



军队“2110工程”重点建设学科

军事预防医学规划教材

总主编 / 王发强

武警卫生学

WUJING WEISHENGXUE

主 编 / 刘福东 高宏生



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

军队“2110 工程”重点建设学科——军事预防医学规划教材

武警卫生学

WUJING WEISHENGXUE

主 编 刘福东 高宏生

副主编 李国良 王俊虹

编 者 (以姓氏笔画为序)

马 强	王 心	王俊虹	王增田
王毅铮	宁保安	刘洪涛	刘福东
李国良	李雅潇	李增德	杨 震
吴健全	陈振锋	孟 斌	赵化冰
郝建军	秦永生	高宏生	高志贤
高蔚娜	郭长江		



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

武警卫生学/刘福东,高宏生主编. —北京:人民军医出版社,2010.3
ISBN 978-7-5091-3705-5

I. ①武… II. ①刘… ②高… III. ①武装警察—军队卫生学—医学院校—教材 IV. ①R821

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 091468 号

策划编辑:杨磊石 文字编辑:黄栩兵 责任审读:杨磊石
出 版 人:齐学进

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店
通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927292

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印刷:三河市祥达印装厂 装订:京兰装订有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:22.25 字数:540千字

版、印次:2010年3月第1版第1次印刷

定价:85.00元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

军队“2110工程”重点建设学科 ——军事预防医学规划教材

编审委员会名单

主任委员 王发强

副主任委员 呼文亮 刘兴太 张永亮

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 心	王发强	王进礼	王增田	刘民选
刘兴太	刘福东	闫玉文	闫玉仙	李 宁
李宏伟	李浴峰	李爱秀	何 冰	佟长青
陈振锋	张永亮	呼文亮	南克勉	郝占国
赵化冰	赵艳梅	秦永生	徐瑞成	高宏生
程洪海	魏茂提			

总 主 编 王发强

副总主编 呼文亮 刘兴太 张永亮

军队“2110工程”重点建设学科 ——军事预防医学规划教材

教材目录

武警卫生学	主编	刘福东	高宏生
武警流行病学	主编	魏茂提	
武警卫生统计学	主编	魏茂提	
武警军事训练医学	主编	刘兴太	秦永生
武警卫生勤务学	主编	南克勉	王 心
武警健康教育学	主编	李浴峰	
救援心理学	主编	王进礼	
武警卫生学实验指导	主编	陈振锋	高宏生

序

“军事预防医学”是一门于 20 世纪 90 年代末新设立的学科,体系构建尚在不断摸索、完善之中,研究内容也在不断拓展、深化。武警部队人员分布广泛,所处环境千差万别,任务种类繁多等特点,形成了广大官兵伤病的独特性和医学保障需求的特殊性,从而决定了武警军事预防医学不完全等同于军队军事预防医学。我院军事预防医学学科自 2001 年组建以来,经过不断建设、发展,整体实力得到快速提升,2007 年被列为军队“十一·五”期间“2110 工程”重点建设学科专业领域点。近年来,我院围绕军事预防医学学科建设,深入武警部队开展了大量调查研究,积极探索适应武警部队需求的军事预防医学人才的培养模式,针对培养目标不断深化教学内容改革,以期形成一套具有鲜明武警特色、适应武警部队需要的军事预防医学教材。

本次教材的编写以大卫生观的思想为指导,以贴近武警部队实际,努力为部队培养、输送高素质的卫勤保障人才为目标,注重知识、能力、素质协调发展,力求突出实际工作能力的培养,体现知识的科学性、启发性、先进性和实用性,有利于培养学员的创新意识和实践能力,并可用作基层部队各级医务人员和卫生防疫干部的参考用书。

本套教材由我院组织长期从事军事预防医学一线教学的人员编写,集中了部分兄弟院校专家和各警种部队一线工作人员多年来在军事预防医学领域研究中的知识和经验,衷心希望这套教材的出版能为武警军事预防医学的探索、发展与人才培养贡献一份力量。

