

· 肿瘤研究资助格局与动向 ·

国家自然科学基金肿瘤临床及转化研究 资助概况与未来展望

姚刚¹ 岑栋^{1,2} 王斐^{1,3} 邢晓芳^{1,4} 肖毅^{1,5} 石嵘^{1*}

1. 国家自然科学基金委员会医学科学部,北京 100085
2. 浙江大学附属邵逸夫医院,杭州 310016
3. 山东大学第二医院,济南 250033
4. 北京大学肿瘤医院,北京 100142
5. 复旦大学附属肿瘤医院,上海 200032

[摘要] 2021年,国家自然科学基金委员会医学科学部在深入研判肿瘤学科发展趋势和广泛调研的基础上,调整设立了以科学问题为导向的肿瘤学(H18)新代码体系,其中H1801—H1811申请代码资助肿瘤基础研究,H1812—H1826申请代码资助肿瘤临床及转化研究。本文就2021—2024年肿瘤临床及转化研究方向面上类项目(包括面上项目、青年科学基金项目 and 地区科学基金项目)的资助情况进行回顾分析,旨在了解科学基金对该领域的资助现状、面临挑战和未来发展。

[关键词] 国家自然科学基金;肿瘤学科;肿瘤基础;肿瘤临床与转化

国家自然科学基金委员会医学科学部深入贯彻“四个面向”科技创新要求,落实服务“健康中国”战略需求,于2021年优化调整医学申请代码体系,推出新版科学基金医学领域申请代码^[1]。在全面梳理肿瘤研究的关键问题和发展趋势的基础上,以科学问题为引导调整设立了新的肿瘤学(H18)代码体系^[2],包括了H1801—H1826的26个二级申请代码。其中,H1801—H1811主要资助肿瘤基础研究,涉及肿瘤病因、肿瘤发生、肿瘤细胞命运、肿瘤遗传与进化、肿瘤表观遗传、肿瘤免疫、肿瘤代谢、肿瘤微环境、肿瘤复发与转移、肿瘤干细胞、肿瘤学研究与其他学科交叉等;H1812—H1826主要资助肿瘤临床及转化研究,涵盖了肿瘤预防、肿瘤诊断、肿瘤化学药物治疗、肿瘤靶向治疗、肿瘤放射治疗、肿瘤物理治疗、肿瘤免疫治疗、肿瘤生物治疗、肿瘤综合治

疗、肿瘤治疗抵抗、肿瘤康复、基于特殊临床特征的肿瘤研究、肿瘤大数据与人工智能、肿瘤学研究临床转化,以及肿瘤研究新技术与新方法等。本文通过总结2021—2024年度肿瘤学科对肿瘤临床及转化研究面上类项目资助情况,分析新的肿瘤学科代码体系对该领域研究的资助现状和未来发展,以期为面向临床需求的肿瘤研究和学科发展规划提供参考。

1 肿瘤学科二级申请代码 H1812—H1826 面上类项目资助概况

国家自然科学基金面上类项目覆盖范围最广,主要包括面上项目、青年科学基金项目和地区科学基金项目。2021—2024年,肿瘤学科二级申请代码H1812—H1826面上类项目累计资助3199项。其中,面上项目共资助1390项,支持研究人员自主选

收稿日期:2025-01-12;修回日期:2025-01-24

* 通信作者,Email: shirong@nsfc.gov.cn

引用格式:姚刚,岑栋,王斐,等. 国家自然科学基金肿瘤临床及转化研究资助概况与未来展望. 中国科学基金, 2025, 39(1): 185—192.
Yao G, Cen D, Wang F, et al. Overview and perspectives of funding for clinical and translational research in oncology by the National Natural Science Foundation of China. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2025, 39(1): 185-192. (in Chinese)

题,开展创新性科学研究,促进学科均衡、协调和可持续发展。青年科学基金项目共资助 1595 项,支持青年科学技术人员独立主持科研项目、开展创新研究,激励青年科学技术人员的创新思维,培养基础研究后继人才。地区科学基金项目共资助 214 项,培养和扶植特定地区的科学技术人员,稳定和凝聚优秀人才,为区域创新体系建设与经济、社会发展服务。

近 4 年, H1812—H1826 面上类项目申请与资助数量排名前十的肿瘤类型分别占全部申请与资助项目数的近 70%, 集中于气管、支气管、肺肿瘤, 肝和肝内胆管肿瘤, 乳腺肿瘤, 结直肠肿瘤, 胃肿瘤, 脑胶质瘤, 卵巢肿瘤, 胰腺肿瘤, 前列腺肿瘤, 食管肿瘤等瘤种, 其具体分布情况见图 1。这些研究比较集中的肿瘤类型与我国高发肿瘤基本一致^[3]。

2 肿瘤学科二级申请代码 H1812—H1826 资助的面上类项目主要研究方向

2021—2024 年肿瘤学科 H1812—H1826 各代码面上类项目申请和资助情况详见图 2, 各代码资助项目主要研究方向分述如下。

H1812(肿瘤预防): 肿瘤预防是指通过各种措施降低肿瘤的发生率, 提高患者的生存率和生活质量。主要研究方向包括: (1) 基于人群队列的肿瘤风险预测模型构建及应用, 涉及肿瘤标志物的分子鉴定、算法研究等; (2) 肿瘤相关危险因素及其机制研究, 如病原体因素、遗传因素、环境因素、营养因素等。2021—2024 年肿瘤预防领域共收到面上类项目申请 336 项, 资助 37 项。受资助项目的瘤种分布具有明显的聚集特征, 主要集中在病因相对较明确

