



普通高等教育卫生部“十一五”规划教材

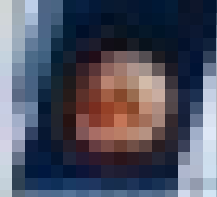
航空航天生理学

Aerospace Physiology

◎ 主编 余志斌



第四军医大学出版社



航空宇航科学与技术丛书

航空航天生理学

Human Aerospace Physiology

李 强 编著

国防工业出版社

普通高等教育卫生部“十一五”规划教材

航空航天生理学

Aerospace Physiology

主 编 余志斌

副主编 马 进

编著者 (按姓氏笔画排序)

马 进 余志斌 张立藩

秦 云 程九华 谢满江

暴军香

第四军医大学出版社

内容提要

本书为普通高等教育卫生部“十一五”规划教材。全书共分 11 章(含绪论),系统介绍了航空航天特殊环境对人体生理机能影响的规律与机制及其防护原理与措施,也反应了航空航天生理学最新进展。内容包括:地球大气环境的特征;在航空活动中,气体环境变化(低气压与缺氧)、辐射、温度、座舱微小环境(毒物)与时差效应对机体的影响及其防护与对抗措施;在航天活动中,失重、辐射和隔离环境对机体的影响与对抗措施。这些系统知识对保障航空航天活动的安全、维护机组人员和乘客的健康与舒适及提高飞行劳动效率均有重要意义。本书主要用于航空航天医学专业本科生教学,也是航空航天医学教学、科研和医务工作者的重要参考书,并对从事飞行器设计、制造的专业人员,飞行人员及飞机乘务人员有实际参考价值,对生理学和病理生理学的教学与科研工作亦有借鉴作用。

图书在版编目(CIP)数据

航空航天生理学/余志斌主编. —西安:第四军医大学出版社,2008.1

ISBN 978 - 7 - 81086 - 434 - 3

I . 航… II . 余… III . 航空航天医学:生理学 - 高等学校 - 教材 IV . R852

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 005063 号

航空航天生理学

主 编 余志斌

责任编辑 徐文丽

出版发行 第四军医大学出版社

地 址 西安市长乐西路 17 号(邮编:710032)

电 话 029 - 84776765

传 真 029 - 84776764

网 址 <http://press.fmmu.sn.cn>

印 刷 西安建筑科技大学印刷厂

版 次 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 20.5

字 数 500 千字

书 号 ISBN 978 - 7 - 81086 - 434 - 3/R·359

定 价 42.00 元

(版权所有 盗版必究)

前 言

自1903年莱特兄弟发明飞机,一百余年间航空业已有了长足的发展:军事活动中,喷气式战斗机已发展到第四代;555座的民用客机已投入营运。我国的航空事业也在高速发展且前景广阔:歼-10飞机已服役,民用大飞机项目亦启动。1957年,前苏联成功发射了世界上第一颗人造地球卫星。1961年,加加林进入地球轨道,成为第一个太空人,拉开了人类探索宇宙的序幕。1969年,美国“阿波罗11号”飞船着陆月球,航天员阿姆斯特朗登上月球,迈出人类进步的一大步。经过近五十年的不懈努力,人类可以在空间站上长期停留,目前,正为再次登月与登陆火星进行准备。1970年,我国发射第一颗人造地球卫星“东方红一号”;2003年“神舟五号”载人航天圆满成功,使我国成为世界上第三个能独立自主开展载人航天的国家;2007年“嫦娥一号”月球探测卫星的成功,标志着我国已具备深空探测能力。在所有这些航空航天活动中,除飞行器外,由于人的主动性与创造力,人成为不可或缺的、至关重要的因素之一。因此,所有载人飞行器必须依据人的各种耐受限度而设计。另一方面,航空航天活动带来了特殊的环境因素,这些因素对人产生影响的规律、机制与防护等,则成为航空航天生理学的主要内容。航空航天生理学是航空航天医学的重要基础,亦是一名航空航天医务工作者必备的基础知识。本学科在维护飞机机组人员、乘客及航天员的身心健康与舒适、充分发掘飞行器性能、保障飞行安全方面均有重要作用。

本书以我们教研室自上世纪60年代以来先后内部和公开发行的教材为基础。根据近十年航空航天生理学的有关进展与教学经验,我们对第一章至第九章部分内容进行了更新与修改,并增添了第十章。本次教材修编中的各位作者,虽然传承了老一辈科学家们严谨求实的工作作风,但是,尚不具备他们所具有的宽广而深入的专业知识,所以,本书仍请八十高龄的我国著名航空航天生理学专家张立藩教授撰写绪论。在此,我们对老一辈专家教授为本书奠定的良好基础和所做出的开创性贡献,表示诚挚的敬意与深切的感谢!

