

大语言模型预训练逻辑启发下的预防医学知识体系构建

周启程*, 杨建新*, 侍雯婧, 蔡梦宇, 汤雨潇, 李红霞#

海军军医大学海军医学系海军营养与食品卫生学教研室, 上海

收稿日期: 2026年8月19日; 录用日期: 2026年10月11日; 发布日期: 2026年10月20日

摘要

生成式人工智能显著降低了医学知识检索、归纳和调用的成本, 也使预防医学教育必须重新回答一个基础问题: 当大量事实性信息可以通过外部工具快速获得时, 学生仍需内化哪些知识, 又应形成怎样的知识结构, 才能支撑后续的专业判断与公共卫生实践? 本文以大语言模型预训练逻辑为问题引子, 以概念图、图式理论和情境学习理论等认知心理学与教育学理论为论证基础, 提出预防医学“知识预训练”体系。该体系不主张增加课程数量, 而是以公共卫生问题为组织中心, 在现有学科课程之上建立纵向问题链, 并将知识区分为需要稳定内化的核心知识与需要循证检索、动态更新的外部知识。文章进一步构建“生物医学基础-公共卫生方法-专业领域知识-人群与社会情境”四层知识结构, 明确各层知识对应的职业胜任力培养要求, 并给出课程设计团队、教师发展与核心/外部知识清单界定的实施策略, 以营养与食品卫生学相关问题说明其教学应用。该框架旨在推动预防医学知识教学由课程覆盖和事实记忆转向知识结构、证据调用和问题表征, 为后续专业任务训练奠定可持续的知识基础。

关键词

大语言模型, 预防医学, 知识体系, 知识网络, 生成式人工智能, 图式理论, 情境学习

Construction of the Preventive Medicine Knowledge System Inspired by the Pre-Training Logic of Large Language Models

Qicheng Zhou*, Jianxin Yang*, Wenjing Shi, Mengyu Cai, Yuxiao Tang, Hongxia Li#

Department of Naval Nutrition and Food Hygiene, Department of Naval Medicine, Naval Medical University, Shanghai

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 周启程, 杨建新, 侍雯婧, 蔡梦宇, 汤雨潇, 李红霞. 大语言模型预训练逻辑启发下的预防医学知识体系构建[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 268-276. DOI: 10.12677/ces.2026.1410787

Received: August 19, 2026; accepted: October 11, 2026; published: October 20, 2026

Abstract

Generative artificial intelligence has markedly reduced the cost of retrieving, summarizing, and invoking medical knowledge, forcing preventive medicine education to revisit a fundamental question: when large amounts of factual information can be rapidly obtained through external tools, what knowledge should students still internalize, and what kind of knowledge structure should they develop to support subsequent professional judgment and public health practice? Taking the pre-training logic of large language models (LLMs) as a starting point, and grounding the argument in cognitive and educational theories such as concept mapping, schema theory, and situated learning, this paper proposes a “knowledge pre-training” system for preventive medicine. Rather than increasing the number of courses, the system organizes learning around public health problems, establishes vertical problem chains across existing disciplinary courses, and distinguishes core knowledge that must be stably internalized from external knowledge that should be retrieved based on evidence and dynamically updated. The paper further constructs a four-layer knowledge structure—biomedical foundations, public health methods, professional domain knowledge, and population and social context—specifies the professional competencies to be developed at each layer, and provides implementation strategies covering interdisciplinary curriculum design teams, faculty development, and a methodological workflow for defining the core/external knowledge lists. Its teaching application is illustrated with problems related to nutrition and food hygiene. The framework aims to shift preventive medicine knowledge teaching from course coverage and factual memorization toward knowledge structure, evidence invocation, and problem representation, laying a sustainable knowledge foundation for subsequent professional task training.