的肿瘤类型, 如结直肠肿瘤, 宫颈肿瘤, 气管、支气管、肺肿瘤等。

H1813(肿瘤诊断): 肿瘤诊断是指通过各类手段, 如分子诊断、影像诊断、病理诊断等, 确定肿瘤的类型、性质和分期, 制定合适的治疗方案。主要研究方向包括: (1) 肿瘤诊断标志物及其作用机制, 涉及关键蛋白、核酸、外泌体、细胞外囊泡等; (2) 基于大数据的肿瘤诊断模型, 如基于多组学等的高通量筛选、特征图谱构建、数字病理等; (3) 基于多学科交叉的肿瘤诊断新策略和新方法, 如新型测序与检测技术、纳米颗粒、传感器、微流控芯片等。2021—2024 年肿瘤诊断领域共收到面上类项目申请 1 249 项, 资助 71 项。受资助项目研究的肿瘤类型主要为气管、支气管、肺肿瘤, 乳腺肿瘤, 结直肠肿瘤等。

H1814(肿瘤化学药物治疗): 肿瘤化学治疗使用化学药物作用于全身或局部区域, 抑制或杀灭肿瘤细胞, 达到控制肿瘤生长的目的。主要研究方向包括: 化学药物治疗抵抗、化学药物治疗敏感性及增敏机制、化学药物治疗新策略等。(1) 化学药物治疗抵抗是 H1814 受资助占比最高的研究方向, 共资助 153 项, 且呈持续增长趋势(从 2021 年占比 48.3% 增长至 2024 年占比 62.1%), 主要涉及: 1) 肿瘤细胞, 包括表观遗传、细胞命运、肿瘤干性、细胞器功能等; 2) 肿瘤微环境, 包括肿瘤间质、免疫细胞改变等。(2) 化学药物治疗敏感性及增敏机制也是关注度较高的研究方向, 共资助 104 项(占比 37.7%), 主要涉及: 1) 化疗敏感性机制, 包括表观遗传、代谢、细胞命运、非编码 RNA 等重要方向; 2) 化疗增敏新策略, 包括基于分子分型的精准筛选

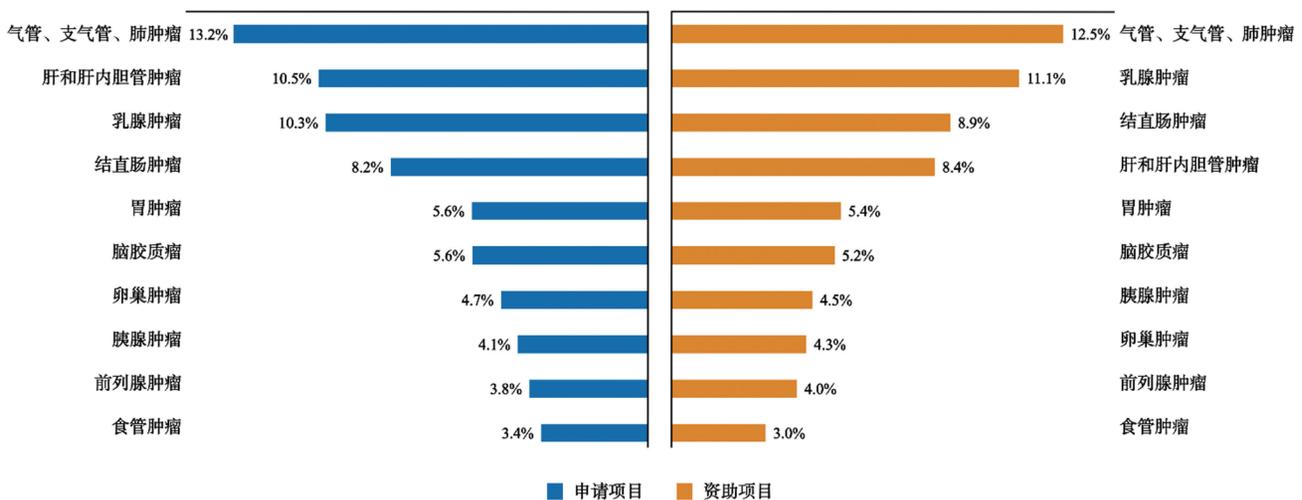


图 1 2021—2024 年肿瘤学科二级申请代码 H1812—H1826 面上类项目申请与资助数量占比排名前 10 位的肿瘤类型
Fig. 1 The Top 10 Tumor Histological Types in Terms of the Proportion of Applications and Funding for General Projects with Secondary Application Codes H1812-H1826 in the Oncology Discipline from 2021 to 2024

和增敏治疗、天然药物有效成分提取及疗效评估等。
 (3) 化学药物治疗新策略主要包括新型化疗药物的设计和应用、化疗药物递送系统构建、化疗药物筛选模型、化学药物联合治疗等。2021—2024 年肿瘤化学药物治疗领域共收到面上类项目申请 2 935 项, 资助 276 项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括乳腺肿瘤, 结直肠肿瘤, 胰腺肿瘤, 气管、支气管、肺肿瘤, 卵巢肿瘤, 胃肿瘤等。

