

· 综述 ·

科学基金对疫情防控快速反应能力建设的支撑作用

郑学星^{1,2} 冷玉鑫^{1,3} 窦豆¹ 洪微¹
徐岩英¹ 闫章才^{1*} 孙瑞娟^{1*}

1. 国家自然科学基金委员会 医学科学部, 北京 100085
2. 山东大学齐鲁医学院 公共卫生学院, 济南 250012
3. 北京大学第三医院, 北京 100191

[摘要] 国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)坚持自身在国家科技创新体系中的定位,资助基础研究,重视人才培养和重视团队建设,持续资助医学病毒学及其相关疾病领域的基础研究。新型冠状病毒肺炎疫情暴发后,自然科学基金委迅速落实党中央和国务院的重要指示批示精神,应急启动专项项目,前瞻部署重大研究计划、原创探索计划专项项目等,坚持应急与长远结合,资助新型冠状病毒肺炎基础研究,积极助力疫情防控科技攻关。本文简要回顾了在国家自然科学基金的长期支持下,我国面对突发新冠疫情建立的科技积累和人才储备,例举了国家自然科学基金长期资助的科研人员,在新型冠状病毒肺炎科技攻关中的阶段性成果,思考应急和前瞻的基础研究布局策略,为引领原创性成果突破,应对重大公共卫生事件提供参考。

[关键词] 疫情防控;新型冠状病毒肺炎;自然科学基金委;医学领域;基础研究

进入二十一世纪以来,人类同时面临传统重大传染病和新发重大传染病的双重威胁。本土新发传染病不断涌现,输入性的新发传染病也时有发生,新发传染病具有病原复杂多变、突发性强、感染性强、传播速度快、流行范围广等特点,预判和预警难度大,是世界性的重大公共卫生问题。特别是2019年末暴发的新型冠状病毒肺炎(中文简称“新冠肺炎”,英文简称“COVID-19”)疫情对临床救治、病原致病机制、生物医药基础研究、全球应急机制、公共卫生政策以及基金管理等带来巨大挑战。

国家自然科学基金(简称“科学基金”)作为我国资助基础研究的主渠道之一,在科技创新、培育科技创新人才、孕育重大科研成果方面发挥独特作用。长期以来,国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)坚持《中华人民共和国科学技术进步法(2021年修订)》对科学基金的定位“资助基础研究,支持人才培养和团队建设”,尊重科学发展规律和人才成长规律,强化项目、人才、基地系统布局,推动基础研究自由探索和靶向导向有机结合,围绕



孙瑞娟 博士,研究员,现任国家自然科学基金委员会医学科学部常务副主任。长期从事医学科学研究和科技管理工作,着力于推进医学科学基础研究资助格局的发展、人才培养、国际合作、学科均衡与交叉融合。



闫章才 博士,研究员,现任国家自然科学基金委员会医学科学部副主任,长期从事生物医学科学研究和科技管理工作。



郑学星 博士,教授,山东大学齐鲁医学院公共卫生学院,主要从事人兽共患传染病的致病机制与免疫机制研究。

科学技术前沿、经济社会发展、国家安全重大需求和人民生命健康,聚焦重大关键技术问题,加强新兴和

战略产业等领域基础研究,提升科学技术的源头供给能力。自然科学基金委按照新时代对基础研究提出的要求,进行系统性深化改革,构建新时代科学基金体系,支撑高水平科技自立自强。新冠肺炎疫情暴发伊始,自然科学基金委落实中央指示精神,启动应急专项,以国家需求为导向,坚持基础研究定位,聚焦关键科学问题,注重科学研究应急与长远结合的总体布局,助力疫情防控科技攻关。

本文对病毒性疾病相关领域的资助项目及新冠肺炎研究相关的资助成果进行简要回顾,总结我国学者在新冠肺炎基础研究和应用转化中取得的重要进展,分析科学基金长期资助及快速引导在“科技抗疫”人才培养和成果产出中的作用,为未来优化医学领域资助布局,积极应对重大公共卫生事件提供参考。

1 科学基金长期布局病毒性疾病相关基础研究

自然科学基金委坚持自身在国家科技创新体系中的定位,持续资助病毒性疾病相关基础研究,并将其连续列入自然科学基金委“十二五”“十三五”“十四五”发展规划中医学科学部的优先发展领域。

自 2009 年 9 月自然科学基金委设立医学科学部到新冠肺炎疫情暴发前的十年间,医学领域科学基金共资助“病毒”为关键词的相关研究项目 2 921 项,累计资助经费 155 317.17 万元(2015 年及以后统计为直接经费,下同),相关研究项目涵盖自然科

学基金委几乎所有的项目类型(图 1)。其中,面上项目 1 348 项、青年科学基金项目 1 052 项、地区科学基金项目 208 项,资助经费 108 352.01 万元;高层次人才类项目中,国家杰出青年科学基金项目 14 项、优秀青年科学基金项目 23 项、创新研究群体项目 6 项,资助经费 11 865 万元;重点项目资助 44 项,资助经费 12 485 万元;面向国家重大需求和国际科学前沿,积极应对动物源性病毒传染病布局病原流行病学、致病机制及重症感染救治等重大项目课题 8 项,资助经费 4 302.5 万元;重大研究计划项目 23 项,资助经费 2 859 万元;为应对突发事件,启动了 34 项应急管理项目及专项项目,资助经费 916 万元。为推动国际和地区合作,提高病毒基础研究水平,资助联合基金项目 4 项,资助经费 331 万元;资助国际(地区)合作交流项目 113 项,资助海外及港澳学者合作研究基金项目 10 项,上述项目分布于 282 家依托单位。

在冠状病毒等新发及被忽视的病毒方面,科学基金长期前瞻性部署。以“冠状病毒”为例,2010 年以来医学领域科学基金资助“冠状病毒”相关研究项目 26 项,累计资助经费 1 859 万元。具体项目的类别包括,面上项目 9 项、青年科学基金项目 10 项、地区科学基金项目 1 项,共资助经费 819 万元;优秀青年科学基金项目 1 项,资助经费 130 万元;重点项目 1 项,资助经费 280 万元;国际(地区)合作交流项目 4 项,共资助经费 630 万元(图 2)。

