

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.01272

• 研究简报 •

湿热环境训练中人体血压、心率变化的功能评价

Changes of blood pressure and heart rate during training in hot and humid environment: a functional evaluation

张雷, 房晓, 雷德桥, 包藏春*

第二军医大学基础部军事体育学教研室, 上海 200433

[关键词] 湿热环境; 训练; 收缩压; 舒张压; 心率

[中图分类号] R 122 [文献标志码] B [文章编号] 0258-879X(2010)11-1272-03

21世纪是人类向海洋要资源的世纪。南中国海地区藏有丰富的石油天然气资源,已探明的综合资源在世界位于第四^[1]。随着我国在南中国海开发工作的开展,需要更多的人员前往该地区进行建设。然而,南中国海极端恶劣的环境(根据23年汇总的权威气象数据显示,其气温最大值39℃~46.3℃、平均26.28℃~29.24℃,湿度最大值100%~101.8%、平均79.12%~82.32%)却阻碍了开发的进程。湿热环境下人的出汗为无效性汗分泌,即汗液的分泌量很大,蒸发却很少,从而造成带走热量减少的同时身体失水。在这种环境下,人的体液减少,微量元素丢失;耗能增加,供氧供能不足;食欲减退,人体营养不良;呼吸浅快,机体供氧不足;反应迟钝,动作出错增多,各种生理功能下降^[2],最终导致作业能力降低。为此,我们必须积极开展湿热环境下的适应性训练,减少环境带来的不良影响。在进行大规模人群训练前,把握人体湿热环境下训练的生理变化至关重要,只有这样,才能保证训练的安全。

理想的安全指标应该包含以下特点:(1)易于测量;(2)特异性好;(3)敏感性高,能反映人体的即时变化。血压、心率作为反映心血管功能的基础指标具有上述特点。运动生化中提出,可以通过心率把握运动强度。而血压更是可以及时准确评价机体血循环状况,用于确定是否能继续参与训练。体温作为另一个常用的安全指标,具有把握机体负荷的特点,根据文献^[3]报道,肛温39.5℃,平均体温37.7℃为生理安全上限。本研究每次的实验均保证受试者体温处于安全阈值内。

本次实验以某校30名健康男性志愿者为测试对象,予高温运动生理习服训练9次,观测每次训练前后血压、心率变化情况,探讨人体在湿热环境下的变化规律。

1 材料和方法

1.1 受试者的选择 选取30名18~23岁的男性志愿者作

为受试对象,经体检均为健康者,经体能测试均为合格者。

1.2 场地与设施 模拟环境实验室面积123 m²、层高3 m,可同时容纳40人训练。环境制热:采用地面、墙体电加热辐射与顶部光照的方法,设计最高温度46℃,多处分层温度探测器,可控制环境温度稳定在设定的范围内。环境加湿:由电锅炉将蒸汽从管道输送至实验室,根据传感器显示的湿度,通过阀门调节可控制实验室湿度,设计最大湿度90%。常温环境,由3台4匹空调将环境温度精确控制在20℃。实验室内安装有二氧化碳报警探测、环境气体交换和室内气体对流装置等,配有休息室和医疗护理室,以保证人员安全,防止事故发生。

1.3 实验过程 在训练中,如操之过急,相当于将受试者处于急性热暴露下,会出现急性热损伤。故综合考虑科研经费、受试人员安排等客观原因,我们决定按照循序渐进的原则,将环境温度和湿度间歇提高,最终使得末次训练环境负荷接近南中国海地区的平均水平,进行了9次训练。具体实验过程如表1。

表1 训练安排表

训次	温度 $\theta/^\circ\text{C}$	湿度 (%)	训练内容
1	37	40	徒手踏步 40 min, 徒手快走 10 min
2	38	50	徒手踏步 40 min, 徒手快走 10 min
3	38	60	徒手踏步 40 min, 徒手跑 10 min
4	38	65	徒手踏步 40 min, 徒手跑 10 min
5	38	70	徒手踏步 40 min, 徒手跑 10 min
6	38	75	徒手踏步 40 min, 负重走 10 min
7	38	80	徒手踏步 40 min, 负重走 10 min
8	39	80	徒手踏步 40 min, 负重快走 10 min
9	40	80	徒手踏步 40 min, 负重快走 10 min

其中,徒手踏步为踏步机上做中速的腿部蹬踏动作。徒

[收稿日期] 2010-04-20 [接受日期] 2010-08-30

[基金项目] 新药创制重大专项课题(2008ZXJ09009-002), Supported by New Drug Innovation Special Projects of China(2008ZXJ09009-002).

