

人机协同视域下医学免疫学思辨性教学的探索与实践

——以“补体系统”章节为例

王希君, 刘红云, 廖纪元, 周惠萍, 郭 艺

湖北科技学院医学部基础医学院免疫学教研室, 湖北 咸宁

收稿日期: 2026年6月19日; 录用日期: 2026年7月16日; 发布日期: 2026年7月23日

摘 要

生成式人工智能在提升医学教育效率的同时, 易导致医学生思维惰性增强、批判性思维弱化。医学免疫学概念抽象、机制复杂, 对思辨能力要求较高。为平衡技术赋能与思维训练, 本文以人机协同教育理念为指导, 构建“三阶六步”思辨性教学闭环模式, 将AI定位为一种用于暴露认知偏差、促进反思的思维对照工具, 并以“补体系统”为载体开展教学实践。该模式通过课前认知建构、课堂人机对比批判、课后知识重构与临床迁移, 引导学生在认知挣扎中深化理解, 提升批判性思维与临床应用能力。实践表明, 新模式可显著提高学生知识掌握深度与临床迁移能力, 缓解AI依赖带来的思维弱化问题, 为AI时代医学免疫学教学改革提供可推广范式。

关键词

生成式人工智能, 人机协同, 医学免疫学, 思辨性教学

Exploration and Practice of Critical Thinking Teaching in Medical Immunology from the Perspective of Human-Machine Collaboration

—Taking the “Complement System” Chapter as an Example

Xijun Wang, Hongyun Liu, Jiyuan Liao, Huiping Zhou, Yi Guo

Department of Immunology, School of Basic Medical Sciences, Xianning Medical College, Hubei University of Science and Technology, Xianning Hubei

文章引用: 王希君, 刘红云, 廖纪元, 周惠萍, 郭艺. 人机协同视域下医学免疫学思辨性教学的探索与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 1363-1369. DOI: 10.12677/ae.2026.1671508

Abstract

While generative artificial intelligence (AI) boosts the efficiency of modern medical education, it may inadvertently exacerbate intellectual inertia and impair critical thinking abilities among medical students. Medical Immunology is characterized by abstract concepts and sophisticated immune mechanisms, which place high demands on students' critical thinking and reasoning capacity. To balance technological empowerment and cognitive thinking training in medical teaching, this study constructs a closed-loop critical thinking teaching model termed the "Three-Stage and Six-Step" framework under the guidance of the human-machine collaborative education philosophy. In this model, generative AI is adopted as a cognitive reference tool to expose learners' cognitive biases and promote reflective thinking, and teaching practice is carried out with the complement system as the core teaching carrier. The proposed model covers three core teaching procedures: pre-class independent cognitive construction, in-class human-machine comparative critical analysis, and post-class knowledge reconstruction and clinical knowledge transfer. It drives students to actively engage in cognitive dilemma and in-depth thinking, thereby consolidating disciplinary understanding and improving their critical thinking competency and clinical application capacity. Practical teaching results indicate that this innovative teaching model can effectively enhance students' in-depth knowledge mastery and clinical transfer ability, and alleviate the deterioration of critical thinking caused by excessive reliance on generative AI. This study provides a feasible and promotable paradigm for the teaching reform of Medical Immunology in the generative AI era.

Keywords

Generative Artificial Intelligence, Human-Machine Collaboration, Medical Immunology, Critical Thinking Teaching

Copyright © 2026 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

近几年,生成式人工智能(Generative Artificial Intelligence, GenAI)在教育领域得到了广泛应用。这类技术以大语言模型为代表,在知识检索、内容生成、机制图解与案例解析等方面展现了强大效能。它也因此深刻地改变了医学教育的教学模式与学习环境。

医学免疫学作为连接基础医学与临床医学的核心桥梁课程,具有概念高度抽象、分子机制复杂、知识网络密集等突出特征,对学生的逻辑推理能力、系统整合能力与临床迁移能力均提出了较高要求。尤其是补体系统、免疫应答、超敏反应等章节,涉及多层级分子级联反应与精细调控网络,学生理解难度大、记忆负担重,传统教学模式常面临“教师讲授抽象、学生掌握浮浅、临床转化困难”的困境。

GenAI 的出现为破解上述难题提供了新的技术路径。AI 可以快速绘制复杂的信号通路图,也能系统梳理知识逻辑,模拟临床病例,并解释抽象机制。所以, AI 有效降低了医学免疫学的学习门槛,也显著提升了课堂教学效率[1]-[3]。但是,技术便利的背后潜藏着不容忽视的教育风险。研究表明[4] [5],学生广泛使用 GenAI 可能威胁评估的完整性,并抑制学生的批判性思维、问题解决能力与知识获取。在健康