本书在编写过程中,除各位编者付出了辛勤劳动外,还承蒙本教研室高放、王云英、张琳博士生,李辉、汤浩硕士生的认真校阅,特别是焦搏助教做了大量的事务性工作,在此向他们一并表示衷心的感谢。

书中难免存在不足,敬请读者不吝赐教。

第四军医大学航空航天生理学教研室 余志斌

2008年元月于西安

目 录

绪论	(1)
一、航空航天生理学及其发展简史	(1)
二、现代航空生理学问题	(2)
三、现代航天生理学问题	(5)
四、展望	(7)
 第一章 地球大气	(10)
第一节 大气的组成	(10)
第二节 大气的分层	(11)
一、对流层	(11)
二、平流层	(13)
三、电离层	(14)
第三节 大气的特性与标准大气	(15)
一、大气压力	(15)
二、大气密度	(17)
三、大气温度	(17)
四、大气湿度	(17)
五、标准大气	(18)
六、气压高度	(19)
第四节 大气的功能	(19)
第五节 气体定律	(20)
 第二章 低气压的物理性影响	(23)
第一节 高空胃肠胀气	(24)
一、原因	(24)
二、主要影响	(25)
三、防护原则	(26)
第二节 高空减压病	(26)
一、病因	(27)
二、影响高空减压病发病率的因素	(30)

三、症状与体征	(33)
四、诊断与处理原则	(35)
五、治疗	(37)
六、后遗症	(39)
七、预防措施	(39)
第三节 体液沸腾	(42)
一、机制	(43)
二、影响	(44)
三、防护措施	(44)
第四节 迅速减压——肺损伤	(44)
一、肺内压一过性升高的机制	(45)
二、影响肺内压升高的因素	(46)
三、对肺的物理性影响及其机制	(47)
四、机体对迅速减压的耐受限度	(48)
五、防护原则	(49)
第五节 中耳及鼻窦的气压性损伤	(50)
一、中耳的气压性损伤	(50)
二、鼻窦的气压性损伤	(53)
三、航空性牙痛	(53)
第六节 增压座舱的压力制度	(54)
一、通风式密封增压座舱	(54)
二、再生式增压座舱	(57)
第三章 高空缺氧与过度通气	(61)
第一节 体内气体运输的规律	(62)
一、呼吸气体的分压	(62)
二、溶解气体的分压(张力)	(63)
三、血液的气体运输功能	(65)
第二节 高空缺氧的分类与意义	(71)
一、高空缺氧的分类	(71)
二、高空缺氧在航空航天中的现实意义	(72)
第三节 急性高空缺氧	(73)
一、症状、体征及其意义	(73)
二、体内气体分压的变化	(76)
三、主要代偿反应	(80)

四、主要机能障碍	(87)
五、缺氧耐力及其影响因素	(95)
六、防护原则	(96)
第四节 过度通气	(97)
一、过度通气的原因	(97)
二、决定肺泡气二氧化碳的因素	(98)
三、过度通气的影响	(99)
四、症状和体征	(100)
五、过度通气与缺氧的合并影响及其鉴别	(101)
六、防治原则	(101)
第五节 爆发性高空缺氧	(102)
一、有效意识时间	(102)
二、肺内气体交换的特点	(104)
三、一过性脑功能障碍	(105)
四、安全暴露时间	(107)
五、应急防护原则	(107)
第四章 航空供氧	(110)
第一节 航空供氧原理	(110)
一、一般供氧	(110)
二、加压供氧	(112)
第二节 加压呼吸的生理影响	(115)
一、加压呼吸对呼吸功能的影响	(115)
二、加压呼吸对循环功能的影响	(116)
三、加压呼吸对头颈部的影响	(118)
四、体表对抗压力不均匀的影响	(119)
第三节 航空供氧系统	(119)
一、航空供氧系统的分类	(120)
二、航空供氧装备	(121)
三、航空供氧系统的选择	(133)
第四节 航空供氧装备的生理学要求	(135)
一、一般供氧装备	(135)
二、加压供氧装备	(137)
第五节 使用航空供氧装备的卫生指导工作	(138)
一、航空用氧的卫生学检查	(138)