H1815(肿瘤靶向治疗): 肿瘤靶向治疗通过针对特异性分子靶点来进行治疗, 达到精确杀伤肿瘤细胞, 减少对正常细胞伤害的目的。主要研究方向包括: (1) 靶向治疗药物抵抗与增敏机制: 如肿瘤细胞命运与耐药、代谢与耐药、血管稳态与耐药、小分子化合物增敏等; (2) 靶向治疗新靶点与新机制: 如靶向肿瘤细胞命运、靶向肿瘤代谢调控、靶向肿瘤微环境、靶向脉管系统、现有靶向药物的新作用与新机制等; (3) 靶向治疗新策略: 如聚焦肿瘤靶向性的递药系统与纳米药物递送体系的构建、新型靶向药物的筛选、基于多靶点的联合治疗策略等; (4) 靶向治疗不良反应: 主要涉及肝、肾损伤等不良反应。肿瘤靶向治疗是肿瘤临床与转化研究受关注度较高的领域之一, 2021—2024 年共收到面上类项目申请 4 392 项, 资助 484 项, 申请与资助占比分别为 15.5% 和 15.1%。受资助项目涉及的肿瘤类型较为广泛, 覆盖了临床常见的肿瘤类型, 例如气管、支气管、肺肿瘤, 乳腺肿瘤, 肝和肝内胆管肿瘤, 脑胶质瘤, 卵巢肿瘤, 胃肿瘤, 结直肠肿瘤, 胰腺肿瘤, 前列腺肿瘤等。

H1816(肿瘤放射治疗): 肿瘤放射治疗是利用高能射线或粒子照射肿瘤组织的一种局部治疗方法, 在肿瘤的根治性治疗、综合治疗和姑息治疗中发挥重要作用。研究集中在放射治疗抵抗机理、增敏及生物应答机制等方向, 占全部资助项目的 84.6%, 其他还涉及放射治疗与其他治疗方式的综合治疗策略、放射治疗不良反应、放射治疗新技术和新方法等相关研究。(1) 放射治疗抵抗机理: 主要包括 DNA 损伤修复、肿瘤干细胞、肿瘤微环境、表观遗传修饰、内质网应激、自噬等; (2) 放射治疗增敏机制与策略: 增敏机制主要涉及 DNA 损伤修复、辐射敏感相关基因、细胞周期、细胞器功能等; 增敏策略则主要关注增敏效应机制探索、增敏药物机制解析、新型增敏材料研发等; (3) 放射治疗生物应答机制: 包括放疗调控肿瘤细胞的再增殖、侵袭、转移机制, 以及放疗通过调节免疫细胞代谢、抗原递呈等重塑肿瘤微环境的机制; (4) 放射治疗联合其他治疗方式的综合治疗策略: 包括放射治疗与免疫治疗联合、放射治疗与靶向治疗联合、新辅助放射治疗等; (5) 放射治疗不良反应: 包括放射损伤不良反应的分子机制、放射治疗不良反应预测模型等; (6) 放射治疗新技术和新方法: 包括基于新型影像技术、多模态影像方法及人工智能算法的精准放疗、个性化放疗, 新型放射治疗技术的开发利用等。肿瘤放射治疗也是受关注度较高的研究领域之一, 2021—2024 年共收到面上类项目申请 2 500 项, 资助 266 项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括气管、支气管、肺

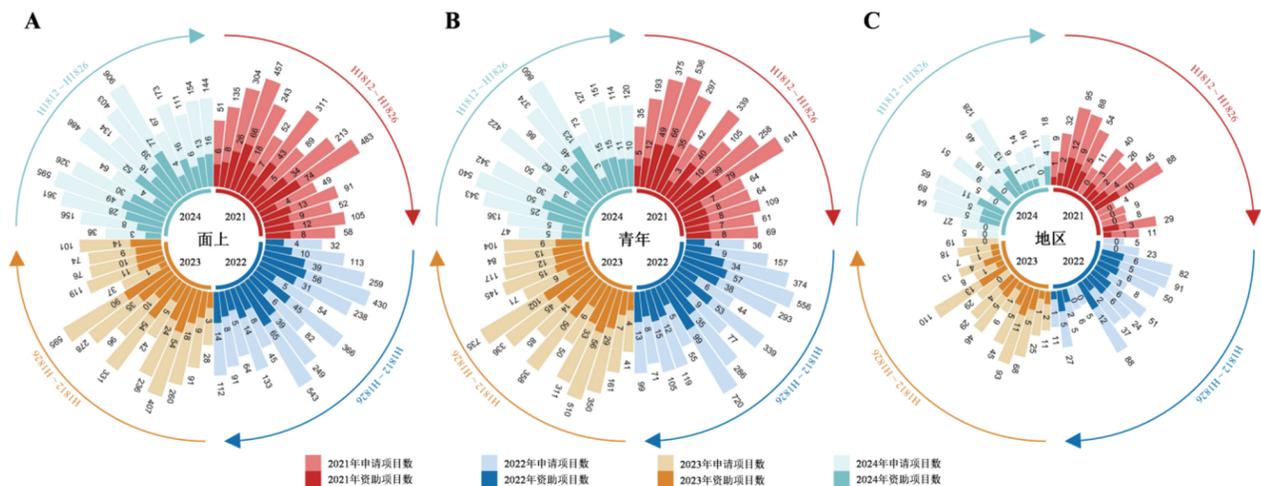


图 2 2021—2024 年肿瘤学科 H1812—H1826 各代码面上类项目申请和资助情况

(注: 图 2A 为面上项目, 图 2B 为青年科学基金项目, 图 2C 为地区科学基金项目, 各柱状图的高度代表项目数量)

Fig. 2 Application and Funding Status of Various Codes for General Projects in the Oncology Discipline H1812-H1826 from 2021 to 2024 (Fig. 2A Represents General Projects, Fig. 2B Represents Youth Science Fund Projects, and Fig. 2C Represents Regional Science Fund Projects, with the Height of Each Bar Chart Representing the Number of Projects)

