DOI：10. 3969/j. issn. 2096-045X. 2026. 05. 011

·教育教学·

人工智能在精准营养课程中的应用探讨

邓沛祺[1] 何 悦[1] 魏春燕[2] 胡小林[1,3*]

（1. 上海交通大学医学院，上海 200025；2. 复旦大学附属妇产科医院妇科，上海 200001；3. 上海交通大学医学院海南国际医学中心，琼海 571437）

【摘要】精准营养的发展对营养学教育中的数据分析能力与跨学科人才培养提出了新要求，人工智能（artificial intelligence，AI）为相关课程建设提供了技术支持。本文梳理AI赋能精准营养教育的背景与意义，介绍机器学习、自然语言处理和大数据技术在精准营养中的应用，并结合营养学教学中的AI应用现状，探讨面向医学本科生的课程设计与实施。课程以问题为基础的学习（problem-based learning，PBL）理念为参考，围绕精准营养应用场景，构建“基础能力-场景实践-前沿应用”三阶段递进式教学体系：第一阶段融合营养健康基础理论与Python、R语言等数据分析工具；第二阶段以生活场景中的膳食数据为载体，开展数据整理、可视化和机器学习基础训练；第三阶段介绍营养健康数据库、多组学数据及AI算法的交叉应用。课程设计着重促进营养学知识、数据分析方法与AI应用场景的衔接，为医学本科生开展精准营养相关的数据分析与AI应用训练提供课程路径，也可为“医学+AI”交叉课程建设提供参考。

【关键词】人工智能；精准营养；课程建设；教学模式

【中图分类号】R151. 3；G642 【文献标识码】A

Application of artificial intelligence in precision nutrition courses

Deng Peiqi[1], He Yue[1], Wei Chunyan[2], Hu Xiaolin[1, 3*]

(*1. Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 2. Department of Gynecology, Obstetrics and Gynecology Hospital of Fudan University, Shanghai 200001, China; 3. Hainan International Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Qionghai 571437, China*)

【Abstract】Precision nutrition has created new demands for data-analysis competence and interdisciplinary training in nutrition education, while artificial intelligence (AI) provides technical support for curriculum development in this area. This article reviews the background and significance of AI-empowered precision nutrition education, introduces the applications of machine learning, natural language processing, and big-data technologies in precision nutrition, and discusses the curriculum design and implementation for medical undergraduates in light of current AI applications in nutrition education. Drawing on the principles of problem-based learning (PBL) and precision-nutrition application scenarios, the course adopts a three-stage progressive framework of "foundational competence, scenario-based practice, and cutting-edge applications. " The first stage integrates basic theories of nutrition and health with data analysis tools such as Python and R language. The second stage uses dietary data from real-life scenarios as the carrier to provide training in data organization, visualization, and the fundamentals of machine learning. The third stage introduces the interdisciplinary applications of nutrition and health databases, multi-omics data, and AI algorithms. The course design emphasizes the integration of nutrition knowledge, data-analysis methods, and AI application scenarios. It provides a curricular pathway for medical

基金项目 国家自然基金委青年基金（82303948、82401932）

第一作者 邓沛祺，本科在读，研究方向：营养学。Email：DPQofSJTU@sjtu.edu.cn

*通信作者 胡小林，博士，高级实验师，研究方向：生物信息学、人工智能、营养学。Email：184514@shsmu.edu.cn

undergraduates to develop foundational skills in precision-nutrition-related data analysis and AI applications, and offers a reference for the development of "medicine + AI" interdisciplinary courses.

【Keywords】artificial intelligence; precision nutrition; curriculum development; teaching mode

1　人工智能赋能精准营养教育的背景与意义

1.1　“健康中国”战略需求

随着我国社会发展和人民群众对更美好、更健康的生活的向往，《“健康中国2030”规划纲要》[1]（以下简称《纲要》）明确将“共建共享、全民健康”上升为国家战略主题，提出到2030年实现人民健康水平持续提升等目标。《纲要》提到塑造自主自律的健康行为，包括引导合理膳食，即制定实施国民营养计划，深入开展食物营养功能评价研究，全面普及膳食营养知识，引导居民形成科学的膳食习惯，推进健康饮食文化建设。此外，《国民营养计划（2017—2030年）》[2]进一步细化实施路径，明确提出逐步提升营养健康信息化水平，以及推广“互联网+营养健康”的智能化应用。这些政策彰显了精准营养在慢性病防控与全民健康管理中的重要地位，其不仅通过制度设计推动营养学教育从人群分层到个性化营养策略的转型[3]，更以政策赋能为人工智能（artificial intelligence，AI）技术深度融入营养教育体系与精准营养实践提供了规范化发展路径。

