

DOI:10.3724/SP.J.1008.2013.00063

## 人工湿热环境热习服训练中肛温和综合感受评分的研究

邓元<sup>△</sup>, 党晨珀<sup>△</sup>, 张雷, 刘小冬\*

第二军医大学基础部军事体育学教研室, 上海 200433

**[摘要]** **目的** 研究接受人工湿热环境下热习服训练前后肛温、心率、综合感受评分变化与人体对湿热环境适应改善情况的关系。**方法** 在温度 39.0℃、湿度 80.00% 的湿热条件下, 以某高校 30 名男性健康志愿者为对象, 进行为期 1 周的湿热环境训练和测试, 监测每次训练前后肛温、心率、综合感受评分。对所得数据进行方差分析并做 Tukey 检验, 分别以肛温、综合感受评分为衡量标准计算每次训练后对热环境适应的改善率。**结果和结论** 肛温和综合感受评分对反映热环境适应的改善状况具有一致性。建议将肛温和综合感受评分一同作为判定对湿热环境适应改善的参考标准。不支持将心率作为参考标准, 但仍支持将其与肛温、综合感受评分一同作为安全控制标准。

**[关键词]** 湿热环境; 肛温; 综合感受评分; 心率

**[中图分类号]** R 12 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2013)01-0063-05

### Study on rectal temperature and scores of comprehensive sensation during heat acclimatization training in artificial hot-humid environment

DENG Yuan<sup>△</sup>, DANG Chen-po<sup>△</sup>, ZHANG Lei, LIU Xiao-dong\*

Department of Military Physical Education, College of Basic Medical Sciences, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

**[Abstract]** **Objective** To study the relationship between adaptability improvement to hot-humid environment with the changes of rectal temperature, heart rate, and scores of comprehensive sensation before and after training in hot-humid environment. **Methods** Thirty healthy male university students were trained and tested under a temperature of 39.0℃ and a relative humidity of 80.00% for a week. Their rectal temperature, heart rate, and scores of comprehensive sensation were monitored every time before and after training. The obtained data were subjected to ANOVA analysis and Tukey-tests. The improvement rate of rectal temperature and improvement rate of comprehensive sensation scores were calculated each time after training in hot-humid environment. **Results and conclusion** We found that rectal temperature and scores of comprehensive sensation were consistent in demonstrating the improvement of the adaptability to hot-humid. It is suggested that rectal temperature and scores of comprehensive sensation should be used as reference standards for adaptability improvement to hot-humid environment, and heart rate is not recommended, but the combination of three indices should be used as safety control standard.

**[Key words]** humid hot environment; rectal temperature; comprehensive sensation score; heart rate

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2013, 34(1): 63-67]

近年随着开采技术的进步和陆上油气资源的耗竭, 海洋油气资源的开发逐渐引起人们重视。我国南海地区蕴藏着丰富的石油和天然气资源<sup>[1]</sup>, 但是由于其极端的环境因素(南海南部海区年平均气温

值 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ , 气温年较差 $\leq 2.30^{\circ}\text{C}$ , 总平均相对湿度 83.95%<sup>[2]</sup>)会使人体各种生理功能下降<sup>[3]</sup>, 多年来我国对该地区的开发进展缓慢。随着对南海的开发, 必将需要更多的人员前往该地区, 如何保证人员

**[收稿日期]** 2012-06-29 **[接受日期]** 2012-10-08

**[基金项目]** 第二军医大学重大教学课题(JYA2009002)。Supported by Major Teaching Project of Second Military Medical University (JYA2009002)。

**[作者简介]** 邓元, 第二军医大学 2007 级临床医学专业八年制学员。E-mail: dymrsd@126.com; 党晨珀, 第二军医大学 2007 级临床医学专业八年制学员。E-mail: dangchenpo@126.com

<sup>△</sup>共同第一作者(Co-first authors)。

\* 通信作者(Corresponding author)。Tel: 021-81871066, E-mail: lxd123789@163.com

的安全、提高劳动效率是当下急需解决的问题。为此,我们需要在科学的指导下合理地进行湿热环境的适应性训练,以减少恶劣环境带来的不良后果。

对于湿热环境的习服现阶段主要靠训练来实现,因此受训者的安全和训练的效果十分重要,但目前尚无统一的标准来反映习服状况,实践中多采取肛温、心率、血压、出汗率、自我感受等多种指标联合检测,然而在实际集训时,要对众多指标同时进行检测是不切实际的。本次试验以某高校 30 名男性健康志愿者为对象,进行了为期 1 周的湿热环境训练和测试,监测每次训练前后各项生理指标的变化情况,探讨人体在湿热环境下的习服规律,为选择合适的习服状况检测指标提供依据。