由于我们水平和时间有限,教材中存在的疏漏之处,诚望有关专家学者提出宝贵意见。

武警医学院院长 王发强

2009 年 10 月

前 言

武警卫生学是军事预防医学的重要组成部分,是研究武警部队训练、执勤、处置突发事件、行军、宿营的卫生,以及平时勤务中各种环境因素与军人健康的关系,研究各种军事作业中的危害因素及其防治措施,研究军人如何合理营养、合理膳食才能提高战斗力,通过探索环境因素、职业因素、营养因素的性质、变化、对机体的影响及其相互作用的规律,为提高军人健康水平提出相应对策的一门学科。

武警卫生学的任务,一方面是针对各种不利的环境因素,制定卫生防护措施,保障军人健康;另一方面是针对健康状态,提出保健方法,提高机体的体力、耐力及应激适应能力,防止过度疲劳,增强生存能力,从而提高部队的战斗力,保障军事任务的完成。本教材具有武警部队基层营区卫生防疫医学的特点,具有鲜明的武警特色,主要供武警临床医学专业五年制本科专业使用,同时可供基础医学、检验医学、影像医学、药学等专业选用,也是武警部队各级医务人员和卫生防疫干部的参考用书。

武警卫生学主要分为军事职业卫生、军队环境卫生、军人营养和食品卫生、部队勤务卫生各论四部分。本教材共分10章,其中军事职业卫生分别介绍了武警遂行任务的生理与心理,武警勤务中的有害因素与相关疾病,武警勤务中有害因素的识别、评价与控制;军队环境卫生分别介绍了武警勤务环境和健康、武警官兵生活环境和健康;军人营养和食品卫生包括军人营养卫生和军人食品卫生;部队勤务卫生各论分别介绍了军事训练卫生,执勤与处置突发事件、灾难救援的卫生保障,营地和行军卫生保障。

本教材编写过程中始终得到了武警总部后勤部领导的关心和支持,武警部队疾病预防控制中心主任李增德,军事医学科学院卫生学环境医学研究所刘洪涛、高志贤、郭长江、马强、宁保安参与了相关章节的撰写,并提出了不少建设性的意见和建议,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,不足之处恳请读者提出宝贵意见,以便再版时修正。

编 者

2009年10月

目 录

第 1 章 武警遂行任务的生理与心理

.....	(1)
第一节 体力劳动中的生理变化.....	(1)
一、能量消耗	(1)
二、各器官系统的生理调节与适应	(3)
第二节 作业类型与劳动负荷评价	(5)
一、劳动和作业类型的划分	(5)
二、劳动负荷评价	(7)
三、军事劳动	(7)
四、疲劳	(12)
第三节 脑力劳动的生理变化	(14)
一、代谢特点.....	(14)
二、学习与记忆	(15)
三、职业卫生要求	(15)
四、提高脑力劳动工效的措施	(16)
第四节 人类工效学	(17)
一、主要研究内容	(18)
二、主要研究方法	(18)
三、评价方法	(19)
四、军事作业引起的疾病及其预防	(21)
第五节 武警勤务的心理适应	(22)
一、心理变化	(22)
二、职业紧张	(23)
三、紧张反应的表现	(23)
四、军事训练卫生学原则	(24)

第 2 章 武警勤务中的有害因素与相关疾病

第一节 职业性有害因素与职业性损害	(26)
一、职业性有害因素	(26)
二、职业性损害	(27)

三、职业性危害的防控对策	(31)
--------------------	------

第二节 高热、高寒、高原有害因素及相关疾病

一、高温作业	(32)
二、低温作业	(37)
三、异常气压	(45)

第三节 其他物理性有害因素及相关疾病

一、噪声	(52)
二、振动	(57)
三、射频辐射	(59)
四、电离辐射	(61)

第 3 章 武警勤务中有害因素的识别、评价与控制

第一节 执勤作业场所的接触评定

.....	(64)
一、基本概念	(64)
二、评定方法	(65)

第二节 武警勤务中的健康监护

一、健康检查	(67)
二、健康监护档案的建立与管理	(70)
三、健康状况分析	(70)

第三节 有害因素的危险度评定和控制

一、危险度评定	(72)
二、危险度评定的不确定因素	(73)
三、危险度管理	(74)
四、有害作业的分级评价	(74)
五、职业性有害因素的控制	(77)

第四节 武警勤务的职业安全

一、职业安全的意义与任务	(87)
二、常见职业伤害事故及其危险因素	(87)