Keywords

Large Language Model, Preventive Medicine, Knowledge System, Knowledge Network, Generative Artificial Intelligence, Schema Theory, Situated Learning

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

生成式人工智能正在改变医学生接触和使用知识的方式。近期综述显示, AI 在本科医学教育中的应用已扩展至自主辅导、自我评价、模拟学习和教学评价等环节, 但其对批判性思维、专业推理和长期学习结果的直接证据仍有限[1]。对预防医学而言, 知识组织问题尤为突出: 儿童肥胖、食品安全、慢性病防控等任务往往同时涉及生物学机制、流行病学证据、统计方法、行为因素和政策环境。WHO 2024 年公共卫生胜任力框架也强调知识与实际公共卫生职能之间的衔接[2]。

我国“新医科”建设持续强调学科交叉和面向健康需求的人才培养[3], 相关研究也指出公共卫生与预防医学教育仍存在课程交叉融合不足、理论与实践衔接不够等问题[4]。因此, 当前矛盾并非简单表现为课程数量不足, 而是学生能否把分散在不同课程中的知识组织为可被专业问题调用的结构。胜任力导向医学教育强调知识、技能和判断在具体情境中的综合运用[5], 课程整合理论则提示不同学科之间需要建立更高层次联系[6]。

大语言模型的预训练为这一问题提供了一个工程化参照和问题引子。广泛语料上的预训练可以形成支持后续任务的通用表征[7]; 同时, 外部检索机制能够补充模型内部知识在时效性和来源追溯方面的局限[8]。人类学习与模型训练并不同构, 本文的论证重心并不停留在机器类比, 而是落脚于图式建构、情境认知等人类学习的基本规律; 但“知识基础如何覆盖、知识如何建立关系、哪些内容应稳定内化、哪些内容更适合动态检索”仍具有可借鉴的系统设计价值。基于此, 本文提出预防医学“知识预训练”体系, 重点讨论学生进入复杂专业任务前应形成怎样的知识底座, 以及如何从课程完整性进一步走向知识结构的完整性。

2. 大语言模型预训练逻辑及其教学启示

2.1. 从知识输入到知识表征: 基础不只是“学得多”

大语言模型预训练依赖大规模语料学习通用表征。若把这一过程简单理解为医学教育中的“增加学习材料”, 很容易重新回到以知识数量和课时投入为中心的传统路径。更值得借鉴的是预训练所体现的知识覆盖、输入质量与表征组织之间的关系。对预防医学学生而言, “知道一个知识点”和“能够在专业问题中调用这个知识点”并不相同。

例如, 学生可能能够准确解释“混杂因素”, 也掌握膳食调查的基本方法, 但面对“高糖饮料摄入是否增加儿童肥胖风险”时, 未必会主动联想到社会经济状况、总能量摄入和体力活动等潜在混杂因素, 更未必能把营养暴露、生物学机制和流行病学证据放入同一分析框架。医学教育中的概念图研究表明, 显性呈现概念层级与关系有助于知识整合和意义学习[9]。认知心理学的图式理论同样提示, 学习者若缺乏相应的背景图式, 即使面对完整信息也难以理解和保持, 而先行激活相关图式能够显著改善理解与记忆[10]。因此, 知识教学不仅要形成“节点”, 更应建立节点之间可以用于解释问题的关系; 纵向问题链的作用, 正是在不同学期反复激活和重组学生已有的知识图式。

2.2. 从课程覆盖到知识结构: 完整课程不等于完整知识网络

医学培养方案通常以课程设置判断知识是否覆盖: 营养与食品卫生学负责营养和食品安全, 流行病学负责研究设计, 卫生统计学负责数据分析。这种学科分工具有必要性, 但容易产生一个隐含假设——只要各门课程均完成教学任务, 学生就会自然形成整合能力。实际上, 同一个儿童肥胖问题可能分别出现在生物化学、营养学、流行病学、卫生统计学和健康教育课程中, 如果知识始终被限制在各自课程语境中, 学生得到的仍可能是多组彼此分离的记忆。

因此, “知识覆盖”应进一步落实为问题所需知识是否完整出现、不同知识之间是否建立连接、学生能否主动识别需要调用哪些学科内容, 以及旧知识能否在后续学习中再次被激活。本文并不主张取消学科课程, 而是强调在横向课程之上增加纵向公共卫生问题链, 使课程体系承担知识系统化功能, 问题链承担跨课程连接和再调用功能。

2.3. 从内部知识到外部调用: 预训练知识基础需要动态补充

预训练主要解释稳定知识表征如何形成, 但医学知识更新迅速, 仅依赖学习者内部知识并不足以支持长期专业实践。最新版膳食指南、某类污染物限量、地区疾病监测数据以及不断更新的系统评价, 都具有较强时效性。检索增强生成把模型内部知识与外部检索信息结合[8], 其对医学教育的启示不是把RAG归入预训练, 而是提示稳定知识底座必须与高质量外部知识调用配合。