科学教育领域，过度依赖 GenAI 会引发“认知自满”风险。这一风险正引起学界的广泛关注。当学习者习惯直接获取 AI 生成的完整答案时，他们会跳过自主思考、推理试错与深度反思的过程。长期如此，学生的思维惰性将增强，批判意识会弱化，知识掌握也会趋于浅表化。

在此背景下，一个关键问题日益凸显：我们该如何在用好 AI 的同时，守住思维训练的核心阵地？我们该如何培养“善用 AI 但不依赖 AI”的高素质医学人才？这是当前医学教育改革必须回应的重要问题。

基于此，本研究立足于建构主义学习理论、批判性思维理论与以“人为主、机为辅”为核心的人机协同教育理念，构建“三阶六步”思辨性教学模式，以“补体系统”为典型案例开展教学实践，旨在探索兼顾技术效率与思维深度、知识习得与素养培育的新型教学路径，为人工智能时代医学免疫学教学改革提供理论依据与实践参考。

2. AI 时代医学免疫学教学的现实困境与理论基础

2.1. 生成式人工智能应用引发的教学困境

2.1.1. 认知挣扎的缺失与深层理解的不足

GenAI 可以快速、完整地呈现免疫机制图。它也能呈现精细的调控机制及其临床意义。因此，学生无需经历信息筛选、逻辑推理、试错修正与认知重构等过程。他们可以直接获得标准化的解答。这种捷径式的学习模式在短期内提高了知识获取效率。但是，它也剥夺了学习者必要的“认知挣扎”。所谓认知挣扎，是指人在困惑、冲突与修正中主动建构意义的关键过程。缺少了这一过程，知识就容易停留在表层记忆。它们难以内化为稳定的认知结构与思维框架。生成式人工智能在带来教学效率提升的同时，也引发了学者们对技术异化风险的深层担忧。

2.1.2. 批判性思维的弱化与对 AI 输出的盲从

部分学生将 AI 生成的内容视为权威。他们缺乏对信息准确性、严谨性与适用性的批判性甄别能力。事实上，AI 在医学免疫学专业内容中常有若干问题。这些问题包括细节简化、机制表述偏差、临床指征不严谨，甚至出现“幻觉”信息。如果学生不经批判性审视而直接采纳，就容易形成错误的知识认知。这可能进一步影响他们临床思维能力的健康发展。Naqvi 等明确指出[6]，GenAI 时代健康科学教育面临一个核心困境。这个困境就是：如何在 AI 效率与人类核心认知能力之间保持平衡。这些核心认知能力包括批判性思维、伦理推理与独立问题解决能力。

2.1.3. 思维耐力的下降与自主钻研意愿的降低

面对补体级联反应、调控网络等复杂内容时，学生普遍存在畏难情绪。他们习惯于依赖 AI 进行问题简化与答案获取。如果这种依赖模式长期延续，学生的逻辑推理能力将会退化。他们的思维耐力也会变得不足。这不利于严谨医学思维的养成。部分研究甚至警示，在没有将批判性评估、提示工程与伦理使用纳入课程整合的前提下，GenAI 可能危及医学生的认知自主性。

2.2. 针对上述困境，本研究梳理了以下三个理论基础，为构建新型教学模式提供支撑

2.2.1. 建构主义学习理论

建构主义学习理论认为，学习并非知识的被动接收。它是学习者在已有认知结构的基础上，通过主动探索、认知冲突与反思修正，不断建构意义的过程。从建构主义视角来看，医学教育应强调以学生为中心。教师应引导学生通过主动建构来获取知识，而非被动接受。思辨性教学的核心是让学习者亲历思考过程。它让学生在认知冲突中实现理解的深化。这与建构主义的基本主张高度契合[7]。

2.2.2. 批判性思维理论

批判性思维涵盖解释、分析、评估、推论与自我调控等核心认知技能。在 AI 技术深度融入医学教育的时代，培养学生对 AI 生成信息的甄别、反思与重构能力，已成为一个关键环节。这个环节有助于避免思维弱化，提升专业素养。正如相关研究所强调的，批判性思维、伦理推理和独立问题解决能力，是通过主动参与、创新性知识整合以及对不确定性的积极应对来培养的。而这些能力恰恰是 GenAI 无法替代的。

