



飞行人员 健康知识手册

主 编 王 军 朱晓全



科学出版社

飞行人员健康知识手册

主编 王 军 朱晓全

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书将与飞行人员一起探讨人体与大自然的和谐与碰撞,使飞行人员了解在什么情况下适合飞行,什么情况下不适合飞行。探讨怎样使飞行人员保持健康的体魄,如何应对各种身心疾病,以及如何处置危急情况。全书分4章,分别为航卫篇、知识篇、营养篇和健康篇。

全书内容翔实,实用性强,从飞行人员轻微病症到重大疾病,都做了较为全面的阐述,可作为飞行人员随身携带翻阅的健康手册。

图书在版编目(CIP)数据

飞行人员健康知识手册 / 王军, 朱晓全主编. —北京: 科学出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-03-052407-2

I. 飞… II. ①王… ②朱… III. 飞行人员-健康教育-手册 IV. R85-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 054833 号

责任编辑: 康丽涛 梁紫岩 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 龙 岩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 890×1240 1/32

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 5 1/2

字数: 174 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《飞行人员健康知识手册》编委会

主 编 王 军 朱晓全

副主编 李英秋 潘玉焕 单庆顺

编 者 (按姓氏笔画排序)

牛瑞虹 刘小波 李 洁

汪东军 张小东 尚永健

周锡江 徐 珀 韩立存

程 鹏 曾 勇 薛 霞

献给天之骄子

——航医心语

飞行员，天之骄子！你们守卫着祖国的蓝天，承载着党和人民的重托，把事业装上理想的翅膀向天空放飞，让壮美的人生放射出璀璨的光华！

你们是祖国和人民的骄傲，是我们心中永远的爱。当我们穿上了军装，成为军中的白衣战士，在学到了许多医学知识的同时，也慢慢地了解了你们。我们知道，在那无数荣誉的光环背后，你们付出了太多太多，除了要面对我们常人所要面对的家庭、职场、生活的压力和疾病的困扰，还要应对特殊工作环境的挑战。你们每日穿行在缺氧、低温、噪声、振动、雷电等恶劣的高空环境中，忍受着一切对人体生理功能所带来的影响，同时还要时刻警惕着，随时准备应对各种空中突发事件。这些都关乎着你们的身心健康甚至是生命安危，关乎着党和军队的精心培育和无尽的期望，更关乎祖国空中防线的安宁和人民生命财产的安全。

我们的内心生出无尽的感动和敬佩，真的好想为你们做点什么。我们不能与你们同行，一起翱翔在长空，不能伸出臂膀为你们遮挡这一切，只有尽医学之所知，化作心语道来。在这里，与你们一起探讨人体与大自然的和谐与碰撞，使你们了解在什么情况下适合飞行，什么情况下不适合飞行，即使你们的身体健康状况无可挑剔，但仍要明白人体的功能在飞行环境中的局限性。探讨你们如何保持健康的体魄，面对各种身心疾病的困扰如何应对，面对危急情况如何处置。

让这本小册子带着我们的心语和祝福伴随着你们、呵护着你们，哪怕是给你们带来一丝健康、一丝安宁、一丝快乐，便足以慰藉我们的牵挂。

请打开它，让我们心意相通！

中国人民解放军空军航空医学研究所附属医院 副院长

王 军

2016年10月于北京

目 录

第一章 航卫篇	1
一、航空飞行对人体的影响	1
二、飞行人员航空生理训练	14
三、航空病的防治	29
第二章 知识篇	36
一、拥抱健康，放飞梦想	36
二、健康体检全攻略	45
三、如何走出亚健康	55
四、恼人的睡眠	58
五、药物与飞行	62
六、饮酒与飞行	69
七、冲出烟雾，清新飞行	71
八、生存与救生	75
第三章 营养篇	81
一、飞行对人体营养代谢的影响	81
二、飞行人员膳食中能量及各种营养素供给原则	82
三、谈一谈饮食与健康	84
四、飞行人员合理膳食原则	95
五、特殊飞行时的营养要求	96
第四章 健康篇	101
一、控制体重怎么那么难	101
二、脂代谢紊乱——缺血性心血管病的罪魁祸首	106
三、打赢高血压这一仗	114
四、新老“五驾马车”齐驱围控糖尿病	119
五、“三高”的亲兄弟——高尿酸血症	142

