



飞行疲劳概论

INTRODUCTION TO PILOT FATIGUE

王国忠◎编著



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

飞行疲劳概论

王国忠 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

飞行疲劳概论/王国忠编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-5019-9773-2

I. ①飞… II. ①王… III. ①飞行疲劳-概论
IV. ①V231.95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 102124 号

责任编辑: 李亦兵 贾磊 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 晋洁 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 三河市万龙印装有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 18

字数: 365 千字

书号: ISBN 978-7-5019-9773-2 定价: 70.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

140381K6X101HBW

前 言

自从 1903 年美国莱特兄弟发明飞机至今已 110 年余，从 1914 年开通首次旅客航班至今也已 100 年。民航旅客机载客从最初的数人发展到今天的 500 多人，速度从最初每小时几十千米发展到今天的 1000 多千米，续航时间从最初几十分钟发展到今天的十几个小时。航空全面改变了人类的交通和生活方式，世界上的每个角落都不再遥远，使得“天涯若比邻”从浪漫的诗句变成现实的存在。

几乎从出现飞机那时起，飞行疲劳便如影随形。第一次世界大战期间，飞行疲劳即已引起人们的注意。20 世纪 50 年代以后，随着民用喷气式客机的出现，实现长距离洲际飞行，飞行疲劳问题更为突出。1988 年美国国家航空航天局（NASA）的艾姆斯研究中心从“航空安全报告系统”（ASRS）收录的 261000 多份报告中，检索出 52000 份与飞行员疲劳有关的报告，占总数的 20%。随后，艾姆斯研究中心开始了国际上最早、最权威的飞行疲劳系统研究。

20 多年过去了，航空技术发展突飞猛进，驾驶舱自动化程度越来越高，由飞机设备故障所致事故发生概率有了大幅度降低，而人为因素所致的事故发生概率却居高不下，其中飞行疲劳是导致许多事故或事故征候的直接或间接原因。迄今为止，飞行疲劳仍是航空业亟待解决的严重问题，其原因是多方面的。从外部因素来讲，驾驶舱自动化提高了飞行操作的准确性和可靠性，降低了飞行人员的体力负荷，但却在一定程度上增加了脑力负荷。另外，航空运输市场需求旺盛，飞行任务繁忙，长距离跨时区飞行、夜间飞行、复杂条件下飞行更加多见；而在一些国家，飞行人员严重短缺，他们往往满负荷或违规超负荷工作。从个人因素来讲，飞行人员身体素质状况不容乐观；国内调查发现我国 25% 的飞行人员处于亚健康状态，72.6% 的飞行人员存在一种以上的不良生活方式。另外，目前我国正处于社会转型期，不少飞行人员过于强调物质利益、强调自我实现，缺乏坚强意志、缺乏心理相容，这些不正确的飞行动机和行为方式也是产生飞行疲劳的重要原因。近年来，飞行疲劳的涵盖范围也在扩展，它不再局限于飞行人员或乘务人员，也包括地面机务维修人员、空中交通管制人员，这反映了国际航空业对飞行疲劳的高度重视，也拓展了飞行疲劳研究的广度和深度。

飞行疲劳是飞行安全的重大隐患，如何有效控制、缓解飞行疲劳，无论对航空监管机构，还是对航空公司都是一个巨大的挑战。在此，有一个古代故事对我

们或有启迪。据记载，扁鹊兄弟三人皆从医，魏文王曾问扁鹊：“三人医术谁最好？”扁鹊答：“大哥最好，二哥次之，我最差。”魏文王再问：“那为什么你最出名呢？”扁鹊答：“大哥治病，是治病于病情发作之前。二哥治病，是治病于病情初起时。而我是治病于病情严重之时。一般人都看到我在经脉上穿针放血、在皮肤上敷药等手术，以为我的医术高明，名气因此响遍全国。”这个故事告诉我们，未雨绸缪、防隐患于未然必然强于亡羊补牢、临渴掘井。杜绝飞行疲劳，关键在于预防，预防的关键在于消除飞行疲劳的产生，或通过及时发现、及时处理将飞行疲劳消灭于萌芽状态。

