

中暑预防的研究进展

谭晓风¹, 丁颖² 综述, 于晓华¹ 审校

(1. 解放军第 101 医院, 江苏无锡 214044; 2. 解放军 73051 部队医院, 浙江金华 321000)

[摘要] 中暑仍是部队军事训练的严重伤病之一, 本文从环境、不同个体的热耐受差异、体温的动态观察及干预研究进行综述, 提出目前部队中暑预防研究重在探讨适宜的预案并注重实践中的严密观察和适时修订。

[关键词] 中暑; 环境; 热耐受; 体温; 干预

中图分类号: R594.12 文献标识码: A 文章编号: 1672-271X(2009)06-0530-04

中暑是因人体在热环境中暴露时间过长(或在烈日下暴晒), 而发生的以中枢神经系统和循环系统障碍为主的急性疾病, 是热应激症候群的总称。中暑是一种急症, 往往由于救治不及时而迅速死亡或造成严重后果。目前军内不时有重症中暑的报道^[1], 中暑的预防工作应受到相当重视, 本文就中暑研究进展作一综述。

1 中暑与环境

中暑与气温和空气湿度关系密切, 美国华盛顿统计了 1995~2005 年发生的职业中暑事件, 发病率前三位分别是火警(80.8/10 万)、屋顶(59.0/10 万)和路桥(44.8/10 万)建设工人, 三种职业环境温度均很高^[2]。中暑的死亡率与报道的中暑严重程度不同而有所差异, 有的报道为 12%^[3], 有的报道 28 天和 2 年死亡率分别达 58% 和 71%^[4], 均认为死亡率的高低与气温和发病时的体温有关。

预防极端高温导致的中暑死亡最主要的手段是通过对既往居民中暑流行病学调查建立气象等级预报来告知公众避暑降温^[5], 2003 年后大多数西欧国家实施高热卫生健康预警系统来应对热浪对公共卫生的危害^[6]。我国 2007 年 7 月也由卫生部、气象局联合发布了《高温中暑事件卫生应急预案》, 其中就包含了“高温中暑气象等级预报”和“高温中暑事件的监测、报告、预测、预警”, 并在每次热浪过后再统计分析中暑致死人数, 从而对预报模型进行适当的修改(2008 年)^[7]。

气候环境外, 局部环境对预防中暑也很重要, 1986 年就有文献报道^[8]采用考虑光照角度、温度、

湿度、通风等因素的舒适度等位线图应用于建筑、户外空间的设计, 以获得最佳的冷热感受。Parsons 等^[9]还研究了服装与皮肤表面形成的微环境与外部环境之间的热与物质交换问题, 认为在考虑风速及人运动影响时, 服装隔热作用的有效降低对热量的传导及汗液的蒸发有明显影响。国内目前对飞机座舱内各种因素对人体体温的研究较多, 建立了各种数学模型^[10], 也有关于飞行服对热应激影响的研究^[11]。

2 中暑与个体的热耐受能力

一些职业如矿工、炼钢工人、军人等是无法避开工作环境的, 就需要挑选能耐受热环境的人群或检测人的热耐受能力以从源头上减少中暑的可能。不同年龄的人面对热应激时的反应是不同的^[12], 虽然食道和皮肤温度及到达热耐受极限的时间相似, 但老年人的心输出量及每搏输出量明显低于年轻人, 这可能与瓣膜功能有关, 而且老年人的血液再分布能力也明显低于年轻人, 这样老年人在热应激时就无法及时将中心的热量传递至皮肤散发。

Moran 等^[13]先通过对既往曾经发生中暑的人应用一些热耐受测试方法(气温 40℃, 湿度 40%)进行测验, 认为在热应激时热耐受能力的检测须长于 120 分钟才能有效分辨易于中暑的人群, 并进而试验认为^[14]通过控制性的暴露于热应激来检验人的热耐受能力能有效地区分暂时和永久性的易中暑人群, 并建立了热耐受检测方法, 即在 40℃、40% 的相对湿度环境中着体恤衫, 以 5 km/h 的速度蹬 2% 梯度的踏车 120 分钟。

基金项目: 南京军区 A 类课题基金资助(08MA013)