六、冠心病——中青年人伤不起	147
七、得了“老胃病”怎么办	157
八、肾里咋会长“石头”	159
九、精心呵护你的“腰”	161
十、姿势不良与颈椎病	164

第一章 航 卫 篇

雄鹰展翅飞翔，是因为羽翼丰满；鱼儿迎浪溯远，是因为鳞片光滑无染；战机矫健凌空，是因为有叱咤风云的勇士驾驭护航。

坚决履行新时期新使命，我们没有选择，唯有迎难而上。夙兴夜寐，枕戈待旦，居安思危，常备不懈。练就铮铮铁骨，握怀一身绝技，不负重托，不辱使命，安得倚天抽宝剑，自当卫国护经纬。

一、航空飞行对人体的影响

（一）高空低气压对人体的影响

随着高度的升高，大气压力以近似指数函数的方式而降低，其规律大致是：高度每增加 5000m，大气压约降低原来数值的 1/2。如在 5500m 高度的大气压约为海平面值的 1/2，10 000m 高度约为地面的 1/4。高空低气压对人体主要有两方面影响：大气中氧分压降低所引起的高空缺氧和低气压的物理性作用（高空减压病、高空胃肠胀气、航空性鼻窦炎、航空性中耳炎、体液沸腾及因高空迅速减压引起的肺损伤）。

1. 缺氧 物理学指出，任一混合气体的压力是由各个组成气体所提供的分压总和，而每一组成气体的分压则由该气体在混合气体中所占容积百分比乘以总压力值求得。因此，大气中氧分压可用下式计算：

$$P_{O_2} = P_H \times F_{O_2}$$

式中： P_{O_2} ，大气中的氧分压（Pa）； P_H ，在高度（H）上的大气压力（Pa）； F_{O_2} ，氧气在大气中所占的容积百分比。

显然，随着高度增加，大气压力下降，大气中氧分压相应地随之下降，使进入肺泡的空气中的氧分压减少，单位时间内肺泡输送给血液的氧气便减少，引起动脉血液氧分压下降。这样氧气由血液输送给组织的

速度减慢和数量减少,造成对组织供氧不足而发生高空缺氧,属于“低氧性缺氧”。

因现代军用飞机及民航客机通常采用密封增压座舱与航空供养系统来防护飞行人员和乘员免受高空缺氧的影响,但据国内外事故调查显示,因急性高空缺氧所致的航空事故与事故征候仍占有相当大的比例。飞行中发生缺氧的主要原因是:①升至高空而不增供氧气,如直升机或非增压座舱喷气教练机在高空飞行时;②供氧装备发生故障或使用不当,不能按需供应适当浓度和压力的氧气;③密封增压座舱在高空发生迅速减压而不能及时供氧。我国调查资料表明,高空缺氧主要是氧气面罩与面部密合不良,造成面罩渗气;其次是供氧装备临时发生故障、供氧软管脱开、面罩堵头脱落或操作差错等。国外调查资料表明,高空缺氧首先是氧气面罩原因(密合不良、活门故障)引起;其次为供氧调节器发生故障;再次是由于增压座舱迅速减压、氧气管道破损与未接通供氧等原因所引起。

多数人在4000m高度以上就会出现缺氧症状,但人体通过呼吸加快加深、心跳增快、每搏输出量增多、血液重新分配等一系列代偿反应,借以克服和减轻缺氧对身体的影响。然而,人的代偿能力是有限的,当机体的代偿反应不足以补偿各个器官的最低氧需要量时,就会引起一系列的功能障碍:①神经系统,脑组织对缺氧很敏感,急性高空缺氧将严重影响记忆、计算、理解、判断、注意力等智力功能,使运动协调功能障碍,出现手抖、运动迟缓、震颤和抽搐,还可引起情绪、情感改变,严重者出现意识丧失。在7500m高空暴露2~6min意识丧失发生率为96%,到14000m有效意识时间为12~15s。②感觉功能,在所有感觉功能中,以视觉对缺氧最敏感,以视杆细胞为主要感受器的夜间视力受影响最严重,一般自1200m高度即开始出现障碍,接着影响视锥细胞,使视敏度降低。此外,听觉功能也随着高度的增加受到不同程度的影响。③循环系统,因缺氧可使心肌代谢发生障碍及因神经体液反射的变化可引起心电图改变,并可发生血管迷走性晕厥。

