

# 穿着两种不同防护服装训练对消防员机能影响的对比分析

谢春龙 逢 聪

(公安部上海消防研究所 上海 200438)

**摘要:** 本文对 16 名消防员分别穿着全密封化学防护服和隔热防护服进行 1000m 长跑训练时采集到的心率、血乳酸值和主观感觉值等数据进行对比分析, 并对造成差异的原因展开分析。

**关键词:** 消防员 防护服装 运动强度 训练

## 1 前言

消防员个人防护装备对于有效地抵御各种灾害或事故现场中有害物质和外力对消防员的伤害, 保护消防员的人身安全, 增强消防员的战斗力, 充分发挥消防技术装备的各种功能, 及时有效地处置各种灾害事故, 起到了极其重要的作用。然而, 消防员个人防护装备在为消防员提供安全保护的同时, 由于本身的重量、材料、特殊结构和对消防员生理状态的改变, 也将会对消防员产生额外地负担, 直接影响到消防员的作战效率, 在某些情况下甚至会对消防员的职业安全与健康造成威胁。

目前, 我国消防部队常常结合消防员个人防护装备对消防员开展训练, 它一方面可以让消防员适应在穿着个人防护装备作业时的特殊应激, 进行耐受能力的锻炼, 另一方面可有效地锻炼消防员的体

能, 包括有氧和无氧做功能力。但是, 由于此类训练方法容易造成消防员较高的生理应激, 如制定的训练方案不合理或者不了解消防员个体当时的身体状况, 容易引起训练中各类伤亡事故的发生。

全密封化学防护服、隔热防护服和正压式消防空气呼吸器均是消防员个人防护装备中的重要装备, 在消防员执行灭火救援任务中发挥着重要作用, 因此有必要了解穿着这几种装备作业时对消防员机能状态的影响。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

本研究选取上海公安消防特勤支队 16 名消防员作为研究对象, 要求消防员身体健康, 无代谢类及心血管疾病。研究对象的基本情况见表 1。

表 1 研究对象的基本情况

人数 n	年龄 age	身高 cm	体重 kg	体脂率 %	安静心率 b/min	兵龄 year
16	21.7 ± 2.4	171.3 ± 5.1	65.2 ± 6.9	13.3 ± 4.2	65.0 ± 5.6	2.8 ± 2.1

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 训练方案设计

本研究共有两种训练方案，方案一是消防员穿着全密封化学防护和正压式消防空气呼吸器进行1000米长跑训练，见图1。方案二是消防员穿着隔热防护服、正压式消防空气呼吸器和灭火防护胶靴进行1000米长跑训练，见图2。两种方案均要求消防员尽全力完成，训练结束后静坐休息10分钟。同时要求所有消防员穿着的防护装备品牌型号统一，两种方案中消防员穿着的个人防护装备基本信息见表2。另外要求消防员在实验开始前的24h内未参加任何激烈运动，未食用任何含咖啡因的饮料，同时消防员在整个实验过程中不能饮水。每次训练方案均在午饭2小时后开始，之前首先测试场地环境的温湿度，两种方案测试时间间隔为一周。



图1 方案一训练



图2 方案二训练

表2 消防员穿着的个人防护装备基本信息表

	防护装备名称	品牌/型号	重量 kg	总重量 kg
方案一	全密封化学防护服	TRELL CHEMRHPS	6.8	17.9
	正压式消防空气呼吸器	依格 ERPP-20B/223QT 6.8L	11.1	
方案二	隔热防护服	鸿宝	3.3	16.5
	灭火防护胶靴	双钱 RJX	2.1	
	正压式消防空气呼吸器	依格 ERPP-20B/223QT 6.8L	11.1	

### 2.2.2 测试指标及方法

#### 2.2.2.1 心率

心率采用芬兰产松拓 suunto T6 系列心率表全程采集，运用心率表自带 Training Manager 软件，分别统计分析出两种训练方案中的平均心率、最大心率百分比、最高心率、休息10分钟后的恢复心率。

#### 2.2.2.2 血乳酸

血乳酸采用美国金泉 YSI 1500 SPORT 乳酸测试仪测试，采血时间为实验前、训练结束后第1分钟、训练结束后第5分钟、训练结束后第10分钟共4个时相。

#### 2.2.2.3 主观感觉量表

本研究共选取了三种主观感觉量表，分别是主观体力感觉等级 (RPE)、热感量表、呼吸感觉量

表。在每次进行测试之前，向所有消防员讲解量表中每个等级文字的意义，强调表中每一个等级反映的是本人对正在运动的强度的感觉。随后消防员在训练结束后即刻，在实验人员的指导下填写各量表。