据此, 本文区分“内化核心知识”和“可检索外部知识”。前者包括能量平衡、常见研究设计、偏倚与混杂、相关与因果、食品安全风险评估基本逻辑等, 这些内容构成学生判断外部信息的认知底座;

后者包括最新版指南中的具体推荐、不同人群部分 DRIs 参数、地区监测数据和新近法规等，教学目标应从“永久记住全部细节”转向“知道查什么、在哪里查、如何核验并用于当前人群”。医学事实知识的长期保持仍需要主动提取和间隔学习等方法支持[11] [12]，而动态知识则更强调来源识别和循证更新。

2.4. 借鉴边界：学生学习不能等同于模型训练

大语言模型通过参数优化学习统计关系，人类学习则受到经验、动机、注意、情感、社会互动和职业认同等因素影响，并具有机器训练不具备的独特性。其一，人类学习依赖图式的建构与激活：新信息只有与已有认知结构建立联系才能被理解和保持[10]，这决定了知识教学必须重视关系而非孤立事实；其二，理解与记忆具有情境性：知识的意义形成于其产生和运用的活动与社会情境之中，脱离情境的“惰性知识”难以迁移到新问题[13]，这决定了知识教学应嵌入真实公共卫生问题；其三，学习是主动的、自我调节的过程：学习者会设定目标、监控理解并调整策略，而非被动接受输入。因此，“知识预训练”不是要求学生像模型一样接受海量输入，更不能把学生视为等待灌入数据的容器；大语言模型类比在本文中仅作为引子，论证重心建立在上述认知与学习规律之上。本文借鉴的是三项设计原则：专业能力需要可靠而有结构的基础知识；知识价值不仅取决于数量，也取决于关系和可调用性；稳定内化知识与动态外部知识需要形成合理分工(见表 1)。

Table 1. Pre-training logic of large language models and its implications for preventive medicine knowledge teaching
表 1. 大语言模型预训练相关逻辑及其对预防医学知识教学的启示

模型侧逻辑	教学启示	预防医学知识体系要求	说明
广泛、高质量语料	重视知识覆盖与输入质量	核心知识覆盖关键公共卫生问题	不是简单增加学习材料
通用表征形成	重视知识之间的关系	构建跨学科可调用知识网络	由知识点转向问题表征
内部知识存在边界	区分稳定知识与动态知识	形成“核心内化 + 外部检索”分工	外部检索是补充机制
后续任务依赖基础表征	基础阶段要为专业任务准备	先形成知识底座，再进入任务训练	本文只讨论知识底座环节
参数优化形成统计关系	机器类比存在边界，论证应回归认知规律	以图式、情境学习等学习理论为论证基础	大语言模型仅作为引子与参照

3. 预防医学知识体系面临的主要问题

3.1. 学科课程相对完整，但跨课程知识关联不足

预防医学本科阶段涉及基础医学、临床医学、流行病学、卫生统计学、环境与职业卫生、营养与食品卫生学等多个知识板块。课程体系越完整，越容易出现“每门课都讲到了，但学生在真实问题中仍不会组合”的情况。公共卫生问题通常以人群健康事件而不是课程章节的形式出现，其分析路径往往同时涉及暴露、机制、证据、风险、资源和干预。若不同课程之间缺少持续重复出现的问题线索，学生很难形成稳定的跨课程调用路径。

3.2. 稳定核心知识与动态知识的学习要求缺乏区分

医学教育长期面临知识量快速增长与有限学习时间之间的矛盾。生成式 AI 进一步放大了这一问题：学生可以快速得到具体数值和最新推荐，但如果缺少基础概念和方法学知识，就难以判断这些信息是否可靠。反过来，如果仍要求学生记忆大量快速变化的具体标准，又会挤压用于理解机制、证据和方法的时间。因此，知识教学需要根据“是否构成专业判断底座、是否高频使用、是否快速更新、是否能够可靠检索”确定不同学习深度。

3.3. 知识评价偏重再认和回忆, 难以反映结构与调用能力

传统考试能够有效抽样评价基础事实和概念, 但对“学生是否知道面对一个问题要调用哪些知识”反映有限。专业胜任力本身要求知识、技能、判断和反思在实际情境中综合使用[14]。如果知识基础阶段只评价记忆正确率, 教师很难发现学生已经掌握单个知识点却无法建立关系的问题, 也难以判断学生能否在新证据出现后更新原有知识结构。