本书从疲劳的基本概念入手，详细叙述了导致飞行疲劳的各种因素、飞行疲劳的表现及危害、飞行工作负荷、飞行疲劳的评定与监测，并重点介绍了飞行疲劳的预防对策，以期有助于航空业各级管理层、航空医师、飞行人员深入了解飞行疲劳的来龙去脉、切实掌握飞行疲劳的预防对策要义、科学制定飞行疲劳管理措施。

本书在编著过程中得到同仁的大力支持，感激之情尽存于心。尽管编著者做了大量的工作，付出了许多艰辛，但书中难免有不足之处，真诚希望读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 疲劳概述.....	1
第一节 疲劳的概念和分类.....	1
第二节 生理性疲劳.....	6
第三节 病理性疲劳.....	9
第四节 亚健康、“过劳死”与疲劳	15
第五节 作业疲劳和运动性疲劳	18
第六节 疲劳的发生机制	23
第二章 认识飞行疲劳	26
第一节 飞行疲劳研究的历史与现状	26
第二节 产生飞行疲劳的因素	27
第三节 飞行疲劳的表现及危害	28
第四节 飞行疲劳的分类	30
第五节 飞行疲劳的发生机制	31
第三章 航空环境因素与飞行疲劳	33
第一节 低压缺氧与飞行疲劳	33
第二节 航空噪声与飞行疲劳	40
第三节 航空振动与飞行疲劳	43
第四节 航空辐射环境与飞行疲劳	46
第五节 驾驶舱光环境与飞行疲劳	52
第六节 驾驶舱微气候环境与飞行疲劳	57
第七节 驾驶舱毒理学因素与飞行疲劳	62
第八节 驾驶舱空间布局设计与飞行疲劳	68
第四章 时差综合征与飞行疲劳	72
第一节 似昼夜节律	72
第二节 时差综合征	74
第五章 工作负荷与飞行疲劳	78
第一节 工作负荷的定义和分类	78
第二节 体力工作负荷	79

第三节	脑力工作负荷	81
第四节	飞行工作负荷	84
第五节	飞行人员的应激	87
第六章	飞行人员心理因素与飞行疲劳	91
第一节	情绪与飞行疲劳	91
第二节	动机与飞行疲劳	95
第三节	心理相容与飞行疲劳	99
第七章	睡眠与飞行疲劳	101
第一节	睡眠的生理基础	101
第二节	睡眠剥夺	106
第三节	睡眠障碍	111
第四节	睡眠剥夺和睡眠障碍对飞行工作的影响	113
第八章	飞行疲劳的评定与监测	116
第一节	疲劳评定的现状	116
第二节	飞行疲劳的评定	118
第三节	飞行疲劳的监测	126
第九章	飞行疲劳与飞行安全	129
第一节	人为因素与飞行安全	129
第二节	事故的致因理论	132
第三节	飞行事故的医学调查	135
第四节	飞行疲劳导致飞行事故、事故征候实例	139
第十章	飞行疲劳的预防对策	142
第一节	飞行疲劳的三级预防对策	142
第二节	基于 SHEL 模型理论的对策	143
第三节	飞行时限管理	145
第四节	睡眠管理	146
第五节	预防时差效应	153
第六节	飞行人员健康管理与健康教育	155
第七节	体育运动	159
第八节	心理训练	164
第九节	飞行模拟机训练	179
第十节	机组资源管理训练	183
第十一节	疲劳风险管理系统	197
第十一章	飞行疲劳的消除及其相关病症的诊治	213
第一节	飞行疲劳的消除	213
第二节	飞行疲劳相关病症的诊治	217

第十二章 抗疲劳药物	229
第一节 具有抗疲劳作用的化学药物.....	229
第二节 抗疲劳中药.....	232
第三节 药物在战时调节飞行人员睡眠与抗疲劳中的应用实例.....	237
第四节 飞行安全与用药监管.....	238
第十三章 抗疲劳饮食	242
第一节 营养素与抗疲劳.....	242
第二节 具有抗疲劳作用的常用食物.....	252
第三节 抗疲劳食疗方.....	257
第四节 功能性饮料.....	260
第五节 飞行人员的营养特点.....	261
附录 与飞行疲劳相关的中国民用航空法规	264
附录一 大型飞机公共航空运输航空卫生工作要求.....	264
附录二 机组成员值勤期限限制、飞行时间限制和休息要求.....	270
附录三 关于飞机上飞行机组睡眠区的要求.....	275
参考文献	278