三、职业伤害的调查与评估	(89)	二、水的生理学意义	(147)
四、职业安全管理与事故预防对策	(90)	三、水体污染	(148)
第4章 武警勤务环境和健康	(92)	四、水体污染与疾病	(149)
第一节 人类的环境	(92)	五、我国生活饮用水卫生标准制定要求 与修订	(154)
一、原生环境和次生环境	(92)	六、生活饮用水卫生标准	(154)
二、人类活动对环境的破坏及其危害	(93)	七、战时饮用水卫生标准	(165)
三、环境与健康	(94)	八、水源种类及其卫生学特征	(167)
四、构成环境的主要因素	(94)	九、改良饮用水水质的对策	(170)
五、生态系统与生态平衡	(95)	十、平、战时水源利用与防护	(171)
六、人类与环境的关系	(96)	第三节 土壤的污染与人类健康的 危害	(180)
第二节 环境污染及其对健康的 影响	(97)	一、土壤污染	(180)
一、环境污染物及其来源与特征	(98)	二、土壤污染对人类健康的危害	(182)
二、环境污染物的迁移与自净	(100)	三、土壤的卫生防护	(187)
三、环境污染物的吸收、分布、代谢和 排泄	(101)	四、被污染土壤的修复	(190)
四、环境污染物常用毒性参数及其安全 限值	(107)	第四节 生物地球化学性疾病	(191)
五、环境污染对人类健康的影响	(108)	一、基本概念	(191)
六、环境污染物对健康损害的影响因素	(116)	二、发病原因	(191)
第三节 环境污染的防治	(121)	三、流行特征	(192)
一、技术措施	(121)	四、控制措施	(193)
二、组织措施	(122)	五、碘缺乏病	(193)
三、规划措施	(123)	六、地方性氟病	(196)
四、制定、完善卫生标准	(123)	七、地方性砷中毒	(200)
第5章 武警官兵生活环境和健康 	(124)	八、克山病	(201)
第一节 空气卫生	(124)	第6章 军人营养卫生	(203)
一、空气的化学组成及污染	(124)	第一节 营养素与能量	(203)
二、空气的生理意义	(124)	一、蛋白质	(203)
三、空气的物理性状	(125)	二、脂类	(205)
四、大气污染	(127)	三、糖类	(207)
五、大气污染对人体健康的危害	(129)	四、能量	(209)
六、大气中影响健康的主要污染物	(134)	五、矿物质及其生理功能	(212)
七、室内空气污染与健康	(139)	六、体内常易缺乏的无机盐	(213)
八、空气污染的防护措施	(145)	七、维生素	(218)
第二节 水卫生	(146)	第二节 各类食物的营养价值	(224)
一、水资源现状	(146)	一、植物类食物	(225)
		二、动物类食物	(229)
		第三节 特殊环境与作业人员的 营养	(233)



