DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20250201

·述　　评·

环境肿瘤防治基地范式：基于跨维度整合体系化构建的“兰州大学（甘肃）模式”

李玉民[1,2,3]*，景丽百合[2,3]，刘杰[1]，周文策[1,2,3]，刘涛[3]，黄晓俊[1]，陈昊[1,3]，宋飞雪[1]，黄泽平[1,3]

［1.兰州大学第二医院（第二临床医学院），甘肃 兰州 730030；
2.兰州大学环境肿瘤学中心，消化系肿瘤转化与创新工程中心，甘肃 兰州 730000；
3.甘肃省环境肿瘤重点实验室，甘肃 兰州 730030］

【摘要】环境因素在肿瘤发生发展中起着至关重要的作用。为深入研究肿瘤发生的环境因素及其防治策略，中国抗癌协会环境肿瘤专业委员会在全国建立环境肿瘤防治研究基地，旨在提高肿瘤防治水平。环境肿瘤防治基地建设，采取流行病学、大数据、基础医学、临床医学以及环境科学等多学科交叉融合方法，聚焦环境因素与肿瘤发生及其机制，将宏观环境因素与微观分子变化相结合，研究开发环境肿瘤的预防和诊疗新方法。以国内较早建立的甘肃环境肿瘤防治研究基地“兰州大学（甘肃）模式”为范式，介绍了环境肿瘤防治基地的建设目标，详细阐述了环境肿瘤临床大数据库、高危人群预警监测体系、早筛早诊早治技术及防控新模式的四个关键要素。该模式突出了多学科协作和研究中心设立，构建了“数据驱动—早筛预警—精准干预”和“省—市—县—乡—村”五级防控的跨维度体系化构建，通过模式的建立使消化系肿瘤高发区发病率下降2.85%。该模式作为一种肿瘤精准防控策略，正在向国内推广。同时，也指出了环境肿瘤防治在环境暴露评估、数据整合、环境肿瘤学研究方法及人才培养等方面的挑战，展望了“兰州大学（甘肃）模式”推广应用的前景。

【关键词】环境肿瘤学；预防；基地；大数据；新技术；新模式

中图分类号：R730.1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096-8965（2025）02-0002-06

A paradigm for the environmental oncology prevention and treatment base: Lanzhou University (Gansu) Model based on the systematic construction of cross-dimensional integration

Li Yumin[1,2,3]*, Jing Libaihe[2,3], Liu Jie[1], Zhou Wence[1,2,3], Liu Tao[3], Huang Xiaojun[1], Chen Hao[1,3], Song Feixue[1], Huang Zeping[1,3]

(1. The Second Hospital & Clinical Medical School, Lanzhou University, Lanzhou 730030, Gansu, China;
2. Environmental Oncology Center, Engineering Center for Translational and Innovation Research in Digestive System Tumors, Lanzhou 730000, Gansu, China;
3. Key Laboratory of Environmental Oncology of Gansu Province, Lanzhou 730030, Gansu, China)

收稿日期：2025-06-04；**修回日期：**2025-06-20

基金项目：国家自然科学基金项目（31770537）；甘肃省科技重大专项计划项目（22JR9KA002）；甘肃省教育科技创新项目（2021jyjbgs-02）；甘肃省科技厅自然科学基金项目（25JRRA582）