第一章 疲劳概述

疲劳 (fatigue) 是一个很常见的生理现象。工作、生活中总不时听到有人说“真累, 没劲”、“筋疲力尽”、“心烦意乱, 懒得干事”。疲劳现象普遍存在, 国外调查发现普通人群中疲劳发生率为 7% ~ 45%, 医院就诊患者中 10% ~ 41% 有疲劳症状。职业人群中疲劳发生率更高, 国内调查发现 51.6% 的企业员工、85.26% 的手术室护士有疲劳感。人体感到疲劳, 虽然不像癌症、心脏病, 来势迅猛, 直接而迅速地造成死亡, 但它作为一种危害健康的隐形杀手, 已严重影响了人们的工作和生活。

疲劳是人类生存过程中的客观事实, 是机体体力或脑力减弱或丧失的一种复杂的生理、心理及病理现象的体现。疲劳既可以是正常生理的不适反应, 也可以是某些疾病的临床表现, 还可以是介于病与非病之间的亚健康状态。几乎每个人都尝到过疲劳的滋味, 也非常熟悉疲劳时人是怎样一种感觉, 但至今人们对疲劳的认识远非想象中的那样清楚。

第一节 疲劳的概念和分类

疲劳是一种非常复杂的生理和心理现象, 它并非由单一的、明确的因素构成。目前关于疲劳的概念有很大的差异, 也没有统一的分类方法。

一、疲劳的概念

许多现代常用的工具书都对疲劳做了解释:

《辞海》: “持久或过度劳累后造成的身体不适和工作效率减退。”

《现代汉语词典》: “因体力或脑力消耗过多而需要休息。因运动过度或刺激过强, 细胞、组织或器官的功能或反应能力减弱, 如听觉疲劳、肌肉疲劳等。”

《当代西方心理学新词典》: “指高强度或长时间连续工作而产生的工作效能减低的状态。属于一种自然的防卫反应。工作速度减慢、工作质量下降和错误率增加是疲劳的三个客观指标。”

《汉语大词典》: “①劳苦困乏。②因运动过度或刺激过度, 细胞、组织或器官的功能或反应能力减弱, 如听觉疲劳、肌肉疲劳。③因外力过强或作用时间过久而不能继续起正常的反应, 如弹性疲劳、磁性疲劳。”

《中国百科大辞典》: “疲劳是指在劳动过程中人体各系统、器官或全身生理功能和作业能力出现明显下降的状态, 是人体正常的生理反应。可因劳动组织和

制度不合理,生产设备和工具缺陷、生产环境卫生条件较差及劳动者本身素质不佳等引起。过度疲劳会发展为病理状态。”

《中国大百科全书·心理学》:“疲劳是因持续工作造成体力及工作效率下降并伴随有疲惫感的现象。疲劳是一过性现象,除过度疲劳所造成的累积性疲劳外,经过休息,一般都可消失。”

《简明大英百科全书》:“疲劳是人类一种功能不全的表现形式,表现为对活动(体力或脑力的)感到厌恶,难以继续进行这些活动。”

《大不列颠百科全书》:“疲劳是一种特殊形式的人体功能不全,表现为厌恶和无力继续手头的工作。疲劳可源于持续的肌肉紧张,但痛苦、焦虑、恐惧和烦闷也常常造成疲劳。”

《中国医学百科全书·劳动卫生与职业病学》:“在劳动卫生学中,疲劳一般是指因过度劳累(体力或脑力劳动)而引起的一种劳动能力下降现象,具体表现为:反应迟钝、动作灵活性和协调性降低、工作差错率增多,并伴有主观感觉疲乏、无力等。换言之,疲劳是机体处于警觉和睡眠两个极端情况之间的一个中间功能状态,是许多生理变化的最后结果。严重疲劳可出现生理功能失调或紊乱。但是,要给疲劳下一个准确而完整的定义,目前仍有困难,因为对疲劳产生的机制至今尚无统一的认识。”

《心理咨询大百科全书》:“人们由于连续不断地学习或工作所造成的学习或工作效率下降的一种身心状态。它是体力或智力过度支付或消耗后的行为反应,是一种非病理性的工作障碍,也是一种先天的防卫性反应。在长时间高度紧张的学习或工作之后,人的能力就会显著降低,出现所谓学习疲劳或工作疲劳。工作速度的减慢和工作质量的下降是疲劳的两个客观指标。”

