

天宫“养鼠”引发生命科学新期待

2025年10月31日23时44分,长征二号F遥二十一运载火箭托举着神舟二十一号载人飞船从酒泉卫星发射中心顺利升空,11月1日3时22分,飞船与天宫空间站成功对接。随神舟二十一号航天员乘组一道入驻空间站的还有4只小鼠,它们在参与“空间动物品系筛选与饲养关键技术验证”实验后,由神舟二十号航天员乘组带回地球。

在人类探索外层空间的历程中,其实已有不少地球生灵跻身其间。那么,这些“动物航天员”对航天事业做出过哪些贡献?今后还将实现哪些目标?

神舟二十一号搭载小鼠“航天员”

与神舟二十一号航天员乘组同行的4只小鼠包括雌性、雄性各2只,它们是经过60多天的筛选与训练,从大约300只小鼠中脱颖而出的。为确保这次空间科学实验的顺利进行,对小鼠“航天员”的考核内容相当全面,覆盖了生理指标、运动能力、空间识别能力、记忆能力、繁殖能力等多方面。

小鼠首先要通过体能测试。在一台转棒式疲劳仪上,每组的6只小鼠要在旋转滚轮上不停跑动,坚持时间最久的小鼠才能晋级下一轮角逐。在接下来的抗眩晕能力测试中,小鼠要在一个高速旋转的容器内经历各个方向的持续转动,考验它们的前庭功能。小鼠还要通过“平衡木”和“闯迷宫”等测试环节,考验运动协调能力和记忆能力,确保它们能在空间环境中找到食物。

在去往空间站的途中,4只小鼠被放在特制的上行生保支持装置内,并安置在神舟二十一号载人飞船的货物软包里,帮助它们在发射期间尽量减震。上行生保支持装置

成的损伤和支撑修复。在此之前,还有神舟八号、十号、十五号、十六号的秀丽隐杆线虫,神舟十八号、二十号的斑马鱼和神舟十九号的果蝇。

动物“上天”为人类太空基本生存开路

在人类探索太空的进程中,狗、鼠、猴、黑猩猩、猫、兔、鸡、龟、壁虎、蜥蜴、蛙、鱼、蜘蛛、蚕、蝇、涡虫、线虫、水熊虫等多种陆生或水生动物都曾去过太空,为航天事业做出过重要贡献。

首次进入太空的动物是一群黑腹果蝇。1947年2月,它们随美国发射的V-2火箭升空,一直抵达距地109公里处(100公里以上就是太空),而后乘降落伞返回,并全部存活下来。这次发射是为了初步研究宇宙射线在外层空间对机体的影响。

1949年6月,美国一只取名为“阿尔伯特二世”的猕猴同样乘坐V-2火箭进入太空,成为世界上首位灵长目航天员。不过遗憾的事有两件:一是V-2火箭不足以加速到第一宇宙速度进行环球飞行;二是因降落伞故障,猕猴在返回地面时丧生。1957年11月3日,小狗“莱卡”随苏联的斯普特尼克2号升空,成为首位环绕地球运行的“动物航天员”。但是,当飞到第4圈时,莱卡就死于温控系统故障造成的舱内过热,飞船载着它的遗体环绕地球运行2570圈后,再入大气层并烧毁。

1961年1月,黑猩猩哈姆搭乘美国的水星-红石2号进入太空(未环绕地球),成了第一个人科航天员。凭借着人科动物的聪明才智,它出色地完成了许多指令。通过扳动指令对应的拉杆(扳对吃香蕉),哈姆成功证明了在太空中不但能存活,还能保持意识清醒,主动执行任务,这是人类开展空间探索的基础。同年11月,另一只黑猩猩伊诺斯围绕地球飞了2圈并平安返回,在判分系统出现故障的不利条件下,同样出色地完成了与哈姆一样的任务。