1.2　AI驱动精准营养

营养与食品卫生学是一门研究食物、营养与人体健康关系的应用学科，其研究范畴涵盖营养素代谢机制、膳食健康效应以及食品安全风险防控，核心目标是通过科学膳食促进人体健康，并保障食品的安全性与卫生质量。然而，传统营养学与基因组学、代谢组学等医学前沿学科存在学科差异。研究[4]发现相同膳食干预下，受试者的血甘油三酯、葡萄糖和胰岛素的餐后反应存在显著个体间差异，这一发现揭示了传统营养学“群体普适性”的局限性，同时凸显了精准营养在应对不同个体中的重要性。在生物医学数据爆炸式增长的背景下，精准营养依托于复杂组学、行为监测数据等多维度数据整合，构建个体化营养干预模型，推动营养学从人群视角向更精准的个体视角跃迁。其核心逻辑在于跨维度生物数据挖掘，解析“营养-复杂组学-表型”间的动态互作网络，如一项研究[5]发现，通过对来自英国生物样本库（UK Biobank，UKB）中近2.2万人的膳食模式及其外周血中近3 000种蛋白质的表达进行分析，结合个体的疾病状态进行相关性分析，发现每一种健康饮食模式均在血浆蛋白表达中形成特定且稳定的“蛋白质组学特征谱”，该特征谱与糖尿病、心血管疾病等显著相关；该研究指出与传统膳食评分相比，基于蛋白质组学特征谱的疾病风险预测能力更高。面对复杂维度、海量数据的情况，AI具有明显优势[6]，这可以助力精准营养突破传统营养学的数据解析瓶颈。一项研究[7]指出，AI可整合多组学数据，为腹膜透析合并糖尿病的患者提供个体化的营养管理，体现出多组学联合AI在精准营养干预中的应用潜力。这对克服传统方法在个体异质性、动态复杂性上的局限性提供了良好的技术支撑，使得精准营养不再是一个理论上的概念，为健康寿命延长及医疗资源优化配置提供了解决方案。

2　AI在精准营养中的技术基础

传统营养学依赖经验总结与普适性指南，这种面对精准营养提出的“个性化”营养渐渐显示出局限性。精准营养的实现亟需突破传统营养学的群体化、静态化的服务范式，而AI技术凭借其高效的异构数据处理能力、非线性模式识别优势及动态优化特性，成为精准营养落地的重要技术支撑。具体而言，AI能通过多模态数据融合技术，整合来自基因组、代谢组、微生物组、行为监测等复杂维度的生物数据，构建个体化营养代谢图谱，为精准膳食干预提供科学依据。

2.1 机器学习：从数据规律挖掘到个性化建模

作为AI的经典技术，机器学习通过自适应算法训练，实现对海量营养数据的规律挖掘和模式识别[8]。在精准营养领域，机器学习可基于时序性饮食习惯、动态生理指标及多组学特征，构建用户营养需求预测模型，从而提供更加个性化的营养策略。而深度学习作为机器学习的一个分支，通过构建多层次的神经网络，实现对复杂数据的抽象和特征提取，可用于解析大量的食物营养成分数据，挖掘饮食与健康效应之间的非线性关联，为用户提供更为精准的营养指导。如有研究[9]开发了一种基于图卷积网络的新型营养知识图谱系统，从用户感兴趣的食谱中收集营养信息，将用户偏好与营养数据相结合，从而产生更准确和个性化的食物推荐。

2.2 自然语言处理：从文本挖掘到智能决策

自然语言处理（natural language processing，NLP）是AI领域的重要分支，通过自然语言处理技术，可以实现机器翻译、问答系统、情感分析、文本摘要等多种应用[10]。NLP技术在医学领域中应用广泛，例如使用生物医学数据集预训练了的BERT模型在生物医学文本挖掘任务中取得了优异表现[11]。NLP技术在精准营养中的应用方向主要体现在生成个性化饮食建议、膳食评估、知识图谱构建等方面。通过对营养领域的大量文献和资料进行语义分析，NLP技术可以帮助用户快速获取所需的营养知识。如基于NLP技术开发的一项用于食品分类和营养质量预测的预训练语言模型，实现了快速和大规模的食品标签处理，减少了大量食品的手动分类和营养质量评分计算所需的时间，为食品数据库智能化和精准营养的实现提供了有效的保障[12]。