《现代医学百科辞典》中疲劳的解释在疲乏一词下:“疲乏,即疲劳,包括病理性疲乏和生理性疲乏。生理性疲乏是由于代谢产物过量积累或组织损伤,妨碍继续活动的工作效率,但只需一定时间休息,不适感可完全消失。病理性疲乏指的是由于疾病原因出现的,如毒素和化学物的作用,贫血、缺氧、糖代谢障碍、水和电解质代谢紊乱、代谢性酸中毒、营养不良等;产生疲乏的病因包括微生物引起的传染性疾病、物理化学性的职业性疾病、营养缺乏病、新陈代谢病、变态反应性疾病、结缔组织疾病及各系统各部位恶性肿瘤等。”

1982年在美国波士顿召开的“第五届国际运动生化学术讨论会”上,将疲劳定义为“机体生理过程中不能持续其功能在特定水平上的(或)不能维持预定的运动强度”。

总结上述观点,可将疲劳概念概括为以下几个方面。

(1) 从字义上理解,疲劳与疲乏、乏力、疲倦、劳倦、困倦、倦怠等词意义相同或相近。

(2) 疲劳产生的因素是多方面的。大致有三方面的原因,一是因持续做功,

超过机体所能承受的能力所致；二是因某些负性情绪引起；三是因疾病造成。

(3) 疲劳既可出现全身不适表现，又可出现局部不适表现。

(4) 疲劳既有生理性疲劳，又有病理性疲劳。生理性疲劳是一过性的，休息后可缓解，病理性疲劳见于某些疾病之中。

(5) 疲劳的表现可体现在躯体方面，如表现为无力继续工作；也可体现在精神方面，如表现为对活动（体力或脑力的）的厌恶感。在行为学上表现为工作效率的下降。

二、疲劳的分类

疲劳的多维性、复杂性，造成了疲劳分类上的困难。目前，分类方法很多，但尚没有统一的方法。本书的疲劳分类系统如下：①根据疲劳发生的原因分为生理性疲劳（physiological fatigue）和病理性疲劳（pathological fatigue）；②根据疲劳的持续时间分为急性疲劳和慢性疲劳；③根据疲劳的程度分为轻度疲劳、中度疲劳、重度疲劳和极重度疲劳；④根据疲劳发生的部位分为全身疲劳和局部疲劳，中枢疲劳和外周疲劳；⑤其他分类，如作业性疲劳、运动性疲劳。

1. 根据疲劳发生的原因分类

(1) 生理性疲劳 体力或脑力劳动者，劳累过度，必然会出现头痛头昏、腰背酸楚、周身乏力等症状，这种因劳累所致的疲劳称为生理性疲劳。生理性疲劳是机体功能暂时下降的生理现象，是一种“预警”信号，是防止机体功能受损的保护性机制。生理性疲劳在日常生活中较为常见，经过休息和调整可自行消除。因此，当机体出现疲劳后，应及时进行休息和调整，以防过度疲劳。生理性疲劳又可分为躯体疲劳（体力疲劳）和心理疲劳（精神疲劳，脑力疲劳）。躯体疲劳主要表现为肌肉无力、体力减退；心理疲劳主要表现为一些负性情绪，如焦虑、抑郁等，并出现认知方面的改变，如注意力不集中、记忆力减退、思考困难、警觉性降低等。

(2) 病理性疲劳 一些疾病所致的疲劳则称为病理性疲劳。病理性疲劳不像生理性疲劳有明确的引发因素，如不通过医生全面系统检查，不易找到病因，这是病理性疲劳区别于生理性疲劳的特征之一。其二，生理性疲劳经过休息一般都会逐渐消除，尤其是身强力壮的青壮年，消除得更快。而疾病引起的病理性疲劳，往往单靠一般休息难以奏效，必须经过正确治疗，在疾病治愈后，疲劳才会消除。其三，生理性疲劳一般不伴有其他症状，主要表现就是疲劳。病理性疲劳往往伴有其他症状。引起疲劳的疾病不同，伴有的症状也不一。如糖尿病所致的疲劳，常伴有多食、多饮、多尿和体重下降等症状；肺结核病引起的疲劳常与低热、盗汗、干咳、消瘦等症状同时出现；病毒性肝炎往往同时伴有食欲不佳、恶心、呕吐、全身乏力、肝区疼痛等症状。因此，每当发生原因不明又不易消除的疲劳，同时又伴有某些症状时，千万不可掉以轻心，应及早去医院诊治。