一、高温环境作业人员	(233)	四、心理适应不良症	(307)
二、低温环境作业人员	(234)	五、其他神经精神疾病	(308)
三、高原环境作业人员	(235)	第9章 执勤与处置突发事件、灾难	
四、职业参训者	(236)	救援的卫生保障	(312)
五、电离辐射接触人员	(237)	第一节 执勤卫生保障	(312)
第四节 营养调查与合理营养	(243)	一、固定哨位执勤卫生	(312)
一、营养调查	(243)	二、流动哨位执勤卫生	(313)
二、平衡膳食宝塔与膳食指南	(247)	三、劳作区看押执勤卫生	(314)
三、军人营养标准	(250)	四、武装巡逻卫生	(314)
第7章 军队食品卫生	(254)	五、海关监管勤务卫生	(315)
第一节 食品污染及其预防	(254)	六、押解、押运勤务卫生	(315)
一、食品生物性污染及其预防	(255)	第二节 处置突发事件卫生保障	
二、食品化学性污染及其预防	(261)		(316)
三、食品的放射性污染及其预防	(270)	一、保障特点	(317)
第二节 食源性疾病与食物中毒		二、保障原则	(317)
.....	(272)	三、保障要求	(318)
一、食源性疾病	(272)	第三节 灾害救援的卫生保障	(319)
二、食物中毒	(273)	一、自然灾害引发的公共卫生问题	(320)
三、常见的食物中毒	(274)	二、卫生保障的特点	(320)
四、食物中毒的调查与处理	(282)	三、卫生保障要求	(321)
第三节 部队食品卫生管理	(284)	第10章 营地和行军卫生保障	(323)
一、平时安全管理	(284)	第一节 营区选址与规划	(323)
二、战时食品安全保障	(290)	一、营区选址	(323)
第8章 军事训练卫生	(296)	二、营区规划	(324)
第一节 军事训练卫生学原则	(296)	第二节 营舍卫生保障	(324)
一、军事训练卫生学基本原则	(296)	一、基本卫生要求	(324)
二、军事训练个人卫生原则	(296)	二、房屋或房间朝向	(325)
第二节 军事训练期间的合理营养		三、营房建筑形式与空间	(325)
.....	(297)	四、通风要求	(326)
一、重要作用	(297)	五、采光和照明要求	(326)
二、基本原则	(297)	六、温度调节	(327)
三、组织与实施	(298)	七、防潮与防噪声	(328)
四、热环境训练的营养与饮食	(299)	八、室内微小气候	(329)
五、寒区训练的营养与饮食	(301)	第三节 宿营卫生保障	(330)
六、高原训练的营养与饮食	(301)	一、宿营地选择	(330)
第三节 军事训练心理学	(303)	二、在居民点宿营	(330)
一、研究内容	(304)	三、野战营舍	(331)
二、心理特点	(304)	四、特殊地区野营	(334)
三、疼痛心理	(305)	五、野营粪污处理	(334)



第四节 行军与输送的卫生保障

..... (335)	二、特殊条件下行军 (336)
一、徒步行军 (335)	三、行军中常见伤病防治 (340)
	参考文献 (345)

第1章 武警遂行任务的生理与心理

武警官兵在遂行任务活动过程中,人体生理功能和心理状态都会发生变化,并且通过自身神经-体液的调节和适应,不仅能完成劳动作业,还能促进健康。但是,如果劳动负荷过大、时间过长或环境条件较差,超过人体适应能力或耐受程度时,会引起过度的生理与心理紧张,使作业能力下降,甚至损害健康。因此,为了提高作业能力、预防疲劳,达到保护和促进健康、提高劳动生产率的目的,有关这方面的内容,先后形成了三门既独立又有关联的学科,即劳动生理学、劳动心理学和人类工效学。

第一节 体力劳动中的生理变化

进行劳动作业时,人体的各个器官系统几乎都参与了活动,其生理功能也会有不同程度的变化,其中以能量代谢、神经系统、心血管系统、呼吸系统、排泄系统及体温等方面的变化较为明显。

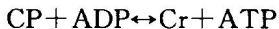
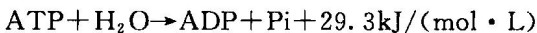
一、能量消耗

人类劳动是体力劳动与脑力劳动相结合进行的,由于体力劳动主要靠骨骼肌活动完成,而骨骼肌约占体重的40%,故体力劳动时能量消耗较大。

(一)肌肉活动的能量来源

体力劳动时肌肉活动的能量来源有三条途径。

1. 三磷酸腺苷-磷酸肌酸系列(ATP-CP系列) 肌肉收缩与松弛所消耗的能量,首先是由肌细胞中的三磷酸腺苷(ATP)迅速分解释放的,随即由磷酸肌酸(CP)分解及时补充。



注:ADP为二磷酸腺苷,Pi为磷酸根,Cr为肌酸

2. 需氧系列 肌肉中CP的浓度约为ATP的5倍,但其贮量甚微,仅能供肌肉活动几秒至1分钟使用,故需靠糖、脂肪、蛋白质分解来提供再合成ATP的能量,正常情况下,一般不动用蛋白质。中等强度的肌肉活动,ATP以中等速度分解,糖和脂肪通过氧化磷酸化过程提供能量来合成ATP;肌肉开始活动时糖类利用较多,随着时间延长,利用脂肪比例增加,且成为主要来源。整个过程需要氧的参与才能进行,故称为需氧系列。此时,1mol/L葡萄糖或脂肪能分别形成38或130分子ATP,使肌肉活动能够经济持久地进行。