2.3 大数据技术：宏观规律到微观洞察

大数据技术在精准营养中也发挥着关键作用。通过整合可穿戴设备实时监测数据与多组学分析（如基因组学、代谢组学动态代谢物检测），AI可揭示传统方法难以捕捉的营养需求时空异质性，为个性化营养的制定提供依据。如一种类似耳机的可穿戴传感器系统iHearken通过捕捉咀嚼声音对食物摄入量进行分类，为日常饮食监测提供便利[13]。通过代谢组学的大规模数据分析，则可以帮助了解营养物质在体内的代谢变化，有助于制订个性化营养指导[14]。

3 精准营养课程中AI的应用情况

3.1 营养学课程中AI的应用情况

AI技术已越来越多地应用于医学课程的教学，为医学理论教学和实践教学创新提供了重要支撑。然而，在培养未来的医生更有效地使用这些技术方面仍存在提升空间。一项研究[15]总结了34项结合AI的教学方法，发现数字能力、数据道德等关键要素是医学生正确使用AI必不可少的。而在营养学方面，AI的应用情况则以生成式AI为主，扮演着与学生沟通交流、传递知识的角色。蒙纳士大学的研究团队开发了一个生成式AI模型来模拟现实生活中的患者，用于锻炼学生与患者进行营养咨询的沟通过程[16]。康奈尔大学乔安·克莱因·雅各布斯精准营养与健康研究中心强调整合精准营养和AI方面的技术，培养复合型人才，利用AI技术提升个性化营养的准确性和可及性[17]。田颖等[18]通过探讨生成式AI在营养学本科教学中的应用现状，发现生成式AI在营养学知识和实践技能准确性方面具有局限性，这要求教师和学生都应具备扎实的专业基础，准确鉴别生成式AI提供信息的准确性。还有研究[19]发现多组学数据能够反映多种营养素对个体基因的表达和功能的整体效应，判断健康状况和评估营养需求，因此，精准营养领域的发展对多组学等数据的分析提出了更高的要求，AI则为数据分析提供了新的方法学视角。

3.2 精准营养课程中AI的教学实施

当前医学专业AI教学在跨学科教学方面存在一定的挑战，如何让学生更快、更深地融合营养学概念和AI的理念与实践是需要不断探讨的问题。本研究在精准营养课程设计中融入以问题为基础的学习（problem-based learning，PBL），

以精准营养应用为例，以具体案例为切入点（如快餐品牌食品营养问题），帮助学生深入理解AI在精准营养学中的使用场景，发展学生的学科交叉思维和解决问题的能力[20]。在教学设计方面，基于医学生认知规律和学科交叉需求，课程构建了“基础能力-场景实践-前沿应用”三段进阶体系，实现知识和概念的融会贯通、分析技能的专业应用（图1）。