4. 预防医学“知识预训练”体系构建

4.1. 四层知识结构: 从生物医学基础到社会情境

第一层为生物医学基础, 包括生理、生化、病理及必要的临床基础, 用于解释健康问题“为什么发生”; 第二层为公共卫生方法, 包括流行病学、卫生统计、调查方法和循证评价, 用于回答“如何识别、测量并解释问题”; 第三层为专业领域知识, 包括营养、食品卫生、环境、职业、妇幼和慢病防控等, 用于理解具体公共卫生问题的规律; 第四层为人群与社会情境, 包括行为、文化、社会经济因素、政策、资源和健康公平, 用于解释科学上合理的方案为什么在真实人群中可能失效。

四层并非四组平行课程, 而应在同一公共卫生问题中相互连接。例如面对肥胖问题, 学生既要理解能量代谢和膳食暴露, 也要分析研究设计、人群差异、家庭和学校环境, 并最终考虑干预资源和健康公平。情境学习理论进一步指出, 学习本质上是学习者由边缘参与逐步走向核心实践的社会参与过程, 知识的意义在具体活动情境中生成[13]。因此, 第四层“人群与社会情境”不是前三层知识之外的附加内容, 而是前三层知识得以被理解、激活和转化为实践的情境条件。这种结构与卫生专业教育强调面向卫生系统需求、推动变革性学习的方向一致[15]。

同时, 每一层知识的学习都应与特定职业胜任力相衔接, 避免知识掌握与能力培养“两张皮”。生物医学基础层可通过机制解释与病例推演培养科学推理与批判性思维; 公共卫生方法层通过设计、分析与报告的完整训练形成证据生成与评价能力; 专业领域知识层通过暴露评估与风险表征支撑特定领域的专业判断; 人群与社会情境层则应要求学生不仅分析问题, 还完成模拟风险沟通、撰写政策简报、设计社区倡导方案等任务, 使情境知识转化为沟通、领导力和倡导等实践能力。四层知识与胜任力的对应关系见表2。

Table 2. Correspondence between the four-layer knowledge structure and professional competency development

表 2. 四层知识与职业胜任力培养的对应关系

知识层次	代表性知识内容	支撑的核心胜任力	胜任力导向教学活动示例
生物医学基础	生理、生化、病理及临床基础	科学推理与批判性思维	机制推演、病例讨论与解释
公共卫生方法	流行病学、卫生统计、循证评价	证据生成、评价与运用	设计 - 分析 - 报告完整训练
专业领域知识	营养、食品卫生、环境、职业、慢病防控	特定领域专业判断	暴露评估、风险表征与标准比较
人群与社会情境	行为、文化、社会经济、政策、健康公平	沟通、领导力与倡导	模拟风险沟通、政策简报、倡导方案

4.2. “横向学科课程 + 纵向公共卫生问题链”的双层组织

横向学科课程继续承担系统讲授专业知识和方法的功能; 纵向问题链则在不同学期反复出现, 使学生重新调用已学知识。可选择肥胖与慢性病、食品安全、营养不足、环境暴露、职业危害和突发公共卫生事件等作为主线。每条问题链都应明确其跨课程知识节点: 首次在哪门课出现、后续在哪门课再次激活、最终在哪类综合问题中完成整合。

例如“膳食结构与慢性病”可以从生物化学中的能量与代谢开始，在营养学中学习膳食暴露，在流行病学中讨论研究设计和因果证据，在卫生统计学中处理风险估计，在健康教育和卫生政策课程中讨论干预与实施。课程无需合并，但问题应连续存在。这样可以把“课程有没有讲”转化为“学生能不能围绕一个问题把知识重新组织起来”。

4.3. “内化核心知识 + 可检索外部知识”的双层分工

内化核心知识应满足三个基本条件：构成后续判断的前提、具有相对稳定性、需要在没有外部工具时也能快速调用。可检索外部知识则多为更新快、数量大、情境特异的内容。划分不应由教师凭经验一次性确定，可结合课程目标、专家咨询和实际公共卫生任务逐步形成清单，并随指南、技术和人才需求变化而调整(见表 3)。

Table 3. Two-tier division of preventive medicine knowledge and the corresponding teaching requirements
表 3. 预防医学知识的双层分工及教学要求