3. 乳酸系列 在大强度体力劳动时,ATP分解非常迅速,需氧系列受到供氧能力的限制,形成ATP的速度不能满足肌肉活动的需要。此时需靠无氧糖酵解产生乳酸的方式来供应能量,故称乳酸系列。1mol/L葡萄糖只能形成2分子ATP,但速度比需氧系列快32倍,故能迅速提供较多的ATP供肌肉活动之用。其缺点是动用大量的葡萄糖,产生的乳酸有致疲劳作用,既不经济又不持久。



肌肉活动的能量来源及其特点可概括于表 1-1 中。

表 1-1 肌肉活动能量供应系统的特征

	ATP-CP 系列	乳酸系列	需氧系列
氧	无氧	无氧	需氧
速度	非常迅速	迅速	较慢
能源	CP, 贮量有限	糖原, 产生的乳酸有致疲劳作用	糖原、脂肪和蛋白质不产生致疲劳性副产物
产生 ATP	很少	有限	几乎不受限制
劳动类型	任何劳动, 包括短暂的极重劳动	短期重及很重的劳动	长期轻及中等劳动

(二) 劳动作业时的氧消耗

劳动时人体所需的氧量取决于劳动强度, 劳动强度越大, 需氧量越多。劳动 1 分钟所需要的氧量叫氧需。氧需能否得到满足主要取决于循环系统的功能, 其次是呼吸器官的功能。人在 1 分钟内能供应的最大氧量叫氧上限, 成年人的氧上限一般不超过 3L, 有锻炼者可达 4L 多。在作业开始 2~3 分钟内, 呼吸和循环系统的活动尚不能满足氧需, 肌肉活动所需的能量是在缺氧条件下进行的。氧需和实际供氧量之差叫氧债。其后, 当呼吸和循环系统活动逐渐加强时, 氧的供应也得到满足, 即进入稳定状态下工作, 这种作业一般可维持较长时间。若劳动强度较大, 氧需超过氧上限, 则劳动初期氧消耗量虽可急剧上升, 但达到氧上限后即不可能继续上升而只能保持一定水平上。这时氧消耗量表面上处于稳定状态而实际上却不能满足氧需的要求, 故称为假性稳定状态。该过程机体继续处于供氧不足的状态下工作, 肌肉内的储能物质(主要指糖原)迅速消耗, 这种作业不能持久。作业停止后一段时间内, 机体需要继续消耗较安静时更多的氧, 以偿清氧债, 清除无氧糖酵解的终产物乳酸及部分恢复肌肉原有储备。恢复期的长短视氧债的多少而定, 但这并不是绝对的, 因部分氧债可在稳定状态期间得到补偿。恢复期一般约需数分钟至十余分钟, 也可达 1 小时以上(图 1-1)。

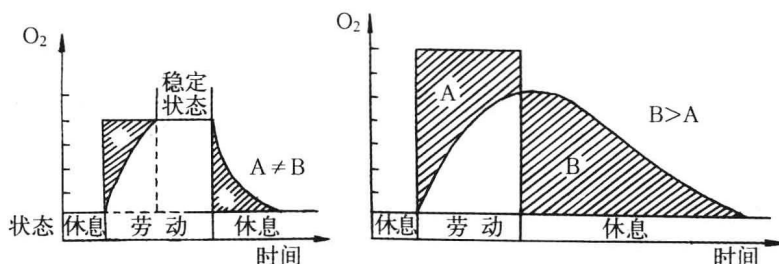


图 1-1 氧债及其补偿

A. 氧债; B. 氧债补偿



(三) 劳动强度分级

1. 按能消耗量分级 因为以肌肉活动为主的体力劳动,其能消耗量可达到基础代谢的10~25倍,而脑力劳动为主的作业能消耗量很少,最紧张的脑力劳动的能消耗量也不会超过基础代谢的10%,所以按能消耗量来划分劳动强度的大小只适用于体力劳动为主的作业,一般分为三级。