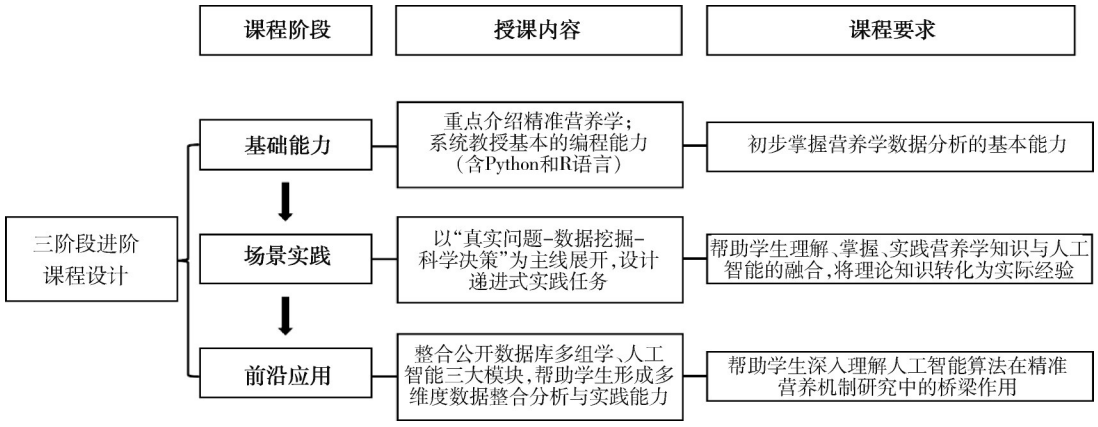


图1　三阶段进阶课程设计

3.2.1　第一阶段：营养学与AI的双基融合

本阶段的课程内容为营养健康基础理论与数据分析工具导入，旨在构建营养学核心知识框架，同时建立数字化分析能力基础，形成“理论认知-数据思维”的双轨知识体系。营养学与AI领域存在一定的学科差异，为使学生更容易理解，课程从营养学的基本概念及发展历史引入，重点介绍精准营养理论，随后以案例为主导讲解大数据和机器学习技术在精准营养中的应用，让学生了解如何利用大数据和机器学习技术分析精准营养领域的问题，实现跨学科之间的自然过渡。

考虑到医学生既往编程学习经历存在差异，本课程选择Python和R这两门便于理解、代码简洁、功能丰富的编程语言。Python部分涵盖基本语法、数据结构、函数编写及常用数据分析库（如Numpy、Pandas）的使用，帮助学生快速梳理获得的数据，对数据完成整理、检查、清理、脱敏等操作；并且Python具有完善、丰富的机器学习库（如sklearn、keras），通过学习这门语言可以帮助学生顺利使用机器学习。与Python相比，R语言具有良好的数据统计能力和简洁、丰富的结果可视化能力，因此，在R语言部分则侧重于数据可视化、统计建模和数据处理技巧，避免学生将R语言与Python语言混淆。课程通过由浅入深的精准营养学应用实例演示和实操练习，旨在帮助学生初步掌握数据分析的基本方法，为后续AI实践奠定基础。

3.2.2　第二阶段：生活场景驱动的膳食数据分析实战

第二阶段的课程内容以“真实问题-数据挖掘-科学决策”为主线展开。如在课程中选取常见的快餐品牌，设计递进式实践任务。首先，指导学生使用公开可获取的营养成分数据，涵盖能量、蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素以及矿物质等关键营养素指标。在此基础上，采用PBL教学法，引导学生围绕实际问题展开深入思考。通过提出“哪些食物更健康”“哪些食物更符合中国居民膳食指南及特定人群营养需求”等一系列问题来引导学生进行相关方面数据处理的思考，分别对应分析食品的营养成分（种类、含量等）、营养素含量占每日膳食摄入量的比例以及对营养成分进行分类整理和排序，使用R语言进行数据可视化。实践部分使用公开可获取的产品营养成分信息或经授权的教学数据集，结合Numpy、Pandas等常用库进行数据清洗和缺失值智能插补的教学，通过计算食物的营养密度、营养质量指数等指标，评估食物的营养价值。同时，探讨不同食物的组合方式，以实现营养均衡和健康饮

食的目标。进一步以Python为编程语言，指导学生使用sklearn中的机器学习方法，通过随机拆分数据使用90%的样本进行训练，10%的样本进行模型泛化能力检测，并通过生成模拟数据开展营养预测模型训练教学。相关模型训练与预测仅用于教学演示，不用于个体健康评估、诊断或临床决策。通过实践指导，旨在引导学生将营养学知识与AI“如何融合”“怎么使用”“怎么判断使用得当”等理论知识联系到实际应用场景。

3.2.3 第三阶段：多组学数据与AI算法交叉应用

本阶段的课程内容聚焦精准营养前沿，整合数据库、组学和AI三大模块，旨在培养学生多维度数据整合分析与实践能力。健康大数据具有大规模性、多样性、隐私性等特点，尤其是在营养调查与监测、慢性病管理、制订健康干预策略等方面，本课程向学生介绍了国际主流、常见的营养健康数据库，如美国国家健康与营养调查（National Health and Nutrition Examination Survey，NHANES）、UKB和中国健康与营养调查（China Health and Nutrition Survey，CHNS）等，系统讲解各个数据库的结构特点、数据情况、使用方法与伦理规范；同时以实际文献为例，讲解如何使用这些数据库进行复杂、深入、扎实的研究，通过这种模式能够培养学生一定的学术素养。如在课程中重点介绍了一项基于NHANES数据库的应用，详细讲述该研究如何利用AI算法预测不同个体维生素D缺乏的风险[21]，帮助学生深入理解AI在精准营养中的应用。

