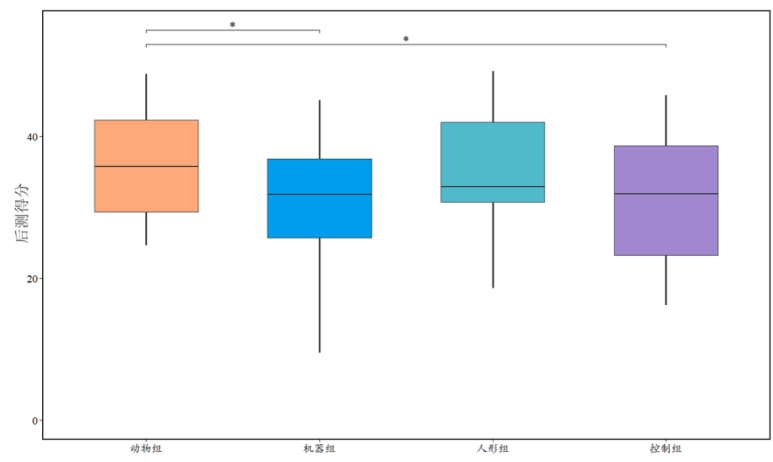


图 5a 即时后测

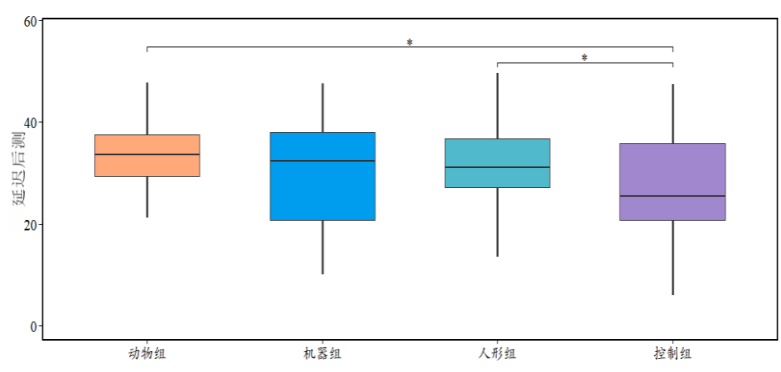


图 5b 延迟后测

(注：***表示 $p < .001$ ，**表示 $p < .01$ ，*表示 $p < .05$)

3.3. 认知负荷

单因素方差分析表明，四组被试的内在认知负荷 (ICL) 有显著差异（ $F(3, 116) = 4.04, p = .009, \eta^2 = .10$ ），外在认知负荷 (ECL) 和相关认知负荷 (GCL) 没有显著差异（ $F(3, 116) = 1.25, p = .295, \eta^2 = .03$ 以及 $F(3, 116) = .52, p = .668, \eta^2 = .01$ ）。经过LSD事后比较分析发现，动物组以及人形组的ICL均显著低于控制组（如图6所示）。

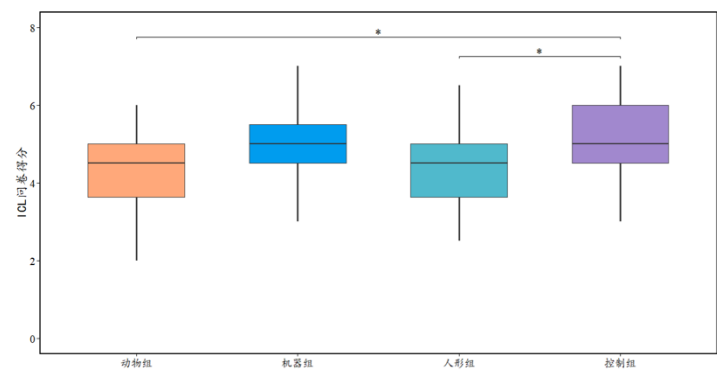


图 6 内在认知负荷 (ICL)

(注：***表示 $p < .001$ ，**表示 $p < .01$ ，*表示 $p < .05$)

4. 结论与讨论

本研究通过准实验研究,系统考察了视频学习中不同虚拟教学代理(动物、人形、机器人及无代理)对学习者的注意力分配、认知负荷、学习效果的影响。结果表明,在教学视频中融入虚拟教学代理,相较于无代理的传统设计,能显著优化学习者的注意力资源分配、提升学习效果并降低内在认知负荷。这一发现有力支持了教学代理在多媒体学习中的积极作用,即通过社交存在感的构建,促使学习者更高效地整合教学内容,对学习产出产生显著的正向促进影响。

在注意力分配层面,虚拟教学代理的类型是驱动学习者视觉注意转移的关键因素。实验数据显示,各组学习者对学习内容区的注视指标并无显著差异,说明代理的存在并未引发诱惑性细节效应而干扰核心知识加工。然而,在教学代理区上,代理组引发的注意水平显著高于控制组,且伴随眨眼频率的明显下降。这种眨眼抑制现象及高度的视觉参与可从三个维度解析:首先,基于社交代理理论,具备人类特质的代理促使学习者将其视为社交伙伴,从而投入更多心理资源以捕捉非言语线索(Mayer et al, 2012);其次,教学代理作为动态社交线索增加了视频的视觉监控需求,迫使学习者通过降低眨眼频率来维持信息的连续性(Schroeder et al., 2013);最后,认知加工的深度与视觉采样率呈正相关,学习者在整合代理与内容的复杂加工中,大脑处于高度激活状态,生理上通过延缓眨眼以最大化信息摄取(Recarte et al., 2008; Wang et al., 2018)。