作者简介: 谭晓风(1971-), 男, 江苏泰兴人, 硕士, 副主任医师, 从事传染病学研究。

热习服是预先通过适当的锻炼来提高个体的热耐受能力, Lee 等^[15]通过转基因鼠研究认为在中暑时 HSP72 的充分表达可以降低过高的体温、循环衰竭、颈动脉缺血, 减少热刺激对转基因鼠的损害, Chen 等^[16]在动物试验中证实经过 3 周的锻炼, 大鼠颈动脉在热环境中能维持血压和适当的血流水平, 并认为这可能与热反应蛋白 72 (HSP72) 有关。

中暑还与个体的心理状态有关, Amos 等^[17]通过调查在热带执行常规侦察任务的军人显示, 常规任务会带来心理压力, 但压力不会持续在有危害的水平较长时间。由于影响因素过多, 目前热应激对认知的影响很难形成系统的成果^[18], 但也有两个趋势是明确的, 一是热应激对不同认知能力影响的差异是不同的; 二是对认知能力的影响与机体深部温度有关系。Radakovic 等^[19]的研究也证实在同等级度的热应激条件下, 预热习服的军人认知能力明显要强于未预热习服的, 就是说执行任务的能力要保持得更好些。Meyer 等^[20]把微型体温自动记录仪植入 26 只大羚羊体内, 连续观察抓捕过程中体温的变化。不管是网捕、麻醉后抓捕, 还是暴露在应激源之下, 羚羊均有急剧的体温上升, 从而认为羚羊急剧上升的体温是由应激引起的。

3 中暑的动态监测

中暑最本质的病理生理变化是热调节失败致体内体温过高, 引起各种内脏功能的失调甚至衰竭^[21]。监测体温, 尤其是中心体温动态监测是中暑前进行干预最可靠的指标, 如何预测危险体温的出现也就成为了研究的重点。

起先机体体温的预测模型是静态的, 即把机体作为同心圆柱体由内向外分为中心 (代表心脏、肺和内脏)、肌肉层、皮下脂肪层、皮肤血管层、皮肤表面无血管层和中心血液分隔六部分^[22], 再根据代谢率、各层之间热交换率、机体与环境之间热交换公式模拟机体的热传递, 从而推导体温的预测公式。Gonzalez 等^[23]应用热应激模型进行防护服的测试, 认为热应激模型能准确预测穿防护服工作时的中心体温。国内文献也集中在静态的数学模型的研究上^[24-25]。

随着感应器和数据收集系统的发展, 收集并处理大量相对更客观的数据成为可能, 有动态数学模型结合个体特征进行的研究^[26], 研究因子有体表面积、体积、含脂量、最大摄氧量、热习服情况, 这些因子不仅影响被动系统如产热、隔热能力, 还影响主动

系统如出汗、皮肤血流功能等, 体温预测准确性有了明显提高, 中心体温平均误差由 -0.21°C 降至 -0.07°C , 提高幅度因气候和工作类型的不同有所变化, 既而出现了整合生理指标和数学型的模型^[27]及纯数学型的模型^[28]。考虑到在动态系统中不可能全部知道因素, 尤其是从个体推算另一个体时, Oleng 等^[29]研究了纯数学动态模型中的误差区间问题。Gribok 等^[30]比较研究了纯生理模型、纯数学模型及整合模型预测 30 分钟后中心体温的准确性, 认为纯数学模型最准, 杂合模型其次, 且在这两种模型中, 经过适当调整, 根据一个体的数据所获得的预测模型能扩展应用到另一个体上, 这就有可能不必针对每个人再重新收集数据、建模、调试模型而成为通用模型。

这些研究设定的条件比较简单, 实际情况要复杂得多。Kumar 等^[31]对热带农场工人的研究中, 随着环境温度的上升, 虽然皮肤温度也随着工作强度的上升而变高, 但斜率明显变小, 因为机体的调整空间变小了。而在冷环境中^[32], 体表温度的变化是滞后于中心部分的, 有时甚至在已发生中暑的情况下外周四肢还处于冷的状态。这些问题都给从体表温度来预测中心体温带来了困难。

为了解决直肠温度监测的不方便以及体表温度的不准确, 有人试图变观察腋下体温为耳道温度^[33], 或者通过监测前臂血流变化来反映全身血流情况, 间接反映中心体温的变化^[34], 以更方便地反映中心体温, 从而更易于动态观察中暑发生的可能性, 但目前尚没有出现比肛门温度更能完全反映中心体温的指标。