(1) 中等强度作业:作业时氧需不超过氧上限,即在稳定状态下进行作业。我国现在的工农业生产劳动多属此类。

(2) 大强度作业:指氧需超过了氧上限,是在氧债大量蓄积的条件下进行的作业。这种作业最多能持续进行数分钟至十余分钟,如重件手工锻打、爬坡搬运重物等。

(3) 极大强度作业:完全在无氧条件下进行的作业,此时氧债几乎等于氧需。如在短跑和游泳比赛时有这种情况。这种剧烈的活动只能持续很短时间,一般不超过2分钟。

2. 按劳动强度指数分级 劳动时机体的生理负荷不能完全从能量代谢这一指标反映出来,如神经精神紧张程度就不用能消耗量表示,还需要考虑到劳动者个体差异及环境因素的影响,因此单纯的根据能消耗量来划分各种作业劳动强度是不够全面的。我国已颁布的《体力劳动强度分级》(GB 3969—83)是根据262个工种工人的劳动工时、能量代谢和疲劳感等指标之间的关系进行调查分析后,提出的按劳动强度指数来进行体力劳动强度分级的标准,从而较全面地反映劳动时人体生理负荷的大小(表1-2)。

表 1-2 体力劳动强度分级

体力劳动强度分级	劳动强度指数
I	≤15
II	~20
III	~25
IV	>25

注:劳动强度指数计算公式: $I=3T+7M$

式中: I ——劳动强度指数

T : [净劳动时间(%)] = $\frac{\text{工作日内净劳动时间}}{\text{工作日总工时}} \times 100\%$

M ——8小时工作日能量代谢率[kJ/(min·m²)]

3——劳动时间率计算系数

7——能量代谢率计算系数

二、各器官系统的生理调节与适应

在劳动过程中,机体为了适应生产劳动的需要,通过神经体液的调节来实现能量供应和各器官系统之间的协调。劳动时机体的调节和适应性变化如下。

(一) 神经系统

劳动时机体的每一个有目的的动作,既取决于大脑皮质内形成的意志活动(主观能动性),也取决于机体内外感受器所传入的多种神经冲动(包括第一和第二信号系统)。两者在大脑皮质内进行综合分析,以调节各器官系统适应作业活动的需要。因此,神经系统在劳动中起到重



要作用。当长期在同一劳动环境中,从事某一作业活动时,通过复合条件反射逐渐形成该项作业的动力定型,使从事该项作业时各器官系统相互配合得更加协调,反应更加迅速,能量消耗减少,作业变得轻松容易。建立动力定型应依照循序渐进、注意节律性和反复重复的生理规律。动力定型建立困难,改变时也较困难,特别是用新的操作活动来代替已建立的动力定型时,对皮质细胞是一种很大的负担,若转变过急,甚至可导致高级神经活动紊乱。另外,体力劳动的性质和强度,在一定程度上能改变大脑皮质的功能。轻作业和中等作业可促进条件反射活动,提高反应的灵敏性和精确性,增强视觉、听觉、触觉等的敏感性。但若劳动时间过长或劳动强度过大,能使大脑皮质兴奋性降低、抑制加深、反应迟钝、条件反射的潜伏时间延长。

(二)心血管系统

体力劳动时,心血管系统要完成供应氧、营养物质和排出分解产物等任务。因此,在作业开始前后,心血管系统发生的适应性变动主要表现在心率、血压和血液再分配上。

1. 心率

(1)在作业开始前1分钟常稍增加,作业开始30~40秒内迅速增加,一般经4~5分钟达到与劳动强度相适应的稳定水平。轻作业时增加不多,重作业以上达150~200次/min。安静状态下,心脏每搏输出量为40~70ml,每分输出量为3~5L。重作业以上时,每搏输出量可增至150ml,每分输出量可达15~25L。每分输出量的增加,在缺乏锻炼的人主要靠心跳频率的增加,而在经常锻炼的人则主要是每搏输出量的增加,有时可达150~200ml,每分输出量可达35L(如参训者)。对一般人来说,当心率未超过安静时的40次/min时,则表示能胜任此项工作。

(2)作业停止后,心率可在几秒至15秒后即迅速减少,并逐渐降至原水平。恢复期长短取决于作业强度、工间暂歇、环境条件和健康状况等,此可作为心血管系统能否适应该项作业的标志。

