

现代航天技术中的失重问题及其对人体的影响

唐卫红 张欣卉

(空军后勤学院二系 徐州 221000)

赵 纪 平

(徐州师范大学物理系 徐州 221002)

1957年前苏联成功地发射了世界上第一颗人造地球卫星,从此人类迈入航天技术这一新领域。在短短几十年内,随着航天技术的发展,从初期的无人航天器到很快研制出载人航天器,如航天飞机、载人飞船、空天飞机和空间站等。而与此同时一个日益突出的问题——失重则成为限制航天技术发展的一大难题。失重对载人航天器中的航天员产生一系列的生理影响,它将妨碍航天员的正常生活,导致航天任务无法完成,甚至危及他们的生命安全。因此,对失重的研究及防护对于航天技术的发展具有极其重要的意义。

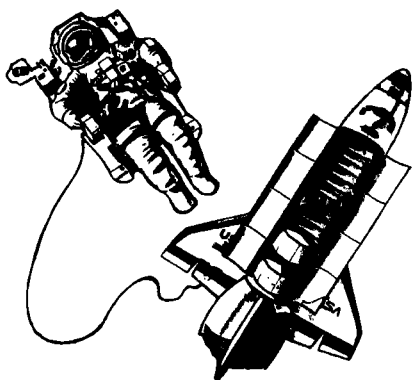
一、失重的物理原理

宇宙中任何两物体间都存在万有引力,地面附近的物体同样受地球的引力作用。重力来源于地球引力,是引力的一个分量,大小和方向都与引力有微小的差异,一般情况下,可忽略这一差异把它们等同起来。对于地面参照系,物体的重量就是它所受重力的大小,即 $W_g = mg$ 。这是物理意义上的重量,根据该定义,物体的运动不影响其重量。但是,在现代航天技术中,由于运动状态的复杂性,人们常从另一意义上定义“重量”,认为物体的“重量”就是支持物为维持物体相对静止而必须作用于它的力的大小。这种方法定义的“重量”叫视重。

这两种定义的区别在于,后一定义包括了物体受到的惯性力。它们之间有以下关系:

$$W_a = F_g + F_i$$

式中 F_g 为引力, F_i 为惯性力, W_a 的大小就是物体的视重。由物理知识,惯性力 $F_i = -ma$, 其中 a 为惯性系的加速度,这样上式可写成:



$$W_a = mg - ma$$

可见,引力和惯性力是形成物体重量的基本因素,它们具有相似的性质:存在于物体内部的每个质点,并与其质量成正比。

一般将静止于地球表面的重力状态看作是标准重力状态,当重力条件改变时,人们常把改变后的状态与静止于地面的状态进行比较,并用 G 描述标准化重力

状态,即:

$$G = \frac{|mg - ma|}{mg} = \frac{|g - a|}{g}$$

$G = 1$ 是为标准重力状态; $G > 1$ 时为超重状态; $G < 1$ 时为失重状态。

无论引力或惯性力发生变化,物体的重量都会发生相应的变化。当引力和惯性力的作用相抵消时,航天器中人的重量将变得非常小,可达 $10^{-6}G$ — $10^{-9}G$, 近似为 0, 此时,航天员处于完全“失重”状态。由于人类有史以来一直处于地球的引力场之中,长期的生活使得人的机体已经与地球表面的重力状态高度适应,若这种重力状态发生变化,必将会对人体产生影响。

二、失重对人体的影响

失重对人体的血液、心血管系统、肌肉系统、骨质代谢、水和电解质的平衡、免疫系统、前庭等有着不同程度的影响。

1. 对血液的影响

失重飞行将使人体血液中的血浆容量减少,而导致一些航天员在进入失重后,有尿频、尿急的现象。失重对航天员的红细胞有较明显的影响,可使红细胞的质量和总数下降、形状发生变化,进而影响

现代物理知识

红细胞的寿命。这些可造成航天员在失重飞行过程中或飞行后患“贫血症”。同时,失重飞行可使血液中的白细胞增多、淋巴细胞减少、血液粘度增加、血流速度减慢、流动阻力增大,易导致红细胞聚集、血小板与血管壁粘附在一起形成血栓。

