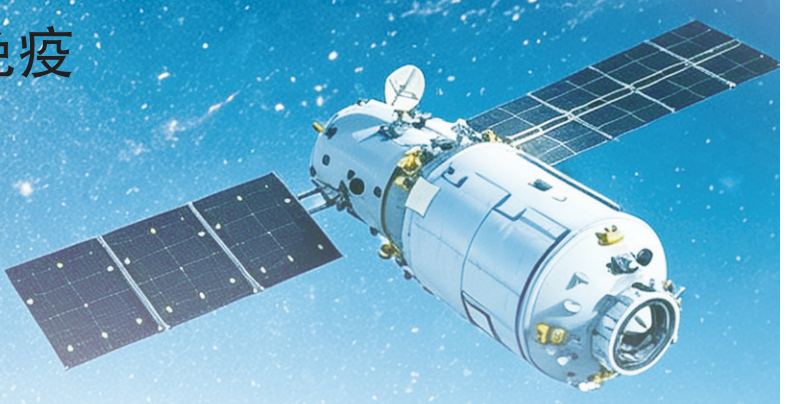
静磁场治骨松 小芯片研心疾 斑马鱼探免疫

医学实验搬上太空

本报记者 张炳钰



▲上海市第一人民医院骨科赵庆华主任团队科研人员在实验室进行样本分析。 受访者供图



阅读提要

从骨代谢紊乱防控到心血管疾病防治，再到感染免疫的研究，航天医学研究成果正悄然融入现有的医疗体系。航天医学的发展，也为人类提升健康水平，延长寿命带来了更多可能性。

5月11日，天舟十号飞船首次搭载“人工胚胎”进入太空，探索微重力对人类早期胚胎发育的作用规律。此外，我国已搭建起一套覆盖骨骼、肌肉、心血管的在轨一体化防护体系，守护航天员健康。

从1961年苏联航天员加加林首次进入太空，人类太空探索的征程已走过65载。随着飞行距离越来越远、在轨停留时间不断延长，航天员所面临的微重力、空间辐射等特殊环境的挑战也在加大。在此背景下，航天医学应运而生。多国科学家在这一前沿领域积极开展探索，我国也取得了诸多突破。



航天医学的蓬勃发展为解决航天员健康危机、克服制约人类长期航天飞行的诸多健康难题带来希望。与此同时，研究成果也在惠及地面医疗，为多种疾病的诊疗提供了新思路。

静磁场技术对抗骨质流失

“航天员在轨数月出现的骨量衰减，和老年人骨质疏松病理高度相似。太空相当于天然加速衰老模型，能把地面十余年骨骼退变压缩至数月。”国际宇航科学院院士、西北工业大学深圳研究院特聘教授商澎介绍。

人体骨骼在失重环境的长期影响下，会发生骨质流失或骨质疏松。这些变化不仅会影响航天员的在轨健康与执行任务能力，也给其返回地球后的生活埋下隐患。2004年，商澎牵头建设航天生物医学实验室，将研究核心锁定太空失重导致的骨质流失。

为探明骨质流失机制，团队开启太空在轨细胞实验。

从天舟一号起，科研人员在文昌实验室制备成骨细胞，精准控制细胞密度，封装送入空间站全自动培养设备。太空无法人工更换营养液，要实现细胞存活21天、培育出骨矿化结节，是一项世界级难题。太空载荷重量需要精确计算，“每减少1克重量都是胜利”。团队和飞船部门反复讨论，最终敲定载荷配额，精确核算每日消耗18毫升培养液，先后依托多艘天舟货运飞船、神舟载人飞船完成4次在轨实验，最终探明核心原理：失重打破成骨和破骨细胞之间的平衡，造骨能力减弱，骨质吸收加剧，造成骨质快速流失。

通过太空实验结合地面实验，团队找到了对抗骨质流失的核心方案——静磁场技术。不同于按摩、振动难以抵达深层骨骼，磁场可无接触穿透生物组织，给骨细胞施加有效力学刺激。

在理论突破之外，团队着力推进技术民用转化。医院大型磁疗设备造价数十万元，团队研发平价家用可穿戴磁疗仪器，适配腰椎、膝盖等骨骼部位，搭配物联网后台监测使用时长。我国骨质疏松患者约9000万，50岁以上人群骨密度检测普及率不足4%，多数人骨折后才察觉骨损伤，普惠设备能帮助更多人实现居家长期养护。