2.2.3. 人机协同教育理论

人机协同教育理论强调“人为主、机为辅”的基本原则。该理论主张将人工智能定位为学习伙伴、思维对照工具与认知激发器。AI 不应成为学习过程的替代者。张辉蓉等提出了人机协同深度教学模式。该模式包含三大特征。第一，教学智能协同化。它以人的“智慧”与机器的“智能”形成动态互补。第二，教学角色融合化。机器导师从“AI 代理”向“AI 伙伴”进阶演化。第三，教学目标人本化。它回归到生命教育的本质。这一模式为思辨性教学模式的构建提供了重要的理论框架[8]。通过合理设计 AI 的使用时机与方式，我们可以实现技术赋能与思维训练的有机平衡。

3. “三阶六步” 人机协同思辨教学模式的构建

基于上述理论分析，本研究构建了“三阶六步”闭环式思辨教学模式(图 1)。该模式遵循了一条递进的核心逻辑：先独立思考，后 AI 对照；先暴露问题，再批判修正；先知识重构，再临床迁移。

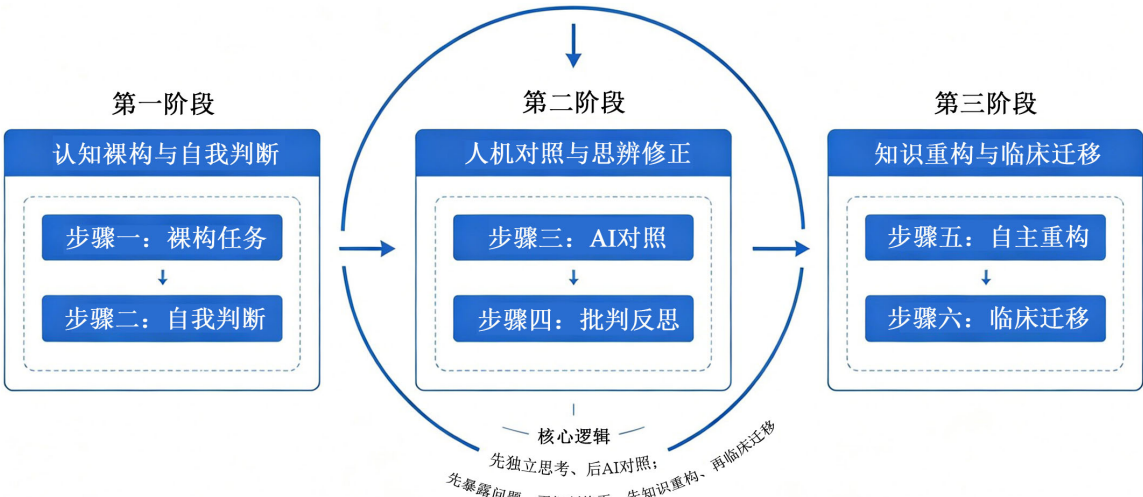


Figure 1. The “Three Stages and Six Steps” closed-loop critical thinking teaching mode
图 1. “三阶六步” 闭环式思辨教学模式

第一阶段：认知裸构与自我诊断

步骤一：裸构任务。在此环节，学生不能使用任何 AI 工具及未经教师指定的拓展性网络资源。他们仅依靠教材与预习理解，独立手绘免疫机制逻辑图或撰写机制分析。这一环节的目的是强制保留认知挣扎过程。它旨在暴露学生在缺乏外部辅助条件下的真实认知状态。

步骤二：自我诊断。学生需要标注自己在学习过程中产生的困惑点、逻辑断点与错误认知。他们由此形成一份真实、未经修饰的思维画像。这份画像将为后续的人机对比提供参照基线。

第二阶段：人机对照与思辨修正

步骤三：AI 对照。教师使用 AI 生成标准解答与机制图解。学生将其与自己的自主成果进行逐项对比。他们标记出关键差异与遗漏之处。这一环节旨在让学生直观地看到，自身认知结构与 AI 生成内容之间存在着怎样的差距。

步骤四：批判反思。师生围绕差异点开展课堂讨论。他们深入分析学生自身的思维缺陷与 AI 输出的局限性。由此，学生形成批判性认知。学生不仅反思自己“错在哪里”，更审视 AI “可能错在哪里”。通过这样做，他们能够建立起对 AI 信息进行理性审视的思维习惯。

第三阶段：知识重构与临床迁移

步骤五：自主重构。学生结合批判反思的结果，重新梳理知识体系。他们由此形成一个更完整、更严谨且具有个人特点的认知结构。这一阶段强调对 AI 内容的扬弃。学生吸收其正确信息，修正其偏差之处，补充其遗漏内容。

步骤六：临床迁移。在此环节，学生必须脱离 AI 支持。他们在真实临床病例中，独立运用相关知识去分析发病机制，提出诊疗思路。这一步骤的目的是检验他们知识内化的深度与临床应用的效度。