急性高空缺氧时,人的自觉症状复杂多样,具有一定个体差异和个人特点,有的人感觉很轻微,几乎没有明显的、特异的痛苦感觉,而客观上缺氧的实际严重程度及当时的各种病理表现与主观感觉颇不一致,

人的体力与脑力活动往往是在不知不觉中逐步迟钝和丧失的，这就致使飞行人员容易低估其危险性而丧失采取应急补救措施的时机。

2. 高空减压病 是大气压力降低时，在组织、体液中溶解的氮气呈现过饱和状态而离析出来形成气泡，可能压迫、刺激局部组织，血管内的气泡可成为气体栓子堵塞血管或与血液成分发生相互反应，从而导致各种不同症状。这就如同打开汽水瓶盖，气泡从水中冒出来的道理一样。其主要症状为关节疼痛，有时出现皮肤刺痛或瘙痒感觉以及咳嗽、胸痛等，严重时还可有中枢神经症状，甚至发生神经循环虚脱。该病绝大多数都是上升到 8000m 以上高空，停留一段时间以后发病的，发病率随高度增高而增大，但发病的阈限高度（最低高度）则难以确定，个别病例发生在 5600m。

3. 高空胃肠胀气 波义耳定律告诉我们：当温度保持一定时，气体的体积随压力的降低而增大。环境空气压力降低时，一些空腔器官内气体如不能及时排出，就会根据器官壁的可扩张程度而发生体积膨胀或者出现器官腔内部压力相对升高，引发一系列症状。通常情况下，人体胃肠道内约含有 1000ml 气体，这些气体 80% 是吞咽进去的，20% 是食物在消化过程中产生的。在飞行中飞行高度越高，大气压越低，人体胃肠内的气体膨胀就越明显。如在 5000m 高度，大约膨胀 2 倍，在 10 000m 高度，就可胀大 3~5 倍。当然，在气体膨胀时，人体可以不断地向外排出，但若胃肠功能欠佳或气体太多一时难以排出时，就会发生胃肠胀气，使胃肠壁扩张，产生腹胀、腹痛，严重时可出现面色苍白、出冷汗、脉搏徐缓、血压降低甚至晕厥等症状。

4. 中耳及鼻窦的气压性损伤 大气压力的变化还可以对人体的中耳腔、鼻窦等空腔含气器官产生影响，由于中耳腔和鼻窦的骨质壁不能胀缩，而中耳腔与外界相通的管道又具有单向活门样的特殊结构，如当你驾驶飞机由高空返回地面时气压逐渐升高，而外界气体不能顺利进入腔内使腔内压力处于相对较低状态，自觉“压耳朵”、“压鼻子”，导致“航空性中耳炎”及“航空性鼻窦炎”的发生。轻时感到耳胀、耳痛、耳鸣、听力减退，严重时可出现头痛、视物模糊、鼻出血、鼓膜破裂、眩晕等。

5. 迅速减压——肺损伤 在飞行中,当密封增压座舱由于工程技术或作战等原因突然发生破损时,舱内的气体压力可在很短的时间内(百分之几秒到1s)降低到和座舱外高空环境压力相等,此时肺脏也同其他空腔含气脏器一样气体迅速膨胀,但肺与外界的交通管道比胃肠道复杂得多,肺组织又很脆弱。因此,在迅速减压瞬间,肺内膨胀的气体一时来不及以相应速率迅速由呼吸道排出时,就发生了一过性的肺内压相对升高状态,即可引起肺气压性损伤,表现胸部不适、胸痛、胸闷、气胸,严重者出现肺出血、气栓及休克。

6. 体液沸腾 人体内含有70%的水分,而水的沸点随外界大气压降低而降低,当人体上升到19 000m的高空(相当于外界大气压力为6.3 kPa)时,水的沸点为37℃,此时由血液开始一切体液都发生汽化或产生气泡,从而产生皮下组织气肿、出血、呼吸循环功能障碍,这种现象称为体液沸腾。