### 1 材料和方法

本次试验训练前,对受试者进行了严格的检查和测试,经体检均为健康者,经体能测试均为合格者,并对其进行了充分的告知,与之签署了知情同意书;对训练器材的使用都进行了指导,确保每名受试者都能正确使用。本试验主要检测的指标(肛温、综合感受评分、心率)均由经过培训的实验员进行测量和记录。

1.1 场地与设施 模拟环境实验室面积 123 m<sup>2</sup>、层高 3 m,最多可同时容纳 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,设计最高温度为 46.0℃,设有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,通过阀门调节控制实验室湿度,设计最大湿度为 90.00%。常温环境,用空调将环境温度精确控制在 20.0℃。训练和测试设备主要包括踏步机、小功率自行车、大功率自行车、WSC-411 数字温度计、欧姆龙智能电子血压计等。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,可以保证人员安全,防止事故发生。

1.2 受试者选排 本次试验选取某高校 30 名 18~24 岁的健康男性志愿者作为受试对象。受试对象平均年龄(21.3±1.1)岁,平均身高(171.8±5.1) cm,平均体质量(64.0±7.6)kg,衣着均为短裤短袖,胶底运动鞋,着薄袜。试验期间受试者饮食规律、良好,睡眠充足,未患任何疾病。

1.3 检测指标 本次试验主要关注的检测指标为

肛温、心率和综合感受评分。肛温由 WSC-411 数字温度计(广州红星仪器有限公司)的传感器插入肛门约 12 cm 进行测定,取 3 min 内最高温度;综合感受评分由受试者填写问卷、配合专业人员进行评估;心率使用欧姆龙智能电子血压计 HEM-6011 测定。

综合感受评分表依据中华人民共和国国家职业卫生标准(GBZ41-2002)职业性中暑诊断标准制定,除日期、温度、湿度、组别、受试者姓名、编号等基本信息外,评分表中主要包括中暑前症状、轻度中暑、重度中暑 3 种状态和相应的症状(表 1)。实验员在填写表格时,先判断受试者处于何种状态,再优先勾选相应症状。

表 1 综合感受评分表的 3 种状态和相应症状

Tab 1 Three statuses and relevant symptoms of scores of comprehensive sensation

Before heatstroke	Light heatstroke	Serious heatstroke
High temperature	Fever	Hyperpyrexia
Sweat	Flused	Coma
Thirsty	Dyspnea	Headache
Headache	Burning	Numb
Dizzy	Pale	Vertigo
Tinnitus	Nausea	Obnubilation
Dyspnea	Vomit	Delirium
Palpitation	Sweat	Disorientation
Fidgety	Skin cold clammy	Paralysis
Weakness	Decrease of blood pressure	Stop sweat
Lassitude	Fast pulse	Dry
Inattention		Burning
Asynergy		

1.4 试验过程 根据先期训练经验和实际情况制定训练内容和训练时间,每天的训练内容与训练时间相同。训练内容:湿热环境静坐 15 min、踏步机徒手踏步 15 min、小功率自行车骑行 15 min、大功率自行车骑行 15 min,每次训练时间共计 1 h,1 周连续训练 7 次,湿热环境的温度控制在 39.0℃、湿度控制在 80.00%。要求受试者在踏步机上跟随实验员一同做相应的动作,在小功率自行车和大功率自行车上运动时,在能骑满 15 min 的前提下尽力骑,如有不适及时提出;要求实验人员及时测量数据,密切关注受试者的身体体征和一般状况,发现有不适者及时做好安全保障。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 11 统计软件,用随机区组的方差分析及 Tukey 检验来判别不同训练日期

所得的试验数据(肛温、心率、综合感受评分)有无差别。根据文献,以受训后平均肛温下降 $0.6^{\circ}\text{C}$ 左右<sup>[4-7]</sup>或综合感受评分的下降作为受试者对湿热环境适应有改善的判断标准,分别计算每天的改善率(达到改善标准者占总人数的百分比),即以肛温为衡量标准所得改善率(improvement rate of rectal temperature, IRRT)和以综合感受评分为衡量标准所得改善率(improvement rate of comprehensive sensation score, IRCS),对 IRRT 和 IRCS 分别与受训日期进行线性回归分析,得出两者的回归直线,再对两者的回归直线进行斜率和截距的比较,来判断两直线之间的关系。检验水平( $\alpha$ )为 $0.05$ 。