4. 基于补体系统的教学实践设计与实施

4.1. 研究对象与教学内容

本研究以某高校临床医学专业二年级学生为研究对象，以班级为单位分为实验组和对照组，在医学免疫学课程中开展了教学实践。在实验组班级我们选取“补体系统”作为教学实践章节。教学内容涵盖：补体的组成与命名、经典激活途径、旁路激活途径、MBL 激活途径、补体活化的调控机制、补体的生物学功能及其在输血反应、肾小球疾病、感染性疾病等临床情境中的病理意义。对照组按常规教学。

4.2. 教学实施过程

4.2.1. 课前阶段：裸构建构，暴露思维盲区

课前一周，我们布置了预习任务。我们要求学生完全禁止使用 AI。他们需要独立手绘“补体三条激活途径对比图”。图中需要标注关键分子、激活顺序、转化酶复合物及终末效应产物。完成绘图后，学生还要填写自我诊断表，明确标注：(1) 已熟练掌握的知识点；(2) 理解模糊的部分；(3) 完全无法理解的机制节点。

教学实践结果显示，超过 70% 的学生无法完整区分三条激活途径的触发物与 C3 转化酶的类型差异。这一结果真实地暴露了学生在缺乏 AI 辅助条件下的思维薄弱环节。它也为后续的针对性教学提供了诊断依据。

4.2.2. 课中阶段：人机对比，开展思辨研讨

课堂环节分为四个步骤：小组互评、AI 展示、差异对比与批判反思。第一步，学生以小组为单位交换各自的裸构建图。他们互相指出错误与遗漏。第二步，教师统一展示 AI 生成的补体机制图与知识点总结。第三步，学生使用不同颜色的笔，标注出自己成果与 AI 输出之间的差异。他们系统地分析错误产生的原因。第四步，教师引导学生展开批判性讨论。讨论的问题包括：AI 的解释是否完全准确？哪些关键细节被简化或省略？临床意义的表述是否完整？

我们以 ABO 血型不合输血引发急性溶血的病理机制分析为例。在教学实践中，学生自主分析时，大多停留在“抗原 - 抗体结合”层面。AI 补充了补体经典途径激活与红细胞溶解的机制。但是，AI 所给答案忽略了 C3a、C5a 过敏毒素导致的休克风险，也忽略了旁路途径的放大效应。通过人机对比与批判反思，学生既认识到自身逻辑链条的缺陷，也具体感知到 AI 可能存在的知识盲区与整合局限，批判意识得到了显著增强。

4.2.3. 课后阶段：重构知识，强化临床迁移

课后，学生结合课堂批判反思的结果，重新绘制整合版补体系统知识图谱。他们明确标注三个层次的信息。第一层是自我修正点。这是指原自主成果中的错误认知，经反思后获得纠正。第二层是 AI 启发点。这是指 AI 内容中值得吸收的正确信息。第三层是 AI 局限点。这是指 AI 内容中存在的偏差、简化或遗漏之处。随后布置临床拓展病例分析任务，要求学生在脱离 AI 支持的前提下独立完成。

5. 教学效果评价

5.1. 批判性思维能力的提升

我们采用批判性思维倾向量表(CTDI-CV)进行了前测与后测对比分析。结果显示，在前测无显著差异的前提下，实验组在分析能力、系统化能力、批判性思维自信心等维度的后测得分均显著高于对照组($P < 0.05$)。同时，学生对 AI 生成信息的甄别能力与反思意识也明显增强了。

5.2. 知识掌握深度的显著提高

在补体章节的专项测试中，实验组平均分为 81.0 ± 5.5 ，对照组为 77.1 ± 6.2 。两者差异具有统计学意义($P < 0.01$)。两组在基础知识记忆性题目上的得分相近。但是，在机制分析题与临床综合应用题上，两组的得分差距十分显著。这说明，思辨性教学更有利于促进学生深层理解与灵活应用知识。

5.3. 学习行为与元认知能力的改善

课后问卷调查显示，87.2%的学生能够识别 AI 在免疫学专业内容输出中的局限性。此外，76.4%的学生逐步形成了规范化的学习习惯。这个习惯是：先自主思考，再与 AI 对照，最后进行批判修正。多数学生反馈，经过思辨训练后，他们面对复杂的免疫机制时不再感到畏惧。他们更愿意主动进行逻辑推演与机制分析。

5.4. 课堂参与度与综合素养的提升

实验组学生在课堂讨论中的参与积极性显著高于对照组。他们的病例分析逻辑也更为严谨。在小组汇报、创新项目等环节中，实验组学生的表现同样更为突出。这体现出思辨性教学对学生综合医学素养具有长期的促进作用。