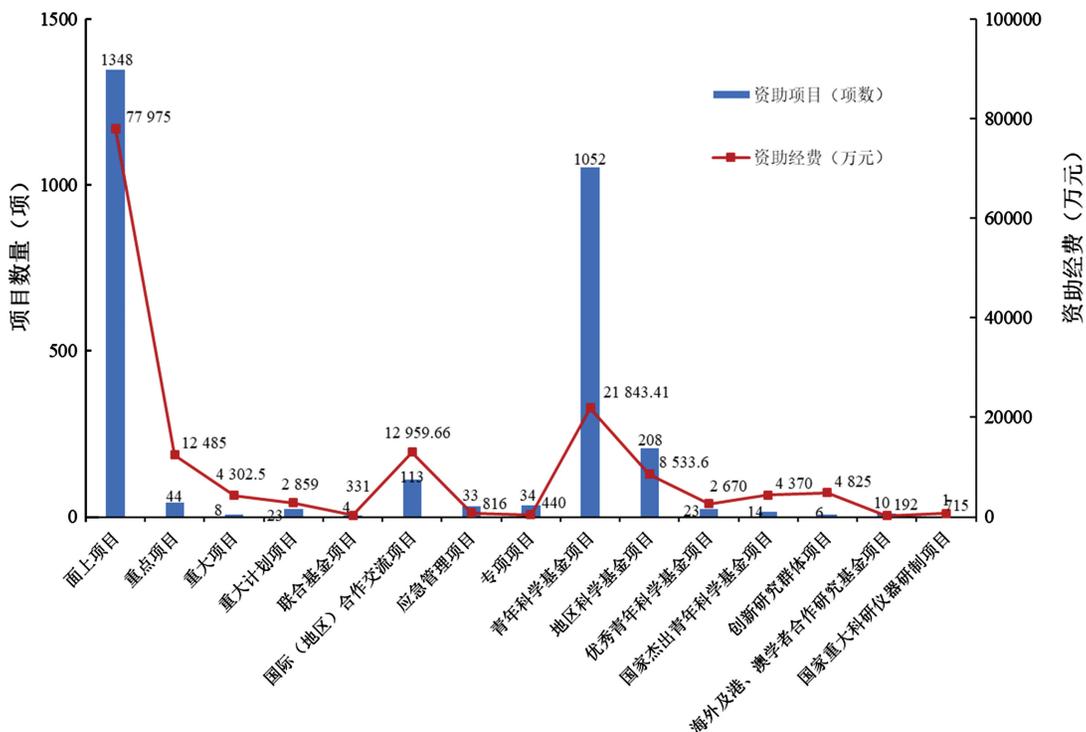


图 1 医学领域科学基金“病毒”相关项目资助情况

2 科学基金快速布局新冠肺炎基础研究

新冠肺炎疫情伊始,自然科学基金委迅速启动应急预案,2020年1月22日医学科学部、生命科学部率先发布了新型冠状病毒相关基金指南,即“新型冠状病毒(2019-nCoV)溯源、致病及疾病防治的基础研究”专项项目,该专项设置了五个专题研究领域,包括(I)新型冠状病毒的结构、功能、感染关键靶点及作用机制,以及不同冠状病毒差异性研究;(II)新型冠状病毒溯源、变异与进化,以及新技术与“科赫假说”的再认识;(III)新型冠状病毒感染的人群易感性及疾病流行规律;(IV)新型冠状病毒感染的发生、发展及转归机制,以及重症救治和医院感染防控的基础研究;(V)冠状病毒应急疫苗和通用疫苗的基础研究。受理申请563项,专家评审遴选出35个项目予以资助。

后续,自然科学基金委进一步在无症状感染流行病学、环境安全、重症诊治及疫情关联焦虑障碍机制等方面给予高度关注。率先布局了武汉、湖北(宜昌)、北京、上海、江苏、广东、辽宁、四川等8个区域的无症状感染流行病学研究专项项目。2020年4月区域创新发展联合基金项目指南中进一步强化对“新冠肺炎发生机制、重症预警、疾病快速诊断及通用疫苗研发”;并于2020年4月发布了“焦虑障碍发病机制及临床转化研究重大项目”年度指南。2020年10月布局流感病毒与冠状病毒通用疫苗专项项目,前瞻性应对病毒变异带来的挑战。

为进一步助力新冠肺炎疫情防控、弥补现有知识局限、应对变异毒株和保持中国在新型冠状病毒基础研究中的领先优势,2021年1月28日,启动了“冠状病毒—宿主免疫互作的全景动态机制与干预策略”重大研究计划;2021年8月至9月陆续发布了“基于冠状病毒感染与致病共性机制的创新药物研究”原创探索计划项目指南和“中医药防治病毒性肺炎基础研究”专项项目指南。

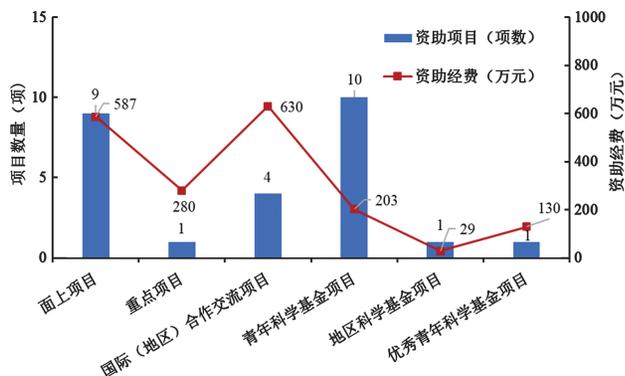


图2 医学领域科学基金“冠状病毒”相关项目资助情况

3 科学基金对基础研究团队的支撑作用

科学基金的持续资助,促进了我国在医学病毒领域的病原学、流行病学、免疫学、致病机制、疾病防控等基础研究的快速发展,为科技抗疫提供了关键科技人才和理论支撑。在此,分四个研究方向,列举少数几个团队在我国科技抗疫中的阶段性成果。

3.1 新型冠状病毒的确诊与致病机制研究领域

3.1.1 中国科学院微生物研究所高福研究员团队

中国科学院微生物研究所的高福研究员先后主持国家杰出青年科学基金项目(批准号:30525010)、科学基金创新研究群体项目(批准号:81021003、81321063、81621091)、重大项目(批准号:30599430、81590760)、重点项目(批准号:31030030、81330082)、国际(地区)合作交流项目(批准号:81461168030)等,建立了从病原学、跨种传播、病毒入侵、免疫学到免疫干预的高水平研究团队。在禽流感、中东呼吸综合征、埃博拉病毒病、裂谷热、寨卡病毒病等新发突发传染病的科技攻关中取得了系列研究成果。