### 2.2.3 统计学方法

本研究中的全部数据采用 SAS 8.1 软件包进行统计分析，数据采用均数和标准差表示，运用的统计方法主要有描述性统计、方差分析、T 检验等，显著性水平定义为  $P < 0.05$ ，非常显著性水平定义为  $P < 0.01$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 心率指标比较

本研究中两种方案的心率指标统计结果见表3。

表 3 两种方案心率指标统计结果

	环境 温/湿度	耗时 S	心率			
			平均心率 b/min	最大心率百分比 HRmax%	最高心率 b/min	恢复心率 b/min
方案一	26℃/18%	444.6 ± 30.6	176.6 ± 5.2	89.0 ± 2.8	189.9 ± 6.2 **	107.6 ± 8.0
方案二	27℃/50%	315.2 ± 21.3	175.1 ± 5.3	88.3 ± 2.7	186.6 ± 4.4 **	108.1 ± 9.9

注：\*表示  $P < 0.05$ ，\*\*表示  $P < 0.01$

另外两种方案的心率频数分布情况见图 3。

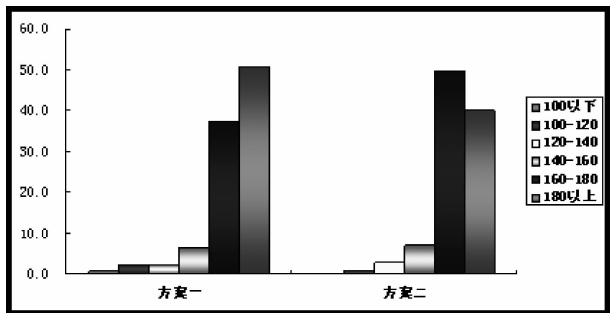


图 3 两种方案中的心率值分布频数图

本研究发现，在方案一训练中，不少消防员的最高心率接近甚至超过了根据其年龄推算的最大心率值（最大心率值 = 220 - 年龄），个别消防员的最高心率甚至达到了 203b/min，由此提示，消防员机体处于非常高的应激水平。

### 3.2 血乳酸值比较

本研究中两种方案血乳酸值统计结果见表 4。

表 4 两种方案血乳酸值统计结果

	血乳酸 mmol/L			
	训练前	训练结束后 第 5 分钟	训练结束后 第 5 分钟	训练结束后 第 10 分钟
方案一	0.85 ± 0.19	8.09 ± 0.51 **	6.97 ± 0.53 *	5.84 ± 0.51
方案二	0.88 ± 0.17	7.66 ± 0.47 **	6.65 ± 0.62 *	5.59 ± 0.58

注：\*表示  $P < 0.05$ ，\*\*表示  $P < 0.01$

### 3.3 主观感觉比较

本研究中两种方案主观感觉问卷的测试统计结果见表 5。

表 5 两种方案主观感觉问卷测试结果

	主观感觉分值		
	RPE	热感	呼吸感觉
方案一	16.4 ± 1.9 *	6.8 ± 0.7 *	4.1 ± 1.4
方案二	15.5 ± 2.9 *	6.4 ± 0.6 *	4.1 ± 1.5

注：\*表示  $P < 0.05$ ，\*\*表示  $P < 0.01$

## 4 讨论

### 4.1 运动强度

运动强度包括两个概念：负荷强度与负荷量。负荷强度是指单位时间内机体所承受的负荷刺激。负荷量等于负荷强度与时间乘积之和。负荷强度的不同，对机体的影响也不同。

在本研究中选取心率和血乳酸作为评价运动强度的客观指标，心率既可反映基础代谢的状态和水平，又能反映运动时内脏器官及供氧系统的动员程度和水平。除去环境、心理刺激或疾病等因素，心率和运动强度之间存在线性关系。另外，在正常情况下，机体乳酸的生成和消除处于动态平衡中。运动时血乳酸浓度变化与运动强度有关，运动后血乳酸值升高幅度大，表示运动强度大。而主观指标选取 RPE 等级量表，这是源于主观体力感觉与工作负荷、心率、耗氧量、乳酸、激素等有着密切的联系，RPE 等级量表是目前被广泛应用的一种简易而有效的评价运动强度和医务监督的方法。