2. 血压 也是反映心血管功能状态的一个重要标志。作业开始时,收缩压即上升,劳动强度大的作业可使血压上升60~80mmHg(8~10.67kPa)。轻作业时,舒张压几乎不变,重作业则上升,但不如收缩压显著,致使脉压变大。当脉压逐渐增大或维持不变时,体力劳动可持续有效地进行;但若持续进行紧张劳动,脉压可因收缩压下降或舒张压上升,或两者的联合而下降,当脉压小于其最大值的一半时,则表示疲劳或糖原贮备接近耗竭。停止作业后,血压即迅速下降,一般约在5分钟内恢复正常。但大强度作业后,收缩压可降至低于作业前水平,30~60分钟恢复正常。血压的恢复比心率快。

3. 血液再分配 安静状态与体力劳动时,血液在各器官的分配是不同的。安静时血液流入肾、肝、胃肠、脾等内脏器官的量最多,其次为肌肉、肝,再次为心、皮肤、骨等。体力劳动时,通过神经反射使内脏、皮肤等处小动脉收缩,而代谢产物乳酸和 CO_2 却使供应肌肉的小动脉扩张,结果使流入肌肉的血液量增加,流入心肌比例虽未增加,但血液量却增加了1~5倍,脑则维持不变或稍有增加,而胃肠、肾、皮肤、骨等则有所减少。

4. 血液成分改变

(1)劳动时:人体血液成分发生变化,其中主要是血糖和乳酸改变较明显。安静时,血糖含量为5.6mmol/L;轻劳动时,血糖可保持在稳定水平;中等劳动开始时,血糖稍降低,随即从肝脏动员较多糖原,可使血糖维持较高水平,直至作业停止后一段时间;若劳动强度过大或持续时间较长,或肝糖原肝贮备不足,则可出现血糖过低,当降至正常值一半时(2.8mmol/L),即



表示糖原储备耗竭而不能继续劳动。人体内糖原贮量为 300~400g,其中一半在肝脏。如作业时氧需为 1.5L/min,则持续作业 4~6 小时就能引起糖原耗竭。

(2)安静时:血中乳酸 10~15mmol/L,中等强度劳动仅开始时乳酸略增高,其后乳酸量一般不再增加,大强度作业时,乳酸含量可增至 100~200mmol/L 或更高。

(三)呼吸系统

1. 呼吸频率 作业时,呼吸功能相应发生变动。每分钟呼吸次数随体力劳动强度加大而增加,重劳动可达 30~40 次/min,极大强度劳动时可达 60 次/min。肺通气量也随着劳动强度增大而增大,由安静时 6~8L/min 增至 40~120L/min 或更高。经常锻炼者主要靠增加肺活量来适应,缺乏锻炼者则靠呼吸次数维持。静力作业时,呼吸浅而少,疲劳时呼吸变浅且快,但都不能保证氧的供应。停止劳动后,呼吸频率恢复较心率、血压快。

2. 供氧能力 1L 血能供给组织 120ml 氧,心脏最高输出量为每分钟 35L 时,则供组织 4.2L 氧,相当于有良好锻炼者的氧上限。因为空气给予血液的氧为空气量的 5%~6%,所以摄取 4.2L 氧必须有 70~84L 空气通过肺。而经常锻炼者最大通气量为 120L/min 或更高,远超过摄取 4.2L 氧所需的空气量。因此,决定氧上限的主要因素是心血管系统的功能。

(四)排泄系统

1. 肾 人一昼夜排尿量为 1.0~1.8L。而食物性质、饮水量、气象条件、劳动强度、年龄、性别等均对其排尿量有较大影响。由于体力劳动时腹腔血管收缩,汗液分泌增加及血浆中水分减少等原因,劳动时和其后一段时间内尿量减少达 50%~90%,尿液成分变动也较大,乳酸含量可从 20mg/h,增至 100~1300mg/h,这在维持体内酸碱平衡方面起着重要作用。

2. 汗腺 排汗具有调节体温与排泄的双重功能。体力劳动时,汗中乳酸含量较多。

(五)体温

体力劳动时及其后一段时间内体温升高,以利于全身各器官系统活动的进行。体温升高多少与劳动强度、持续时间及外界气温、湿度等因素有关。一般认为,正常劳动体温不应超过安静时的 1℃,否则人体不能适应,劳动不能持久进行。