2. 根据疲劳的持续时间分类

(1) 急性疲劳 加拿大职业健康和安全中心提出急性疲劳是由于短期内睡眠缺失或过重体力或脑力劳动所引起的疲倦，它持续时间比较短，而且通过睡眠或放松即可恢复。有学者进一步把时间明确，具体定义为 24h 内睡眠时间少于 4h 所引起的，但在 1 周内可恢复正常状态的疲倦状态，对生活质量影响较小。

(2) 慢性疲劳 慢性疲劳是指持续较长时间的疲劳。为了便于研究，1994 年美国疾病控制中心将自我报告的持续 1 个月或 1 个月以上的疲劳称为长时间疲劳，将持续或反复发作 6 个月或 6 月以上的疲劳称为慢性疲劳。将慢性疲劳又分为两类：如果疲劳的严重程度及伴随症状满足美国疾病控制中心制订的慢性疲劳综合征（chronic fatigue syndrome, CFS）诊断标准，则归类为慢性疲劳综合征；如果疲劳的严重程度及伴随症状不满足该诊断标准，则归类为原发性慢性疲劳。

3. 根据疲劳的程度分类

贾丹兵等在《疲劳学》中对疲劳做出以下分类。

(1) 轻度疲劳 运动或其他因素造成一定量和一定强度的肌肉工作之后，机体以疲倦的形式表现出来，经休息，疲劳可在短期内消失。

(2) 中度疲劳 肌肉力量和工作能力明显下降、体态虚弱、脸色苍白、心动过速、白细胞总量增多，有时尿中出现蛋白，这类疲劳经采取一系列的抗疲劳手段处理后，亦可恢复。

(3) 重度疲劳 常以神经功能性及某些疾病症状为表现形式，多表现为较长时间的体弱无力、多汗、头晕、眼花、动作失调、情绪低落、冷淡等症状。需积极进行抗疲劳治疗，否则可能会导致多器官功能衰竭。

(4) 极度疲劳 极度疲劳指超长负重或运动或在慢性疲劳基础上突增强烈致劳因素，导致人体面色苍白、额出冷汗或者大汗淋漓、呼吸困难、肢体瘫软、不能自支、脉微欲绝等突发的极度衰竭状态。若不及时采取急救措施，则可发生“过劳死”。

4. 根据疲劳发生的部位分类

(1) 全身疲劳 全身疲劳指由于运动和其他诸多因素所引起的机体调控技能和多器官功能下降而导致的疲劳，又称整体疲劳；如马拉松、足球比赛等运动可造成全身疲劳。全身疲劳表现为全身乏力、困倦、酸痛、语言无力、视物模糊、听觉不敏感、对脑力劳动厌恶、所承担的工作完成质量下降、喜坐或躺卧。

(2) 局部疲劳 局部疲劳是指身体某一局部因持续运动或其他因素所导致的局部器官功能下降，又称器官疲劳；如局部肌肉训练后疲劳、用眼过度后的视觉疲劳等。局部疲劳表现为肢体酸痛、胀痛、乏力、运动能力下降。

三、疲劳的规律

1. 疲劳的一般规律

(1) 疲劳可以通过休息恢复 青年人比老年人休息恢复得快,因为青年人机体供血、供氧功能强,较老年人产生的疲劳要轻。躯体疲劳比心理疲劳恢复得快。心理疲劳常与心理状态同步存在和消失。

(2) 疲劳有累积效应 未消除的疲劳能延续到次日。当重度疲劳后,次日仍有疲劳症状。这是疲劳积累效应的表现。

(3) 疲劳程度与生理周期有关 在生理周期中功能下降时发生疲劳较重,而在功能上升时发生疲劳较轻。

(4) 人对疲劳有一定的适应能力 机体疲劳后,仍能保持原有的工作能力,连续进行工作,这是体力上和心理上对疲劳的适应性。工作中有意识地留有余地,可以减轻疲劳。

2. 疲劳的积累

人体疲劳是随工作过程的推进逐渐产生和发展的。按照疲劳的积累状况,工作过程一般分为四个阶段。

(1) 工作开始阶段 人体的工作能力没有完全被激发出来,处于克服人体惰性的状态。这时不会产生疲劳。

(2) 工作高效阶段 经过短暂的第一阶段后,人体逐渐适应工作条件,人体活动效率达到最佳状态并能持续较长时间。只要工作强度不太高,这一阶段不会产生明显疲劳。

(3) 疲劳产生阶段 持续较长时间工作,伴随疲劳感增强,导致个体工作效率下降,出现了工作兴奋性降低等特征。进入这一阶段的时间依据劳动强度和环境条件而有很大差别。劳动强度大、环境差时,人体保持最佳工作时间就短。反之,维持在上一阶段的时间就会延长。