二、加压供氧服装装具的选配 (139)

三、苏-27 战斗机供氧与抗荷的航卫保障 (139)

四、地面加压呼吸训练 (140)

五、模拟飞行条件下的加压呼吸训练 (140)

第五章 高压氧医学基础 (143)

第一节 高压氧医学的发展简史 (143)

第二节 高压氧的基本概念与作用原理 (144)

一、基本概念 (144)

二、高压氧作用原理 (144)

第三节 高压氧对机体生理功能的影响 (146)

一、高压氧对神经系统的影响 (146)

二、高压氧对循环系统的影响 (147)

三、高压氧对呼吸系统的影响 (149)

四、高压氧对血液系统的影响 (150)

五、高压氧对消化系统的影响 (150)

六、高压氧对内分泌系统的影响 (150)

七、高压氧对免疫系统的影响 (151)

八、高压氧对酶活性与新陈代谢的影响 (151)

第四节 高压氧在临床治疗中的作用 (152)

一、高压氧对人体移植器官的保护作用 (152)

二、高压氧在损伤修复中的作用 (153)

三、高压氧的抗微生物特性 (153)

四、高压氧条件下自由基的生成与效应 (155)

第五节 高压氧治疗的适应证与禁忌证 (157)

一、高压氧治疗的适应证 (157)

二、高压氧治疗的禁忌证 (159)

第六节 氧中毒 (159)

一、中毒机制 (159)

二、氧中毒分型与临床表现 (160)

三、氧中毒的治疗 (162)

四、氧中毒的预防 (163)

第六章 辐射环境与防护 (165)

第一节 基本概念 (165)

一、电磁辐射与粒子辐射	(165)
二、电离辐射与非电离辐射	(166)
三、电磁波谱	(166)
四、电离辐射的种类	(167)
五、电离辐射的剂量及其单位	(168)
第二节 航空航天活动中辐射的来源	(171)
一、太阳辐射	(171)
二、银河系宇宙辐射	(173)
三、地球辐射带	(175)
四、人工辐射源	(176)
五、微波辐射与短波辐射	(177)
第三节 辐射的生物效应	(177)
一、辐射生物效应的分类	(177)
二、电离辐射的生物效应	(178)
三、非电离辐射的生物效应	(180)
第四节 航空航天活动的辐射防护	(182)
一、电离辐射的防护	(182)
二、非电离辐射的防护	(186)
第七章 温度负荷及其防护	(188)
第一节 人体与环境的热交换	(188)
一、温度环境的组成因素	(188)
二、人体与环境间的热交换途径	(190)
三、热平衡方程	(193)
第二节 生理性体温调节	(193)
一、人体温度的空间分布特征	(194)
二、体温调节机制	(195)
第三节 航空航天温度负荷的来源	(198)
一、环境因素	(198)
二、飞行器因素	(200)
三、飞行人员因素	(201)
第四节 温度环境对人体的影响	(202)
一、高温的生理影响	(202)
二、低温的生理影响	(205)
三、温度习服	(206)