在认知负荷方面,人形组与动物组的内在认知负荷(ICL)显著低于控制组。这表明具备可爱属性和拟人化线索的代理发挥了有效的认知脚手架作用,通过非言语线索引导学习者聚焦核心概念,简化了心理模型的构建过程(Mayer et al, 2003)。相比之下,机器人代理可能因为其生物特征较弱,学习者兴趣较弱,且可能产生额外的认知成本,抵消了其作为教学线索的益处。

在学习效果上,研究呈现出显著的可爱形象优势效应。动物代理组在即时测试中表现最优,而延时测试中动物组与人形组均显现出较强的记忆保持优势。Baylor 等学者(2009)的研究指出,这种差异源于学习者倾向于与具备生物属性的实体进行情感互动,这种高社交临场感增强了代理的可信度,进而诱发深度认知参与。此外,本研究验证了形象-内容一致性原则,由于教学材料涉及生物学领域的跨膜运输,动物形象与学科主题的天然契合有效激活了学习者的相关知识图式,降低了概念表征难度(Veletsianos et al., 2010);而人形代理则因符合传统教学者形象,同样产生了稳定的认知促进作用。

尽管本研究得出了一系列有价值的结论,但仍存在一定局限。首先,被试群体局限于大学生,结论在 K12 及成人教育领域的普适性有待验证。其次,教学代理的影响受教学设计与学习者特征的非线性调节(Domagk et al., 2010),本研究尚未深入探讨外表设计以外的交互变量。其次,作为视频学习中的重要心理因素,认知专注会对学习满意度(Leong et al., 2011),参与度(张宁等, 2018)和使用意向(Saadé & Bahli, 2005)等众多视频学习学习体验与结果产生影响,那么在视频学习中引入虚拟教学代理是否也会对这些学习体验与结果产生相应的影响,这一问题也需要未来研究中进一步探讨。最后,未来研究应尝试引入脑电(EEG)或近红外(fNIRS)等生理测量技术,从认知神经机制视角进一步揭示教学代理对学习过程的影响。

综上所述,本研究证实了教学代理在优化注意力及促进认知加工中的重要价值,特别是动物代理在提升学习参与度方面的突出作用。研究结果为多媒体教学设计提供了实证参考,未来的研究应在更广泛的背景下探索不同代理的特征与学习效果之间的复杂交互关系。

参考文献

- 张宁,袁勤俭 & 朱庆华.(2018).个体认知专注与虚拟社区参与关系的元分析.情报学报,37(02),161-171.
- 杨九民,皮忠玲,章仪,徐珂,喻邱晨 & 黄勃.(2020).教学视频中教师目光作用:基于眼动的证据.中国电化教育,(09),22-29.
- 衡书鹏,赵换方 & 周宗奎.(2025).虚拟教学代理对认知专注的影响及其内在机制.心理发展与教育,41(04),482-490.
- Baylor, A. L., & Kim, S. (2009). Designing nonverbal communication for pedagogical agents: When less is more. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 450-457.
- 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(3), 989-1015.
- Domagk, S. (2010). Do pedagogical agents facilitate learner motivation and learning outcomes?: The role of the appeal of agent's appearance and voice. *Journal of Media Psychology: Theories, Methods, and Applications*, 22(2), 84-97.
- Feine, J., Gnewuch, U., Morana, S., & Maedche, A. (2019). A taxonomy of social cues for conversational agents. *International Journal of human-computer studies*, 132, 138-161.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology*, 8, 1997.
- Leong, P. (2011). Role of social presence and cognitive absorption in online learning environments. *Distance Education*, 32(1), 5-28.
- Liew, T. W., Tan, S. M., 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(3/4), 117-135.
- Mayer, R. E., & DaPra, C. S. (2012). An embodiment effect in computer-based learning with animated pedagogical agents. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(3), 239.
- Pi, Z., Zhang, Y., Zhu, F., Chen, L., Guo, X., & Yang, J. (2023). The mutual influence of an instructor's eye gaze and facial expression in video lectures. *Interactive Learning Environments*, 31(6), 3664-3681.
- Recarte, M. Á., Pérez, E., Conchillo, Á., & Nunes, L. M. (2008). Mental workload and visual impairment: Differences between pupil, blink, and subjective rating. *The Spanish journal of psychology*, 11(2), 374-385.
- Saadé, R., & Bahli, B. (2005). The impact of cognitive absorption on perceived usefulness and perceived ease of use in on-line learning: an extension of the technology acceptance model. *Information & management*, 42(2), 317-327.
- Schroeder, N. L., Adesope, O. O., & Gilbert, R. B. (2013). How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. *Journal of Educational Computing Research*, 49(1), 1-39.
- Schroeder, N. L., & Craig, S. D. (2021). Learning with virtual humans: Introduction to the special issue. *Journal of Research on Technology in Education*, 53(1), 1-7.
- Veletsianos, G. (2010). Contextually relevant pedagogical agents: Visual appearance, stereotypes, and first impressions and their impact on learning. *Computers & Education*, 55(2), 576-585.

- Wang, Q., & Huang, C. (2018). Pedagogical, social and technical designs of a blended synchronous learning environment. *British Journal of Educational Technology*, 49(3), 451-462.
- Williams, L. A., Brosnan, S. F., & Clay, Z. (2020). Anthropomorphism in comparative affective science: Advocating a mindful approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 115, 299-307.