通信作者：李玉民（1962-），男，甘肃民勤人，教授，博士研究生导师，主要从事消化系统肿瘤领域的研究，E-mail：liym@lzu.edu.cn

【**Abstract**】Environmental factors play a crucial role in the initiation and progression of tumors. To conduct in-depth research on the environmental factors of tumor initiation and progression, and their prevention and treatment strategies, the Environmental Oncology Committee of the China Anti-Cancer Association has established research bases for the prevention and treatment of environmental oncology across the country, aiming to enhance the level of tumor prevention and control. The construction of environmental oncology prevention and treatment bases adopts an interdisciplinary integrated approach involving epidemiology, big data, basic medicine, clinical medicine, and environmental science. It focuses on environmental factors related to tumor initiation and their mechanisms, combining macroscopic environmental factors with microscopic molecular changes to explore and develop new approaches for the prevention and treatment of environmental oncology. Taking the "Lanzhou University (Gansu) Model," the earliest established environmental oncology prevention and treatment research base in China, as a paradigm, this paper introduces the construction goals of the environmental oncology prevention and treatment base, and elaborates in detail on four key elements: the large clinical database for environmental oncology, the early warning and monitoring system for high-risk populations, early screening, diagnosis, and treatment technologies, and the new model for prevention and control. The "Lanzhou University (Gansu) Model" highlights interdisciplinary collaboration and the establishment of research centers, and establishes a cross-dimensional systematic framework of "data-driven – early screening and warning – precise intervention" and a five-level prevention and control system across "provincial – municipal – county – township – village". The implementation of this model has led to a 2.85% reduction in the incidence rate of digestive system tumors in high-incidence areas. The "Lanzhou University (Gansu) Model", as a precise prevention and control strategy for tumors, is being promoted nationwide in China. Meanwhile, the challenges in the prevention and treatment of environmental oncology such as environmental exposure assessment, data integration, research methods of environmental oncology, and talent development have also been identified. The prospects for the promotion and application of the "Lanzhou University Model" are also discussed.

【**Keywords**】Environmental oncology; Prevention; Research base; Big data; New technology; New model

0 引言

目前，全球恶性肿瘤的发病率和死亡率仍居高不下。预计到2040年，全球新增癌症病例将至2 840万，比2022年增长47%，肿瘤已成为严重危害人民健康和造成医疗负担沉重的主要原因[1-2]。研究表明，环境因素导致了70%～90%的癌症发病率[3]。同时，全球40%～50%的癌症是通过改变环境因素可以预防的[4]。随着科技进步与工业发展，人类生活方式发生了改变。同时，气候变化与生态环境变化使环境致癌因素备受关注[5-6]。环境肿瘤学（Environmental Oncology）[7-8]应运而生。环境肿瘤学是一门研究肿瘤发生的内外环境因素、发生机制及其干预措施的学科。它是将宏观环境因素与微观分子生物学相结合的交叉学科，是建立环境肿瘤预防、筛查、诊断和治疗的新方法和新模式，本文基于国内较早建立的甘肃环境肿瘤防治研究基地“兰州大学（甘肃）模式”为范式，介绍了环境肿瘤防治基地的建设目标，详细阐述了环境肿瘤临床大数据库、高危人群预警监测体系、早筛早诊早治技术及防控新模式的关键内容，突出了跨维度体系化构建的特征。并讨论了环境肿瘤防治基地建设的必要性、意义、面临的挑战及未来展望。旨在为环境肿瘤防治模式的推广普及提供借鉴和参考。

1 环境肿瘤防治基地“兰州大学（甘肃）模式”

30年来，兰州大学环境肿瘤学中心针对肿瘤发病率高、防控体系不完善，肿瘤发生的环境因素不易识别，环境肿瘤队伍建设和学科体系不健全以及环境肿瘤防治模式不明确等问题，聚焦肿瘤高发区环境因素，明确了微量元素、亚硝胺、幽门螺杆菌、慢性炎症、乙肝病毒及微生物菌群等环境因素致癌机制，建立了甘肃省环境肿瘤大数据库和预警监测体系、创新了环境肿瘤学学科研究体系，创建环境肿瘤防治基地“兰州大学（甘肃）模式”：面向全省构建了跨维度体系化整合式甘肃环境肿瘤精准防治体系。包括4方面的内容：（1）肿瘤临床大数据建设；（2）肿瘤环境危险因素预警监测体系建设；（3）肿瘤精准预防干预、早筛早诊早治新技术