新冠肺炎疫情暴发后,高福研究员团队较早完成了新型冠状病毒全基因组序列测定,成功分离出病毒^[1],领导中国疾病预防控制中心首次向全球流感共享数据库(Global Initiative on Sharing All Influenza Data, GISAID)提交新冠病毒序列、与全球共享,解码了病毒受体结合区域与宿主受体复合物的结构,及其利用受体分子血管紧张素转换酶2(Angiotensin Converting Enzyme 2, ACE2)感染宿主细胞和跨种传播的机制^[2-4],评估了蝙蝠、穿山甲等携带冠状病毒的跨种传播风险^[5,6]。团队研制出国际上首个获批、具有完全自主知识产权的新型冠状病毒重组亚单位疫苗^[7,8],已在中国附条件上市,并在乌兹别克斯坦、印度尼西亚、哥伦比亚等国获批紧急使用,继而研制出新型冠状病毒治疗性中和抗体CB6(JS016, LY-CoV016, 英文名: Etesevimab)^[9],获得美国等十余国紧急使用授权,另一款抗新型冠状病毒双特异性抗体也获得了临床批件^[10,11]。

3.1.2 中国医学科学院王健伟研究员与金奇研究员团队

中国医学科学院王健伟研究员先后获得国家杰出青年科学基金(批准号:81225014)、科学基金重点项目(批准号:81930063)等项目的资助;金奇研究员

获得国家杰出青年科学基金(批准号:39925004)等项目的资助。他们的研究团队长期从事医学病毒基础研究,在病毒学、病原学及免疫学等领域做出了突出成绩。

王健伟团队较早发现了新型冠状病毒并获得全基因组序列,确认其为未知的新型冠状病毒,并通过正式文件及时上报国家卫生健康委员会(简称“国家卫生健康委”),为武汉不明原因肺炎疫情病原鉴定提供了重要依据。在此基础上,王健伟与金奇、秦川等合作,按照国家卫生健康委要求,与协作单位共同确认了新型冠状病毒为武汉不明原因肺炎疫情病原,并代表国家向全球分享首批新型冠状病毒基因组序列^[12],被世界卫生组织(World Health Organization, WHO)给予“甄别出新病原体的时间创造了最短记录”的高度评价。王健伟团队与合作者解析了新型冠状病毒感染细胞内病毒基因组的二级及三级结构,发现了新型抗病毒靶点^[13, 14]及病毒基因组 m6A 修饰对病毒复制的调控作用^[15]。

3.1.3 武汉大学陈宇教授团队

武汉大学陈宇教授长期聚焦冠状病毒感染与复制机制研究,多次获得科学基金面上项目(批准号:81271817、81672008、82172243)和新冠病毒基础研究专项项目(批准号:32041007)等项目的资助,陈宇教授团队参与病毒学国家重点实验室新冠肺炎攻关,于2020年1月7日完成武汉不明肺炎病原的深度测序,得到两个样本的病毒原始核酸测序结果,初步鉴定为一种未知的新型冠状病毒,相关序列上传至数据库 SRA,编号为 PRJNA601763(GenBank: MN988668, MN988669),并收录于《中国—世界卫生组织新型冠状病毒肺炎(COVID-19)联合考察报告》。与蓝柯教授合作,通过在新冠肺炎疫情期间的医院、小区、超市等重点区域布点采样,详细分析了空气中气溶胶新型冠状病毒载量推测了气溶胶传播方式的可能性^[16]。

3.2 新型冠状病毒的人群易感性及临床救治研究领域

3.2.1 广州医科大学钟南山教授团队

钟南山教授曾主持科学基金重大项目(批准号:81490530)“肺气血屏障损伤与修复的调控机制”、联合基金项目(批准号:U1201227)、国际(地区)合作交流项目(批准号:81761128014)等多项项目,严重急性呼吸综合征(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS)疫情之后,团队坚持开展呼吸系统传染病疫情防控和患者诊治重大需求为导向的基

础研究和临床研究。新冠肺炎疫情暴发后,在疫情研判、临床特征和传播特征、重症预警模型构建、致病机制、药物和疫苗等方面进行了系统研究并取得系列成果^[17-20]。

团队一直从事冠状病毒研究,阐明了中东呼吸综合征(Middle East Respiratory Syndrome, MERS)传播和流行规律,以及 MERS 冠状病毒附属蛋白在增强病毒毒力中的作用机制^[21, 22];监测我国低致病冠状病毒流行趋势,发现了 NL63 和 OC43 的新亚型^[23, 24]。新冠肺炎疫情暴发后,团队率先从新冠肺炎患者粪便和尿液分离活毒,并阐明其进化变异特征^[25-27];解析了新冠肺炎患者的体液免疫应答规律^[28, 29],揭示新型冠状病毒的入侵、天然免疫应答和免疫代谢机制,并为临床重症预警提供了依据。

3.2.2 中日友好医院曹彬教授团队

中日友好医院曹彬教授曾获得国家杰出青年科学基金项目(批准号:81425001),科学基金重点项目(批准号:82030002)、专项项目(批准号:82041011)以及面上项目(批准号:30870094、81070005、81970010)等项目的资助,团队长期从事性肺炎的病原学、发病机理和临床治疗研究。

新冠肺炎疫情暴发后,揭示了重症新冠肺炎的临床特征^[30],提出全球大流行预警,首次提出新冠肺炎患者死亡危险因素^[31],研究写入我国新冠肺炎诊疗指南和 WHO 指南。全球首次开展瑞德西韦治疗重症新冠肺炎临床试验^[32]。系统评估新冠肺炎出院患者远期预后^[33],受邀在 WHO 会议上向总干事和国际同行介绍中国经验。代表中国参与制订 WHO 新冠肺炎优选药物研究方案,为全球抗疫贡献中国方案。提出“病毒性感染中毒症”这一原创性概念^[34],并在国际上率先规范小剂量激素治疗重症和危重症新冠肺炎方案^[35],引领了重症病毒性肺炎临床救治实践创新。

3.2.3 南京医科大学陈峰教授团队

南京医科大学陈峰教授曾获得科学基金重点项目(批准号:81530088)、面上项目(批准号:30571619、81072389、81473070)及专项项目(批准号:82041024)等项目的资助,致力于临床试验统计学、生物医学高维数据的统计理论与方法、非独立数据的统计理论与方法研究。

陈峰教授在新冠肺炎疫情早期,通过构建动力学模型,分析我国新冠肺炎疫情发展态势,预警高风险地区;结合我国临床诊断标准实施等防控特点,客观评价武汉市疫情防控胶着期综合防控措施效

果^[36];针对北京“新发地”局部疫情,活用模型,提出等级评估模式,助力首例感染时间溯源;根据国际贸易和交通大数据,分析评估境外疫情输入风险;全面回顾全球防控情况,为优化防控策略提供参考^[37];采用趋势分析和随机森林等方法,为新冠肺炎患者预后评估提供更为精准的模型和工具^[38, 39]。