## 2 结果

2.1 试验完成情况 本次受试人员共30人,数据完整记录者28人,有2人由于自身原因未能完整完成试验。

2.2 受试者训练后肛温、心率和综合感受评分的变化 通过对所测得的肛温、心率和综合感受评分的数据进行方差分析并做 Tukey 检验,结果显示:肛

温在第7天训练后( $38.3 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ )与第1天训练后( $38.7 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ )相比差异有统计学意义( $P=0.001$ ),平均下降了 $0.4^{\circ}\text{C}$ ,而在第6天训练后与第7天训练后之间差异无统计学意义;心率在第1~第7天训练后变化均不明显,差异均无统计学意义( $P>0.05$ );综合感受评分在第7天训练后( $4.7 \pm 2.3$ )与第1天训练后( $7.1 \pm 3.0$ )相比差异有统计学意义( $P=0.004$ )。见图1。

2.3 IRRT 和 IRCS 与受训日期的线性回归分析结果 以肛温和综合感受评分两种标准所计算得到的改善率(IRRT 和 IRCS)都随训练日期显示了相同的上升趋势。将 IRRT 和 IRCS 分别与受训日期进行线性回归分析,通过分析得出 IRRT 直线为  $Y=6.122+4.719X$  ( $R^2=0.789, P<0.05$ ), IRCS 直线为  $Y=5.612+5.995X$  ( $R^2=0.696, P<0.05$ ),可以认为 IRRT 和 IRCS 均与时间存在线性关系。对两直线进行斜率和截距的协方差分析,通过  $F$  检验,  $P_{\text{斜率}}=0.554, P_{\text{截距}}=0.296$ ,可以认为两条直线的斜率和截距均无明显差异。见图2。

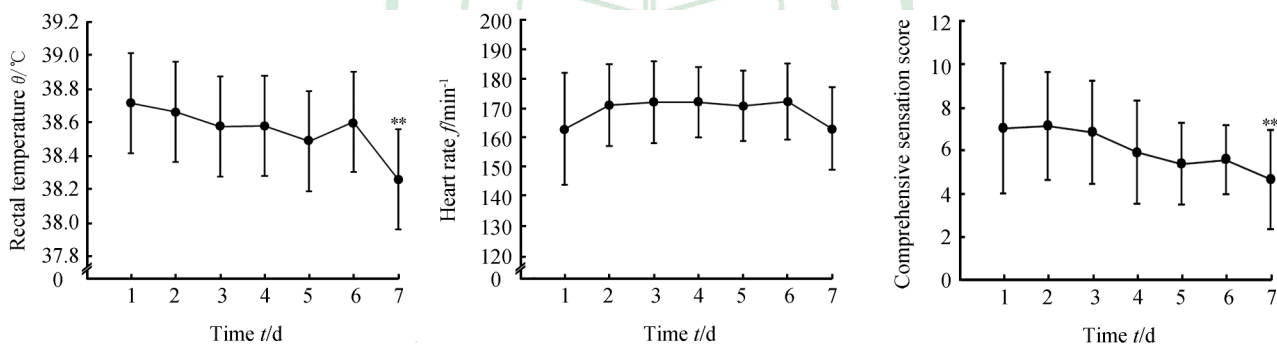


图1 受试者训练后肛温、综合感受评分及心率变化

Fig 1 Changes of rectal temperature, score of comprehensive sensation and heart rate after training

\*\*  $P<0.01$  vs day 1.  $n=28, \bar{x} \pm s$

## 3 讨论

文献表明以往曾采用出汗率、心率、血压的变化来判断是否达到热习服<sup>[8-12]</sup>,近年来越来越多的研究认为肛温的下降是判断是否达到热习服的一个比较可靠的指标,也有一些研究者在应用各种量表对自我感受进行评分研究后,认为自我感受评分的下降或对于环境不适感觉的减轻,亦是热习服训练中的普遍规律<sup>[13-18]</sup>。通过对本试验的数据分析我们发现:(1)在整个训练过程中,训练后肛温呈现不断下降的趋势。训练后肛温和心率的下降是对湿热环

境适应的重要体现<sup>[5-7,19]</sup>,Shvartz等<sup>[6]</sup>通过试验发现,受试者的肛温在训练后平均下降 $0.6^{\circ}\text{C}$ 。本组受试者经7d的训练后,平均肛温下降了 $0.4^{\circ}\text{C}$ ,且第7天训练后肛温( $38.3 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ )与第1天训练后( $38.7 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ )相比差异有统计学意义( $P=0.001$ ),据此可以认为受试者对湿热环境的适应已经有了明显改善。(2)在整个训练过程中,训练后综合感受评分呈现不断下降的趋势。综合感受评分在第7天训练后( $4.7 \pm 2.3$ )与第1天训练后( $7.1 \pm 3.0$ )相比差异有统计学意义( $P=0.004$ )。(3)以肛温和综合感受评分两种标准所计算得到的改善率都