肿瘤,鼻咽肿瘤,食管肿瘤,结直肠肿瘤,肝和肝内胆管肿瘤,乳腺肿瘤,脑胶质瘤,宫颈肿瘤等。

H1817(肿瘤物理治疗):肿瘤物理治疗是利用物理手段,如热疗、光学治疗、冷冻治疗、超声治疗、电场治疗等,通过所产生的物理能量对肿瘤细胞造成直接或间接的损伤,达到肿瘤治疗目的。主要研究方向包括:(1)光学治疗占比最高(28.3%),包括开发新型光敏剂、光动力治疗的机制研究、增敏光动力治疗的新策略和新方法;(2)消融治疗占比次之(19.6%),包括射频消融、冷冻消融、微波消融等;(3)电场治疗项目占比为17.4%;(4)其他研究方向还包括热疗、超声治疗等。2021—2024年肿瘤物理治疗领域共收到面上类项目申请431项,资助46项。受资助项目涉及的肿瘤类型较为分散,相对较多的瘤种为肝和肝内胆管肿瘤,脑胶质瘤等。

H1818(肿瘤免疫治疗):肿瘤免疫治疗是利用人体免疫系统对抗肿瘤细胞的治疗方法,通过激活或增强机体的免疫应答,识别和攻击肿瘤细胞。作为肿瘤治疗的前沿热点领域之一,其申请和资助项目数量呈现快速增长趋势,主要研究方向包括:(1)免疫细胞与免疫治疗:免疫细胞是肿瘤免疫治疗领域受关注度最高的研究方向,其中T细胞研究占比超过60%,其次为巨噬细胞,也包括树突状细胞、NK细胞、中性粒细胞、B细胞、成纤维细胞等;(2)免疫治疗敏感性及增敏策略:1)免疫治疗敏感性机制研究,包括代谢、菌群、表观遗传等;2)免疫治疗增敏策略,包括小分子化合物、细胞因子、溶瘤病毒等;(3)免疫检查点与免疫治疗:包括免疫检查点调控机制研究、新的免疫检查点筛选等;(4)免疫治疗抵抗:免疫检查点抑制剂抵抗机制、免疫相关的生物治疗抵抗等;(5)免疫治疗新策略:主要包括肿瘤疫苗(如mRNA疫苗、新抗原疫苗)、新型免疫治疗药物(如新型小分子药物、纳米药物、药物递送系统)、免疫治疗的疗效预测等;(6)联合免疫治疗,包括与化疗、靶向治疗、放疗的联合治疗策略;(7)免疫治疗不良反应,包括肺损伤、肝损伤等脏器损伤。2021—2024年肿瘤免疫治疗领域共收到面上类项目申请3140项,资助422项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括气管、支气管、肺肿瘤,肝和肝内胆管肿瘤,结直肠肿瘤等(占全部资助项目的35.1%);其他常见瘤种还包括胃肿瘤,胰腺肿瘤,乳腺肿瘤,卵巢肿瘤,口腔颌面肿瘤,膀胱肿瘤,肾、肾盂、输尿管肿瘤,脑胶质瘤等。

H1819(肿瘤生物治疗):肿瘤生物治疗是利用细胞、病毒、生物制剂等生物技术进行肿瘤治疗的方法或手段。主要研究方向包括:(1)细胞治疗,如

CAR-T细胞疗法、CAR-NK细胞疗法、TCR-T细胞疗法等,通过提高免疫细胞的肿瘤靶向性,减少细胞耗竭,增加肿瘤特异性杀伤,开发细胞治疗新策略;(2)溶瘤病毒治疗,通过构建新型病毒增敏疗效,开发病毒治疗的联合应用策略;(3)生物制剂治疗,包括工程化微生物体系、噬菌体体系、外泌体及囊泡治疗体系等。2021—2024年肿瘤生物治疗领域共收到面上类项目申请851项,资助97项,受资助项目研究的肿瘤类型主要包括多种肿瘤,气管、支气管、肺肿瘤,结直肠肿瘤,脑胶质瘤等。

H1820(肿瘤综合治疗):肿瘤综合治疗关注免疫治疗、靶向治疗、化学药物治疗、放射治疗等不同治疗方式的综合应用,主要研究方向大致可分为综合治疗的新策略和综合治疗的增敏及抵抗机制等。(1)综合治疗的新策略:利用药理学、化学、材料学等学科交叉构建药物递送系统、纳米药物,结合光动力治疗、光热治疗、声动力治疗等开发新型治疗方式;还包括基于分子分型的精准治疗新策略等;(2)综合治疗增敏及抵抗机制:主要集中在结合肿瘤代谢、细胞命运、表观遗传等,开展针对肿瘤细胞和肿瘤微环境的综合治疗增敏或抵抗机制的相关研究。此外,也包括小分子抑制剂、特异性抗体、饮食调节等与免疫治疗、生物治疗的联合应用。2021—2024年肿瘤综合治疗领域共收到面上类项目申请2554项,资助322项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括气管、支气管、肺肿瘤,乳腺肿瘤,肝和肝内胆管肿瘤,结直肠肿瘤等。