研发；（4）建立环境肿瘤防治新模式。

甘肃环境肿瘤防治研究基地以兰州大学第二医院为牵头单位，建立了以基地办公室、专家委员会、环境肿瘤学实验室、临床科室及体检中心等组成部分的环境肿瘤防治基地的组织架构。在此基础上构建了全省环境肿瘤防治网络体系。研发了环境肿瘤新型的信息系统（分别采集临床肿瘤患者和健康人群数据）。以甘肃省14个地州市为基本单元建立14个分基地，并组建了14个分基地环境肿瘤防治研究团队，实行分基地主要研究者（Principal Investigator，PI）负责制，团队由分基地PI（病区主任）、基地办公室主任（护士长）、科研组长（科研人员）、学生组长（研究生）构成，各团队对应14个来自地州市到医院住院的肿瘤患者，并联系相应的14个分基地当地的主要医院，征得患者知情同意后采集生物信息和样本。实现全省环境肿瘤数据的实时分类统计与动态监测。

构建“数据驱动—早筛预警—精准干预”的防治新模式。在各基地指导民众健康的生活方式，并研发针对环境风险因素暴露阻断及增加抗癌能力技术和产品，形成“省—市—县—乡—村”五级防治网络，进行科普宣传和预防干预。据甘肃省消化内镜质控中心数据显示：项目实施近12年，使高发区易感人群肿瘤防治筛查意愿率从32%升至78%。胃镜早癌检出率3%。全省消化道早癌检出数量从10例/年提高到5 000例/年。甘肃省消化系肿瘤精准防治和转化医学工程中心（甘肃省环境肿瘤学重点实验室）临床大数据平台统计结果显示：新的防控模式使甘肃省消化系肿瘤年平均发病率下降2.53%，胃癌发病率年均下降1.28%。

2 环境肿瘤大数据平台建设

整合甘肃省260家医院临床数据，涵盖6 229万人次住院数据、5.9亿人次门急诊数据和331.7万例手术数据，并构建了甘肃省环境肿瘤临床大数据库。分析研究了肿瘤患者发生相关高危环境因素、临床特征、生物学特征、影像特征、病理特征、治疗方法、并发症及生存率等信息。同时，构建了消化系肿瘤临床数据库（包括：食管癌、胃癌、肝癌、胰腺癌、结直肠癌、胆管癌），绘制了全省消化系肿瘤搜索引擎地图[9-10]。通过大数据分析，研究肿瘤患者发生相关高危环境因素、临床特征、生物学特征、影像特征、病理特征、治疗方法、并发症及生存率等信息，分析挖掘内在规律，分析评估区域高发肿瘤危险因素，研究肿瘤的流行病学特征、疾病谱特征和规律[11]。建立区域性多民族肿瘤监测体系。以肿瘤临床大数据为基础，挖掘数据，精准计算，研发用于肿瘤早筛、诊断、治疗及预后检测的16项AI技术。提高了肿瘤精准诊疗水平[12]。建立了肿瘤诊疗技术评价体系及新型环境肿瘤诊疗防控策略。

3 肿瘤环境危险因素预警监测体系建设

针对肿瘤高发区，采取大数据、环境科学、流行病学和生物信息学等技术方法，建立高发区易感人群和多维度生态环境观察点。明确了高危易感人群的生活行为、居住环境、生态环境等环境因素与肿瘤发生的关系。建立高发区肿瘤环境因素暴露人群队列，设立对照组，实施干预研究，并进行随访和跟踪监测，研究肿瘤发生的环境因素和防控的关键环节[13]。揭示了不同地区、不同环境及不同民族的高危因素特征并建立生物样本库。

在各基地医院建立了相应的环境肿瘤防治组织架构。采集生物信息和样本，研发环境肿瘤预防和诊疗新方法，构建了环境评估模型及肿瘤环境危险因素分析模型。建立了“依托基地单位—环境生物信息采集—环境与基因交互作用研究—关键防治技术研发”的肿瘤高危环境因素预警监测体系。此模式在全国相关的肿瘤防治研究基地推广应用。