(二) 加速度对人体的作用 and 影响

物体速度变化的快慢,用加速度(速度的变化量同发生这种变化作用的时间的比值,单位为 m/s^2)描述。加速度作用时间超过1s,甚至持续数分钟的长时间加速度为持续性加速度,如现代高性能战斗机的各种特技动作和机动飞行。冲击性加速度是指突然猛烈的加速或减速运动所产生的加速度,其加速度峰值很高(高达几十个 G 值),作用时间很短(通常 $<1\text{s}$),如飞机迫降或坠毁,可从高速飞行中弹射救生。

1. 加速度对人体的作用 飞行人员在正加速度作用下所承受的负荷,称为正加速度负荷(正载荷),以符号“ $+G_z$ ”表示。当飞机做盘旋、筋斗、半筋斗翻转、半滚倒转、俯冲拉平等特技动作时,飞行人员头朝向圆心,惯性力的方向从头到脚,此时产生正加速度。较大 $+G_z$ 作用于人体,飞行人员感到身体被压向座椅,躯干肌肉紧张,手脚沉重,活动困难;胸部活动受限,膈肌下降,呼吸困难;内脏器官向下移位、变形,出现不适的牵拉感,有时会感到疼痛。人体大血管与人体纵轴平行,当 $+G_z$ 作用时,血液重量增加,流体静压增大,发生重新分布,即上半身血液向下半身转移,造成头部及上身缺血,而腹腔及下身血液淤积。由于有效循环血量减少,回心血量锐减,心脏变形、移位,大血管

扭曲, 心脏工作能力下降, 心排血量减少, 致使心水平以上动、静脉血压下降, 心水平以下动、静脉血压升高, 心水平动脉压基本不变或略降低。当眼水平血压下降至一定程度, 视网膜供血不足, 发生视力障碍。先是出现视物模糊, 而后出现周边视力丧失, 视野缩小, 即“灰视”; 最后出现中心视力丧失, 眼前一团漆黑, 即“黑视”。 $+G_z$ 值进一步增大或作用时间较长, 脑部血流减少到临界值时, 引起意识丧失 (G-LOC)。

飞行人员在负加速度作用下所承受的负荷, 称为负加速度负荷 (负载荷), 以符号 “ $-G_z$ ” 表示。当飞机做倒飞、反螺旋、反筋斗等特技动作, 以及由平飞进入俯冲及由拉起改为平飞时, 飞行人员脚朝向圆心, 惯性力的方向从脚到头, 此时产生负加速度。当 $-G_z$ 作用时, 飞行人员感到臀部离开座椅, 肩带被拉紧; 内脏器官上移, 膈肌上压, 呼吸困难; 血液由下肢与腹腔涌向上身, 头部充血, 感到头部发胀, 在 $-4G_z$ 时, 头部剧烈充血, 静脉怒张, 头皮有胀裂痛, 视物为红色, 称为“红视”。

飞行人员在横加速度作用下所承受的负荷, 称为横加速度负荷 (横载荷), 以符号 “ $\pm G_x$ ” 或 “ $\pm G_y$ ” 表示。惯性力的方向与人体的纵轴 (z 轴) 垂直, 当惯性力方向是通过前后轴 (x 轴) 时为 $\pm G_x$, 当惯性力方向是通过人体的左右轴时为 $\pm G_y$ 。飞机在起飞、着陆、加速、减速、侧滑时都会产生横加速度, 一般情况下横加速度负荷值不大, 因此对人体没有多大影响, 只是在强迫着陆时才会产生较大 G 值。一般人体能耐受 $\pm 12 \sim 16G_x$, 即人体对横加速度负荷耐受能力最高, 但横加速度有时可引起空间定向障碍 (倾斜错觉)。较高的 $\pm G_y$ 对人体的主要影响是心脏等内脏向左和向右移位, $\pm G_y$ 所致身体体位的左右摆动则对操纵飞机动作会产生一定影响。

小于 $+1G_z$ 的加速度后, 迅速转入大于 $+1G_z$ 的飞行动作, 称为推拉动作 (PPM)。推拉动作使 $+G_z$ 耐力下降的效应称为推拉效应 (PPE)。有推拉动作时在较低的 G 值即可发生 G-LOC, 从而严重威胁飞行安全。