知识类型	判定原则	典型内容	主要教学要求
内化核心知识	稳定、基础、判断必需	基本机制、研究设计、偏倚与混杂、因果判断、风险评估逻辑	理解 + 提取练习 + 跨情境再调用
可检索外部知识	动态、具体、更新快且可靠获取	最新指南、DRIs 具体参数、限量标准、监测数据、新近法规	检索 + 来源核验 + 证据评价 + 情境应用

4.4. 知识体系的评价：从记住多少到能否连接、调用和更新

“知识预训练”是否完成，不能只看课程成绩。第一，可评价知识连接度：给定一个公共卫生问题，要求学生绘制或口述其“暴露 - 机制 - 证据 - 结局 - 干预 - 评价”关系，观察节点覆盖和连接合理性；第二，可评价知识调用能力：不给具体提示，要求学生指出解决问题还需要哪些信息、数据和证据；第三，可评价知识更新能力：提供一项新的或与原有结论冲突的研究，观察学生能否判断其证据质量，并说明原有知识网络中哪些关系需要调整。本文提出的知识体系构建框架见图 1。

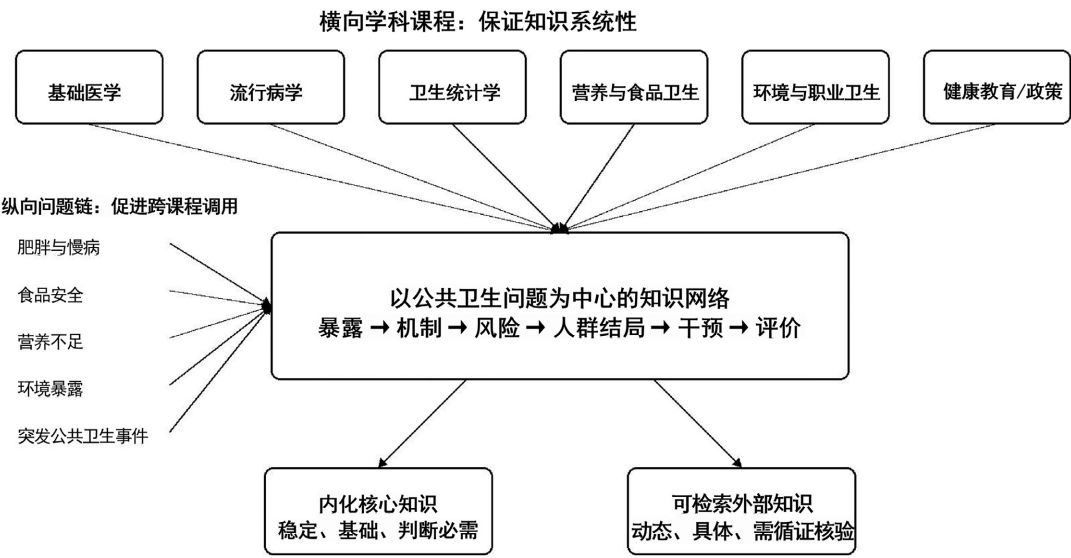


Figure 1. Framework for constructing the preventive medicine knowledge system inspired by the pre-training logic of large language models
图 1. 大语言模型预训练逻辑启发下的预防医学知识体系构建框架

5. 框架的实施策略

5.1. 组建跨学科课程设计团队与教师发展安排

“知识预训练”体系的落地首先依赖组织保障。建议由学院教学负责人牵头, 组建包含流行病学、卫生统计学、营养与食品卫生学、环境与职业卫生学、健康教育与卫生政策等学科骨干教师, 以及教学管理人员和疾病预防控制等实践部门人员参加的课程设计团队, 共同负责问题链主线遴选、跨课程知识节点标注和核心/外部知识分工审议。教师发展应围绕整合教学能力展开: 通过集体备课、跨课程听课、问题链教学工作坊和与实践基地的联合教研, 帮助教师从“讲完本课程内容”转向“围绕问题组织知识”; 相关培训与教研活动可纳入教师继续教育和教学工作考核, 形成持续运行机制。