第五节 人体对异常温度环境的耐受限度	(208)
一、不同温度环境的耐受限度	(208)
二、热蓄积和热债	(209)
三、水中浸泡的耐受限度	(210)
四、温度环境的综合评价	(211)
第六节 对异常温度环境的防护	(216)
一、一般性防护措施	(216)
二、座舱温度环境的卫生学要求	(217)
三、防寒服装	(218)
四、抗浸服	(220)
五、防热服装	(221)
 第八章 航空航天毒理学	(226)
第一节 毒理学基础	(226)
一、毒物的存在形态和剂量-反应关系	(226)
二、毒性指标和毒性分级	(227)
三、毒物代谢和中毒机制	(229)
四、毒物的致突变、致癌和致畸作用	(233)
第二节 航空航天毒理学的基本问题	(234)
一、航空航天中毒物的来源	(234)
二、影响毒作用的因素	(235)
三、航空航天环境中的毒理学特点	(236)
四、防护原则	(237)
第三节 航空航天中常见的毒物	(239)
一、一氧化碳	(239)
二、二氧化碳	(241)
三、臭氧	(241)
四、航空燃料及其添加剂	(242)
五、高能燃料	(244)
六、杀虫剂和除莠剂等农用化学药品	(245)
第四节 航天活动中常见的毒理学问题	(246)
一、座舱空气污染事故与安全性分析	(246)
二、座舱空气污染物毒效应的研究	(248)
三、预防座舱空气化学污染的对策	(249)

第九章 似昼夜节律	(251)
第一节 生物节律	(251)
一、生理功能的似昼夜节律	(252)
二、心理功能的似昼夜节律	(253)
三、机体功能的年节律	(253)
四、似昼夜节律形成的机制	(254)
五、生物钟的实质及其在医学中的意义	(256)
第二节 似昼夜节律与航空	(257)
一、产生时差效应的原因	(257)
二、时差效应的主要表现	(259)
三、影响时差效应的因素	(260)
四、克服时差效应的措施	(262)
五、倒班作业与似昼夜节律	(266)
第三节 似昼夜节律与航天	(267)
一、航天环境的“昼夜”	(267)
二、似昼夜节律的改变及其影响	(267)
三、作息制度与睡眠	(268)
四、星际节律	(268)
第十章 航天生理学概述	(270)
第一节 空间生命科学的研究领域与分类	(271)
一、航天生物学	(271)
二、航天生理学	(272)
三、航天医学	(273)
四、航天医学工程学与生物技术	(273)
第二节 微重力对机体的影响	(274)
一、心血管系统	(274)
二、骨骼系统	(276)
三、骨骼肌系统	(278)
四、神经-平衡系统	(279)
五、机体的营养	(282)
六、其他方面的影响	(283)
第三节 其他环境因素对机体的影响	(284)
一、辐射来源	(284)
二、辐射对水与氧的电离作用以及对组织的直接电离作用	(285)

三、辐射的长期作用	(285)
四、辐射长期作用的统计学观测	(286)
第四节 对抗措施及其对抗效果	(287)
一、心血管脱适应的对抗措施	(287)
二、防止骨骼肌萎缩的对抗措施	(289)
三、骨质丧失的对抗措施	(291)
四、空间运动病的对抗措施	(293)
附录	(295)
一、常用单位的换算、常数及符号	(295)
二、常用汉英词汇对照表	(300)
参考文献	(315)

绪 论

一、航空航天生理学及其发展简史

航空航天生理学 (aerospace physiology) 主要研究航空航天特殊环境因素对人体影响的规律及其机制,并探讨防止其危害或不利影响的防护或对抗措施。它既是航空航天医学的一个重要组成部分,又是生理科学的一个分支。本门学科对保障飞行安全 (flying safety),维护机组人员和乘客的健康与舒适,以及提高飞行劳动效率均有重要意义。