4 中暑的干预研究

采取何种措施来预防中暑有很多的尝试, 补充适当的液体、穿利于散热、隔热的防护服等, 也取得了不少有用的成果, 但离实际应用还有很大差距。Geor 等^[35]应用马作实验研究运动时补充液体对中暑的影响, 认为预先补充液体通过维持心输出量和出汗率减少体内热蓄积和热应激, 纯水和糖盐液体产生的效果无明显差别。有学者^[36]检索了 1990 ~ 2007 年间关于降温技术的文献, 总结了有关作战士兵预防中暑和提高作业能力的降温技术。目前常用的降温设备多应用于颈部和头部, 其中之一是把冰袋缚于颈部表面, 通过降低入脑血流温度而降低脑部温度, 但这种效应会因为脑组织的血流灌注大而受到限制, 通常脑组织温度能降低 $0.2 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 。在

高强度训练中,颈部的局部降温措施也能减轻脑部温度的上升,降低中心体温,提高训练效果,并减少热环境的热相关疾病。救治热相关疾病时,颈部降温项圈是最有效的治疗措施。其他的设备如降温头巾、降温背心、含降温微胶的衣服等均有相似的作用。这些成果未在野战环境中得到证实,可能延迟疲惫等主观感觉出现的时间,但在改善诸如中心体温、心率、热耐受时间、减少出汗等观察指标上无显著差异,尤其是运动过程中,降温的效果也不能持续较长时间。且降温项圈可能限制头部运动而降低野战能力,有的设备比较笨重,又需要冰或凝胶,对于需要长距离运输所有设备的部队来说是不现实的。总的来说,仍需要研究便携式的能实用于战场并具有持续降温效果的技术。也有关于预防中暑药物的研究(中暑速效喷雾剂、阿的平)^[37-38],但大多亦处于试验阶段。

5 部队中暑的预防

随着新一代《军事训练与考核大纲》颁发,必将掀起大抓军事训练的热潮,而目前尚无肯定的杜绝中暑发生的方法,部队预防中暑研究不仅要不断深入探索中暑的本质,更应立足于现有科技水平制定、实践适宜的防暑预案,并注重实践中的严密观察和适时修订。