(4) 疲劳积累阶段 疲劳产生后,应采取相应的措施减轻疲劳。否则由于疲劳的过度积累,会导致人体暂时丧失工作能力,工作被迫停止,严重时容易引起作业者的身心损伤。

3. 疲劳与恢复的关系

(1) 疲劳的产生与消除是人体正常生理过程 工作产生疲劳和休息恢复体力,这两者多次交替重复,使人体的功能和适应能力日趋完善,工作能力及水平不断提高。

(2) 人在工作过程中体力消耗也在进行着恢复 人在工作时消耗的体力,不仅在休息时能得到恢复,在工作的同时也能逐步恢复。但这种恢复不彻底,补偿不了体力的整个消耗,对精神上的消耗同步恢复很困难。因此,在脑体劳动后,必须保证适当的、合理的休息。

(3) 疲劳与恢复相互作用是适应生理、心理过程的动力平衡 工作消耗体力越多, 疲劳越快, 刺激恢复的作用就越强。实质上疲劳是人体中枢神经产生的保护性抑制, 这种抑制作用刺激着机体恢复过程。

第二节 生理性疲劳

因劳累所致的疲劳称为生理性疲劳, 可分为躯体疲劳 (physical fatigue) 和心理疲劳 (mental fatigue)。

一、躯体疲劳

躯体疲劳也称体力疲劳、肌肉疲劳, 是指人体在持续长时间、大强度的体力活动时, 肌肉 (骨骼肌) 群持久、重复或过度收缩, 在消耗肌肉内能源物质的同时, 产生乳酸、二氧化碳和水等代谢产物。这些代谢产生的废物 (乳酸、二氧化碳等) 在肌肉内堆积过多, 会妨碍肌肉细胞的活动能力; 进入血液并运行全身, 会进一步刺激中枢神经系统, 使人产生体乏无力及不快的感觉, 工作能力降低, 并对工作失去兴趣。

(一) 躯体疲劳的主要表现

四肢乏力、肌肉酸痛, 肌肉收缩时产生不由自主的颤抖, 做事有心无力。

(二) 躯体疲劳分类

躯体疲劳习惯上可分为中枢疲劳和外周疲劳。

1. 中枢疲劳

中枢疲劳是指由于中枢神经系统功能的改变或紊乱而引起的脑力或躯体的疲劳。谢切诺夫早就提出了疲劳的神经论观点, 他通过实验认为, “人们通常把疲劳感觉归之于工作着的肌肉, 而我对疲劳消除的解释唯一归之于中枢神经系统”。巴甫洛娃的研究发现静力活动疲劳时大脑生物电会发生明显变化。运动医学领域认为中枢疲劳是由于大脑皮层保护性抑制作用的结果, 尤其是长时间的中等强度运动产生的疲劳, 大量的冲动传至皮层相应的神经细胞, 使之长期兴奋, 导致了“消耗”增多, 为了避免过度消耗, 当消耗到一定程度时便产生了保护性抑制。中枢神经系统中的神经递质和神经调质参与了这种疲劳的产生, 如 5-羟色胺 (5-HT)、多巴胺 (DA)、乙酰胆碱 (ACh)、氨基酸类、血氨等。中枢疲劳并非心理疲劳或脑力疲劳。

中枢疲劳产生的原因有以下几种。

(1) 研究表明最大强度短时间工作引起的疲劳导致大脑皮质运动区三磷酸腺苷 (ATP) 水平明显下降, 同时磷酸肌酸 (CP) 和 γ -氨基丁酸 (GABA) 水平减少。在长时间工作疲劳时, 大脑中 ATP、CP 水平明显降低, 糖原含量减少, 而 GABA 水平明显升高。由此推测, 运动时的 ATP 消耗增多, ADP/ATP 比值增