4 肿瘤早筛早诊早治新技术的研发

基于临床肿瘤大数据库和高发肿瘤高危因素检测数据及生物样本，采用蛋白组学、基因组学、转录组学及代谢组学等技术，阐明环境因素与肿瘤易感基因交互作用。绘制环境肿瘤高发区肿瘤基因组图谱，研究环境因素对肿瘤细胞关键靶基因的影响。研究高危环境因素对肿瘤特异性靶蛋白的影响。研究确定高发区肿瘤环境风险因素的关键分子及其机制[14-17]。例如，在胃癌的环境因素研究中发现：高辣椒、高烟熏食物饮食、低降水、紫外线指数高值、海拔、纬度等环境因素与IL-18、ITGA11 CLDN3等相关性。在肝癌与环境因素研究中发现：气候、海拔、湿度、化学因素等环境因素与基因靶点（CCDC134、P2RX4、CRTAP）等相关性。研发了AMY1A蛋白胃癌检测试剂盒、Cu-64与F-18标记的环肽二聚体探针体系；开发ITGA2单抗、TPI-1单抗、抗B7-H3纳米抗体，创新了DC-CIK技术，研发了NK、NKT等细胞干预体系一系列建设。目前，“兰州大学（甘肃）模式”成立了兰州

大学环境肿瘤学中心、甘肃省环境肿瘤学重点实验室和甘肃省消化系肿瘤精准防治和转化医学创新工程中心，以及多个企业联合研究院，搭建了高水平的环境肿瘤学研究平台。

5 环境肿瘤防治新模式

“兰州大学（甘肃）模式”通过多部门协作，建立高效联动机制，信息互通共享，研究制定了环境肿瘤防治及干预措施。在各分基地指导民众健康的生活方式，并开发针对特定环境因素阻断及增加免疫力的产品，降低肿瘤风险[18-19]。建立肿瘤环境因素监测预警管理与政府政策相关的网络体系，针对高危易感人群，定期开展肿瘤筛查，推广高灵敏度检测方法，建立快速转诊机制，确保筛查发现后快速诊断和治疗。

基于30年环境因素—肿瘤发生发展的研究，创建了环境肿瘤学科研究方向。组织国内外400多位专家撰写出版《现代环境肿瘤学》专著22部，有8位院士为专著作序，为环境肿瘤学发展创建了理论体系。组织创建了首个环境肿瘤研究学术组织——中国抗癌协会环境肿瘤学专业委员会。仅一年多时间，组织环境肿瘤学术会议40余场，举办环境肿瘤防治科普活动100余场，参与人员2 600多万。牵头在全国50个环境肿瘤防治研究基地开展多中心研究16项，撰写肿瘤环境因素预防干预指南11部。在全国培养环境肿瘤防治研究专业技术人员5 000余位。创新了环境肿瘤学科新体系。建立了符合中国特色的环境肿瘤防治模式。

6 讨论

6.1 建设环境肿瘤防治基地的必要性

环境风险因素导致全球约42%的癌症发病和45%的癌症死亡[20]，驱动因素包括烟草、酒精、肥胖及空气污染等，气候变化通过加剧污染、紫外线暴露等途径放大风险[21]。生活方式因素（如肥胖、熬夜）显著增加结直肠癌等风险[22-24]，环境污染（如$PM_{2.5}$、石棉）导致超7%肺癌病例[25-26]，职业暴露（如农药、辐射）和生物感染（如幽门螺杆菌、人类乳头瘤病毒）分别导致2%～8%及13%的癌症[27]；新兴环境因素威胁如人工夜间光照（乳腺癌风险升高50%～70%）[28]、新型化学品残留及气候相关因素正持续加剧肿瘤负担，亟需研究制定跨生命周期的环境风险因素防控策略。同时，环境肿瘤防控面临肿瘤监测体系不完善，研究深度与广度不足，环境肿瘤研究机构建设滞后及健康指导难以满足战略需求等问题。因此，研究探索肿瘤发生发展的环境因素和预防干预新技术，是降低肿瘤的发生率和死亡率的重要环节，建立完善的环境肿瘤精准防治模式和新技术势在必行。