航空航天生理学及医学的发展应溯源于 19 世纪的高空生理研究。第一次载人热气球升空试验成功于 1783 年。从此,人类的活动范围扩展到陆地与水域之外的第三环境。法国生理学家 Paul Bert (1833—1886) 于 19 世纪最先利用低压舱进行高空生理研究,并于 1878 年发表了《大气压力》一书。虽然第一架由人操纵作动力飞行的飞机成功于 1903 年,但航空医学却诞生于第一次世界大战及其随后的期间。一次大战期间,飞机被用于军事行动,一些交战国相继认识到医学对飞行工作的特殊重要性,先后成立了专门的卫生机构,设置航空军医,制定军事飞行人员体格标准,开展了最早的飞行卫生保障工作,并对缺氧、供氧、寒冷、飞行服装、营养、飞行眼镜以及视功能、前庭功能等进行了初步研究工作。当时很重视缺氧耐力检查和飞行人员耐受情况的分级,进一步推动了高空生理研究工作。自 20 世纪 30 年代到二次世界大战结束,航空医学进入成长时期。二次大战期间,主要交战国均注意大力组织航空生理与航空医学研究工作,并取得一系列重大进展。这些工作的意义是深远的:①在应用方面,提出了重要的防护原理或概念,导致诸如密封增压座舱,以及常规与应急加压供氧、抗荷、弹射救生等航空防护救生装备的问世,其对航空事业发展的意义,已无须赘述;②在理论方面,不仅阐明了航空生理学的许多基本问题,也带动了循环、呼吸、温度生理等的基础研究;③在方法学方面,航空生理研究所发展起来的大型模拟设备(如低压舱、人体离心机)和监测技术(如血氧测定、气体组分测定)对后来发展无创和动态生理功能监测均有推动和借鉴作用;④推动了应用生理学的发展。二次大战后的几十年,航空医学进入全面发展的时期。由于航空事业的长足进展和航天事业的兴起,航空生理学的研究范围、规模和成就均是前三个时期所难以比拟的。一方面,航空生理学与医学在发展高机动性能战斗机、亚音速大型宽体客机、超音速客机、直升机等飞行器,以及解决各种特殊飞行的医学保障问题上做了大量工作,为现代航空事业的发展做出了重要贡献。另一方面,20 世纪 60 年代,前苏联、美国相继发射成功载人飞船,人类的活动范围又进一步扩展到第四环境。在载人航天事业的带动下,航天生理学 with 医学兴起并迅速发展。自 20 世纪 60 年代起,国际上开始采用“航空航天生理学”一词,以表明这两门特殊环境生理学的深刻内在联系。

新中国成立前,我国的航空生理学教学与研究基本上处于空白状态。新中国成立后不久,

老一辈的生理学家蔡翘教授即在南京前第五军医大学于设备简陋条件下，率先开创了我国的航空生理事业。1956年，蔡翘教授等还主持制订了我国第一个航天医学规划。由于国家的重视，经过几代人半个多世纪的艰苦创业，从无到有，从小到大，我国的航空航天生理学与医学事业现已具备相当规模，在基础理论研究和解决飞行卫生保障实际问题，以及载人航天基础理论研究和实现我国的载人航天计划等方面，均已取得一定成就，并为进一步发展奠定了基础。1992年我国的“921”工程起步，2003年“神舟5号”发射成功，继俄、美之后，我国已成为第三个能自行发射载人航天器的国家。

二、现代航空生理学问题

现代的航空事业已是一门综合了多种高新技术、组织规模巨大的技术和业务领域。从系统科学观点出发，可将航空活动的四个环节，即“人”、“机”（如飞行器及武器等）、“环境”和“任务”看作紧密联系、相互制约的有机整体（图1）。在这个系统中，完成任务是前提，飞行器是为完成任务而制造的，飞行离不开所在环境，“人”又是驾驭整个系统的关键因素。故对驾驶飞机的“人”，要根据机种、任务等，进行严格的选拔和训练；但“机”的设计和制作也须充分考虑如何适应人体形态、生理及工作能力特点，以及如何合理分配“人”与高度自动化的“机”的任务（人-机功能分配）等。航空过程中所接触的环境条件与地面时不同，通过“人-环境界面”进行的“人”与“环境”之间的物质、能量和信息传递过程均有其特殊规律。如不深入揭示这些规律，就不能解决人类进入天空与空间环境的防护问题，亦不可能发展成功最优化的人-机系统。在设计、研制和定型新一代飞行器的同时，即应针对使用过程中可能出现的航空环境因素生理影响和防护问题，开展相应研究工作。当飞行器已进入实用阶段，还应根据飞行卫生保障、航空救生、飞行安全等工作中不断提出的各种人-环境界面问题，进一步深入研究，以完善各种防护救生措施。此外，随着航空事业规模的日益扩大，航空活动对于自然生态和环境的影响问题亦已提上日程。