关键脂肪因子缓解肌肉萎缩

航天员在太空驻留几个月，不仅骨质会快速流失，肌肉也会发生萎缩，这是长期载人航天一直没能彻底解决的难题。

上海交通大学医学院附属第一人民医院骨科主任医师赵庆华教授团队，牵头空间站人体研究，瞄准这一问题。他们做太空实验的方式很特别，不专门往空间站送实验设备，而是搭乘航天员常规体检的“顺风车”，用现成的健康数据验证科研结论。

太空人体研究条件十分受限，全球在轨航天员仅19人，我国最多同时在轨6人，血液、监测样本资源稀缺，且不能额外增加抽血等侵入性检查，以免干扰航天员完成任务。因此，团队联合航天员科研训练中心，依托神舟二十三号任务常规健康监测开展研究。

研究采集航天员飞天前、在轨驻留、返回地面三个阶段的血样，同步匹配骨密度、下肢肌肉量、肌力检测数据，检测力学敏感的关键脂肪分泌因子的浓度变化，验证其波动是否与失重情况下骨骼、肌肉退化程度相关。

力学敏感脂肪因子的关键靶点源于地面研究。团队在实验中意外发现，补充关键脂肪因子既能护骨又能缓解肌肉萎缩，确立了“一靶双效”研究思路。后续对比长期卧床患者血样，团队发现关键脂肪因子的变化规律与航天员近似，但退化程度有区别，亟需真实太空环境佐证。神舟二十三号任务完成全部预实验，厘清作用机制。研究证实，关键脂肪因子可抑制破骨细胞活性、优化肌细胞能量代谢，改善肌肉萎缩。

该成果可实现天地双向应用：航天领域可研发长效防护制剂，补足现有防护短板，支撑更长周期驻留与深空探测；地面临床层面，能应对老年人骨质疏松合并肌少症的共病难题，也适用于长期卧床、脊柱术后人群康复，还可作为体检指标提前预判肌骨衰退，是航天技术服务民生的典型转化案例。

斑马鱼上太空 “参与”感染研究

体长仅几厘米的斑马鱼，是生命科学实验室的经典模式生物，如今更是航天医学的得力实验载体。斑马鱼幼鱼通体透明、繁育生长速度快，生理机制和人类相似度高，既能在地面解析各类疾病机理，也可奔赴空间站，助力破解微重力带来的医学难题，多个科研团队都完成了从地面基础研究到太空在轨实验的完整探索。

复旦大学附属公共卫生临床中心晏博团队的研究，以结核风险为切入点。晏博介绍，我国潜伏结核感染者多达3.5亿，多数人终身不发病，但在密闭狭小的空间站暗藏传播隐患，微重力、空间辐射会打乱人体免疫平衡，极易激活潜伏结核菌，一人发病便会全员感染，严重干扰航天任务。

选用斑马鱼的核心优势，在于病症全程可视化。幼鱼通体透明，借助显微成像，科研人员可实时观测细菌入侵、免疫细胞聚集、结核结节形成完整过程，这是小鼠等实验动物难以实现的。斑马鱼免疫体系、结核病灶结构与人类相近，既能精准复刻感染路径，还能批量筛选抗结核新药，助力耐药结核攻关。目前，团队在筹备未来空间站在轨实验方案。

将斑马鱼送上太空长期饲养，曾是行业技术瓶颈，中科院孙永华团队成功攻克。2024年，神舟十八号任务，4尾斑马鱼搭载密闭水生生态系统进驻问天舱，实现43天在轨稳定培育。在轨期间，科研人员清晰观测到微重力下斑马鱼游动异常、交配产卵等行为，为未来太空探索中出现更多类似的生命支持系统打下基础，以支撑宇航员在太空中更长久地生存和工作。

依托这套设备，2025年神舟二十号搭载6尾斑马鱼，聚焦微重力对脊椎动物骨骼、心血管的影响，探明蛋白稳态如何调控失重引发的骨流失与心血管紊乱。相关研究成果既可以优化航天员营养补给方案，也能指导地面相关靶向药物的研发，为骨质疏松、心血管疾病患者提供新方案。