6.2 建设环境肿瘤防治基地的重要意义

6.2.1 助力健康中国战略

环境肿瘤防治基地整合当地的优势资源，统筹组织各方力量，构建由政府主导、学术团体指导、医疗科研机构支撑和社会参与的环境肿瘤防治新模式。推动环境肿瘤防治，促进健康中国战略落地实施。

6.2.2 提高环境肿瘤综合防治水平

依托当地的医疗、科研和资源优势，构建环境肿瘤临床大数据库和高发肿瘤环境监测体系，研究环境危险因素与基因交互作用，发现肿瘤特异性标记物和干预措施，研发环境肿瘤预防及早诊早治新技术，创新环境肿瘤精准诊治新策略，提高肿瘤防治水平。同时，为政府决策提供咨询和数据支持。

6.2.3 有力推动中国抗癌协会指南落地实施

环境肿瘤防治基地贯彻中国抗癌协会提出的肿瘤“防、筛、诊、治、康”整合医学理念，实施“MDT to HIM”，着重开展科普宣传教育，提供干预建议和措施。有效落实中国抗癌协会指南的推广应用，建立肿瘤防治的整合体系，切实落实肿瘤整合医学实践。

6.2.4 促进科技成果转化

环境肿瘤防治基地利用优势资源，创新多学科交叉的肿瘤防治技术，开展全国性或区域性多中心研究。促进科研成果转化，推动医产学研用一体化发展和新质生产力，促进医教融合、科教融合、产学研用融合，驱动科技创新。

6.2.5 推动完善肿瘤防控体系

环境肿瘤防治基地建立多方联动机制，创新健康指导和肿瘤防控的模式。突出医防融合、预防为主，贯彻全生命周期健康管理的政策，为环境肿瘤防治开辟新的领域，通过国内外的多方合作，促进和完善肿瘤防控体系。

6.3 基于“兰州大学（甘肃）模式”的环境肿瘤防治基地的特色

在环境肿瘤防治实践中创建的“兰州大学（甘肃）模式”，是集国家健康政策、科学研究、临床诊疗、肿瘤防治和健康指导于一体的系统工程。利用医院临床学科和人才资源等优势，构建公共卫

生、科研和医联体等多元跨维度整合体系，建立了科学高效可靠且持久的肿瘤防控模式。其主要特征：建立环境肿瘤学研究中心和专业队伍，搭建研究平台。通过整合全省多源医疗数据建立临床大数据平台，揭示肿瘤高发区环境因素。构建高危因素预警监测网络，阐明肿瘤发生与环境因素关联机制，开展环境—基因交互作用研究及干预技术研发，基于大数据开发新型AI技术，形成“数据驱动—早筛预警—精准干预”的防治新模式。研发针对环境风险因素暴露阻断及增加抗癌能力技术和产品，形成“省—市—县—乡—村”五级防治网络。

依托多学科协作、政策支持和信息化推广，实现了从高危人群预防到个体化诊疗的防控。建立环境肿瘤防治基地的标准作业程序（Standard Operation Procedure，SOP），构建跨维度整合式体系化的基地工作机制，正在向全国相关基地推广普及，对肿瘤防治起到了显著的示范效应。

6.4 环境肿瘤防治面临的问题

环境肿瘤防治是一项长期而艰巨的系统工程。环境肿瘤防治基地将成为推动我国肿瘤精准防控、实现健康中国战略的重要支撑平台。目前，还存在以下问题：

6.4.1 环境因素复杂性与多样性

环境因素复杂性与多样性是环境肿瘤防治基地建设中的一大挑战。环境污染源广泛且多变，如何准确识别和评估不同环境因素对肿瘤的影响，仍然是科学研究中的难题[29-31]。