总之, 加速度对机体影响的实质是由于惯性力的作用而引起机体形态学及生理功能方面的变化。惯性力作用于人体直接引起四个方面的生物学效应: ①体重增加; ②组织器官变形和移位; ③血流动力学障碍,

淋巴液回流困难；④应激反应。其结果导致机体发生一系列功能变化。

机体对加速度的反应一般可分为两个时期：①初期为代偿期，即应激反应期：主要表现为一些重要的生命活动功能亢进，如心率加快，血压升高，心排血量增加，肺通气量和氧需要量加大，内分泌功能加强，血浆中肾素、血管紧张素含量升高等。②后期为失代偿期：主要表现为重要生命活动功能下降，出现功能紊乱和障碍，如血压下降，心动徐缓，心律失常，心排血量减少，血氧含量下降，重要生命器官氧化还原过程失调，神经和内分泌系统调节功能紊乱以及影响到细胞及亚细胞水平，甚至可能发生严重后果。当加速度值较低，时间较短，在生理耐限以下时，一般只有代偿期表现；当加速度值较高，作用时间较长，接近或超过生理耐限时，则可发展到失代偿期。此外，在加速度作用前，还有神经-情绪紧张期，在加速度作用后为恢复期。

2. 影响 G 耐力的因素

(1) 加速度方面的因素：加速度参数包括 G 值、作用时间、 G 增长率，简称为加速度三要素。一般说，作用时间越短，机体耐受的 G 值越高；反之， G 值越低，耐受的时间越长。

G 增长率快慢对耐力的影响主要与机体发挥代偿反应的时间有关。如果加速度的增长时间长于代偿反应时间，机体就能充分发挥代偿作用，耐力就较高；反之，如果加速度是突然迅速增加的，机体来不及发挥代偿作用，耐力就较低。

(2) 环境方面的因素

1) 缺氧：在特技飞行或空战动作中，如未按规定要求用氧，供氧装置发生故障或面罩漏气等都可发生急性高空缺氧。缺氧对 $+G_z$ 耐力的影响与缺氧的程度有关，轻度缺氧时，由于机体的代偿反应起主要作用，对 $+G_z$ 耐力无重大影响，甚至还可能使 $+G_z$ 耐力稍有升高；但吸入气中氧张力降低到 9.3kPa (70mmHg) 时，可使黑视阈值下降 0.6G；吸入气中氧张力为 7.3kPa (55mmHg) 时，可使 $+G_z$ 耐力阈值降低 0.8 ~ 1.2G，并且容易引起意识丧失。如吸入纯氧或正常空气时，发生黑视的阈值为 $+4.0G_z$ ；吸入 11.3% 氧气混合气（相当于 5000m）时，耐力可降低到 $+3.4G_z$ ；吸入气中氧含量为 8.8%（相当于 7000m）时，耐力则降低到 $+3.2G_z$ 。飞行中也表明，在同样 $+4G_z$ 条件下，3000m 高度上发生视力障

碍的仅占 6%，3000 ~ 5000m 高度上的发生率为 20%，5000 ~ 7000m 时，则有 50%。

2) 高温：座舱环境温度过高也可降低 $+G_z$ 耐力。一方面，体温升高使皮肤血管扩张，外周阻力降低，血液向外周积聚，有效循环血量减少，从而加剧 $+G_z$ 引起的动脉血压下降；另一方面，高性能飞机飞行员暴露于高过载和高温负荷条件下，大量出汗可导致脱水和钠盐丢失，血浆总量减少，降低有效循环血量，从而使心排血量及血压下降，结果也使 $+G_z$ 耐力下降。

(3) 身体方面的因素

1) 体质及健康状况：身体的素质和健康状况与 $+G_z$ 耐力有着密切的关系，如体质的强弱、心脏的搏动力、血管的紧张度、肌肉的收缩力、自主神经的稳定性和代偿反应能力、中枢神经系统的功能及人的主观能动性和精神状态等都与 $+G_z$ 耐力有关。一般体质较强、心血管功能良好、神经系统功能稳定、代偿反应能力强、体育锻炼较好并且有积极旺盛精神状态的人，在加速度作用时，能够调动体内一切积极因素，充分发挥代偿功能，对 $+G_z$ 的耐力较高。