3.3 新型冠状病毒疫苗、药物及动物模型研究领域

3.3.1 军事医学研究院陈薇研究员团队

陈薇研究员曾获得国家自然科学基金 SARS 专项项目(批准号:30340022)、国家杰出青年科学基金项目(批准号:81025018)等项目的资助,其团队骨干成员侯利华研究员获得新冠专项项目(批准号:82041019)的资助,该团队一直从事重大传染病新型疫苗的创制研发,包括 2003 年 SARS 疫苗,2014 年埃博拉疫苗等,新冠肺炎疫情发生后,应急开展新型冠状病毒疫苗和中和抗体研究。

2020 年 3 月 16 日,重组新型冠状病毒疫苗(5 型腺病毒载体,英文名为 Ad5-nCoV)在武汉开展临床试验,是全球首个进入临床研究新型冠状病毒疫苗,5 月完成新型冠状病毒疫苗 I 期临床试验,数据显示疫苗安全性与耐受性良好,能快速诱导免疫反应^[40]。7 月完成新型冠状病毒疫苗 II 期临床试验,数据表明疫苗安全性好,可为人体对抗新型冠状病毒感染提供“双重保护反应”,并首次验证了疫苗在 55 岁以上人群中的免疫效果^[41]。在巴基斯坦、俄罗斯、墨西哥、智利、阿根廷等 5 个国家开展了 III 期临床试验研究,数据表明该疫苗接种 14 天后,重症保护率为 96.0%,达到世界卫生组织建议的新型冠状病毒疫苗保护率标准^[42]。2021 年 2 月获国家药监局批准附条件上市,是我国批准的第一个基因工程新型冠状病毒疫苗。此外,陈薇教授团队还成功研发出吸入用新型冠状病毒疫苗^[43, 44]。

3.3.2 清华大学张林琦教授与南方科技大学张政教授抗体药物联合研发团队

清华大学张林琦教授曾获得科学基金海外或港、澳青年学者合作研究基金项目(批准号:30228015)、国家杰出青年科学基金项目(批准号:30825035),重点项目(批准号:81530065)、国际(地区)合作交流项目(批准号:81661128042)以及新冠重大研究计划(批准号:92169205)等项目的资助;南方科技大学张政教授曾获得优秀青年科学基金项目(批准号:81222024)、国家杰出青年科学基金项目(批准号:82025022),重大研究计划项目(批准号:92169204)、专项项目(批准号:82151212)等项目的资助。联合

团队在科学基金的长期资助下,一直从事病毒免疫机制和中和抗体结构功能研究。新冠肺炎疫情对抗病毒药物和疫苗的研发提出了迫切需求和严峻的挑战,急需研制成功具有良好抗病毒活性的药物以及有效的预防性疫苗。

新冠疫情暴发之初,联合团队应急进行新型冠状病毒蛋白结构与功能、中和抗体表位与作用机制、抗体药物和疫苗的研究,并与腾盛华创医药技术(北京)有限公司合作,从新冠康复者体内分离的 206 株抗体中,挑选出两株最强中和能力的抗体组合 B2I-196 和 B2I-198(又称安巴韦单抗/罗米司韦单抗联合疗法),进行结构和功能的分析,发现其能对世界范围内流行的变异株保持高效中和效力^[45, 46]。2021 年 12 月 8 日,国家药监局应急批准了该抗体药物为我国首个自主研发的新型冠状病毒抗体鸡尾酒一类创新药物。

3.3.3 军事医学研究院秦成峰研究员团队

军事医学研究院秦成峰研究员曾获得优秀青年科学基金项目(批准号:81522025)、国家杰出青年科学基金项目(批准号:81925025),科学基金重点项目(批准号:32130005)、专项项目(批准号:82041044)以及原创探索计划项目(批准号:82151222)等项目的资助。团队围绕国家生物安全和重大传染病防控的重大需求,长期从事新发病毒的感染与致病机制研究,专注于新发病毒的检测鉴定、致病机制和疫苗药物的研发,在病毒复制调控机制、致病与传播规律、疫苗设计与改进等领域取得了系列成果。

新冠肺炎疫情暴发后,团队成功分离获得新型冠状病毒及其变异株 30 余株,解决了国内标准毒种资源短缺难题;通过体内连续传代加速进化的方式,获得了可在免疫健全小鼠呼吸道高效复制的鼠适应株 MACSp6 和 MASCP36,为世界上第一个报道的可在免疫健全小鼠模拟病毒感染的小动物模型^[47];提出了新型冠状病毒在人类和动物中的协同进化规律^[48],证实了新冠变异株经过适应性进化获得了感染啮齿类动物的能力^[49]。

针对颠覆性 mRNA 疫苗技术,团队成功突破抗原设计、mRNA 修饰、高效加帽、制剂工艺、中试放大、保护评价等系列关键技术,与企业联合研制出具有自主知识产权的新型冠状病毒 mRNA 疫苗(ARCoV)^[50]。

3.3.4 郑州大学常俊标教授团队和中国医学科学院蒋建东研究员团队

郑州大学常俊标教授长期得到科学基金项目的

持续支持,包括国家杰出青年科学基金项目(批准号:30825043),科学基金重点项目(批准号:81330075、82130103)及多个面上项目(批准号:29972009、20672030、21172202)等,建立了以合成药物为主的研究团队,并于 2003 年启动艾滋病治疗药物阿兹夫定研究。中国医学科学院蒋建东研究员先后获得国家杰出青年科学基金项目(批准号:39925037)、创新研究群体项目(批准号:81321004、81621064)、国际(地区)合作交流项目(批准号:81361138020)、专项项目(批准号:82151525)等多个项目的持续支持,研究团队长期聚焦微生物药物及药理学研究,取得了系列研究成果。新冠疫情暴发后,常俊标与蒋建东团队合作,联合研制出抗新冠肺炎口服药物阿兹夫定,2022 年 7 月 25 日,国家药监局附条件批准该药物注册申请,成为我国第一个口服小分子新冠肺炎治疗药物^[51]。

3.3.5 厦门大学夏宁邵教授团队

夏宁邵教授先后主持国家杰出青年科学基金项目(批准号:30925030),科学基金国际(地区)合作交流项目(批准号:81261160322、81361120408)、重点项目(批准号:31730029)、重大项目(批准号:81991490)等多项项目,建立了以病毒学、病原学、免疫学为基础,成绩卓著的研究团队。

新冠疫情暴发后,该团队在新型冠状病毒检测技术、鼻喷流感病毒载体新型冠状病毒疫苗^[52, 53]和新型冠状病毒重组蛋白疫苗^[54]、广谱中和抗体与小分子药物筛选^[55]、重症肺炎动物模型和致病机制等方面取得了一系列进展,得到国际同行的高度认可,为全球抗疫做出了贡献。