H1821(肿瘤治疗抵抗):肿瘤治疗抵抗是申请项目数量增长较快的代码之一,2021—2024年共收到面上类项目申请5870项,资助757项,申请与资助占比分别为20.8%与23.7%,其中,2024年申请数量近1900项,资助数量超过200项。肿瘤治疗抵抗高度聚焦肿瘤治疗耐药的分子机制,但其涉及领域较广,覆盖各类常见的肿瘤治疗方式。总体上,H1821资助项目具有如下几个特征。(1)从涉及的治疗方式看,关注较多的是化学药物治疗(35.3%)、靶向治疗(22.5%)和免疫治疗(19.0%),其次是放射治疗和内分泌治疗,其他如物理治疗、生物治疗和综合治疗等相对较少;(2)从研究内容看,不同治疗方式之间存在一定的差异。例如,化学药物治疗抵抗和靶向治疗抵抗的研究重点集中在肿瘤细胞和肿瘤微环境,而免疫治疗抵抗更多聚焦免疫细胞;(3)从涉及的肿瘤类型看,化学药物治疗抵抗关注最多的肿瘤类型是乳腺肿瘤;靶向治疗抵抗关注的肿瘤类型主要包括气管、支气管、肺肿瘤,肝和肝内胆管肿瘤,乳腺肿瘤等;免疫治疗抵抗关注的肿瘤类

型主要包括气管、支气管、肺肿瘤,肝和肝内胆管肿瘤,结直肠癌肿瘤,乳腺肿瘤等;内分泌治疗抵抗关注的肿瘤类型主要为激素依赖性肿瘤,如前列腺肿瘤、乳腺肿瘤等;(4)从项目数量变化趋势看,免疫治疗抵抗研究项目申请和资助数量逐年升高,特别是乳腺肿瘤、肝和肝内胆管肿瘤等瘤种更为明显。

H1822(肿瘤康复):肿瘤康复是在肿瘤治疗后,通过一系列措施帮助患者恢复身体功能、心理状态和社会适应能力,以提高生活质量。主要研究方向包括:(1)聚焦患者的精神心理、并发症、恶病质、功能重建等,构建肿瘤康复模型及治疗方案;(2)肿瘤康复的影响因素及其机制,如神经调控、心理应激干预、治疗策略等。肿瘤康复是一个内涵非常广泛的领域,涉及医疗、心理、社会等多个方面。2021—2024年肿瘤康复领域共收到面上类项目申请484项,累计资助40项。

H1823(基于特殊临床特征的肿瘤研究):为了对特殊人群肿瘤(如儿童肿瘤)和特殊类型肿瘤(如罕见肿瘤)等给予充分关注,肿瘤学科申请代码设立了H1823代码,克服相关研究被常见肿瘤研究淹没的问题^[2]。H1823下设研究内容包括:原发灶不明的转移癌/多原发肿瘤/继发肿瘤、家族性/遗传性肿瘤、妊娠期肿瘤、高龄肿瘤、儿童肿瘤、特殊临床病理类型肿瘤、特殊人群肿瘤等。受资助项目主要包括:(1)罕见肿瘤或特殊临床病理类型肿瘤的致病机制和治疗方案研究,如横纹肌肉瘤、恶性胸膜间皮瘤、具有气腔播散病理特征的肺癌、具有肿瘤出芽病理特征的结直肠癌等;(2)儿童实体肿瘤的相关机制和诊疗策略研究,如神经母细胞瘤、视网膜母细胞瘤、髓母细胞瘤等;(3)其他特殊肿瘤的防治策略,如合并慢性阻塞性肺病的肺癌、合并非酒精性脂肪性肝病的肝癌、多原发肿瘤、家族性肿瘤等。2021—2024年H1823申请代码共收到面上类项目申请1013项,资助109项。从近4年该代码的申请与资助情况来看,研究重点主要集中在罕见肿瘤及特殊类型肿瘤领域,以及儿童实体肿瘤研究。为更好地推动相关领域的发展,经过广泛调研和认真听取领域内专家学者的意见和建议,自2025年起将该代码细分为“罕见肿瘤及特殊类型肿瘤”和“儿童实体肿瘤”两个独立的二级代码^[4],旨在进一步强化对罕见肿瘤及特殊类型肿瘤研究的支持和引导,同时加大对儿童肿瘤这一相对薄弱学科的扶持力度。

H1824(肿瘤大数据与人工智能):利用临床资料与影像、病理及组学信息等肿瘤大数据,结合人工智能技术,进行肿瘤诊断、治疗策略优化、治疗效果预测、复发风险评估等研究。主要研究方向包括:

(1)基于多组学大数据等,开发肿瘤分子分型策略、构建肿瘤疗效预测或预后预测模型;(2)利用人工智能开发肿瘤辅助诊断策略;(3)基于肿瘤大数据整合的新技术及新方法开发,如分子可视化技术、多模态展示技术、精准导航技术等。2021—2024年肿瘤大数据与人工智能领域共收到面上类项目申请821项,累计资助84项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括结直肠癌肿瘤,乳腺肿瘤,气管、支气管、肺肿瘤等。

H1825(肿瘤学研究临床转化):关注肿瘤基础、预防、诊断、治疗等方面的临床转化探索性研究,涉及研究方向较为广泛,主要包括:(1)肿瘤治疗研究的临床转化,如治疗增敏新策略、疗效预测模型构建、治疗靶点及药物筛选策略等;(2)肿瘤诊断研究的临床转化,如辅助筛查、诊断和预后的生物标志物筛选、肿瘤分子分型构建及应用等;(3)肿瘤基础研究的临床转化,如肿瘤耐药、肿瘤微环境、肿瘤免疫、肿瘤代谢等方向。2021—2024年H1825申请代码共收到面上类项目申请839项,资助90项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括气管、支气管、肺肿瘤,乳腺肿瘤,胃肿瘤等。