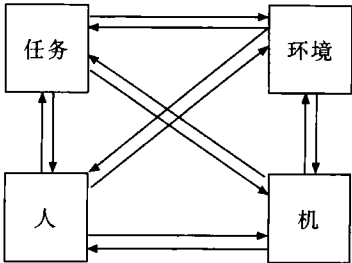


图1 人-机-环境系统

(一)航空环境

人类世代栖息生存的地球表面是一个半封闭的自然生态系统，内含一定物质并与星际大环境自由交换辐射能量。至于具体到一个人群或一个个体所处的环境，则其有限的局部范围可为“密闭的”、“半密闭的”或者“开放的”系统。人体周围的环境因素还可分为“自然环境因素”和由于使用各种机器或装备而出现的“人工环境因素”。

航空活动中人所处环境较为复杂：乘装备密封增压座舱的飞机飞行时，人虽处于“半密闭”的人工座舱环境之中，但仍可能直接或间接受到一些外界自然环境因素的影响；当座舱失去密封，或在航空救生过程中，人体即直接暴露于稀薄而又寒冷的大气环境之中；跳伞后又可能进入极端恶劣的环境之中，如海洋、沙漠、高原等。又如，一些航行高度较高的飞行器均装备密闭座舱，使人处于基本密闭的人工环境之中。

本学科限于讨论航空环境中各种物理、化学及生物因素，重点是物理因素。可将人体所处物理环境看做含有一定物质、能量和受力场影响的空间（表1）。其中，不同理化性质的物质

在空间范围内呈现一定浓度分布;能量以不同形式存在(如机械能、化学能、热能、辐射能等)并具有不同的位势和容量;不同性质的力场(如重力场、电场、磁场等)亦在空间呈一定强度分布。任一环境因素又是随时间变化的函数,故还应指出其时间特征值,如强度(浓度)随时间的变化率、频率、相位等,以及人体暴露于这种环境的时间长短(如短暂一过性的、持续性的、间断性的或慢性的等)。

表 1 航空活动中可能遇到的异常环境因素

类 别	环境因素	生理影响	出现场合或来源
物质(浓度、分布、理化特性)	气体环境组成异常	缺氧、氧过多、缺二氧化碳、二氧化碳过多、惰性气体的各种影响	人工气体环境、高空大气稀薄
	气体环境中的污染物	航空毒理学问题,如臭氧、一氧化碳、高能燃料	大气、座舱内、生产或维护场所的有害物质,使用化学武器等
能量	机械能(静态)——容积、压力	高空减压病、体液沸腾、各种气压性损伤	高空大气压降低、环境压力变化率超过一定限度
	机械能(动态)——振幅、频率	影响工作能力甚或引起病理理性损伤	空气动力、碰撞、冲击、各种噪声源及振动源
	热能	高温、低温影响	高空气温变化、气动力加热、个体防护装备的热负荷、浸水、环境控制系统功率不够
	辐射能(电离及非电离辐射)——能量、频率	电离辐射、微波、紫外线、激光等的危害	宇宙线、太阳辐射、电子设备、使用原子武器等
场力	重力场(惯性力场)、电场、磁场	超重、失重、角加速度、Coriolis 加速度	飞行器作各种加速运动,空间引力势变化

在研究环境因素的影响时,多是限于对单个因素的分析,但在实际航空条件下,各种因素又以联合方式发挥作用,称“联合性环境负荷”,或称“复合性环境负荷”。其影响除与各种因素的理化性质有关外,还与各因素的出现顺序及暴露时间有关。复合性环境负荷的强度取决于各种因素的强度及其间的相互影响。两种或更多环境因素联合作用的结果可有下列三种模式:①相加,复合影响等于各因素影响代数之和;②协同,复合影响大于各自影响的代数之和;③拮抗,复合影响小于各自影响的代数之和。对复合性环境还可依据人在其中停留时的生理反应、工作能力变化或主观感觉等,求出各种“综合性环境负荷指数”,或利用“生理等效”概念表达其综合强度,如“等效温度”、“风冷指数”等。

(二) 机体反应

上述各种环境因素对人体影响的性质及机制各不相同。有些环境因素,如机械能,超出一定强度时即可直接造成病理损伤、休克甚至死亡,机体的代偿功能主要表现在强大因素影响过后组织的自愈或修复过程等。另有一些环境因素,如气体组成或环境温度异常等,作用复杂,可引起机体发生广泛的代偿反应和机能障碍,二者错综交织,如环境作用强度超过机体代偿能力,亦可造成严重后果。代偿反应中又有“特异性代偿反应”和“非特异性代偿反应”之分。前者的作用在于对抗异常环境因素的不利影响,使机体重新恢复相对稳定状态和保持内环境的稳定;后者的作用则在于一般性地增强机体对异常环境的适应能力。“特异性代偿反应”又可分为“快反应”和“慢反应”两类。针对一种环境负荷,机体往往可立即发生一系列特异性