中国的载人航天事业起步较晚,所以没怎么用到实验动物探路,但好处是可以一步到位,直接使用新科技。在2003年10月杨利伟乘神舟五号升空之前,神舟三号、四号搭载的都是模拟人,足以评测航天员全程所处的环境和可能发生各种事件。实际上,早在载人航天工程启动之前,中国就曾将动物送入太空——1990年10月发射的返回式生物卫星搭载了一批豚鼠和植物,8天后成功回收,当时研究的不是存活问题(因为早已知道这不是问题),而是有关太空环境和长久生活的问题。

长期驻留需要生物天地对照实验

要说太空和地球环境有何不同,基本上就是两点:微重力和高辐射。人的骨密度和肌肉量是为了抵抗重力,长期在微重力环境中生活可能导致骨质疏松、肌肉萎缩。来自星际空间和太阳的射线是更大的风险,虽然

天宫空间站运行在范·艾伦带(环绕地球的高能粒子辐射带)下方,尽可能地降低了辐射量,但航天员罹患癌症的风险恐怕还是要高于常人。

不过,风险有多高?在太空生活多久会面临风险?如果要去往更远的地方,如月球基地或火星又将遭遇什么样的生存考验?这些都需要“动物航天员”协助研究。

1968年9月,苏联的探测器5号去月球背后绕了一下,又返回地球。其乘组包括2只四爪陆龟和一些酪蝇、黄粉虫、植物、种子、细菌及其他生物。在7天的旅程中,大家都活得挺好,尽管陆龟的体重轻了10%,但依旧活跃,胃口也不错。1970年11月,轨道蛙耳石航天器携带2只牛蛙一飞冲天,这次任务配备了旋转式重力模拟系统,可在有重力和微重力之间来回切换,用于研究长期微重力环境的作用。1972年12月发射的阿波罗17号载有5只纤小囊鼠,它们的头皮下植有辐射监测器,以研究宇宙射线的影响。国际空间站里还有一个水族箱,配有饲喂系统、水循环系统和模拟昼夜的LED灯,用鱼类来研究骨质疏松和肌肉退化的问题。

挑选哪些生物上天,是有规律可循的。“动物航天员”的选择与实际任务的目标要有关联性。在最初的生存测试阶段,选的动物是那些比较容易训练、与人类相似或者兽医比较熟悉的,便于判断伤病乃至死因。而对于为期较长的生存测试,就要用到耐力超级强、能够忍饥挨饿的动物。不仅如此,它们还要易于理解、便于观测,比如秀丽隐杆线虫不但细胞个数固定确知,就连每个细胞的分化顺序都已被研究得清清楚楚。斑马鱼和随神舟十九号上天的果蝇也都是遗传科学的重要模式物种,基因组已全部完成测序。其中,斑马鱼身体透明,便于观察,并且生命周期很短,能在短时间内观测好几代。

研究长期太空任务时,往往会在地面上留有同种动物的对照组,双方吃相同的食物,身处相同的光照和环境温度,以此得到更可靠的科学数据。比如,为了确保从同一条起跑线出发,此次神舟二十一号携带的这批小鼠不是大家更熟悉的小白鼠,而是属于近交系的黑色小鼠,它们的基因差异极小,训练筛选前后和发射前后得到的实验数据都有可比性。当然,参与这类对照研究的也有过人类双胞胎:斯科特·凯利在2015年至2016年住在国际空间站上,而他的兄弟马克·凯利则留在地球作为对照组。

“动物航天员”能为星际旅行做什么

如前文所说,派动物去太空的动机起初就是替人类探路,看看在地球周边的外层空间能否生存;这一关过了,就要看能否活得长久,以便驻留空间站或去往更遥远的深空;再往后,还要研究繁衍问题,探讨星际旅

行的可行性。随着科学技术的进步,人们对太空探路的需求逐渐减少。现在,除了研究人类在太空中长期生活和医疗的问题之外,利用“动物航天员”主要是研究地球生命本身,进一步探讨宇宙中生命形式和演化过程的深层意义。