加,导致神经元的功能活动性降低,进而产生抑制,这可以说明短时间运动的中枢疲劳特征,因为短时运动疲劳时,皮质运动区 ATP 水平的降低比长时间运动疲劳时要明显。其次, GABA 可抑制皮质神经元轴-树突传递, GABA 水平升高表明中枢保护性抑制形成是导致长时间运动性疲劳的主要原因。

(2) 血液色氨酸与支链氨基酸浓度比值增高,影响脑中某些神经递质前体的含量,使 5-HT 含量升高,对大脑皮层抑制加强,激发倦怠、食欲不振、睡眠紊乱等疲劳症状。研究发现,运动性疲劳状态下大脑许多部位 5-HT 水平增高。Bailey 等通过动物实验发现,运动至衰竭状态下脑内 5-HT 含量明显增加,使用 5-HT 的激动剂能够加快疲劳发生的过程,而提前注射 5-HT 的拮抗剂,则能明显改善耐力运动的成绩。

(3) 细胞因子、神经递体、氧自由基、一氧化氮、氨等都可能影响中枢疲劳的产生。它们可能通过诱导中枢多巴胺、5-HT、GABA 等神经递质的合成和释放而发挥作用,也可能与神经递质协同作用或为神经递质作用的后继效应。

2. 外周疲劳

外周疲劳是指由于中枢外的原因(主要指肌肉本身的原因)引起的疲劳。如骨骼肌的代谢失常、能源不足或代谢物堆积,可使肌肉感觉到酸困无力等。有关外周疲劳的机制,早期曾用“衰竭学说”、“堵塞学说”和“内环境稳定性失调学说”解释。1982 年 Edwards 提出疲劳的“突变”理论,把疲劳的产生归结于在细胞的能量消耗、兴奋性或活动性衰减的过程中肌肉力量急剧下降的综合结果。

外周疲劳产生的原因有以下几种。

(1) 能源物质的消耗 运动中最直接和迅速的能量来源为 ATP,但肌肉细胞中的贮存量很少,需不断靠糖类、脂肪、蛋白质的代谢来补充。肌肉激烈运动时,首先利用代谢过程比较简单的糖,体内的糖原被消耗了,则血糖含量就会减少,血中的游离脂肪酸就会增多,脂肪就会成为能源而被利用。剧烈运动后,机体内糖原、ATP、磷酸肌酸等能源物质大量消耗,在供能上失去平衡,不能及时补偿,从而导致人体疲劳产生。

(2) 代谢产物在体内的堆积 大强度运动会引起肌肉乳酸生成增多。乳酸在体内的堆积可通过多种途径影响肌肉张力和 ATP 生成,引起疲劳。疲劳产生后,直接影响到糖代谢和能源物质 ATP 生成,引起血糖值降低;在缺氧状态下,使活动肌群和血液中乳酸量增加。局部的肌肉疲劳,与体内能源物质的消耗、血液乳酸蓄积、酸度增加等有关。还有某些代谢产物在肌组织中造成堆积,导致运动性疲劳。

(3) 体内物质失衡 ①神经肌肉接点前膜释放 ACh 不足导致运动终极板的去极化过程不出现,致使骨骼肌细胞不能产生收缩。而 ACh 在神经肌肉后膜堆积,导致后膜持续性去极化的代谢障碍,导致肌肉缺乏正常的兴奋、舒张交替,

造成做功能力下降。

②大强度运动能引起细胞膜形态和功能的改变。运动性机械牵拉和化学因素会使细胞膜损伤和通透性暂时增大,使膜上 Na^+ 、 K^+ 、ATP 酶活性受抑制或失活,不能满足细胞内外钾、钠离子的交换,影响膜电位而引起肌肉功能下降。

③线粒体不仅是细胞内氧化代谢的重要场所,也是细胞内钙摄取、释放和调节的重要器官。运动后机体脂质过氧化物水平升高,对线粒体产生了毒害作用,导致了钙净内流的增加,出现了钙超载,损害了线粒体膜通透性,影响了氧化磷酸化的过程,导致了 ATP 的合成能力下降。