3.3.6 中国医学科学院秦川教授团队

中国医学科学院医学实验动物研究所秦川教授曾获得科学基金面上项目(批准号:81171631、81672039)、国际(地区)合作交流项目(批准号:82061138007)以及专项项目(批准号:81941012、82041008)等项目的资助,团队长期从事人类疾病动物模型研制、疾病机理研究与药物开发模型应用。

新冠肺炎疫情暴发后,团队提出人 ACE2 为新型冠状病毒受体的假设,并培育了 ACE2 人源化的转基因动物,进一步在动物体内证实了 ACE2 为新型冠状病毒的受体,遵循“科赫法则”证实了新冠肺炎的致病病原体,揭示了新冠肺炎免疫和病理特征,再现了病毒感染、复制、宿主免疫和病理过程^[56]。构建了新冠肺炎的受体人源化小鼠和恒河猴模型^[57],并向 WHO 提供了动物模型研制标准,入选

2020 年度“中国生命科学十大进展”。

建立了新型冠状病毒疫苗保护性的动物模型评价体系,完成了多项新型冠状病毒疫苗的动物模型评价,包含全球第一个进入临床试验的疫苗、第一个紧急使用的疫苗和第一个上市的疫苗。基于动物模型,揭示了病毒经呼吸道飞沫、密切接触、气溶胶、粪口、结膜等途径的传播能力^[58, 59];创建了新冠肺炎药物有效性的动物模型评价技术体系,评价了 126 种药物,筛选到多种有效候选药物或抗体^[60]。

3.4 新型冠状病毒无症状感染者研究领域

3.4.1 中国医学科学院王辰教授团队

中国医学科学院王辰教授先后获得科学基金重点项目(批准号:81030032)、国际(地区)合作交流项目(批准号:81720108001)、重大项目(批准号:82090010)以及专项项目(批准号:82041031)等项目的资助,研究团队一直从事呼吸系统疾病与危重症医学相关研究。

新冠肺炎疫情暴发后,2020 年 1 月 24 日,王辰教授等在 *The Lancet* 发表述评,第一时间向全球预警新冠肺炎疫情,系统总结新冠肺炎疫情的进展情况,同时指出临床和基础科学研究的未来方向^[61]。随后,团队第一时间组织专家提出加强防控、强化药物研究^[32]、延长春节假期、改造现有设施扩大收治场所、强化武汉核酸检测能力、设立方舱医院、开展抗体流行病学调查等系列防控策略建议。提出的“方舱医院”概念,有效阻断疫情社区传播,扭转了一度极为被动的防治局面,是顺应国家“应收尽收,应治尽治”战略方针的关键之举,在抗击新型冠状病毒肺炎疫情中发挥了重要作用,并在 *The Lancet* 上发表文章与世界共享经验^[62]。武汉解封后,团队对武汉 9 000 多名居民进行了新型冠状病毒抗体检测和随访,描述了新型冠状病毒感染和大流行下人群免疫状态^[63]。

牵头主编符合国情的循证诊治与防控指南《中国成人 2019 冠状病毒病的诊治与防控指南》,并发表于《中华医学杂志》^[64],进一步规范了我国成人 COVID-19 患者的诊治与疫情防控。

3.4.2 南京医科大学沈洪兵教授团队

南京医科大学沈洪兵教授先后获得国家杰出青年科学基金项目(批准号:30425001),科学基金重点项目(批准号:30730080、81230067)、创新研究群体项目(批准号:81521004)、重点国际(地区)合作交流项目(批准号:81820108028)以及专项项目(批准号:82041026)等项目的资助,在流行病学以及高危人群

防治策略、出生队列、健康医疗大数据等研究方面取得了系列重要成果。

新冠肺炎疫情发生后,该团队围绕新冠肺炎开展流行病学、防控策略探索和公共卫生体系建设研究。率先关注新型冠状病毒无症状感染者在疫情传播中的作用,探索无症状感染者的最长传染期,发现并报道无症状感染者传染至他人的案例^[65]。探索我国新冠肺炎的空间流行规律和时空特点,归纳分析了我国新冠肺炎流行在不同流行阶段的基本再生数和传播动力趋势,并对不同国家(地区)、不同阶段的新冠肺炎防控策略进行了系统深入的分析与评价,构建了无尺度网络模型指导疫情防控中的复工复产复学复产工作,对我国多次局部疫情的防控经验进行了系统总结,为我国逐步形成“外防输入、内防反弹”的常态化疫情防控策略和“动态清零”防控方针提供了重要理论依据。

4 科学基金助推新冠肺炎基础研究成果

通过第三方数据检索,分别统计新冠肺炎疫情发生早期和有效控制期的论文成果情况,以及高质量论文成果情况,分析科学基金资助的项目在疫情防控科技攻关中的基础研究成果产出中的作用。

4.1 科学基金资助成果的论文产出

新冠肺炎疫情发生早期。距离新冠肺炎疫情暴发半年(截至2020年5月9日),全世界发表新冠肺炎相关的科研论文(论著、读者来信、述评和在线发表等4种类型)共计2196篇,其中,中国学者发表651篇,占29.64%;美国学者发表443篇,占20.17%;英国学者发表244篇,占11.11%;意大利学者发表219篇,占9.97%,表明中国学者在疫情早期能够及时向全世界贡献智慧,共享资源(表1)。

中国学者发表的651篇论文中,约51.8%的论文成果与科学基金的资助密不可分。其中,21.3%的论文标注了科学基金资助(243项);标注的243项科学基金项目70.1%为医学科学部资助的项目,表明医学领域科学基金是疫情初期论文成果相关的重要资助来源。

新冠肺炎疫情有效控制期。距离新冠肺炎疫情暴发2年(截至2021年12月16日),全世界新冠肺炎相关的科研论文共125620篇。其中美国学者发表35039篇,占27.89%,超越中国成为最大的科研论文贡献来源国,中国学者发表17530篇,占13.96%,意大利学者发表12919篇,占10.28%(表2)。

表1 全球主要国家新冠肺炎相关论文
发文情况(截至2020年5月9日)

序号	国家	发文量(篇)	占比
1	中国	651	29.64%
2	美国	443	20.17%
3	英国	244	11.11%
4	意大利	219	9.97%
5	德国	111	5.05%
6	加拿大	93	4.23%
7	澳大利亚	81	3.69%
8	印度	78	3.55%
9	法国	76	3.46%
10	瑞士	76	3.46%

表2 全球主要国家新冠肺炎相关论文
发文情况(截至2021年12月16日)