[作者简介] 张雷,第二军医大学临床医学专业八年制2005级学员, E-mail: ra_eagle@hotmail.com

* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 021-81871066, E-mail: byc1958@yahoo.cn

手快走为跑步机上做中速走步运动。徒手跑为跑步机上做中速跑步运动。负重走为跑步机上负重 20 kg 做低速走步运动。负重快走为跑步机上负重 20 kg 做中速走步运动。

1.4 数据采集和统计学处理 本次试验全部循环数据均使用仪器欧姆龙智能电子血压计(HEM-6011)采集。时机:在跑步机训练刚结束时;方法:测量左上臂肱动脉,其部位与心脏同高;要求:专人专机。参与检测人员及数据录入人员均不参与试验组织与设计;两次计量资料采用配对 t 检验,分析人员训练前后的收缩压、舒张压及心率变化。

分析舒张压的变化与人体负荷的相关性,统计量为 F , 当对应 $P < 0.05$ 时,进一步计算直线回归方程。其中,人体在湿热环境下受到的热负荷使用 BHSI 表示。BHSI^[4] 的计

算公式如下:(1)平均皮肤温度($^{\circ}\text{C}$) = $0.07 \times \text{额温} + 0.05 \times \text{手背温} + 0.5 \times \text{胸温} + 0.18 \times \text{股温} + 0.20 \times \text{腓温}$;(2)平均体温($^{\circ}\text{C}$) = $0.67 \times \text{肛温} + 0.33 \times \text{平均皮肤温度}$;(3)BHSI(kJ/m^2) = $\text{体质量}(\text{kg}) \times 0.83/\text{体表面积}(\text{m}^2) \times \text{平均体温增值}(\text{^{\circ}\text{C}}) \times 4.184$ 。

2 结果

表 2 结果提示,9 次训练前后舒张压和心率差异均有统计学意义($P < 0.000 1$);而收缩压在训练前后有不同程度降低,但有待进一步研究。表 3 结果提示,9 次训练中,舒张压的下降值与热负荷无线性相关性($P > 0.05$)。

表 2 训练前后血压、心率对比

($n=30, \bar{x} \pm s$)

训次	指标	训练前	训练后	t	P
1	收缩压 p/mmHg	119 \pm 9	109 \pm 12	2.00	0.066 9
	舒张压 p/mmHg	79 \pm 7	60 \pm 13	6.88	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	82 \pm 9	151 \pm 13	14.49	<0.000 1
2	收缩压 p/mmHg	122 \pm 9	112 \pm 15	3.67	0.002 5
	舒张压 p/mmHg	79 \pm 6	63 \pm 18	8.34	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	82 \pm 9	144 \pm 18	11.90	<0.000 1
3	收缩压	122 \pm 10	113 \pm 14	2.71	0.016 8
	舒张压	79 \pm 7	62 \pm 13	6.11	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	80 \pm 9	142 \pm 20	9.27	<0.000 1
4	收缩压 p/mmHg	122 \pm 8	113 \pm 12	3.51	0.003 4
	舒张压 p/mmHg	78 \pm 6	60 \pm 10	8.83	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	74 \pm 8	146 \pm 15	16.07	<0.000 1
5	收缩压 p/mmHg	123 \pm 9	115 \pm 13	2.35	0.034 3
	舒张压 p/mmHg	79 \pm 7	62 \pm 10	6.25	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	78 \pm 10	152 \pm 13	19.64	<0.000 1
6	收缩压 p/mmHg	123 \pm 12	112 \pm 14	2.18	0.048 6
	舒张压 p/mmHg	77 \pm 7	61 \pm 11	6.43	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	76 \pm 10	149 \pm 16	21.69	<0.000 1
7	收缩压 p/mmHg	120 \pm 8	113 \pm 11	4.04	0.001 2
	舒张压 p/mmHg	78 \pm 8	60 \pm 11	7.94	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	78 \pm 10	146 \pm 14	16.22	<0.000 1
8	收缩压 p/mmHg	120 \pm 8	115 \pm 11	1.52	0.151 0
	舒张压 p/mmHg	75 \pm 5	61 \pm 10	7.22	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	76 \pm 7	147 \pm 19	16.06	<0.000 1
9	收缩压 p/mmHg	119 \pm 9	110 \pm 7	3.38	0.004 5
	舒张压 p/mmHg	74 \pm 7	62 \pm 8	7.96	<0.000 1
	心率 f/min^{-1}	74 \pm 8	122 \pm 15	24.03	<0.000 1

1 mmHg=0.133 kPa

3 讨论

3.1 收缩压的降低 实验结果提示,收缩压有不同程度的降低,但是结果离散性大,其差异性有待更大样本的资料验证。根据文献^[5]报道,我国青壮年工作时的收缩压随着工作负荷的增加而增加。体力活动强度大的作业,收缩压可能升