5.2. 界定“核心/外部”知识清单的方法学流程

知识清单的界定应遵循明确的方法学流程, 而非依赖个别教师经验。第一步, 依据课程标准、培养方案和公共卫生胜任力框架初步梳理候选知识点, 绘制“知识点-课程-问题链”课程图谱; 第二步, 组织多轮德尔菲专家咨询, 由专家就“是否构成专业判断底座、使用频率、更新速度、可否可靠检索”四个维度对知识点逐条评分并反馈意见, 经多轮反馈达成收敛; 第三步, 结合既往公共卫生任务复盘和毕业生追踪反馈对清单进行校准; 最后形成分级教学要求清单, 明确各知识点的教学深度、复核周期与责任课程, 并随指南更新和人才需求变化动态调整。

5.3. 知识层次与职业胜任力的衔接设计

知识学习与能力培养应一体化设计。与四层知识结构相对应, 教学活动应明确每一层支撑的核心胜任力: 生物医学基础层侧重科学推理, 公共卫生方法层侧重证据生成与评价, 专业领域知识层侧重领域专业判断, 人群与社会情境层侧重沟通、领导力和倡导。以“人群与社会情境”层为例, 教学不应止于分析问题影响因素, 而应要求学生模拟开展风险沟通、撰写政策简报或设计社区倡导方案, 使其在真实或仿真的社会情境中完成从“会分析”到“会表达、会协调、会推动”的转化。四层知识与胜任力的对应关系见表 2。

6. 教学应用: 以营养与食品卫生学相关问题为场景

6.1. 以“膳食结构与慢性病”为纵向问题链

可以先从能量、宏量营养素和代谢机制等核心知识出发, 再逐步加入膳食调查、疾病分布和研究设计。当学生掌握基本概念后, 不直接要求其背诵某项膳食建议, 而是围绕“某地区糖尿病患病率持续升高”提出需要回答的问题: 主要膳食暴露是什么? 现有证据能否支持因果解释? 哪些混杂因素需要控制? 哪些人群需要优先干预? 还需要获取哪些当地数据? 这一过程使营养学知识与流行病学、卫生统计、行为和政策知识发生真实连接。在整合环节, 还可要求学生面向家长和学校撰写社区干预简报或模拟风险沟通, 使知识整合进一步转化为表达与倡导能力。

6.2. 以“食品安全风险”为另一类问题链

食品安全场景可以从危害识别、毒理机制和暴露评价等稳定知识开始, 再加入具体污染物限量、监测数据和法规要求等动态知识。对于限量标准, 学生未必需要长期记住所有数值, 但应知道权威来源、适用范围以及如何判断不同标准之间的差异。在后续课程中, 同一问题还可延伸到风险沟通、公众信任和政策处置, 从而把食品卫生学知识与流行病学、法规和社会情境连接起来; 其中可设置模拟风险沟通与政策简报撰写等胜任力导向任务, 由学生分别扮演监管部门、媒体与社区居民等角色, 说明标准制定

的科学依据与不确定性, 使知识学习与沟通、倡导等能力培养更紧密地结合。

6.3. AI 工具应放在补充、检索和核验的位置

AI 可以辅助学生梳理初步知识关系、比较概念或生成检索关键词, 但不宜直接替代核心知识形成。尤其在外部知识调用环节, 应要求学生回到指南、原始研究、政府标准和监测数据核验来源。国际数字健康胜任力框架已把数字技术能力系统纳入医学教育[16], 我国医学生 AI 能力相关共识也强调人工智能知识、技能、偏倚识别和专业责任[17]。本文的重点不是增加一套 AI 素养清单, 而是明确 AI 进入知识学习后仍需保留什么样的学生知识底座。

7. 讨论与结语

本文以大语言模型预训练逻辑为参照, 提出预防医学“知识预训练”体系。与一般意义上的课程整合相比, 该框架不以课程合并为目标, 而更关注学生最终形成的知识结构; 与单纯 AI 工具教学相比, 它强调 AI 越容易提供外部信息, 学生越需要稳定的核心知识来判断信息质量; 与胜任力教育相比, 它聚焦学生进入复杂专业任务之前的知识准备阶段, 为后续任务训练提供基础。

该框架目前仍属于概念性教学设计。首先, “内化核心知识 - 可检索外部知识”的边界具有专业和年级依赖性, 需要通过专家咨询和课程实践形成更细化标准; 其次, 知识连接度、知识调用和知识更新等评价指标仍需建立量规并检验信效度; 再次, 大语言模型和检索工具变化迅速, 课程设计不应绑定某个具体产品, 而应坚持可靠来源、循证检索和专业判断原则。此外, 该框架对学生知识整合与调用能力的实际提升效果尚缺乏实证检验, 下一步拟选择“膳食结构与慢性病”等单一问题链, 在单个年级或班级开展试点教学, 通过前后测、深度访谈和学习成果评估等方式收集初步证据, 为框架的完善与推广提供实证依据。