以上各因素综合在一起可使血液系统的循环紊乱。由于人体的血液系统担负着十分重要的生理功能,这些紊乱将影响到各个系统的功能,如可引起立位耐力降低、微循环障碍、免疫功能下降、水盐代谢紊乱、肌肉萎缩等症状。

2. 对心血管系统的影响

失重对血管有着不同程度的影响,可使动脉紧张度升高、毛细血管结构改变、静脉紧张度降低,导致动脉硬化、静脉和毛细血管脆性和通透性增加。失重时血液和机体都没有重量,心脏的负荷减轻,产生一种“脱锻炼效应”,它将影响到心脏本身的组织结构和功能,造成心脏工作能力和潜力下降。这可以诱发、加速和暴露心肌的病理性变化,如心率失常、冠心病、心肌梗塞等。因此,失重引起的这种心肌退行性变化,将成为长期载人航天的一大障碍。

3. 对肌肉系统的影响

失重情况下作用于运动器官的重力负荷消失,运动时不再需要对抗重力做功及维持体位在一定的姿势,长时间作用将引起肌肉系统发生变化。这可造成肌肉工作能力、力量和耐力下降,尤其腿部肌力的下降更明显,严重的可造成肌肉萎缩。各肌群萎缩的程度与其在地面时的抗重力作用有关,其中抗重力肌的萎缩最明显。同时,失重可使航天员在飞行中和飞行后肌肉工作的协调性变差、肌肉紧张度下降。失重对肌肉的质量也有明显影响,可使肌肉质量下降甚至丧失,造成航天员的体重减轻。

失重不仅影响到肌肉的结构、运动功能,而且因此会影响到其他生理功能的正常进行。如肌肉系统的改变可以造成心血管系统紊乱、骨矿物质丧失,同时还影响机体的协调性作用等。

4. 对骨质代谢的影响

失重时航天员骨骼的载重负荷消失、肌肉活动减少,同时加上失重引起的血循环紊乱和激素的变化等因素,可造成航天员的骨矿物质代谢发生实质性的变化。失重可导致骨层和皮层变薄、骨质疏松、骨细胞数目减少、骨骼系统血循环紊乱、骨质结构被破坏等现象,从而使骨的重量减轻、骨密度下降。同时,失重可改变骨内无机物质和有机物质的代谢,使

骨组织中的钙、磷等排出量增加,骨胶原、骨基质等骨内有机物质减少,另外还可使骨内的一些酶发生变化。失重对骨骼系统的这些影响随着飞行时间的延长恢复变慢,造成的后果则越严重,甚至可引起很严重的骨质丧失,这将使航天员无法完成长期的飞行任务。如果骨质脱钙严重,还影响到运动能力和超重能力,甚至出现病理性骨折。

5. 对水和电解质平衡的影响

失重情况下,由于液体静压消失,水将在机体内重新分布,从而造成航天员上身器官充血、下身器官缺血,并且机体组织内液和细胞外液逐渐丧失,这些体液的丧失是航天员体重减轻的主要原因。失重可以降低肾功能,使钠、钾、氯等电解质的排出量高于摄入量,导致体内整个电解质含量的降低。这些变化虽是人进入失重环境后的适应性反应之一,但是同样对人体正常的生理功能有一定影响。它可使人体立位耐力和超重耐力下降,导致心率紊乱,影响细胞的代谢和功能。

6. 对免疫系统的影响

在影响人体免疫系统的各种因素中,失重的影响最大。飞行实践表明,失重可造成骨髓组织结构发生变化、脾发生变性且重量减轻、胸腺重量减轻。可见,失重可引起淋巴组织和器官的变性或萎缩,直接影响到免疫功能的执行。同时,失重还影响细胞的免疫功能和人体的非特异性免疫功能,使机体对细菌的抵抗力减弱,血中的解毒素含量减少,唾液中溶菌酶活性下降、淋巴细胞数目减少、干扰素发生改变。

另外,当航天员进入失重状态时,其前庭器官也受到一定影响,其中最重要的是患航天运动病。在发病时,航天员脸色苍白、出冷汗、恶心呕吐,这将严重影响航天员的工作能力和安全,故它是航天医学领域的重要研究课题之一。