基于多组学在指导精准营养领域中的重要价值，系统性地向学生讲解了目前主流的组学研究技术。以转录组为例，介绍了转录组学的基本原理、实验设计的基本逻辑和高通量测序数据完整标准分析流程及结果解读。随后以相关文献为例，以公开发表文献和公开教学示例数据为基础，演示聚类等机器学习方法在基因表达数据降维可视化和差异分析中的应用流程。在学生学习转录组数据的处理和分析方法的同时，也能帮助学生深入理解AI算法在精准营养机制研究中的桥梁作用。

3.3 课程创新点

课程体系采用三阶段进阶设计，着重促进精准营养与AI相关知识的衔接及技能训练。第一阶段结合学生既往学习基础，着重夯实基础并拓宽视野，旨在帮助学生巩固营养学基本知识框架，初步接触相关数据分析工具与编程语言，并通过具体案例开展数据分析练习；第二阶段以具体案例为切入点，着重引导学生理解机器学习与营养学的结合方式，并通过案例将AI在营养学中的应用原则与实践场景相联系；第三阶段聚焦多组学与AI相关的营养学研究前沿，通过介绍营养健康数据库及AI应用实例，拓展学生的知识视野，并为综合分析与实践能力训练提供课程内容支持。

这种三阶段的教学设计紧扣精准营养学，以层层深入为方向，在AI的教学上形成纵向“基础能力-场景实践-前沿应用”的学习模式；而在与营养学的结合上，则以横向拓展的逻辑，在应用层面设计营养膳食分析、代谢组学数据分析等，为突破传统单学科教学局限提供了一种视角。

3.4 课程设计优化策略

3.4.1 构建“AI-营养学”复合型知识框架

鉴于AI课程知识体系的复杂性，在教学设计中采用了以实际案例为基础的课程架构，以AI应用为主要目的，并未涵盖AI底层算法原理与逻辑架构。如果能够在课程体系中增设AI导论等先修课程模块或提高本课程的时长，形成系列课程，向学生介绍AI的发展和一些基本概念，掌握基础的机器学习算法，帮助学生构建更扎实的理论知识框架，帮助他们“知其然，更知其所以然”，进一步了解各种前沿的AI算法的应用场景，为学生未来在精准营养领域提供更好的支持。

3.4.2 激发学生兴趣，引导学生主动学习

本课程需要融合营养学与AI这两个学科，因此如何平衡是课程前期需要重点思考的内容。从课程设计与教学观察看，实践环节不足可能影响学生对数据处理流程及关键细节的理解。因此，后续课程建设可进一步增加完整案例练习和

课后实践任务。在改进的课程建设过程中针对性地加入更多和营养学相关的案例，更大比例地使用逻辑简单但是过程完整的课堂练习，课后也以大作业的形式提升学生动手实践的比例，从而帮助学生切实地理解精准营养学中机器算法的使用，帮助学生从被动接受知识的角色逐步调整为主动探索的学习者，亲身参与到算法的应用过程中，激发学习兴趣，提高学习的积极性和主动性。

4 结　语

营养学与AI的深度融合是营养学发展的必然趋势，也是实现精准营养学（个性化营养）的关键所在。本文设计了针对医学本科生的AI在精准营养应用课程，通过三阶段课程设计，旨在引导学生逐步理解AI用于个性化营养探索的基本思路，并以真实案例为基础，将AI嵌入营养学核心知识框架，形成“医学-工科”交叉的教学模式，为学生开展知识整合、数据分析和AI应用训练提供课程路径，并为拓展“医学+AI”课程提供参考。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明　邓沛祺：研究思路提出，论文撰写；何悦、魏春燕：论文修改；胡小林：研究思路提出，研究指导，论文审定。

参考文献

[1] 新华社. 中共中央 国务院印发《“健康中国2030”规划纲要》[EB/OL]. (2016-10-25)[2025-06-09]. https://www. gov. cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174. htm.

[2] 国务院. 国务院办公厅关于印发国民营养计划(2017—2030年)的通知[EB/OL]. https://www. gov. cn/zhengce/content/2017-07/13/content_5210134. htm.