生成式人工智能降低了知识获取成本, 却没有降低医学基础知识的重要性。相反, 外部信息越容易获得, 学生越需要清楚哪些知识必须稳定内化, 哪些知识可以动态检索, 以及如何把来自不同学科和来源的信息组织成一个能够解释公共卫生问题的知识网络。借鉴大语言模型预训练所体现的系统设计逻辑, 预防医学知识教学可以实现三个转变: 从知识数量转向知识结构, 从课程孤岛转向纵向问题链, 从“全部记住”转向“核心内化 + 动态检索”。其核心并不是让学生像模型一样学习, 而是让教师更加精细地设计学生进入专业任务前应形成的知识基础。

参考文献

- [1] Simoni, J., Urtubia-Fernandez, J., Mengual, E., Simoni, D.A., Royo, M., Egaña-Yin, D., *et al.* (2025) Artificial Intelligence in Undergraduate Medical Education: An Updated Scoping Review. *BMC Medical Education*, **25**, Article No. 1609. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-08188-2>
- [2] World Health Organization (2024) Global Competency and Outcomes Framework for the Essential Public Health Functions. World Health Organization.
- [3] 何珂, 汪玲. 健康中国背景下“新医科”发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2019, 21(2): 98-102.
- [4] 张玥, 喻荣彬, 王建明, 等. 新医科背景下公共卫生与预防医学创新人才培养现实问题与路径突破[J]. 中国公共卫生, 2025, 41(1): 118-123.
- [5] Frank, J.R., Snell, L.S., Cate, O.T., Holmboe, E.S., Carraccio, C., Swing, S.R., *et al.* (2010) Competency-Based Medical Education: Theory to Practice. *Medical Teacher*, **32**, 638-645. <https://doi.org/10.3109/0142159x.2010.501190>
- [6] Harden, R.M. (2000) The Integration Ladder: A Tool for Curriculum Planning and Evaluation. *Medical Education*, **34**, 551-557.
- [7] Brown, T.B., Mann, B., Ryder, N., *et al.* (2020) Language Models Are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems* 33, Online, 6-12 December 2020, 1877-1901.
- [8] Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., *et al.* (2020) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks.

-
- Advances in Neural Information Processing Systems* 33, Online, 6-12 December 2020, 9459-9474.
- [9] Daley, B.J. and Torre, D.M. (2010) Concept Maps in Medical Education: An Analytical Literature Review. *Medical Education*, **44**, 440-448. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x>
 - [10] Bransford, J.D. and Johnson, M.K. (1972) Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **11**, 717-726. [https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(72\)80006-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(72)80006-9)
 - [11] Yeh, D.D. and Park, Y.S. (2015) Improving Learning Efficiency of Factual Knowledge in Medical Education. *Journal of Surgical Education*, **72**, 882-889. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2015.03.012>
 - [12] Trumble, E., Lodge, J., Mandrusiak, A. and Forbes, R. (2024) Systematic Review of Distributed Practice and Retrieval Practice in Health Professions Education. *Advances in Health Sciences Education*, **29**, 689-714. <https://doi.org/10.1007/s10459-023-10274-3>
 - [13] Lave, J. and Wenger, E. (1991) *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
 - [14] Epstein, R.M. and Hundert, E.M. (2002) Defining and Assessing Professional Competence. *Journal of the American Medical Association*, **287**, 226-235. <https://doi.org/10.1001/jama.287.2.226>
 - [15] Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z.A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., *et al.* (2010) Health Professionals for a New Century: Transforming Education to Strengthen Health Systems in an Interdependent World. *The Lancet*, **376**, 1923-1958. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(10\)61854-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(10)61854-5)
 - [16] Car, J., Ong, Q.C., Erlikh Fox, T., *et al.* (2025) The Digital Health Competencies in Medical Education Framework: An International Consensus Statement Based on a Delphi Study. *JAMA Network Open*, **8**, e2453131.
 - [17] Gong, M.C., Pan, H., Liu, H., *et al.* (2026) Expert Consensus on the Artificial Intelligence Proficiency Competency List and Assessment Framework for Medical Students (2025 Edition). *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, **48**, 13-23.