6.4.2 数据整合与共享障碍

目前，环境肿瘤领域的数据共享仍面临诸多困难。不同地区、不同研究机构之间缺乏统一的标准和平台，导致数据难以整合，影响了环境肿瘤研究的发展。

6.4.3 环境肿瘤学研究面临着多方面的挑战

暴露评估方法尚不精确，导致无法准确量化环境因素对肿瘤发生的具体影响。暴露组学技术仍处于发展阶段，尚未完全成熟，限制了对环境暴露与癌症关系的深入分析。跨学科整合分析工具的存在不足，多领域的数据无法有效融合。随着大数据的广泛应用，隐私保护问题也成为亟待解决的难题，需要在数据共享与隐私保护之间找到平衡。重要的是，从宏观因素到微观因素研究环境肿瘤发生发展缺乏系统性与整合性。因此，解决这些技术、伦理和整合性问题对于未来推动环境肿瘤学研究是至关重要的课题。

6.4.4 跨学科合作与人才缺乏

环境肿瘤学研究建设需要临床医学、基础医学、生物学、流行病学、公共卫生、环境科学等多个学科的专家参与，如何实现跨学科跨专业的合作，培养高水平的专业人才，是一项长期的任务。

6.4.5“兰州大学（甘肃）模式”的思考与展望

“兰州大学（甘肃）模式”是在30年环境肿瘤研究基础上发展起来的肿瘤防治新模式，对于降低肿瘤发病率具有十分重要的作用，同时，也是一项复杂的系统工程。“兰州大学（甘肃）模式”的关键要素是：以环境肿瘤学专业研究团队为基础，建立全省环境肿瘤防治研究的跨维度整合一体化体系。建立新模式，既要有追求科学研究的态度，又要有立足当地环境肿瘤防控的热情，还要有科研基础、科研经费支持和多元综合协调。“兰州大学（甘肃）模式”在肿瘤防治中发挥了重要的作用，该模式为环境肿瘤防治基地建设和推广提供了基本参考，依托医院资源消耗少，见效快，且可持续发展，具有外延推广价值，已在全国多家单位应用，成效显著。进一步推广“兰州大学（甘肃）模式”各地应因地制宜，可以形成联合防治体系，也可以市或县或区或乡村为基本单元独立运行，各地以不同环境因素引起的肿瘤作为研究对象开展防治研究，具有普适性。

随着科学技术的发展和环境肿瘤防治的深入研究，在全国推广“兰州大学（甘肃）模式”，加强肿瘤防治基地建设，应着重于阐明致癌环境因素、突破肿瘤预防干预与防治的关键技术、加强多学科协助、加强国内国际合作交流等方面的工作。推动肿瘤防控策略由疾病治疗向源头预防的转型，创新具有中国特色的环境肿瘤防治模式，为全球环境肿瘤防控贡献中国智慧与方案。

参考文献

[1] FITZMAURICE C, ABATE D, ABBASI N, et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 29 cancer groups, 1990 to 2017: A systematic analysis for the global burden of disease study [J]. JAMA Oncology, 2019, 5(12): 1749-1768.

[2] WEI W, ZENG H, ZHENG R, et al. Cancer registration in China and its role in cancer prevention and control[J]. Lancet Oncology, 2020, 21(7): e342-e349.

[3] BRAY F, LAVERSANNE M, SUNG H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence

and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229-263.

[4] VINEIS P, WILD C P. Global cancer patterns: Causes and prevention[J]. Lancet, 2014, 383(9916): 549-557.

[5] NOGUEIRA L M, ROBIN Y K. Climate change and cancer: The environmental justice perspective[J]. J Natl Cancer Inst, 2023, 116(1): 15-25.

[6] GBD 2019 CANCER RISK FACTORS COLLABORATORS. The global burden of cancer attributable to risk factors, 2010-19: A systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. Lancet, 2022, 400(10352): 563-591.

[7] 李玉民, 刘杰. 环境肿瘤学的发展及现状[J]. 兰州大学学报(医学版), 2023, 49(10): 1-9.

[8] LIU J, GAN T, HU W, et al. Current status and perspectives in environmental oncology[J]. Chronic Dis Transl Med, 2024, 10(4): 293-301.

[9] 黎永康, 刘杰, 李玉民. 肿瘤相关环境暴露因素监测的研究现状及进展[J]. 兰州大学学报(医学版), 2024, 50(10): 1-12.

