

空间微重力环境——生物力学的“另一个花园”？

龙 勉

中国科学院微重力重点实验室,中国科学院力学研究所;
中国科学院力学研究所生物力学与生物工程中心,北京 100190
E-mail: mlong@imech. ac. cn; Tel: 010-82544131

随着“载人航天工程”第一步载人飞行任务、第二步航天员出舱任务与实现交会对接的圆满完成,第三步载人空间站工程将在2020年左右实现。在载人航天领域里,人(乘员)的健康是一个根本性问题,其核心科学问题是不同时间程的空间飞行过程中,微重力环境对生命体结构-功能的影响、以及由此引起的长期效应。同时,以绿色植物为核心的空间生命生态支持系统也迫切需要认识重力环境改变对绿色植物结构-功能的影响规律及其机理。

重力场是地球独特的力学环境。一方面,生命体的生命活动是自组织为特征的高度有序的物质运动,具有极性的重力环境对地球生物演化的作用及其规律的研究是与地球生命起源相耦联的重大基础科学问题。然而,在地面上重力作用不可避免,而且很难将它作为一个可控变量、研究和掌握其定量的规律。空间微重力环境为这一重大基础科学问题的研究创造了条件。另一方面,对空间微重力环境对生命体生理稳态的影响规律及其机理的认识是载人航天必需解决的一个核心科学问题。微重力下浮力趋于消失,不同密度和质量的物体因失重而难以沉降,从而显著影响生命体物理、化学过程,导致其生命活动和生理行为发生显著改变。显然,上述两个方面是耦联在一起的。其关键在于:重力环境的改变对生命体生命活动的力学-生物学耦合作用规律及其机理,可分为三个相关的基本科学问题:1)地球生物如何感知(微)重力信号及其信号的转导?2)地球生物如何适应(微)重力环境?3)从生命科学与生物技术视角如何利用(微)重力环境资源?

空间微重力环境本质上是一个重力变化的力学环境,其对生命体结构-功能的影响规律是生物力学重要、前沿的问题,也逐渐形成了“空间生物力学与工程(Space Biomechanics and Bioengineering)”的分支领域。抓住生命体对(微)重力的感知和响应这一关键要素,关注(微)重力下生命体力学-生物学耦合规律这一核心科学问题,采用模型化研究、力学/物理实验与生物学验证相融合的研究方法,基于力学/物理(数值模拟、力学调控等)与生物学(各种组学、细胞-分子生物学等)相结合、空间实验与地基研究相匹配的技术路线,可望实现模型预测和定量描述以及对生物学条件、力学参数、物质运输的量化和控制,逐步阐明重力环境改变影响生命体结构-功能的生物力学规律,为解决航天员健康问题和建立空间生命生态支持系统提供必需的科学数据,并形成空间生命科学和航天员生理学研究的新概念、新思路和新方法,建立空间生物力学与工程地基综合研究平台(国家重点基础研究发展计划资助(973)项目(2011CB710900),中国科学院创新方向性项目(KJCX2-YW-L08))。