第二节 作业类型与劳动负荷评价

评价劳动负荷,首先要明确劳动的概念。目前,职业卫生学认为劳动是人为了一定目的而从事的一切活动。

一、劳动和作业类型的划分

传统上把劳动分为脑力劳动和体力劳动,事实上,任何劳动都包含脑力劳动和体力劳动。现代职业生理学的劳动或作业类型的区分日趋深入细致。

(一)劳动类型

根据各种劳动任务对人的不同要求可划分为:所有要求生产力的活动可归纳为能量性劳动,而要求处理信息的劳动为信息性劳动,但这两类劳动无明确的界限。目前,根据劳动任务对人的要求,以及所涉及的器官与功能,进一步区分为肌力式、感觉运动式、反应式、综合式及创造式劳动(表 1-3)。



表 1-3 劳动的分类

劳动种类	能量性劳动(产生和付出体力)			信息性劳动(加工和产生信息)	
劳动形式	肌力式劳动	感觉运动式劳动	反应式劳动	综合式劳动	创造式劳动
劳动任务的特点	付出体力,即机械做功意义上的劳动	手臂精准地活动,体力此时已不重要	吸收和加工信息,有时做出反应	吸收和加工信息,转换为另一种信息并交付出去	产生信息并在一定时候交付出去
劳动任务涉及的主要器官	肌肉、肌腱、骨骼、循环、呼吸	肌肉、肌腱、感官	感官(肌肉)	感官、脑力	脑力
举例	搬运、铲沙子	流水线装配、驾驶	警卫、监控	编程序、语音翻译	发明、解决问题

能量性劳动到信息性劳动的过渡实际上是它涉及的主要器官或功能由肌肉、骨骼、呼吸和循环系统到注意、思维和决定能力的一个过程。劳动类型尚有其他划分方法,以上仅为其中一种。

(二)作业类型

依据职业生理的研究,以肌肉收缩状况、参与劳动肌肉量的多少,以及是否做功等将作业分为几种作业类型。

1. 静态作业 是主要依靠肌肉等长收缩来维持体位,使躯体和四肢关节保持不动时所进行的作业,又称静力作业。如抬着重物站在原地不动等。在劳动中,静态作业所占的比重与劳动的姿势(支持重物、把持工具、紧压加工物件等)及熟练程度有关。任何作业均含有静力成分,它可随着劳动姿势的改变、操作的熟练与工具的革新而减少。静力作业的特征是能量消耗水平不高,但却容易疲劳。静力作业时,即使劳动强度很大,氧需也达不到氧上限,通常不超过1L。但在作业停止后数分钟内,氧消耗不会像动态作业时那样迅速下降,而是先升高,然后再逐渐降到原来水平,这称为 Lingard 现象(图 1-2)。Lingard 认为,动态作业时,肌肉收缩与舒张交替出现,能促进肌肉的血液循环。而在静态作业时,由于工作肌群呈持续紧张状态,压迫小血管,使血流发生障碍。肌肉在供氧不足的情况下,无氧分解产物不能及时清除而积聚起来,形成氧债。当静态作业停止后,血循环恢复,立刻开始补偿氧债,故呈现作业后氧消耗反而升高的现象。从物理学的角度出发,静态作业时人并没有做功,参与作业的肌群随机,数量不定。

2. 动力作业 即动态作业,主要靠肌肉的收缩使肌张力保持不变(等张性收缩),运用关节的活动来进行的作业。以物理学的观点看,它是做功的劳动,可分为重动力作业和反复性作业。参与重动力作业的多是大肌群,因此其特点之一是能量消耗高。反复性作业又称轻动态作业,参与作业的是一组或多组小肌群,其量小于全身肌肉总量的 1/7,肌肉收缩频率高于 15 次/min。例如,操作键盘输入汉字,手指击键可高达 100 次/min 以上,频繁收缩活动的小肌群能耗不高却容易疲劳甚至受伤。

3. 高抬举作业 含有静力成分,工作肌肉血液输送不足;随着工作肌与心脏的垂直距离增加,静水压升高,导致心血管高度应激,工作肌乃至全身易疲劳。例如,手上举焊接、紧固螺丝和打孔等。