序号	国家	发文量(篇)	占比
1	美国	35039	27.89%
2	中国	17530	13.96%
3	意大利	12919	10.28%
4	英国	12366	9.84%
5	印度	7693	6.12%
6	德国	6719	5.35%
7	西班牙	6360	5.06%
8	加拿大	5625	4.48%
9	法国	5588	4.45%
10	澳大利亚	4978	3.96%

中国学者发表的17530篇新冠肺炎相关的科研论文中,标注有科学基金资助的5695篇,占32.49%。而在标注有科学基金资助的5695篇论文中,3141篇标注了医学科学部资助项目,占55.15%,表明医学领域科学基金依旧是新冠肺炎研究成果的重要资助来源。

4.2 科学基金资助的新冠肺炎研究在高水平期刊发表情况

科学基金直接支撑高水平基础研究的产出,截至2021年12月16日,中国学者在*Cell*、*Nature*、*Science*、*The Lancet*、*The New England Journal of Medicine*、*The Journal of the American Medical Association*、*British Medical Journal*等7种重要医学领域期刊发表了63篇标注科学基金资助项目的新冠肺炎论文,被引用总次数达40778次(截至2021年12月16日),其中,标注医学科学部资助项目的论文51篇,占80.95%,被引用39024次,表明科学基金对高水平研究发挥了重要支撑

作用。

5 对科学基金平急结合部署的思考

科学基金长期坚持基础研究要“两条腿走路”,坚持自由探索与国家重大需求相结合,注重长远和应急相结合的资助布局,在此次疫情的科技攻关中发挥了重要作用,尤其是长期支持的研究团队为快速应对疫情防控提供了关键科技支撑。结合新冠肺炎系列应急科研项目启动实施的实践,对未来如何进一步加强基础研究、前瞻部署新突发重大传染病防控科研攻关、提升我国疫情综合防控能力,特别是贯彻实施国家总体安全战略,做好非传统生物安全威胁防御工作须做进一步深入研讨。

5.1 自上而下,目标导向

2020年2月3日,习近平总书记主持中共中央政治局常务委员会时强调“要加大科研攻关力度。战胜疫病离不开科技支撑。要科学论证病毒来源,尽快查明传染源和传播途径,密切跟踪病毒变异情况,及时研究防控策略和措施。加快病毒溯源、传播力、传播机理等研究,及时完善防控策略和措施。要加强有效药品和疫苗研发,注重科研攻关与临床、防控实践相结合”。

快速发布新冠肺炎系列项目指南、及时支持相关研究,是自然科学基金委面向国家重大需求,发挥科学基金优势,依靠科学家对科学问题的把握和凝练的专业智慧,加强“自上而下”引导的立项机制的一次探索和实践,也是进一步适应科技创新“四个面向”和新时代科学基金资助体系的内在要求。为更好发挥科学基金在科技抗疫中的战略引领作用,未来将进一步面向国家需求和世界科技前沿,强化顶层设计引导,注重应急布局的时效性和科学问题的精准性,完善科学问题凝练机制和应急立项机制。

5.2 自下而上,自由探索

在人类疾病中,新发重大传染病的未知性强,不确定性强,精准高效的防控工具需要长期积累和沉淀。科学基金持续资助医学病原学及相关基础研究,保证学科和人才均衡发展 and 战略储备。新冠肺炎疫情暴发后,医学科学部通过广泛征集科学家的意见建议,启动多项新冠研究专项,激励科技人员奋力攻关,应对当前新冠肺炎疫情,不断提升应对新发突发传染病防控能力。未来需要进一步发挥科学基金鼓励自由探索、凝聚优秀科技人才的作用,在科技前沿、重大需求等重要方向,根据科学家个人的研究基础,自主选题,开展创新性研究,在人才培养、团队

建设、平台建设、方法建立中进行长期培育,充分发挥青年人才的创造力。

5.3 上下联动,前瞻布局

新发重大传染病具有其特殊性,人类对其从发现到全面认知需要较长的时间,特异性的治疗药物、预防措施以及公共卫生政策等等的研究通常会相对滞后。面对新发传染病的突发与多变,科学基金需要上下联动与前瞻布局,坚持宏观引导形成系统的自由探索和目标导向的科学布局,预判未来重点方向,着眼长远,明确科研瓶颈。当出现新发重大传染病时,有备无患、有的放矢、科学防控。未来,科学基金将以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,深入贯彻习近平总书记关于科技创新及基础研究的重要论述,坚持“两条腿走路”,加强应对新发突发传染病等全球性挑战的能力建设,持续优化自然科学基金医学领域的资助布局,全面提升医学科技创新能力。

致谢 衷心感谢中国科学院文献情报中心王保成副研究员的文献数据支持,感谢疫情以来专家咨询委员会和调研专家组的咨询建议和辛勤付出。

参 考 文 献

- [1] Zhu N, Zhang DY, Wang WL, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*, 2020, 382(8): 727—733.
- [2] Wu LL, Chen Q, Liu KF, et al. Broad host range of SARS-CoV-2 and the molecular basis for SARS-CoV-2 binding to cat ACE2. *Cell Discovery*, 2020, 6: 68.
- [3] Liu KF, Tan SG, Niu S, et al. Cross-species recognition of SARS-CoV-2 to bat ACE2. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, 118(1): e2020216118.
- [4] Wang QH, Zhang YF, Wu LL, et al. Structural and functional basis of SARS-CoV-2 entry by using human ACE2. *Cell*, 2020, 181(4): 894—904. e9.
- [5] Liu KF, Pan XQ, Li LJ, et al. Binding and molecular basis of the bat coronavirus RaTG13 virus to ACE2 in humans and other species. *Cell*, 2021, 184(13): 3438—3451. e10.
- [6] Niu S, Wang J, Bai B, et al. Molecular basis of cross-species ACE2 interactions with SARS-CoV-2-like viruses of pangolin origin. *The EMBO Journal*, 2021, 40(16): e107786.
- [7] Dai LP, Zheng TY, Xu K, et al. A universal design of Betacoronavirus vaccines against COVID-19, MERS, and SARS. *Cell*, 2020, 182(3): 722—733. e11.