事实上,一切都是生存问题:从当下的生存问题,到长期生存问题,再到种群生存问题。

在太空中,宇宙射线对生殖细胞的危害显而易见,微重力的影响则较为隐蔽。受精卵发育时能否分出动物极和植物极?蛇卵、鸟卵和外界的气体交换能否畅通?哺乳动物的受精卵能否顺利着床?这些问题都事关目标更远的未来星际旅行。

1989年3月,作为一项科教实验,32只鸡胚胎随美国发现号航天飞机前往太空,以研究胚胎在微重力中的发育(最后孵出不少)。1994年11月和1995年7月,两组怀孕的褐家鼠分别乘美国亚特兰蒂斯号和发现号航天飞机到太空兜了一圈,回来后产下体重正常的幼崽,这表明胎儿置身太空环境,在怀孕后期仍能正常发育。2021年8月,日本山梨大学研究人员从怀孕小鼠身上提取了处于早期双细胞阶段的胚胎,送往国际空间站发育了4天。2023年10月发表的研究报告显示,这些胚胎没有出现辐射后的DNA损伤,并在微重力环境中表现出正常的结构发育,分化出了胎儿和胎盘两组细胞。

目前,还没有哺乳动物在太空中从受精到分娩的全流程记录,也不清楚刚出生的幼崽在太空中有没有生存困难。所以,神舟二十一号4只小鼠实验的后续任务非常值得期待。

在探索太空的征途中,认识到生命的顽强是人们最大的收获,尽管这种认识有时来自意外的悲剧。2003年2月,美国哥伦比亚号航天飞机完成STS-107任务,返航时不幸解体,7名航天员罹难。在事后搜集到的残骸中有一个加固过的储物柜,人们在柜中的培养皿里意外地发现了几百条微小的秀丽隐杆线虫。由于这种生物的生命周期只有两三周,因此它们从浩劫之日算起,早已繁殖四五代了。在2007年的光子-M3任务中,欧洲空间局将几组水熊虫送入太空,第一组直接暴露在真空中,其他两组还要承受不同剂量的太阳辐射。然而,等这些小家伙重新补水后,第一组直接满血复活,后两组也有3只成功复苏,顽强的生命力令人惊叹。人们认为,到了太阳变成红巨星那天,或许水熊虫还能活到最后。

从这些顽强、坚忍的小生命身上,天体生物学家认识到,生命或生命物质也许有希望、有能力横渡茫茫太空,从一个星球去往另一个星球。同时,结合对陨石、太阳系其他天体以及系外行星的研究探测,“动物航天员”已为生命的起源演化打开了更广泛的思路。

据北京日报
(作者雷森为中国科普作家协会会员)



“入住”天宫空间站的小鼠状态良好

是专门为小鼠设计的小舱位,外观是带有透明观察窗的金属盒子,内部除了饮食供应、排泄物收集等设备以外,还有专为小鼠的穴居习惯设计的躲避空间,这在发射及返回期间可以帮助它们缓解因较大震动和噪声造成的应激反应。

小鼠进入空间站之后,即从上行生保支持装置转移到饲养装置。饲养装置可以提供更好的生活环境,并且具有视频监控功能。在饲养过程中,地面的监控人员可以实时看到小鼠,观察它们的生活状态与空间行为,研究失重、密闭等空间条件对小鼠行为模式的影响,从而掌握空间小型哺乳动物饲养与观测技术,初步探究小鼠对空间环境的响应与适应规律。这也是我国首次在天宫空间站开展小鼠科学实验,将为未来深入开展哺乳动物空间生命科学研究奠定良好基础。

开展空间生命科学研究,需要构建从分子、细胞到组织、器官,乃至动物个体的多层次研究体系。小鼠因具有与人类基因同源性高、体型小、繁殖周期短等优势,成为开展生命体空间生理、病理及生长发育和繁殖研究的重要模型。

不过,小鼠并不是神舟飞船带上天的首批“动物航天员”。比如,神舟二十号曾携带一批涡虫开展空间再生实验,主要研究在空间微重力和辐射环境下,涡虫再生的特征变化以及参与调控的可能分子机制,以期找到一些特征性分子来干预航天员长期驻轨造