H1826(肿瘤学研究新技术和新方法):借助与物理学、化学、数学、信息科学、工程材料等学科的交叉融合,开发肿瘤研究的新技术与新方法。主要研究方向包括:(1)肿瘤学研究新模型的建立,包括类器官模型、仿生模型、新型动物模型等;(2)多模态可视化技术和多尺度研究方法,如多组学检测与分析技术、可视化与成像技术、示踪技术、微流控技术等;(3)肿瘤预防、诊断、治疗的新技术,如药物递送系统、诊疗一体化体系、肿瘤疫苗等。2021—2024年H1826申请代码共收到面上类项目申请866项,资助98项。受资助项目研究的肿瘤类型主要包括乳腺肿瘤、结直肠癌肿瘤,以及多种肿瘤等。

从上述各代码申请和资助情况可以看出,目前肿瘤临床及转化研究主要集中在肿瘤治疗领域,尤其是靶向治疗、免疫治疗,以及治疗抵抗等,这也反映了当前临床实践的迫切需求。同时,我们也注意到,多数研究更关注局部问题和微观层面,但对局部和具体因素对整个系统的影响,以及整个系统对局部和具体因素的反馈作用等方面的研究尚显不足,这也一定程度上影响了研究成果在转化应用方面的潜力,并且对于开发临床新技术、新疗法和新产品方面的支持也远远不够。此外,包括人工智能在内的多学科交叉技术在肿瘤学的研究中日益受到广泛关注,但真正运用多学科交叉技术解决复杂共性科学问题的项目还很少,一些项目仅仅是不同学科技术手段的简单拼凑,表现出“重方案手段,轻内容思

想”的倾向。另外,在肿瘤预防、诊断以及康复这些关键领域中,相关的项目申请数量相对较少。然而,这些领域实际上对临床实践来说是至关重要的,它们对于提高患者的生存率和生活质量有着不可忽视的影响。未来,也将更加注重对这些相对薄弱领域方向的引领和支撑,以推动肿瘤学科的全面协调发展。

3 关于肿瘤临床及转化研究的思考

国家自然科学基金始终坚持把科技资源投向最具创新活力的科研人员,这要求申请人深刻理解科学研究的创新本质与科学价值,紧密结合学科领域特点和科技创新要求,持续提高项目申请的质量,开展最具创新思路和科学价值的研究工作。

3.1 面向临床诊疗重大需求,加强基于临床问题的肿瘤创新研究

在肿瘤学领域,基础研究扮演着至关重要的角色,它为临床实践提供了坚实的理论基础和指导,与此同时,临床实践中遇到的问题也为基础研究提供了丰富的素材和新的科学问题。基础研究与临床实践之间形成良性互动循环,两者相辅相成,共同推动着肿瘤学的发展和进步。例如,本世纪初,国际学术界便积极探索表皮生长因子受体(Epithelial Growth Factor Receptor, EGFR)抑制剂在非小细胞肺癌治疗中的应用潜力,然而,临床试验结果显示该治疗策略的疗效存在显著的异质性。后来的研究发现,携带EGFR基因突变的患者对EGFR抑制剂具有较高的敏感性。随着基础研究对这种敏感性分子机制的深入探索,有力地推动了EGFR靶向治疗的进展,并引发了肺癌治疗的革命性转变。肿瘤学科在肿瘤临床及转化研究方向的资助布局上更加强调以解决临床问题为导向的肿瘤创新研究,基于不同肿瘤的临床特点以及临床实践中的问题,开展基础研究、应用基础研究及临床转化研究,达到指导临床实践的目的。当前,肿瘤学研究不断深入,肿瘤免疫、肿瘤微环境、肿瘤代谢、表观遗传调控等前沿热点不断涌现,加速了肿瘤学领域知识的创造、积累、迭代和升华,同时也极大地推动了肿瘤临床诊疗的发展,为临床问题驱动的肿瘤研究提出了新的要求。一方面,针对肿瘤化学药物治疗、靶向治疗、放射治疗以及越来越受关注的免疫治疗,患者获益有限、疗效不足、治疗抵抗等临床痛点问题,以及不同治疗方式的优化组合等临床难题,需要深入挖掘其背后的关键科学问题,加强对治疗后肿瘤退缩、进展或复发的生物学过程更加深刻的认识,探索提高疗效、减少耐药、组合优化的新方法或新策略。另一方面,肿瘤精准治疗、适应性治疗等新兴治疗理念的提出,为基

础研究带来了新的科学问题,同时也开辟了探索肿瘤未知领域新的途径。此外,肿瘤全程管理作为现代肿瘤诊疗的重要原则,不仅需要持续提升肿瘤治疗的效果,更要求在肿瘤预防、早筛早诊领域取得更大突破。随着癌症患者的生存率逐渐提高,恶性肿瘤正逐步被视为一种慢性疾病,对肿瘤康复的需求亦日益凸显。当前,肿瘤预防、诊断及康复方面的基础研究尚显不足,迫切需要从临床实践中提炼关键临床问题,并解决这些问题背后的重要科学难题,以促进肿瘤研究和诊疗水平的全面提升。