[10] LIU J, GAN T, HU W, et al. Does ambient particulate matter 1 increase the risk of gastric cancer in the northwest of China?[J]. Int J Cancer, 2025, 156(1):104-113.

[11] 季加孚, 何琦非, 王晓云, 等. 胃肠肿瘤医疗大数据库的机遇与挑战[J]. 中华消化外科杂志, 2019, 18(3): 199-202.

[12] WU X, LI W, TU H. Big data and artificial intelligence in cancer research[J]. Trends in cancer, 2024, 10(2): 147-160.

[13] SONG J W, CHUNG K C. Observational studies: Cohort and case-control studies[J]. Plast Reconstr Surg, 2010, 126(6): 2234-2242.

[14] MOTSINGER-REIF A A, REIF D M, AKHTARI F S, et al. Gene-environment interactions within a precision environmental health framework[J]. Cell Genom, 2024, 4(7): 100591.

[15] MICALIZZI D S, SEQUIST L V, HABER D A. Deploying blood-based cancer screening[J]. Science, 2024, 383(6681): 368-370.

[16] LIAO W, COUPLAND C A C, BURCHARDT J, et al. Predicting the future risk of lung cancer: Development, and internal and external validation of the CanPredict (lung) model in 19.67 million people and evaluation of model performance against seven other risk prediction models[J]. Lancet Respir Med, 2023, 11(8): 685-697.

[17] CARBONE M, ARRON S T, BEUTLER B, et al. Tumour predisposition and cancer syndromes as models to study gene-environment interactions[J]. Nat Rev Cancer, 2020, 20(9): 533-549.

[18] KALE S, HIRANI S, VARDHAN S, et al. Addressing cancer disparities through community engagement: Lessons and best practices[J]. Cureus, 2023, 15(8): e43445.

[19] KORN A R, WALSH-BAILEY C, CORREA-MENDEZ M, et al. Social determinants of health and US cancer screening interventions: A systematic review[J]. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 2023, 73(5): 461-479.

[20] ISLAMI F, GODING SAUER A, MILLER K D, et al. Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(1): 31-54.

[21] NOGUEIRA L M, YABROFF K R, BERNSTEIN A. Climate change and cancer[J]. CA Cancer J Clin, 2020, 70(4): 239-244.

[22] KEY T J, ALLEN N E, SPENCER E A, et al. The effect of diet on risk of cancer[J]. The Lancet, 2002, 360(9336): 861-868.

[23] JOCHEM C, LEITZMANN M. Obesity and colorectal cancer[J]. Recent Results Cancer Res, 2016, 208: 17-41.

[24] WANG X, JI A, ZHU Y, et al. A meta-analysis including dose-response relationship between night shift work and the risk of colorectal cancer[J]. Oncotarget, 2015, 6(28): 25046-25060.

[25] ESPINA C, STRAIF K, FRIIS S, et al. European code against cancer 4th edition: Environment, occupation and cancer[J]. Cancer Epidemiol, 2015, 39(Suppl 1): S84-S92.

[26] KAMEDA T, TAKAHASHI K, KIM R, et al. Asbestos: Use, bans and disease burden in Europe[J]. Bull World Health Organ, 2014, 92(11): 790-797.

[27] PURDUE M P, HUTCHINGS S J, RUSHTON L, et al. The proportion of cancer attributable to occupational exposures[J]. Ann Epidemiol, 2015, 25(3): 188-192.

[28] ZUBIDAT A E, HAIM A. Artificial light-at-night-a novel lifestyle risk factor for metabolic disorder and cancer morbidity[J]. J Basic Clin Physiol Pharmacol, 2017, 28(4): 295-313.

[29] MBEMI A, KHANNA S, NJIKI S, et al. Impact of gene-environment interactions on cancer development[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(21): 8089.

[30] YOSHIDA K, GOWERS K H C, LEE-SIX H, et al. Tobacco smoking and somatic mutations in human bronchial epithelium[J]. Nature, 2020, 578(7794): 266-272.

[31] MADIA F, WORTH A, WHELAN M, et al. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment[J]. Environ Int, 2019, 128: 417-429.