- [8] Yang SL, Li Y, Dai LP, et al. Safety and immunogenicity of a recombinant tandem-repeat dimeric RBD-based protein subunit vaccine (ZF₂₀₀₁) against COVID-19 in adults: two randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 1 and 2 trials. *The Lancet Infectious Diseases*, 2021, 21(8): 1107—1119.
- [9] Shi R, Shan C, Duan XM, et al. A human neutralizing antibody targets the receptor-binding site of SARS-CoV-2. *Nature*, 2020, 584(7819): 120—124.
- [10] Wu Y, Wang FR, Shen CG, et al. A noncompeting pair of human neutralizing antibodies block COVID-19 virus binding to its receptor ACE2. *Science*, 2020, 368 (6496): 1274—1278.
- [11] Li ZH, Li SH, Zhang G, et al. An engineered bispecific human monoclonal antibody against SARS-CoV-2. *Nature Immunology*, 2022, 23(3): 423—430.
- [12] Ren LL, Wang YM, Wu ZQ, et al. Identification of a novel coronavirus causing severe pneumonia in human: a descriptive study. *Chinese Medical Journal*, 2020, 133(9): 1015—1024.
- [13] Sun L, Li P, Ju XH, et al. In vivo structural characterization of the SARS-CoV-2 RNA genome identifies host proteins vulnerable to repurposed drugs. *Cell*, 2021, 184(7): 1865—1883. e20.
- [14] Cao CC, Cai ZK, Xiao X, et al. The architecture of the SARS-CoV-2 RNA genome inside virion. *Nature Communications*, 2021, 12: 3917.
- [15] Zhang T, Yang Y, Xiang ZC, et al. N6-methyladenosine regulates RNA abundance of SARS-CoV-2. *Cell Discovery*, 2021, 7: 7.
- [16] Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*, 2020, 582 (7813): 557—560.
- [17] Sun J, Zhuang Z, Zheng J, et al. Generation of a broadly useful model for COVID-19 pathogenesis, vaccination, and treatment. *Cell*, 2020, 182(3): 734—743. e5.
- [18] Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *The New England Journal of Medicine*, 2020, 382(18): 1708—1720.
- [19] Guan WJ, Liang WH, Zhao Y, et al. Comorbidity and its impact on 1590 patients with COVID-19 in China: a nationwide analysis. *The European Respiratory Journal*, 2020, 55(5): 2000547.
- [20] Guan WJ, Chen RC, Zhong NS. Strategies for the prevention and management of coronavirus disease 2019. *The European Respiratory Journal*, 2020, 55(4): 2000597.
- [21] Mok CKP, Zhu AR, Zhao JX, et al. T-cell responses to MERS coronavirus infection in people with occupational exposure to dromedary camels in Nigeria: an observational cohort study. *The Lancet Infectious Diseases*, 2021, 21(3): 385—395.
- [22] Wang YQ, Sun J, Li XB, et al. Increased pathogenicity and virulence of middle east respiratory syndrome coronavirus clade B in vitro and in vivo. *Journal of Virology*, 2020, 94 (15): e00861—e00820.
- [23] Wang YQ, Li X, Liu WK, et al. Discovery of a subgenotype of human coronavirus NL63 associated with severe lower respiratory tract infection in China, 2018. *Emerging Microbes & Infections*, 2020, 9(1): 246—255.
- [24] Zhang ZY, Liu WK, Zhang SN, et al. Two novel human coronavirus OC43 genotypes circulating in hospitalized children with pneumonia in China. *Emerging Microbes & Infections*, 2022, 11(1): 168—171.
- [25] Sun J, Zhu AR, Li HY, et al. Isolation of infectious SARS-CoV-2 from urine of a COVID-19 patient. *Emerging Microbes & Infections*, 2020, 9(1): 991—993.
- [26] Wang YQ, Wang DX, Zhang L, et al. Intra-host variation and evolutionary dynamics of SARS-CoV-2 populations in COVID-19 patients. *Genome Medicine*, 2021, 13(1): 30.
- [27] Zhong HZ, Wang YQ, Shi Z, et al. Characterization of respiratory microbial dysbiosis in hospitalized COVID-19 patients. *Cell Discovery*, 2021, 7: 23.
- [28] Wang YQ, Zhang L, Sang L, et al. Kinetics of viral load and antibody response in relation to COVID-19 severity. *The Journal of Clinical Investigation*, 2020, 130 (10): 5235—5244.
- [29] Yu HQ, Sun BQ, Fang ZF, et al. Distinct features of SARS-CoV-2-specific IgA response in COVID-19 patients. *The European Respiratory Journal*, 2020, 56(2): 2001526.
- [30] Huang CL, Wang YM, Li XW, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, 2020, 395(10223): 497—506.
- [31] Zhou F, Yu T, Du RH, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *The Lancet*, 2020, 395(10229): 1054—1062.
- [32] Wang YM, Zhang DY, Du GH, et al. Remdesivir in adults with severe COVID-19: a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *The Lancet*, 2020, 395(10236): 1569—1578.
- [33] Huang LX, Yao Q, Gu XY, et al. 1-year outcomes in hospital survivors with COVID-19: a longitudinal cohort study. *The Lancet*, 2021, 398(10302): 747—758.
- [34] Li H, Liu L, Zhang D, et al. SARS-CoV-2 and viral Sepsis: observations and hypotheses. *Lancet*, 2020, 395 (10235): 1517—1520.