在本研究的两种训练方案中，运动平均心率和最大心率百分比均无显著性差异，但从心率值分布频数可看出，方案一中运动心率在 180b/min 以上达到了 50.8%，超过了方案二的 40%，同时两组间的最高心率存在显著性差异，另外两组间训练结束后第 1 分钟的血乳酸值也存在显著性差异，说明方案一的运动强度大于方案二。从主观指标 RPE 值来看，方案一和方案二分别达到了 16.4 和 15.5，虽然对应的感觉等级一样为“辛苦”，但两组数值间存在显著性差异。综合分析，本研究认为造成此差异的因素有以下几点：

1) 从负重量来看，方案一中的装备重量为 17.9kg，方案二中的装备重量为 16.5 kg，方案一要大于方案二；

2) 从最大心率百分比来看，方案一和方案二的负荷强度相当，为 88% ~ 89%，但方案一的耗

时要大于方案二；

3) 全密封防护服相比隔热防护服的适体性更差,对消防员的行动影响更大,造成额外的生理负担；

4) 全密封防化服相比隔热防护服而言,造成消防员机体与外部环境更深程度地隔绝,消防员产生的生理热得不到有效地散发,在消防员人体与服装间形成了局部的湿热环境,造成消防员更高的热应激。

#### 4.2 恢复状况

本研究的两种方案中,消防员进行 10 分钟的静坐休息后,心率分别恢复到 107.6b/min 和 108.1b/min,组间对比无显著性差异,而血乳酸值分别恢复到 5.84 mmol/L 和 5.59 mmol/L,组间对比也无显著性差异,说明消防员在经过两组训练方案休息 10 分钟后,心率和血乳酸均恢复到同一水平的状态,但心率的下降速率明显快于血乳酸的下降速率,提示在心率恢复很快的情况下,机体血乳酸可能仍然处于较高的水平,如此时再次安排高强度的训练,将造成消防员体内血乳酸的堆积,容易造成消防员的疲劳状态。此时应延长消防员的休息时间,或可安排消防员进行一些低强度的有氧训练,有助于其机体内血乳酸的清除。

#### 4.3 热感和呼吸感觉

消防员个人防护装备给消防员带来的生理影响主要体现在热应激,而热应激除了可以通过一些生理生化指标反映之外,也可以通过个体的主观感受来反映,常用的方法就是测量量表。本研究中两种方案的热感值为 6.8 和 6.4,虽然对应的感觉等级均为“热”,但两组间数值存在显著性差异,说明消防员在进行方案一的训练中承受着更高的热应激。

消防员在穿着个人防护装备作业或训练时,除感受到热应激外,还常常伴随着呼吸感觉的改变,

表现在呼吸频率加快、感觉缺氧等方面,尤其是在湿热环境下和佩戴呼吸防护装具时,因此可通过测量量表来反映个体的主观感受。本研究两种方案的呼吸感觉值均为 4.1,对应的感觉等级为“感觉呼吸困难”,组间数值对比无显著性差异,说明消防员在进行该两种方案训练时的呼吸感觉相同。在消防员的日常训练中,应当强化消防员进行佩戴空气呼吸器的适应性训练,同时要求消防员掌握正确的呼吸方式。

## 5 小结

如何开展消防员的科学训练成为了当前消防部队亟须解决的工作难点之一,既要保证训练的效率和成果,又要最大限度地保障消防员的人身安全。在我国消防部队,消防员战训中的伤亡事故时有报道,常见的病例有虚脱、中暑、热衰竭、热中风等,尤其是在消防员长时间执行高强度、高负荷的作业时。因此,了解消防员在穿着各种个人防护装备进行训练或作业时的应激程度,有助于为今后我国消防部队科学训练提供指导,同时也为消防部队合理配置消防员个人防护装备及战术制定等方面提供理论依据。

## 参考文献

- [1] Andrew J. Young, Michael N. Sawka, Yoram Epstein et al. Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise—Microclimate cooling during upper and lower body exercise Report, Natick, MA: US Army research Institute of Environmental Medicine and US Army Natick research, Development and Engineering center, 1987
- [2] William P. Morgan, Peter B. Raven. Prediction of Distress for individuals wearing industrial respirators [J]. Am. Ind. Hyg. Assoc. J, 1985, 46 (7): 363—368