参考文献

- [1] 陈仁奎,鲍建国,仲崇翔. 重度中暑合并体力耗竭性横纹肌溶解症1例[J]. 东南国防医药,2005,7(2):103.
- [2] Bonauto D, Anderson R, Rauser E, et al. Occupational heat illness in Washington State,1995-2005[J]. Am J Ind Med, 2007, 50(12):940-950.
- [3] Jardine DS. Heat illness and heat stroke[J]. Pediatr Rev,2007, 28(7):249-258.
- [4] Argaud L, Ferry T, Le QH, et al. Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon, France [J]. Arch Intern Med,2007,167(20):2177-2183.
- [5] 何玲玲,陈正洪,李松汉,等. 城市居民中暑流行病学特征及其与气象因子的关系[J]. 暴雨灾害,2007,26(9):271-274.
- [6] Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: a critical review[C]. Annu Rev Public Health, 2008,29:41-55.
- [7] 董英,赵耐青,汤军克,等. 广义相加模型在气温健康效应研究中的应用[J]. 中国卫生统计,2008,25(2):144-146.
- [8] Arens E, Gonzalez R, Berglund L. Thermal comfort under and extended range of environmental conditions[J]. ASHRAE Transactions, 1986,92(1B):18-25.
- [9] Parsons KC, Havenith G, Holmer I, et al. The effects of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing[J]. Ann Occup Hyg,1999,43(5):347-352.
- [10] 任兆生,欧阳骅,李伟,等. 高温、振动、噪声复合应激时人体体温调节改变及数学模型[J]. 工业卫生与职业病,1996, 22(1):5-7.
- [11] 王琼,任兆生,李伟,等. 飞行员配穿两种囊式抗荷服在不同环境温度和代谢水平时的热应激[J]. 解放军预防医学杂志,2003,21(4):243-247.
- [12] Minson CT, Wladkowski SL, Cardell AF, et al. Age alters the cardiovascular response to direct passive heating[J]. J Appl Physiol, 1998,84(4):1323-1332.
- [13] Moran DS, Heled Y, Still L, et al. Assessment of heat tolerance for post exertional heat stroke individuals[J]. Med Sci Monit, 2004,10(6):252-257.
- [14] Moran DS, Erlich T, Epstein Y. The heat tolerance test: an efficient screening tool for evaluating susceptibility to heat[J]. J Sport Rehabil, 2007,16(3):215-221.
- [15] Lee WC, Wen HC, Chang CP, et al. Heat shock protein 72 overexpression protects against hyperthermia, circulatory shock, and cerebral ischemia during heatstroke[J]. J Appl Physiol, 2006,100(6):2073-2082.
- [16] Chen YW, Chen SH, Chou W, et al. Exercise pretraining protects against cerebral ischemia induced by heat stroke in rats[J]. Br J Sports Med,2007,41(9):597-602.
- [17] Amos D, Hansen R, Lau WM, et al. Physiological and cognitive performance of soldiers conducting routine patrol and reconnaissance operations in the tropics[J]. Mil Med,2000,165(12): 961-966.
- [18] Martin TJ, Martin JS. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge[J]. Int J Hyperthermia, 2003,19(3):355-372.
- [19] Radakovic SS, Maric J, Surbatovic M, et al. Effects of acclimation on cognitive performance in soldiers during exertional heat stress[J]. Mil Med, 2007,172(2):133-136.
- [20] Meyer LC, Fick L, Matthee A, et al. Hyperthermia in captured impala (Aepyceros melampus): a fright not flight response[J]. J Wildl Dis, 2008,44(2):404-416.
- [21] Abderrezak B, James PK. Heat stroke[J]. New Engl J Med, 2002,346(25):1978-1988.
- [22] Kraning KK, Gonzalez RR. A mechanistic computer simulation of human work in heat that accounts for physical and physiological effects of clothing, aerobic fitness, and progressive dehydration [J]. J Therm Biol,1997,22(4):331-342.
- [23] Gonzalez RR, Mclellan TM, Withey WR, et al. Heat strain models applicable for protective clothing systems: comparison of core temperature response[J]. J Appl Physiol,1997,83(3):1017-1032.
- [24] 林贵平,袁修干. 人体热调节系统中血液换热的数值研究[J]. 北京航空航天大学学报,1997,23(5):581-585.
- [25] 赵朝义,袁修干,孙金鏢. 人体热调节系统数学模型[J]. 北京航空航天大学学报,1999,25(4):454-457.
- [26] Havenith G. Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response[J]. J Appl Physiol,2001, 90(5):1943-1954.

- [27] Olen'NO, Reifman J. Hybrid approaches to physiologic modeling and prediction[J]. Proc SPIE, 2005, 5797(193):93-203.
- [28] Gribok A, McKenna T, Reifman J. Regularization of body core temperature prediction during physical activity[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2006, 1:459-463.
- [29] Olen'NO, Gribok A, Reifman J. Error bounds for data-driven models of dynamical systems[J]. Comp Biol Med, 2007, 37(5): 670-679.
- [30] Gribok AV, Buller MJ, Reifman J. Individualized short-term core temperature prediction in humans using biomathematical models[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2008, 55(5):1477-1487.
- [31] Kumar P, Anjali, Pratap S. Thermal limits of men in moderate to heavy work in tropical farming[J]. Ind Health, 2007, 45(1): 107-117.
- [32] Rintamaki H, Rissanen S. Heat strain in cold[J]. Ind Health, 2006, 44(3):427-432.
- [33] Muir IH, Bishop PA, Lomax RG, et al. Prediction of rectal temperature from ear canal temperature[J]. Ergonomics, 2001, 44(11):962-972.
- [34] Aggarwal Y, Karan BM, Das BN, et al. Prediction of heat-illness symptoms with the prediction of human vascular response in hot environment under resting condition[J]. J Med Syst, 2008, 32(2):167-176.
- [35] Geor RJ, McCutcheon LJ. Hydration effects on physiological strain of horses during exercise-heat stress[J]. J Appl Physiol, 1998, 84(6):2042-2051.
- [36] O'Hara R, Eveland E, Fortuna S. Current and future cooling technologies used in preventing heat illness and improving work capacity for battlefield soldiers: review of the literature[J]. Mil Med, 2008, 173(7):653-657.
- [37] 赵永岐, 王鲁明, 邢成, 等. 阿的平预防中暑的研究[J]. 药学报, 2007, 42(8):817-821.
- [38] 王伟, 谭晓梅, 刘国清. 抗中暑速效喷雾剂增强大鼠热耐受能力的观察[J]. 第一军医大学学报, 2004, 24(6):689-693.