- [35] Cao B, Hayden FG. Antiviral monotherapy for hospitalised patients with COVID-19 is not enough. *The Lancet*, 2020, 396(10259): 1310—1311.
- [36] Wei YY, Guan JX, Ning X, et al. Global COVID-19 pandemic waves: limited lessons learned worldwide over the past year. *Engineering*, 2022, 13: 91—98.
- [37] Wei YY, Wei LM, Jiang Y, et al. Implementation of clinical diagnostic criteria and universal symptom survey contributed to lower magnitude and faster resolution of the COVID-19 epidemic in Wuhan. *Engineering*, 2020, 6 (10): 1141—1146.
- [38] Chen X, Gao W, Li J, et al. A predictive paradigm for COVID-19 prognosis based on the longitudinal measure of biomarkers. *Briefings in Bioinformatics*, 2021, 22 (6): bbab206.
- [39] He JY, Wei YY, Chen J, et al. Dynamic trajectory of platelet-related indicators and survival of severe COVID-19 patients. *Critical Care*, 2020, 24(1): 607.
- [40] Zhu FC, Li YH, Guan XH, et al. Safety, tolerability, and immunogenicity of a recombinant adenovirus type-5 vectored COVID-19 vaccine: a dose-escalation, open-label, non-randomised, first-in-human trial. *The Lancet*, 2020, 395 (10240): 1845—1854.
- [41] Zhu FC, Guan XH, Li YH, et al. Immunogenicity and safety of a recombinant adenovirus type-5-vectored COVID-19 vaccine in healthy adults aged 18 years or older: a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial. *The Lancet*, 2020, 396(10249): 479—488.
- [42] Halperin SA, Ye LY, Mackinnon-Cameron D, et al. Final efficacy analysis, interim safety analysis, and immunogenicity of a single dose of recombinant novel coronavirus vaccine (adenovirus type 5 vector) in adults 18 years and older: an international, multicentre, randomised, double-blinded, placebo-controlled phase 3 trial. *The Lancet*, 2022, 399(10321): 237—248.
- [43] Wu SP, Zhong GX, Zhang J, et al. A single dose of an adenovirus-vectored vaccine provides protection against SARS-CoV-2 challenge. *Nature Communications*, 2020, 11: 4081.
- [44] Wu SP, Huang JY, Zhang Z, et al. Safety, tolerability, and immunogenicity of an aerosolised adenovirus type-5 vector-based COVID-19 vaccine (Ad5-nCoV) in adults: preliminary report of an open-label and randomised phase 1 clinical trial. *The Lancet Infectious Diseases*, 2021, 21 (12): 1654—1664.
- [45] Ju B, Zhang Q, Ge JW, et al. Human neutralizing antibodies elicited by SARS-CoV-2 infection. *Nature*, 2020, 584(7819): 115—119.
- [46] Yan RH, Wang RK, Ju B, et al. Structural basis for bivalent binding and inhibition of SARS-CoV-2 infection by human potent neutralizing antibodies. *Cell Research*, 2021, 31(5): 517—525.
- [47] Gao Q, Bao LL, Mao HY, et al. Development of an inactivated vaccine candidate for SARS-CoV-2. *Science*, 2020, 369(6499): 77—81.
- [48] Zhou HY, Ji CY, Fan H, et al. Convergent evolution of SARS-CoV-2 in human and animals. *Protein & Cell*, 2021, 12(11): 832—835.
- [49] Chen Q, Huang XY, Sun MX, et al. Transient acquisition of cross-species infectivity during the evolution of SARS-CoV-2. *National Science Review*, 2021, 8(11): nwab167.
- [50] Zhang NN, Li XF, Deng YQ, et al. A thermostable mRNA vaccine against COVID-19. *Cell*, 2020, 182 (5): 1271—1283. e16.
- [51] Zhang JL, Li YH, Wang LL, et al. Azvudine is a Thymus-homing anti-SARS-CoV-2 drug effective in treating COVID-19 patients. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 2021, 6: 414.
- [52] Zhu FC, Zhuang CL, Chu K, et al. Safety and immunogenicity of a live-attenuated influenza virus vector-based intranasal SARS-CoV-2 vaccine in adults: randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 1 and 2 trials. *The Lancet Respiratory Medicine*, 2022, 10(8): 749—760.
- [53] Chen JY, Wang P, Yuan LZ, et al. A live attenuated virus-based intranasal COVID-19 vaccine provides rapid, prolonged, and broad protection against SARS-CoV-2. *Science Bulletin*, 2022, 67(13): 1372—1387.
- [54] Wu YT, Huang XF, Yuan LZ, et al. A recombinant spike protein subunit vaccine confers protective immunity against SARS-CoV-2 infection and transmission in hamsters. *Science Translational Medicine*, 2021, 13(606): eabg1143.
- [55] Xiong HL, Sun H, Wang SL, et al. The neutralizing breadth of antibodies targeting diverse conserved epitopes between SARS-CoV and SARS-CoV-2. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2022, 119(34): e2204256119.
- [56] Bao LL, Deng W, Huang BY, et al. The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice. *Nature*, 2020, 583 (7818): 830—833.
- [57] Deng W, Bao LL, Liu JN, et al. Primary exposure to SARS-CoV-2 protects against reinfection in rhesus macaques. *Science*, 2020, 369(6505): 818—823.
- [58] Bao LL, Gao H, Deng W, et al. Transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 via close contact and respiratory droplets among human angiotensin-converting enzyme 2 mice. *The Journal of Infectious Diseases*, 2020, 222(4): 551—555.

- [59] Deng W, Bao LL, Gao H, et al. Ocular conjunctival inoculation of SARS-CoV-2 can cause mild COVID-19 in rhesus macaques. *Nature Communications*, 2020, 11: 4400.
- [60] Du S, Cao YL, Zhu QY, et al. Structurally resolved SARS-CoV-2 antibody shows high efficacy in severely infected hamsters and provides a potent cocktail pairing strategy. *Cell*, 2020, 183(4): 1013—1023. e13.
- [61] Wang C, Horby PW, Hayden FG, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*, 2020, 395(10223): 470—473.
- [62] Chen SM, Zhang ZJ, Yang JT, et al. Fangcang shelter hospitals: a novel concept for responding to public health emergencies. *The Lancet*, 2020, 395(10232): 1305—1314.
- [63] He ZY, Ren LL, Yang JT, et al. Seroprevalence and humoral immune durability of anti-SARS-CoV-2 antibodies in Wuhan, China: a longitudinal, population-level, cross-sectional study. *The Lancet*, 2021, 397 (10279): 1075—1084.
- [64] 王辰, 瞿介明, 曹彬, 等. 《中国成人 2019 冠状病毒病的诊治与防控指南》导读. *中华医学杂志*, 2021, 101(18): 1291—1292.
- [65] Hu ZL, Song C, Xu CJ, et al. Clinical characteristics of 24 asymptomatic infections with COVID-19 screened among close contacts in Nanjing, China. *Science China Life Sciences*, 2020, 63(5): 706—711.

Role of National Natural Science Foundation of China in Supporting the Rapid Response Capability to COVID-19 Outbreaks

Xuexing Zheng^{1, 2} Yuxin Leng^{1, 3} Dou Dou¹ Wei Hong¹
Yanying Xu¹ Zhangcai Yan^{1*} Ruijuan Sun^{1*}

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

2. *School of Public Health, Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan 250012*

3. *Peking University Third Hospital, Beijing 100191*

Abstract National Natural Science Foundation of China (NSFC) firmly plays its role in the national science and technology innovation system by funding basic research, talents and team building, with constant financial support going to basic research in medical virology and related diseases. After the outbreak of the COVID-19 pandemic, NSFC swiftly implemented the important instructions of the Party Central Committee and the State Council by launching special emergency projects, formulating major research plans and launching special projects related to original exploration plans in a forward-looking manner. With importance attached to both emergency and long-term use, NSFC has been funding basic research on COVID-19, contributing to achieving scientific and technological breakthroughs in pandemic prevention and control. This paper reviews the projects funded by NSFC in the field of medical virology, summarizes the phased achievements made by the scientists funded in COVID-19 scientific and technological research, offers insights in the development strategies of emergency and prospective basic research, so as to provide references for the efforts made in playing a leading role in achieving original breakthroughs and responding to major public health events.

Keywords epidemic prevention and control; COVID-19; National Natural Science Foundation of China; medical field; basic research

(责任编辑 魏鹏飞 张强)

* Corresponding Authors, Email: sunrj@nsfc.gov.cn; yanzc@nsfc.gov.cn