6. 讨论

本研究构建的“三阶六步”思辨性教学模式，其最大特点在于重新定位了 AI 的角色。我们不禁 AI 的使用，而是规范它使用的先后顺序。我们不盲目追求知识获取的速度，而是保留深度学习必需的认知挣扎过程。我们不盲从 AI 工具的输出，而是强化学生对信息的批判性审视意识。通过“先裸构、后对照、再重构”的闭环设计，该模式充分发挥了 AI 的技术优势。这些优势体现在知识可视化、结构化与整合方面。同时，该模式也守住了医学教育必需的逻辑推理与思辨能力训练阵地。由此，它实现了人机协同育人的核心目标。

实施该模式需要把握四个关键点。第一，我们必须严格执行“先裸构后 AI”的教学顺序。这样可以避免学生提前使用 AI 而削弱思辨效果。第二，我们必须强化教师的专业引导作用。教师需要及时识别并纠正 AI 内容中可能存在的专业偏差。这能确保知识传递的科学性与准确性。第三，我们必须坚持以临床问题为驱动。我们应让思辨活动始终围绕真实的医学场景展开。这样做可以提升学生的学习动机与临床导向意识。第四，我们必须重视过程性评价。我们应该将思维过程质量、反思深度与病例分析能力一

同纳入考核体系。这样做可以引导学生从关注“答案是否正确”转向关注“思维过程的质量”。

该教学模式的操作流程明确,实施成本较低,可复制性强。它不仅适用于补体系统这一教学难点。它还可以直接迁移至医学免疫学中的其他复杂章节,例如超敏反应、自身免疫病、肿瘤免疫和移植免疫。从更广的视野来看,该模式对病理学、药理学、微生物学等医学基础课程也具有显著的借鉴价值。

本研究尚存在一定的局限性。首先,样本量相对有限。其次,观察周期较短。因此,该教学效果的长期稳定性如何,还有待进一步的追踪验证。

7. 结论

生成式人工智能为医学教育带来了效率的深刻革新,同时也对医学生思维能力的培养提出了新的挑战。本研究构建的“三阶六步”人机协同思辨性教学模式,以补体系统教学为实践载体,通过自主认知建构、人机对比、批判反思、知识重构与临床迁移等关键环节,有效提升了学生的批判性思维水平、知识内化深度与临床应用能力,显著缓解了 AI 过度依赖所引发的思维弱化问题。

该模式始终秉持“学生主体、AI 辅助、教师引导”的核心原则,既充分释放了人工智能的技术红利,又牢牢守住了医学思维训练的育人底线。其科学性、可操作性与推广性已在教学实践中得到初步验证,可为生成式人工智能时代医学免疫学教学改革及高素质医学人才培养提供重要的实践参考。

基金项目

湖北省高教学会教研项目(2024XD209)。

参考文献

- [1] 付海英, 闫东梅, 倪维华, 等. 数智赋能医学免疫学教学的实践探索[J]. 中国免疫学杂志, 2025, 41(6): 1286-1289+1293.
- [2] 吴凤娇, 方芳, 韩雪, 等. 人工智能赋能医学免疫学智慧教学模式的探索与实践[J]. 蚌埠医科大学学报, 2025, 50(7): 996-998+1003.
- [3] 王松, 彭学臻, 甫拉提·热西提, 等. 生成式 AI 赋能医学免疫学教学的革新与思辨[J]. 基础医学教育, 2025, 27(9): 868-872.
- [4] Rodger, D., Mann, S.P., Earp, B., Savulescu, J., Bobier, C. and Blackshaw, B.P. (2025) Generative AI in Healthcare Education: How AI Literacy Gaps Could Compromise Learning and Patient Safety. *Nurse Education in Practice*, 87, Article ID: 104461. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104461>
- [5] 张志华, 孙嘉宝, 季凯. “变”与“不变”: 高等教育数智化转型的趋向、风险与路径[J]. 高校教育管理, 2022, 16(6): 23-31+58.
- [6] Naqvi, W.M., Ganjoo, R., Rowe, M., Pashine, A.A. and Mishra, G.V. (2025) Critical Thinking in the Age of Generative AI: Implications for Health Sciences Education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, Article ID: 1571527. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1571527>
- [7] 高媛, 尹希, 宋利, 等. 基于建构主义理论的应激医学课程建设探索与实践[J]. 中国医药导报, 2024, 21(10): 28-31.
- [8] 张辉蓉, 魏利, 李舒展. 人机协同深度教学: 内涵、特征与实践逻辑[J]. 教师教育学报, 2025, 12(5): 41-50.