随训练日期显示了相同的上升趋势,对这两种改善率进行线性回归分析之后发现,两直线的斜率和截距均无统计学差异。说明在热习服训练中肛温的变化和综合感受评分的变化具有一致性。

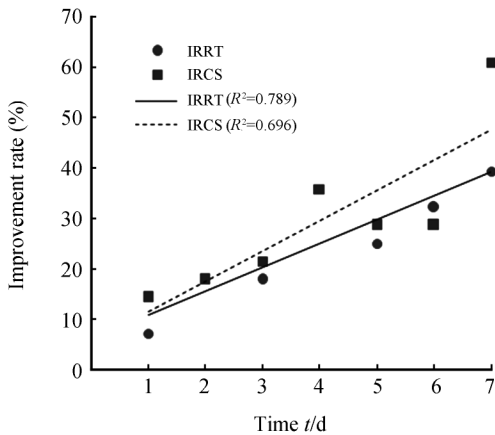


图2 IRRT和IRCS与受训日期的线性回归分析

Fig 2 Linear regression curve of IRRT and IRCS vs date

IRRT: Improvement rate of rectal temperature; IRCS: Improvement rate of comprehensive sensation score

虽然肛温和综合感受评分都显示了整体下降的趋势,但均在第6天训练后出现了异常的反跳。我们认为可能有以下原因:(1)可能与人体在热习服训练中的适应性代谢有关,如热休克蛋白(HSP)的合成、电解质以及其他应激蛋白的变化,这还需进一步的分子水平试验来证实;(2)受试者的身体及心理原因。经过多天的训练受试者的体能可能有所下降,心理上也可能会出现烦躁和抵触的情绪,这些都可能影响训练效果下降。我们认为今后试验中应该多关注此种异常点,对于这种异常点的研究可能有助于解释热环境下人体生理改变的一些本质问题。

本试验中,受试者心率在第1~第7天训练后变化均不明显,与之前文献中所显示的心率的变化规律<sup>[8-12]</sup>并不一致,主要表现为第2天训练后心率与第1天训练后相比出现了较明显的升高,但差异并无统计学意义。我们考虑可能为试验误差所致,因为既往研究表明心率在热习服训练中呈下降趋势<sup>[8-12]</sup>,而且本试验中第1、第2天肛温及综合感受评分数据未见类似变化,另外考虑受试者的心理改变可能也是导致心率异常变化的因素<sup>[20]</sup>。但我们认为将其作为监测试验安全的指标仍是有意义的。

本次试验在人工湿热环境下进行热习服训练,为时7d的训练使此次受试人员对湿热环境适应有明显改善。对湿热环境的适应必然伴随着体能的增

长,本试验采用湿热环境静坐→踏步器训练→小功率自行车训练→大功率自行车训练,这种循序渐进增加运动负荷的方法可以有效增加人体体能,更加有效地使受试者适应湿热环境。众所周知,在湿热环境中进行作业的强度要高于同等绝对温度的干热环境。根据本试验结果,可以说明采用本试验中的训练方法可以使受试者对湿热环境适应有明显改善。

综上所述,本试验结果表明肛温和综合感受评分在人工湿热环境热习服训练后均有明显的下降,这和其他研究者在干热环境以及自然热环境中所得的结果是一致的<sup>[21-22]</sup>。因此我们认为综合感受评分在用来监控受试者在热习服训练中的状态、保证试验安全是很有意义的,而且综合感受评分是一种操作简便且更加人性化的测试方式,建议与肛温一起作为评价适应湿热环境情况的指标。此外,本试验虽不支持将心率作为参考标准,但仍支持将其与肛温、综合感受评分一同作为安全控制标准。

(志谢 感谢第二军医大学基础部军事体育学教研室包瀛春教授、第二军医大学基础部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健副教授的帮助!)

#### 4 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

#### [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] 文日凤,张祥玉.南海南部海区气候要素的变化和分布特征[J].海洋预报,2001,18:49-58.
- [3] 张雷,房晓,雷德桥,包瀛春.湿热环境训练中人体血压、心率变化的功能评价[J].第二军医大学学报,2010,11:1272-1274.  
Zhang L, Fang X, Lei D Q, Bao Y C. Changes of blood pressure and heart rate during training in hot and humid environment: a functional evaluation[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 11: 1272-1274.
- [4] Buono M J, Heaney J H, Canine K M. Acclimation to humid heat lowers resting core temperature[J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 1998, 274: R1295-R1299.
- [5] Garden J W, Wilson I D, Rasch P J. Acclimation of healthy young adult males to a hot-wet environment [J]. J Appl Physiol, 1966, 21: 665-669.