2) 某些疾病：除了急性病，如感冒发热、腹泻等可暂时降低耐力以外，某些慢性疾病和潜在性疾病与加速度耐力也有一定相关，如静脉曲张、内脏下垂、疝气、胃肠功能紊乱、神经衰弱、青光眼、平衡功能不良、直立性低血压、自主神经功能紊乱、冠状动脉供血不足、动脉粥样硬化等疾病都可使 $+G_z$ 耐力下降，而且 $+G_z$ 作用对这些疾病也有不利影响。

3) 暂时性诱因

空腹飞行：空腹时容易引起低血糖症。当血中葡萄糖浓度下降到安静时数值的 50% 时，可使黑视阈值降低约 0.6G。虽然血糖反应可使肾上腺素分泌增加，但低血糖引起出汗、手脚发麻和震颤、全身无力等症状将使 $+G_z$ 耐力降低，并严重威胁飞行员的操纵驾驶。

过度换气：各种原因引起的过度换气，都将导致二氧化碳分压下降，而使脑血管收缩、阻力升高，促使 $+G_z$ 作用时头部血流进一步减少。

过度疲劳：飞行前休息不好、睡眠不足或体力消耗过大等都可使机

体的功能状态暂时下降,从而使 $+G_z$ 耐力降低。特别是连续飞行,反复做高 G 值的空战动作或特技飞行,产生累积作用,引起机体疲劳,而使代偿功能失调, $+G_z$ 耐力下降,甚至容易发生空中晕厥。

饮酒:因为乙醇能使末梢血管扩张,所以饮酒也能降低 $+G_z$ 的耐力。

间断飞行:长时间中断飞行或病愈后初次恢复飞行时负荷过大,机体的耐力尚未恢复,也容易发生黑视或空中晕厥。

(4) 操纵和 G 防护方面因素

1) 操纵不当或被动状态:特技飞行时,动作粗猛,使 G 负荷和增长率过大,是发生黑视的重要原因,特别是发生黑视后仍不降低 G 值,常常会引起意识丧失。飞行学员和新飞行员处于被带飞的被动状态,在带飞者做机动动作时缺乏做抗 G 动作的准备。

2) 错误的对抗动作:在高负荷时未做对抗动作,或动作不够准确或用力程度不够,特别是错误的做成 Valsalva 动作,血液回流心脏受阻,造成血压降低,使耐力降低甚至引起晕厥。

3) 未正确使用抗荷装备:如抗荷服调带过松、拉锁未拉好、冬季将抗荷服穿在棉飞行服外面、服装不合身、抗荷服导管未接上气源或抗荷装置出现故障等,都会影响 $+G_z$ 的耐力,容易引起黑视。

(三) 温度负荷对人体的影响

环境因素(如跨纬度飞行、迅速上升或下降)、飞行器因素(如气动力加热、机舱的温室效应、电子设备产热)、飞行人员自身代谢产热以及高空代偿服、抗荷裤、防化服和救生衣等个体防护装备都将会使飞行人员在飞行中受到高温或低温的影响。

高温可使机体出汗量显著增加,致高渗性脱水;心排血量增加;胃肠道活动抑制;产生过度通气,导致二氧化碳缺乏;注意力不易集中,肌肉的收缩能力、动作的准确性和协调性差;尿液浓缩,肾脏负荷加重;高温能降低机体对缺氧和加速度的耐力等。

在对流层,随着高度的增加,温度逐渐降低,平均每上升100m,气温下降 0.65°C 。当地面温度为 25°C 时,在5000m高空,气温为 -7.5°C ,在10000m高空,温度则低到 -40°C ,而在11000~25000m的平流层,气温则恒定在 -56.5°C 。现代飞机多在对流层和平流层活动,外界气温一般

在 $-55 \sim -40^{\circ}\text{C}$ ，这样的低气温给飞行带来一定影响，即使有加温设备的座舱，长时间也可使座舱内温度不均匀。在低温下，飞行人员热量消耗增加，手动作的精细灵巧度和双手协调动作特别容易受影响，低温对触觉辨别能力的影响最早出现，当皮肤温度降至 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，触觉敏感度开始下降。低温还可降低机体的缺氧耐力。