二、心理疲劳

心理疲劳又称精神疲劳、脑力疲劳,是指由于持续的精神紧张或长时间从事单调的工作引起的不适和厌倦状态。持续的紧张工作或单调乏味的工作容易产生心理疲劳;思想冲突、挫折、忧虑、惧怕等应激状态也容易引起心理疲劳。

脑力劳动时,同样有明显肌肉紧张的表象。譬如读书时,眼肌收缩;进行心算时,语肌的活动量将随问题的繁复程度而增加。注意力越集中,肌肉越紧张,消耗能量也越大,最后脑神经活动处于抑制状态,平时能解决的问题,这时就会“束手无策”。心理疲劳与躯体疲劳是相互作用的,极度的躯体疲劳,降低了直接参与工作的运动器官的效率,从而影响大脑活动的工作效率;而过度的心理疲劳,会使精神不集中、思维混乱、身体倦怠,也影响感知速度及操作的准确性。

(一) 心理疲劳的主要表现

心理疲劳分为暂时性心理疲劳和慢性心理疲劳。暂时性心理疲劳主要表现为厌倦、注意力不能集中、思维迟钝、工作效率低、情绪低落等。暂时性心理疲劳持续发展,就成为慢性心理疲劳。慢性心理疲劳除上述症状外,还常表现出对工作和生活的不适感和厌烦、乏力、失眠,甚至产生头晕、头痛、食欲不振、消化不良、心血管和呼吸系统功能紊乱等现象。

(二) 心理疲劳产生的原因

1. 中医学方面

中医学认为心理疲劳主要是因为劳神过度。血为精神心理活动的物质基础,劳神过度易致血虚,且易伤内脏,中医认为五脏之中心理疲劳与心、脾、肝三脏关系密切。

2. 现代医学方面

(1) 工作环境因素 长时间处于高度紧张、高风险和单一或嘈杂的环境容易造成心理疲劳,如飞行人员、航海员、重症加强护理病房(ICU)护士等。

(2) 生活环境因素 自然灾害、住房拥挤、邻里不和、家庭纠纷、意外事故、亲人亡故等。

(3) 个人因素 作息時間不规律、身體狀況不良、失戀、離婚、技術不熟練、心理負擔重等。

(三) 心理疲劳的危害

1. 工作绩效降低

心理疲劳时，警觉水平降低、对外界环境刺激不敏感、反应迟钝、灵活性低、容易被无关信息干扰、出错率增加、重复犯错、缺乏有效精确计划、常常不服从工作规范、工作动机不足，以及即使知道现在活动不适当但仍然坚持错误的工作方法，这些都将严重影响工作绩效。

2. 对生理的不良影响

心理疲劳会引起多巴胺、肾上腺素、去甲肾上腺素等多种神经递质的改变，导致生理功能紊乱。长期心理疲劳影响下丘脑-垂体-肾上腺轴（HPA轴），可能会导致高血压，或是高血压的一个标志。

3. 对心理的不良影响

心理疲劳影响认知功能，使个体感知觉迟钝、思维迟缓、记忆力减退、注意力不集中。心理疲劳者容易发怒、抑郁。心理疲劳者认知功能的改变是导致事故发生的重要原因之一。

4. 对行为的不良影响

心理疲劳使感觉运动通道受阻，随意控制受损而影响随意行为。心理疲劳者行动前反复做准备，使行动潜伏期延长；行动中为防止出错，一而再再而三地监控其行动，而减慢行动速度，或者为维持行动速度而行动失误增加，即心理疲劳影响行动的速度和准确性。

第三节 病理性疲劳

病理性疲劳是由许多躯体性或心理性疾病引起的疲劳，临床表现为无精打采、有气无力、少食懒动、生活和劳动能力下降。病理性疲劳是疾病的前驱症状或是伴随症状，所以原发疾病一旦找到，疲劳的原因也就明确了；而且疲劳的消除一般也在疾病得到有效治疗后。

一、引发病理性疲劳的常见疾病

1. 精神疾病

(1) 神经衰弱 主要症状特点是容易疲劳和过度敏感。患者常常感到精神疲惫，肢体无力，注意力不能集中，记忆困难，用脑稍久则觉头痛、眼花，并伴有睡眠障碍，如入睡困难、多梦、醒后不解乏以及各种其他心理生理症状。本病症状多样，且时轻时重。

(2) 抑郁症 起病多缓慢，往往先有失眠、乏力、食欲不振的症状。情绪