3.2 充分利用临床资源优势,强化临床价值导向的转化探索研究

肿瘤学研究要坚持理论创新与临床价值并重的原则,不仅要求在认识肿瘤发生发展的客观规律上取得创新性的理论突破,更要求提出的理论假说和理论体系能够深刻反映并有效指导肿瘤临床实践^[5]。依据全球主要癌症种类的流行趋势与分布特征,我国肿瘤谱系展现了发达国家与发展中国家癌症谱系并存的复杂局面^[6]。在病因学上,我国肿瘤患者与西方国家之间存在显著差异,包括不同的基因组学分子特征、特异性感染、饮食习惯及环境因素等,这些因素共同影响了肿瘤的发生、发展以及治疗的敏感性,提示我国在肿瘤的预防和治疗策略上不能简单借鉴或照搬欧美国家的做法。此外,我国人口众多、民族多样、疾病谱广泛,很多在欧美国家属于罕见类型的肿瘤在我国并不少见^[5]。因此,充分利用我国丰富的肿瘤临床资源,开展高水平的肿瘤研究,将有助于提升我国肿瘤整体防控水平。

(1) 持续积累高质量的临床资源。充足的临床资源为肿瘤研究提供了坚实的基础,大量的临床疾病队列、随访数据及病理标本等为构建各具特色的诊疗信息库和生物样本库提供了有力支撑。充分利用这些临床资源,并整合医学、生物学、统计学等多学科知识,不仅有助于深入探究肿瘤的发生、发展机制,而且对新型治疗手段的研发和评估提供了有力支持,将为肿瘤研究提供更为广阔的视角。

(2) 利用贴近肿瘤临床特征的研究体系。例如,患者来源的类器官模型和异种移植模型,不仅能够模拟肿瘤的生长环境,而且能够保留肿瘤细胞的遗传异质性,从而为肿瘤研究提供更为真实的体外、体内生物学背景和实验平台;评估肿瘤与免疫系统互作的人源化小鼠模型,能够在模拟人体免疫反应的环境中观察肿瘤行为,这为理解肿瘤免疫逃逸机制和开发新的免疫治疗策略提供有力工具。通过这些高度模拟临床特征的研究体系,将临床样本与研究模型紧密结合,不仅可以增强研究的科学性和深

度,而且可以极大地提升研究成果向临床应用转化的潜力。

(3) 革新肿瘤研究理念。肿瘤作为一种复杂的系统性疾病,不仅要从微观层面研究肿瘤组织内部的复杂成分,还要从宏观角度解析肿瘤与微环境、肿瘤与整个机体之间的交互作用及演进规律。因此,肿瘤学的转化研究迫切需要从微观层面向宏观层面转变,从局部研究向整体研究拓展。为了加强对肿瘤转化研究的支持,肿瘤学科专门设立了 H1825(肿瘤学研究临床转化)申请代码,旨在引导和推动已有基础成果的转化,催生临床新技术、新疗法、新产品,推动提升肿瘤临床诊疗水平。需要强调的是,所有涉及临床资源利用的肿瘤学研究项目,研究者必须严格遵循医学伦理原则和患者知情同意等相关规定及要求,以及相关法律法规、部门规章及规范性文件的要求。依托单位亦应高度重视并完善伦理审查与监督机制,严格按照《涉及人的生命科学和医学研究伦理审查办法》开展伦理审查工作,确保医学研究的科学严谨性和伦理合规性。

3.3 积极顺应研究范式变革,推动前沿技术驱动的肿瘤临床及转化研究

恶性肿瘤具有极其复杂的生物学特性,随着肿瘤学领域科学问题的不断深入探索,仅依靠单一学科的知识体系和研究方法,已经无法有效应对肿瘤学研究中面临的重大挑战。在过去的四年时间里,H1824(肿瘤大数据与人工智能)和 H1826(肿瘤学研究新技术和新方法)的申请数量呈现出快速上升的趋势,不仅反映了学界对医学研究范式变革的积极适应与响应,同时也体现了广大科研人员对于新兴前沿技术在肿瘤学研究中应用的高度重视。从受资助项目负责人专业背景看,超过 20%是来自生物医学工程、信息科学、材料学、化学、物理学等非医学领域的科研人员,他们为肿瘤学研究带来了跨学科的智慧 and 力量。从获得资助的项目学科分布来看,肿瘤学的多学科交叉研究涉及多个领域,其中以下五个方向最为突出:(1) 创新药物研发和新方案开发。包括构建药物递送体系和新型药物制剂,精准筛选治疗靶点与新药研发,个性化定制肿瘤治疗方案等。(2) 利用生物工程技术开发新模型,例如构建“微肿瘤模型”“类器官模型”“仿生肿瘤模型”以及“新型模式动物”等,丰富肿瘤学研究的方法和工具。(3) 运用化学学科技术的研究。通过化学手段开发分子探针以及研发可视化与示踪技术,以探究肿瘤的时空动态变化规律。(4) 利用信息科学技术的研究。运用人工智能算法深入挖掘海量数据背后的科学规律,深化对肿瘤本质的认识、进行个体化精

准诊疗、监测肿瘤复发风险以及评估肿瘤治疗效果等。(5) 涉及物理学理论与技术的研究。包括利用物理学原理对放射治疗技术进行优化,以及探究肿瘤微环境中的物理力学特性等方面。跨学科的合作拓宽了肿瘤学研究的视野,得以从更大尺度、更深维度探索肿瘤的成因、演进机制以及开发新的治疗策略。当前,肿瘤学正与物理学、化学、数学、信息科学、工程材料等学科实现深度融合,诸如人工智能、3D 打印、基因编辑、量子力学等先进技术在肿瘤研究和临床诊疗领域的应用,有力地促进了肿瘤研究范式和临床诊疗模式的革命性改变。例如,通过大数据分析和生物信息学的辅助,医生能够更准确地诊断疾病,为患者提供量身定制的治疗计划,精准医疗的概念逐渐成为现实,个性化治疗方案的制定成为可能。随着学科交叉研究的不断深入,如何充分利用多学科交叉融合的优势,开拓协同创新的新路径,以破解科学难题,推动肿瘤学的快速发展,也随之成为肿瘤研究的重大挑战。