类器官芯片模拟心血管功能

微重力会造成体液向头部聚集，心血管摆脱日常重力负荷后出现脱适应损伤，引发站立耐力变差、神经调节失衡、心肌重构等问题，航天员返航后需长期康复，成为科研人员的关注重点。

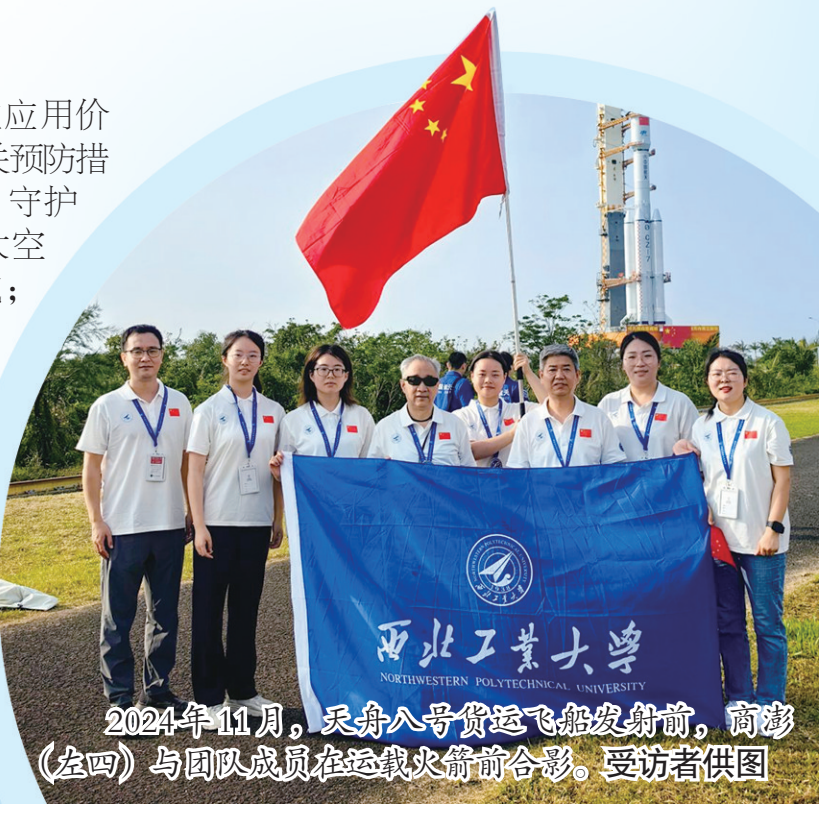
苏州大学心血管病研究所沈振亚教授、胡士军教授团队，是我国心血管太空研究先行者，十余年来，一直与航天员科研训练中心保持长期合作。

2021年神舟十三号任务中，团队完成国内首次在轨活心肌细胞实验，这批细胞在轨停留半年，数据分析证实，失重会损伤心肌结构与功能，根源在于特定维生素缺乏，针对性补充可有效缓解。

如果说神舟十三号实现“心肌细胞太空跳动”，神舟二十三号则升级到三维心脏类器官芯片研究。芯片融合心肌细胞、成纤维细胞、巨噬细胞等心脏原生细胞，更贴合真实心脏组织，能完整还原失重对心脏整体的影响，目前样本仍在轨开展实验，等待回收后深度剖析作用机制。

这项研究具备多重应用价值：航天层面，给予相关预防措施减轻在轨心肌损伤，守护航天员健康，并对外太空人类健康行前瞻性研究；对高空从业者、高原居民等特殊人群，能提供心血管防护方案；失重下心肌线粒体变化等新发现，还为防治心血管疾病开辟了全新研究思路，把航天技术转化为普通人的健康保障工具。

配图由AI生成



2024年11月，天舟八号货运飞船发射前，商澎（左四）与团队成员在运载火箭前合影。受访者供图

北京、西安、太原、济南、常州、盐城、杭州、广州、武汉、长春、连云港、徐州、石家庄、贵阳14个印点同时印刷 全年订阅价258元 各地报亭均有零售 全国主要航班均有赠阅 零售价3元
广告发布登记：京朝工商广登字20190015号 印刷：人民日报印刷厂 发行中心：（010）65369671 jksbfx@jksb.com.cn 本报法律顾问：展曙光 邮箱：zsg789@163.com