- [6] Shvartz E, Bhattacharya A, Sperinde S J, Brock P J, Sciaraffa D, Van Beaumont W. Sweating responses during heat acclimation and moderate conditioning[J]. *J Appl Physiol*, 1979, 46: 675-680.
- [7] Wyndham C H, Strydom N B, Benade A J, van Rensburg A J. Limiting rates of work for acclimation at high wet bulb temperatures[J]. *J Appl Physiol*, 1973, 35: 454-458.
- [8] Ladell W S. Assessment of group acclimatization to heat and humidity[J]. *J Physiol*, 1951, 115: 296-312.
- [9] Hienane R, Valatx J L. Thermoregulatory changes induced during heat acclimatization by controlled hyperthermia in man[J]. *J Physiol*, 1973, 230: 255-271.
- [10] Robinson S. Training, acclimatization and heat tolerance [J]. *Can Med Assoc J*, 1967, 96: 795-800.
- [11] Fox R H, GoldSmith R, Kidd D J, Lewis H E. Acclimatization to heat in man by controlled elevation of body temperature[J]. *J Physiol*, 1963, 166: 530-547.
- [12] Nielsen B, Hales J R, Strange S, Christensen N J, Warberg J, Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment[J]. *J Physiol*, 1993, 460: 467-485.
- [13] Ueki M, Tanabe S I, Nishihara N, Nishikawa M, Hane-da M, Kawamura A. Effect of moderately hot environment on productivity and fatigue evaluated by subjective experiment of long time exposure[C]. Seppänen O, Säteri J, ed. *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*.
- [14] Zhao J, Zhu N, Lu S L. Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time analysis[J]. *Building Environ*, 2009, 44: 2202-2207.
- [15] Lu S L, Zhu N. Experimental research on physiological index at the heat tolerance limits in China[J]. *Building Environ*, 2007, 42: 4016-4021.
- [16] Malchaire J B. Occupational heat stress assessment by the predicted heat strain model[J]. *Industr Health*, 2006, 44: 380-387.
- [17] Astrand I, Axelson O, Eriksson U, Olander L. Heat stress in occupational work[J]. *Ambio*, 1975, 4: 37-42.
- [18] Tian Z, Zhu N, Zheng G, Wei H. Experimental study on physiological and psychological effects of heat acclimatization in extreme hot environments[J]. *Building Environ*, 2011, 46: 2033-2041.
- [19] Gonzalez R R, Pandolf K B, Gagge A P. Heat acclimation and decline in sweating during humidity transients [J]. *J Appl Physiol*, 1974, 36: 419-425.
- [20] Graham F K, Clifton R K. Heart-rate change as a component of the orienting response [J]. *Psychol Bull*, 1966, 65: 305-320.
- [21] Shapiro Y, Pandolf K B, Avellini B A, Pimental N A, Goldman R F. Physiological responses of men and women to humid and dry heat [J]. *J Appl Physiol*, 1980, 49: 1-8.
- [22] Rivera-Brown A M, Rowland T W, Ramirez-Marrero F A, Santacana G, Vann A. Exercise tolerance in a hot and humid climate in heat-acclimatized girls and women [J]. *Int J Sports Med*, 2006, 27: 943-950.

[本文编辑 尹茶

• 消息 •

## 吴孟超院士获英国爱丁堡皇家外科医学院荣誉院士称号

日前,中国科学院院士、第二军医大学东方肝胆外科医院院长、本刊主编、国际著名肝脏外科学家吴孟超教授应邀赴香港出席由英国爱丁堡皇家外科医学院和香港中文大学医学院联合主办的外科学术交流会暨文凭颁授典礼。鉴于吴孟超教授在国际医学和外科领域的重大贡献和成就,经英国爱丁堡皇家外科医学院评审委员会评定,授予吴孟超教授该学院荣誉院士称号。

英国爱丁堡皇家外科医学院成立于1505年,是世界上历史最悠久、最知名的外科专科医师培训组织管理机构之一,是外科专科医师考试制度的首创者和革新者。英国爱丁堡皇家外科医学院院士是被全世界医学界所认可的称号,而荣誉院士则是该院授予的最高殊荣。