4 结 语

恶性肿瘤作为严重威胁人民生命健康的重大疾病,其发病率和死亡率随着人口老龄化趋势加剧和生活方式的不断变化,仍呈现出上升态势。目前,肿瘤研究的前沿热点不断涌现,对肿瘤的认识边界不断拓展,针对前沿热点领域的核心科学问题,需要加强基础理论和技术原理的探索,针对肿瘤早防、早控、早诊、早治方面的短板,需要积极推动基础研究成果向临床转化,为实现《“健康中国 2030”规划纲要》中提出“到 2030 年,总体癌症 5 年生存率提高 15%”的目标提供科技支撑。国家自然科学基金委员会医学科学部深入贯彻落实基础研究要“坚持两条腿走路”的指导方针,坚持面向科学前沿鼓励自由探索,聚焦重大需求引导解决核心科学问题,加强调查研究,先后成功举办“肿瘤学领域临床科学研究面临的问题与对策”研讨会、第 373 期双清论坛“临床问题驱动的肿瘤研究新范式”,组织专家深入研讨,凝集共识,立足国家重大战略需求,面向肿瘤学科发展前沿,全面分析肿瘤预防、诊断、治疗、康复、药物研发等领域的关键瓶颈问题,凝练重大临床科学问题和重要发展方向,为科学基金前瞻性布局提供了坚实的理论支撑。未来,医学科学部肿瘤学科将继续坚定不移地贯彻执行上级领导部门的决策部署,深入调研,广泛听取科学家们的意见和建议,持续优化肿瘤学科资助布局,不断提升科学基金资助效能,积极推动肿瘤学科高质量发展。

参 考 文 献

- [1] 朱元贵, 姚刚, 童超, 等. 优化学科布局, 推动医学科学创新发展. 科学通报, 2022, 67(9): 809—813.
Zhu YG, Yao G, Tong C, et al. Promote the development of medical science in China by optimizing the layout of medical disciplines. Chinese Science Bulletin. 2022, 67(9): 809—813. (in Chinese)
- [2] 马瑾璐, 吕群燕. 2021年度国家自然科学基金肿瘤I学科面上类项目分析. 中国肿瘤临床, 2022, 49(7): 352—361.
Ma JL, Lyu QY. Analysis of applications in discipline I of oncology for National Natural Science Fund in 2021. Chinese Journal of Clinical Oncology. 2022, 49(7): 352—361. (in Chinese)
- [3] Han BF, Zheng RS, Zeng HM, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022. Journal of the National Cancer Center, 2024, 4(1): 47—53.
- [4] 国家自然科学基金委员会. 2025年度国家自然科学基金项目指南. 北京: 科学出版社, 2025.
National Natural Science Foundation of China. 2025 National Natural Science Foundation Project Guide. Beijing: Science Press, 2025. (in Chinese)
- [5] 国家自然科学基金医学科学“十四五”学科发展战略研究报告编委会. 国家自然科学基金医学科学“十四五”学科发展战略研究报告. 北京: 科学出版社, 2024.
Editorial Committee of the Research Report on the Development Strategy of Medical Science Discipline in the 14th Five Year Plan of the National Natural Science Foundation of China. Research Report on the Development Strategy of Medical Science Discipline in the 14th Five Year Plan of National Natural Science Foundation of China. Beijing: Science Press, 2024. (in Chinese)
- [6] Xia CF, Dong XS, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants. Chinese Medical Journal, 2022, 135(5): 584—590.

Overview and Perspectives of Funding for Clinical and Translational Research in Oncology by the National Natural Science Foundation of China

Gang Yao¹ Dong Cen^{1,2} Fei Wang^{1,3} Xiaofang Xing^{1,4} Yi Xiao^{1,5} Rong Shi^{1*}

1. Department of Health Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China

2. Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University, Hangzhou 310016, China

3. The Second Hospital of Shandong University, Jinan 250033, China

4. Peking University Cancer Hospital, Beijing 100142, China

5. Fudan University Shanghai Cancer Center, Shanghai 200032, China

Abstract In 2021, the Department of Health Sciences in the National Natural Science Foundation of China (NSFC) established a new secondary code for Oncology (H18) in response to an in-depth study of the evolving landscape within the discipline. The funding framework for oncology is now structured into two primary categories: Basic Oncology Discipline (H1801—H1811) and Clinical and Translational Oncology Discipline (H1812—H1826). This paper presents a review and analysis of the funding landscape for general projects—including the General Program, Young Scientist Fund, and Fund for Less Developed Regions—within the Clinical and Translational Oncology Discipline from 2021 to 2024. The aim of this analysis is to clarify the current status of funding, identify existing challenges, and explore future directions for clinical and translational oncology research in China.

Keywords National Natural Science Foundation of China; oncology discipline; basic oncology; clinical and translational oncology

石 嵘 博士, 研究员, 现任国家自然科学基金委员会医学科学部医学七处处长兼肿瘤学项目主任。

姚 刚 博士, 研究员, 现任国家自然科学基金委员会医学科学部医学七处肿瘤科学项目主任。

(责任编辑 陈鹤 张强)

* Corresponding Author, Email: shirong@nsfc.gov.cn