[3] 蔡夏夏，余焕玲，肖荣，等. 精准营养学时代营养学教学面临的机遇和挑战[J]. 卫生职业教育，2018，36(20)：91-92.

[4] Berry S E, Valdes A M, Drew D A, et al. Human postprandial responses to food and potential for precision nutrition [J]. Nat Med, 2020, 26 (6): 964-973.

[5] Zhu K, Li R, Yao P, et al. Proteomic signatures of healthy dietary patterns are associated with lower risks of major chronic diseases and mortality [J]. Nat Food, 2025, 6(1): 47-57.

[6] Baião A R, Cai Z, Poulos R C, et al. A technical review of multi-omics data integration methods: from classical statistical to deep generative approaches [J]. Brief Bioinform, 2025, 26 (4): bbaf355.

[7] Mahdavi S, Anthony N M, Sikaneta T, et al. Perspective: multiomics and artificial intelligence for personalized nutritional management of diabetes in patients undergoing peritoneal dialysis [J]. Adv Nutr, 2025, 16(3): 100378.

[8] Ngiam K Y, Khor I W. Big data and machine learning algorithms for health-care delivery [J]. Lancet Oncol, 2019, 20(5): e262-e273.

[9] Ma W, Li M, Dai J, et al. Nutrition-related knowledge graph neural network for food recommendation[J]. Foods, 2024, 13(13): 2144.

[10] 胡嘉元，邱瑞瑾，孙杨，等. 自然语言处理及其在医学领域的应用[J]. 中国循证医学杂志，2024，24(10)：1205-1211.

[11] Lee J, Yoon W, Kim S, et al. BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining [J]. Bioinformatics, 2020, 36(4): 1234-1240.

[12] Hu G, Ahmed M, L'Abbé M R. Natural language processing and machine learning approaches for food categorization and nutrition quality prediction compared with traditional methods [J]. Am J Clin Nutr, 2023, 117(3): 553-563.

[13] Khan M I, Acharya B, Chaurasiya R K. iHearken: chewing sound signal analysis based food intake recognition system using Bi-LSTM softmax network [J]. Comput Meth Programs Biomed, 2022, 221: 106843.

[14] Hu S, Liu C, Liu X. Innovative application of metabolomics on bioactive ingredients of foods [J]. Foods, 2022, 11(19): 2974.

[15] Rincón E H H, Jimenez D, Aguilar L A C, et al. Mapping the use of artificial intelligence in medical education: a scoping review [J]. BMC Med Educ,

2025，25(1)：526.

[16] Barker L，Moore J，Cook H. Generative artificial intelligence as a tool for teaching communication in nutrition and dietetics education—a novel education innovation[J]. Nutrients，2024，16(7)：914.

[17] Lee S，O'Dell D，Hohenstein J，et al. NutriPhone：a mobile platform for low-cost point-of-care quantification of vitamin B12 concentrations [J]. Sci Rep 6，28237 (2016). https：//doi. org/10. 1038/srep28237.

[18] 田颖，赵秀丽，金海博，等. 生成式人工智能在营养学本科教学中的应用现状及展望[J]. 科技视界，2024，14(22)：26-30.

[19] 林旭. 多组学生物标记对人群营养状况与代谢风险的预测研究[C]//浙江省营养学会，浙江省临床营养中心，浙江大学医学院附属第二医院. 2015年钱江临床营养论坛暨第七届医院临床营养管理培训班、2015年浙江省临床营养年会资料汇编，2015：73.

[20] 殷德辉，徐莉春，张美荣. PBL教学法在预防医学核心课程中的应用现状[J]. 中国继续医学教育，2023，15(2)：48-52.

[21] Guo J，He Q，Li Y. Machine learning-based prediction of vitamin D deficiency：NHANES 2001-2018[J]. Front Endocrinol，2024，15：1327058.

（收稿日期：2025-06-09，修回日期：2025-08-17）
（本文编辑：闫红）

开放获取 本文使用遵循知识共享 署名-非商业性-禁止演绎4.0协议(CC BY-NC-ND 4.0)，详细信息请访问 https：//creativecommons. org/licenses/by-nc-nd/4.0/。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Deed (CC BY-NC-ND 4.0). For more information, visit https：//creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/.