“快反应”以恢复机体原先的稳定状态,但维持此种反应的“生理代价”太大,如异常环境因素长期持续或者反复作用,“慢反应”乃逐渐发挥作用,生理功能及形态结构均可能发生深刻变化,而原先的“快反应”消逝。这种过程也称“习服”(acclimatization)。当机体已习服于一种环境因素以后,不仅对该种环境因素的耐力提高,并且对另外一些环境因素的耐力也可能提高,称“交叉适应”。如引起习服的环境因素停止作用,则慢反应逐步消退。在本学科范围,主要讨论“快反应”问题。

人体是一个能自动保持稳定状态的开放系统:一方面与环境间不停地进行着物质、能量与信息的交换;另一方面又可通过自身的调节机制保持内环境相对稳定。当环境变量通过人-环境界面影响机体的平衡状态时,根据环境影响及代偿能力的相对强度关系,可能出现三种后果:①完全恢复,或完全代偿,机体进入新的稳定状态;②部分恢复,或不完全代偿;③代偿完全无效,即不能代偿。

不同环境因素作用于人体时,还可引起非特异性反应。根据 Selye 的理论,通过下丘脑-垂体-肾上腺皮质系统所引起的非特异性全身反应,称“应激”,又称“全身适应综合征”,其发展需一定时间过程。这些非特异性反应不仅影响机体对环境的反应型式和耐受能力,也与疾病发病的一些共同性规律有关。不过“应激”的实际发生情况及其机制要复杂得多,还有待阐明。个体的生理及心理特点也影响其对环境因素的反应型式,如年龄、性别、健康状况、疲劳、营养、生物节律、情绪、工作任务负荷大小等均可能具有一定影响。其中如精神紧张、过度疲劳、情绪负荷等,本身即可能引起一定生理反应或者非特异性反应。

当环境负荷超过机体的代偿适应能力时,则可能有各种机能障碍出现,甚至引起损伤、病理改变,直至死亡。在航空生理学中,既重视找出人体对不同环境负荷的耐受能力,确定可能危及生命安全、引起机体严重障碍等的环境负荷强度阈限(危险阈、障碍阈)或各种物质浓度阈限;也重视各种环境负荷对人的工作能力的影响,注意找出使工作能力开始降低的各种阈限。后者对于制订保证航空任务完成及飞行安全的各种标准、条例等均甚为重要。

(三)防护措施

阐明航空环境对人体影响规律的最终目的还在于找出有效的防护方法和制订相应卫生保障措施,以保证各项航空任务的完成。航空生理学的任务主要在于提出防护原理和有关的生理学与医学数据,如人对各种异常环境因素的耐受情况以及容许暴露的强度(浓度)或时间等。通常从以下几个方面入手来解决进入航空环境的防护问题。

1. 生命保障系统(简称“生保系统”)与个体防护装备系统 对各种环境因素所采取的防护原理各不相同:有的可用屏蔽、隔绝、滤除等办法消除其影响(如辐射、有毒物质、异常温度等);有的则可采用人工方法辅助机体的代偿适应机能(如采用通风服防护异常温度影响);有的则可采取建立全身性或局部性的“人工气体环境”(如增压座舱、个人供氧装备等)。从使用范围看,既有对全体机组人员及乘员提供防护的生命保障系统,也有供个人用的个体防护装备。根据不同目的要求,各种防护装备所提供的防护程度也不尽相同:有的要求达到舒适水平,有的则强调应能保证一定工作能力,还有的则仅以短时间内能保障生命安全为其设计要求。

现代飞机普遍采用的密封增压座舱即为一种半开放的人工环境系统,不仅能保护人体免受高空环境因素的危害,在民航机还可为乘员提供舒适的气体 and 温度环境条件。对于军用飞机的飞行人员,由于座舱压力制度不同和作战需要,还须配备个体防护装备及航空救生装备,