(收稿日期:2009-04-07;修回日期:2009-05-25)

(本文编辑:潘雪飞)

(上接第 511 页)

3.3 诊断要点 本组 32 例 DBAC 误诊的原因主要是对本病认识不足,满足于常见病、多发病的诊断,如本组原有结核病史者 10 例,结核密切接触史者 4 例,易使诊断思路局限,而未对患者病情全面分析,错过最佳诊治时机,应引以为戒。综上所述,为避免误诊应注意以下几点:①对伴有大量白色泡沫痰及进行性气促的肺部疾病应提高警惕,除进行血液常规检验外,患者的 X 线及肺部 CT 要动态观察,往往能提供重要线索。②适时对患者实行痰脱落细胞检查、纤维支气管镜活检、刷检、灌洗检,经皮肺穿刺活检,浅表淋巴结活检等病理学及细胞学检查,有利于早期确诊。③对诊断为 MPTB,已行 4~6 周正规抗结核治疗而未见病情好转的患者应考虑 DBAC 的可能,或合并 DBAC 的情况。④对于老年患者的肺粟粒结节要高度警惕肺泡癌、粟粒转移癌的可能,除详细询问病史,观察临床表现,还要结合影像、PPD 检测、痰菌等综合判定排除 MPTB 的可能,同时做肿瘤标记物、痰脱落细胞、纤维支气管镜肺活检等。

参考文献

- [1] Masahiro Y, Yudio T, Satoshi F, et al. Correlation between genetic alterations and histopathological subtypes in bronchiole-alveolar carcinoma and atypical adenomatous hyperplasia of the lung[J]. Pathol Intern, 2000, 50(2):778-785.
- [2] 王惠琴, 任加良, 韩晨旭, 等. 细支气管肺泡癌误诊 16 例分析[J]. 中国误诊学杂志, 2005, 18(5):3508.

- [3] 冯亮, 陈君坤, 卢光明, 等. CT 读片提南[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 2004:229.
- [4] Im JG, Itoh H, Lee KS, et al. CT-pathology correlation of pulmonary tuberculosis[M]. Crit Rev in Diagn Imag, 1995:227-285.
- [5] 董淑芬, 张光哲, 高丽珍, 等. 肺癌误诊肺结核 26 例临床分析[J]. 临床荟萃, 2006, 21(16):1191.
- [6] 荆香芬, 李竞贤, 王彬, 等. 超声引导下经皮胸腔细针吸取活检(附 68 例报道)[J]. 北京医科大学学报, 1999, 31(2):177-183.
- [7] 李君志, 金城江. CT 引导下经皮肺穿刺活检 32 例临床探讨[J]. 临床肺科杂志, 2004, 9(3):214-215.
- [8] 杨文礼, 高连鹏, 句少华, 等. 细支气管肺泡癌 32 例分析[J]. 中华呼吸和结核杂志, 1992, 15(4):230.
- [9] 叶任高. 内科学[M]. 5 版. 北京:人民卫生出版社, 2004:128.
- [10] 李尔曼, 胡安梅, 邵杰, 等. 细支气管肺泡癌误诊为肺炎一例[J]. 中国全科医学, 2005, 8(2):134.
- [11] 赵静, 郑宝霞, 郭庆乐. 粟粒性肺结核与弥漫性肺泡癌的螺旋 CT 鉴别诊断研究[J]. 临床荟萃, 2007, 22(8):592.
- [12] 叶任高. 内科学[M]. 6 版. 北京:人民卫生出版社, 2004:39-56.
- [13] Choi D, Lee KS, Suh GY, et al. Diffuse pulmonary tuberculosis presenting as acute respiratory failure: radiologic findings. [J]. J Comput Assist Tomogr, 1999, 23(3):107-113.
- [14] Leung AN. Pulmonary tuberculosis: the essential[J]. Radiology, 1999, 210(2):307-322.
- [15] 蔡祖龙, 赵绍宏, 邵杰. 细支气管肺泡癌的影像学[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2001, 7(5):24-29.

(收稿日期:2009-08-27;修回日期:2009-09-24)

(本文编辑:黄攸生;英文编辑:王建东)