（四）噪声对人体的影响

噪声为 $30 \sim 40\text{dB}$ 是比较安静的正常环境；超过 50dB 就会影响睡眠和休息，由于休息不足，疲劳不能消除，正常生理功能会受到一定的影响； 70dB 以上干扰谈话，造成心烦意乱，精神不集中，影响工作效率，甚至发生事故；长期工作或生活在 90dB 以上的噪声环境，会严重影响听力和导致其他疾病的发生。接触较强噪声，会出现耳鸣、听力下降。接触噪声时间短，离开噪声环境后，很快就能恢复正常，称为听觉适应；如果接触强噪声的时间较长，听力下降比较明显，离开噪声环境后，也需要几小时，甚至十几小时到二十几小时的时间才能恢复正常，称为听觉疲劳；如果继续接触强噪声，听觉疲劳不能得到恢复，听力持续下降，就会造成噪声性听力损失，成为病理性改变。虽然早期主观上并无异常感觉，语言听力也无影响，但高频段听力下降，称为听力损伤；如进一步发展，听力下降平均超过 25dB 时，将出现语言听力异常，主观上感觉会话有困难，称为噪声性耳聋。此外，强大的声爆，如爆炸声和枪炮声，能造成急性爆震性耳聋，出现鼓膜破裂、中耳听小骨错位、韧带撕裂、出血，听力可完全丧失。主观症状有耳鸣、耳聋、眩晕、头痛、恶心及呕吐等。

噪声除损害听觉外，也影响其他系统。神经系统表现为以头痛和睡眠障碍为主的神经衰弱症候群，脑电图改变（如节律改变，波幅低，指数下降），自主神经功能紊乱等；心血管系统出现血压不稳（大多数升高），心率加快，心电图改变（窦性心律不齐，缺血性改变）；胃肠系统出现胃液分泌减少，蠕动减慢，食欲下降；内分泌系统表现为甲状腺功能亢进，肾上腺皮质功能增强，性功能紊乱，月经失调等。

(五) 振动对人体的影响

人体是复杂的振动系统,人体器官的固有频率都是 50Hz 以下的低频振动。在飞行中,由飞机外部振动源和内部振动源引起的振动频率与人体相同时,由于共振作用的影响,人体的反应会增大。人体反应最大的频率是在 5~8Hz,其次是 10~12Hz。人体的不同部位对振动也会有不同的反应。人的两只手对 30~40Hz 振动最敏感,上、下颌对 6~8Hz 的振动最敏感,头部对 2~30Hz 和 500~1000Hz 的振动最敏感,神经系统对 250Hz 的振动最敏感。弱的振动主要引起组织和器官的移位、挤压,从而影响其功能。强的振动除引起组织和器官的机械性损伤,还使人产生各种不良的感觉。如果长期受到振动则引起以末梢循环障碍为主的全身性疾病,其典型表现为振动性白指,变白部位一般由指尖向近端发展,界线分明,形如白蜡,固有“白蜡病”、“死指”之称。有时可累及神经系统、循环系统、呼吸及消化系统、内分泌及免疫系统、骨关节运动系统等全身性效应。

(六) 似昼夜节律对人体的影响

跨时区飞行或飞行人员作息时间改变,可导致昼夜节律的失调,对人体的智力、生理功能及自主神经功能产生不同程度影响。主要表现为:睡眠障碍,无力,疲劳,食欲缺乏,便秘或腹泻,不易集中注意力并且进行思考、判断问题的时间及操纵反应时间延长,精神抑郁等。

(七) 辐射环境对人体的影响

飞行中机载雷达和其他微波设备会产生微波辐射,对人体产生局部性损害和全身性损害。局部性损害主要使皮肤温度升高,引起痛感及热感,对眼引起晶状体浑浊,对睾丸可出现性功能障碍;全身性损害可引起神经、心血管和血液系统的暂时性功能改变。在高空飞行还会受到电离辐射,引起骨髓造血功能抑制、外周血淋巴细胞微核和染色体畸变、免疫功能低下、眼晶状体损伤等。