三、失重的防护

通过上述分析可知,在进入失重环境后,虽然人体的生理系统逐渐发生对失重的适应性反应,但是,失重所引起的人体生理功能的一系列变化,有些已达到病理性改变的程度,并且在失重飞行中,骨质脱钙和肌肉萎缩一直持续地发展着,这些变化将严重影响长期的宇宙飞行。为了提高航天员飞行中的工作能力和返回地面后的再适应能力,必须采取有效的防护措施。

由于航天中造成人体一系列生理变化的最主要

软硬兼施的新概念武器

——电磁脉冲武器

李景虎

(大连陆军学院数理教研室 辽宁 116100)

随着现代科学技术的发展,电子技术几乎渗透到军事技术的各个领域。电磁场作为现代战争的三维战场之一,其作用日益显著,而作为新概念武器的电磁脉冲武器则更加引人注目。所谓电磁脉冲武器就是利用电磁场的能量或生物效应杀伤破坏目标或使目标丧失作战效能的武器。

一、电磁脉冲武器的物理学原理

1831年,法拉第建立了电学的基础——电磁感应定律:穿过回路所包围的面积磁通量发生变化时,回路中产生的感应电动势与磁通量对时间的变化率成正比,法拉第还指出:电场和磁场,电荷和电流间的相互作用是通过电场和磁场的作用体现的,决不是直接的“超距作用”。电场和磁场能相互作用,他们是统一的电磁场的两个方面。麦克斯韦在此理论的基础上建立了完整统一的电磁场理论:除了静止电荷产生无涡电场外,变化的磁场也将产生涡旋电场。他认为变化的电场和磁场不是彼此孤立的,而是互相联系互相激发,从而组成了一个统一的电磁场,并用数学证明和表述了变化了的电场在他周围产生变化的磁场;同样,变化了的磁场在他周围也产生变化的电场。这个理论不仅在有导线的电路中成立,而且在无导线的空间也是正确的,电磁波就是依据麦氏的电磁场理论传播

的。

二、电磁脉冲武器的杀伤机制

1. 电磁脉冲武器的硬杀伤

(1) 电磁辐射的生物热效应 目前,电磁辐射的生物热效应已被普遍承认。可把生物体简单的视为一个具有电阻、电容装满生理盐水的大容器。在电场作用下,他们同周围的分子碰撞、摩擦产生热量;同时生物组织的离子在辐射电磁场的作用下迁移而形成电流,电流通过具有一定电阻值的组织会产生焦耳热;还有,在高频电场中的生物导体,因电磁感应而产生电流,此电流对生物组织进行加热。电磁辐射对生物体的热效应除了能治疗疾病外,还能给生物体带来危害。当人体暴露于一定强度的电磁场环境中,初期的热效应将使人的血压和心率发生变化;接受一定量的电磁辐射时,热效应会引起脑功能失调、甲状腺机能亢进、头痛等症状;当接受更强的电磁辐射时,会诱发癌症、眼失明、体温升高、心律加快等症状;更严重时还会出现皮肤和组织烧伤、抽搐、呼吸障碍乃至死亡。

(2) 电磁辐射的生物非热效应 除了热效应外,低能级的电磁波对生物体造成的危害便是生物非热效应。电磁辐射的生物非热效应主要集中在对人体三大系统——神经系统、遗传系统、免疫系

因素是缺少重力,故在航天时创造一种人工重力将是最有效的防护措施,但由于技术和经济原因,目前这种措施并不实用,并且这种人工重力也可能带来别的不良影响,这一方面有待于进一步研究。目前,美国、俄罗斯等国均采用综合性的防护措施,主要有:制定合理的作息制度;注意饮食和营养;服用相应的药物;进行各种锻炼。其中锻炼是迄今为止航天飞行中采用最广泛也是最有效的一种方法,它包括:体育运动和改变体液分布两方面。前者主要有

拉力器、自行车功量计、跑台、企鹅服等;后者主要包括下身负压装置、下身负压裤、大腿环带阻断法、抗荷服等。另外,根据个体差异选拔和训练高素质的航天人员也是十分必要的。

但是,所有这些措施都不能完全消除失重对人体所产生的不利影响,因此,必须进一步加强防护措施的研究,找出更有效的防护方法,只有这样才能实现长期的宇宙飞行,进一步推进航天技术的发展。