高 60~80 mmHg。但是在我们的实验中,收缩压均有所下降,但下降幅度不明显。机制可能为:在湿热环境这种极其特殊的环境中,人体的外周小血管大量开放,从而使得机体有效循环血容量^[6]减少,导致收缩压降低。但是同时,机体在湿热环境中,为适应散热和供氧的双重需要,交感神经兴奋。此时,内脏血管收缩,血液重新分配;心脏活动增强,心

肌收缩频率和密度增加,糖原分解加快,使心肌耗氧量增加,提高了心输出量,从而提高射血分数^[2]。两者互相抵消,从而使得收缩压仍然维持在一个相对平稳的水平,保证机体的

供血供氧,为机体在湿热环境下作业提供保障^[7]。这同时提示当训练中收缩压下降过大时,可能提示负荷较大,需关注训练安全。

表 3 训练前后舒张压变化与人体热负荷相关关系

(n=30, $\bar{x} \pm s$)

训次	舒张压变化值 p/mmHg	BHSI (kJ/m ²)	F	P
1	19±14	226±81	0.36	0.551 0
2	15±18	141±87	1.25	0.274 0
3	17±14	143±91	3.37	0.077 0
4	18±12	146±75	0.00	0.951 8
5	16±14	152±73	0.71	0.405 4
6	17±13	164±69	1.09	0.306 9
7	19±14	183±92	0.88	0.355 2
8	14±11	219±68	0.07	0.788 8
9	13±9	107±56	0.49	0.491 1

BHSI: 热负荷

3.2 舒张压的降低 文献^[5]报道,我国青壮年工作时,舒张压的变化不明显。这可能的机制为正常环境下工作时由于肌肉活动,使得静脉血回流增加,从而使舒张压基本保持不变。但是在湿热环境下,人体丢失水分量非常大^[8],有效循环血容量减少较为明显;加之湿热环境下,外周小血管扩张,热刺激时皮肤血流量可达 4.2 L/min,甚至达 6~11 L/min,使得体内外周血管阻力下降。这两者共同作用,共同促使了舒张压的降低^[7]。在我们的实验中,出现的最低舒张压为 41 mmHg,当时及时询问相关感受,并留置观察,未予任何处理,未发生任何不适。实验表明,在湿热环境训练中人体的生理变化完全不同于常温下的情况,出现如此之低的舒张压亦在正常范围之内。

另外,舒张压的降低与机体的负荷没有线性关系。舒张压反映的是后负荷,决定后负荷主要决定因素为外周血管阻力、动脉血管的顺应性或弹性、血容量及血液黏滞度^[9]。可能原因有:(1)用 BHSI 表示热负荷,更多地体现了人体温度的负荷,而人体温度本身和外周血管阻力、有效循环血容量减少可能并无线性关系。(2)在超过 37℃、湿度为 70%以上的极端环境中,人体的水分丢失量极为巨大,人体血液已经

过度浓缩,超出了与热负荷的对应关系区间。(3)本实验的样本量仍不够大,需要更大样本量消除偶然因素。

3.3 心率的加快 心率加快是由于机体在应对大强度负荷下的过程中通过各种神经、体液调节机制而调动心力储备的必然应对。应当注意的是,当心率低于 180 次/min 时,心输出量随着心率加快而增加,而当心率大于 180 次/min 时,心输出量由于舒张期过短,回心血量不足反而下降^[7]。我们做的 9 次试验中,心率均值均未超过 180 次/min,提示受训人员仍有心力储备,表明循序渐进的训练方法对提高受训人员的心力储备有着积极的意义。

(志谢 感谢第二军医大学生理学教研室王伟忠教授和第二军医大学卫生勤务学系卫生统计学教研室陆建副教授的帮助!)

[参考文献]

[1] 张 杰,金之钧,张金川. 中国非常规油气资源潜力及分布[J]. 当代石油石化,2004(10):17-19.
 [2] 邱仞之. 环境高温与热损伤[M]. 北京:军事医学科学出版社,2000:2-8.
 [3] 郭俊生,罗海吉. 军队卫生学[M]. 上海:第二军医大学出版社,2007:316.
 [4] Hall J F, Polte J W. Physiological index of strain and body heat storage in hyperthermia[M]. WADD Technique Report,1961:60-599.
 [5] 刘洪涛. 军事劳动与训练生理学[M]. 北京:军事医学科学出版社,2008:23-24.
 [6] 于布为. 有效循环血容量的概念及其临床监测[J]. 中华医学信息导报,2004(10):19.
 [7] 姚 泰. 生理学[M]. 6 版. 北京:人民军医出版社,2006:170-190.
 [8] 邱仞之,朱受成,胡德泉. 不同补水量对最高耐热限的影响[J]. 工业卫生与职业病,1991(4):36-41.
 [9] 王兆禹,张开宁,王雨平. 健康成人左室后负荷正常变异因素分析[J]. 昆明医学院学报,1997(12):29-33.

[本文编辑] 尹 茶