

劳力性热射病的快速识别与降温治疗进展

王洪萍 陈玮 李淑萍 王志璐 武玉田 李海玲

266071 山东青岛,解放军第四〇一医院 ICU

通讯作者:李海玲, Email: lihailing608@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.10.021

【摘要】 热射病定义为核心体温 $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并伴有意识障碍的疾病,可分为劳力性热射病(EHS)和经典型热射病(CHS)。近年来, EHS 发病率呈逐年上升趋势,其病情严重程度及临床预后与热暴露时间下曲线面积呈正相关,在降温的“黄金 30 min”内将核心体温降至 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 能降低患者的病死率、获取最佳临床预后。EHS 最佳的降温方案是冰水浸润,也可选择其他替代方法如 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下水浸润、振荡冰水浸润降温、降温单元、去除衣物、移至空调房间、全身和大动脉覆盖冰块降温、按摩保证皮肤血流灌注量等;输注冷盐水也是备选的降温方法,尤其适用于伴有脱水者。降温结束后需继续监测核心体温,以避免降温后低体温或再发热,积极处置可能出现的寒战、激越等不良反应。本文通过对 EHS 的院前识别、评估和监护、快速降温救治措施进行综述,以期对 EHS 早期识别与科学合理有效的降温治疗提供参考。

【关键词】 劳力性热射病; 院前识别与监护; 院前快速降温

基金项目: 济南军区后勤科研项目重点课题(CJN15J011)

Advances in pre-hospital recognition and cooling treatment of exertional heat stroke Wang Hongping, Chen Wei, Li Shuping, Wang Zhilu, Wu Yutian, Li Hailing
Department of ICU, No.401 Hospital of the People's Liberation Army, Qingdao 266071, Shandong, China
Corresponding author: Li Hailing, Email: lihailing608@163.com

【Abstract】 Heat stroke (HS) is a life-threatening illness characterized by an altered level of consciousness with an elevated core body temperature $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, which may be further classified as exertional heat stroke (EHS) or classical heat stroke (CHS) according to the etiology of the condition. In recent years, the morbidity of EHS increases year by year. The severity and clinical outcome for an EHS casualty have a strong correlation with the area under the time and temperature curve for heat exposure. The early recognition and rapid cooling body core temperature $\leq 38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ within 30 minutes of EHS results in the best clinical outcome and minimize severe multiple organ dysfunction and death for patients. Cold water immersion (CWI) is considered as an optimum cooling method for the reversal of hyperthermia in EHS. Some alternative modalities have also shown acceptable cooling rate, for example, the subjects immersed in a circulated water bath controlled below $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tarp-assisted cooling with oscillation, body cooling unit, undressed, air-conditioned room, the whole body and large vessels placed ice packs, massaging the extremities; cold intravenous saline applied to dehydrated one. It is necessary to monitor body core temperature for hypothermia and/or recurrent hyperthermia, and to provide physical care for shivering, agitation, or concerns with the potential discomfort combativeness that may occur during cooling process. In this paper, pre-hospital recognition, care, monitoring and rapid cooling treatment measures of EHS have been reviewed to provide references for early identification of EHS and scientific, reasonable and effective cooling treatment.

【Key words】 Exertional heat stroke; Pre-hospital recognition and care; Pre-hospital rapid cooling

Fund program: Key Project of Logistical Research of Jinan Military Area Command (CJN15J011)

随全球气候变暖,炎热已经成为一个严重威胁人类健康的气候因素,2006 至 2010 年美国至少有 3 332 人因热射病死亡^[1],因炎热导致的死亡人数高于其他气候灾害,如飓风、洪水。热射病定义为核心体温 $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 伴有意识障碍的疾病^[2],可分为劳力性热射病(EHS)和经典型热射病(CHS),前者多见于健康人群,如运动员、军人和其他进行高强度劳力运动者,是运动员三大猝死原因之一^[3],特别是高温高湿气候条件下;后者多见于体弱多病及老年者。近年来 EHS 发病人数呈递增趋势^[3];美军士兵 20 年内因 EHS 住院率增加 8 倍^[4],这还未包括未到医疗系统诊治和未被识别的部分病例。

EHS 严重程度及临床预后与热暴露时间下曲线面积呈正相关^[5],热射病未经治疗者的病死率可高达 80%^[3]。EHS

降温的“黄金 30 min”内迅速将核心体温降至 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 能获得最好的临床预后^[6]和最少的并发症^[5,7],但此时间内远远不足以完成急诊转运与评估。研究表明,除气候因素,热射病预防措施未能有效普及也是高病死率的原因^[8],而美军虽对官兵进行热损伤疾病的健康宣教并执行了有效的预防策略,但其热射病及热损伤人数仍无下降趋势^[9]。国内医务人员及大众热射病知晓率较低^[10-11],提示热射病实际发病人数及发病率高于预期值。除外对参加高强度运动或军事任务高危人群进行有关 EHS 知识宣教外,更应对能介入降温“黄金 30 min”的人员,如耐力赛保障医务人员、急救 120 医师和护士、现场志愿者进行 EHS 降温培训,就地取材采取最有效的降温措施,减少热暴露时间,保护器官以减少病死率

及致死率。热射病快速降温方法较多,本研究就EHS的院前快速识别、评估和监护、快速降温措施进行综述,以期为早期识别EHS并科学合理选择有效降温措施提供参考,从而降低EHS的病死率和致死率。

1 EHS院前快速识别

EHS的早期识别是尽早降温、减少热暴露的基础,对大众进行EHS知识及预防培训的健康宣教能提高识别能力。在高温酷暑天气下,运动员、士兵及其他进行高体力活动等好发人群^[3],特别是伴有运动前有发热、感冒、未进行热习服、有热射病病史、腹泻、脱水、皮疹^[12]等高危因素,在剧烈运动中或运动后突然(根据现场目击者或非专业人士)晕倒并出现高热伴中枢神经系统功能障碍(如恶心、呕吐、意识混乱、情绪不稳、行为失常,尤其是重要的是一过性清醒后再次迅速昏迷)可高度怀疑EHS。EHS临床典型三联征表现为无汗、高热、意识障碍,但上述症状并非诊断EHS的必要条件,部分EHS病例可表现为湿冷、大汗淋漓^[13]。另外值得注意的是,即使在凉爽气候条件下进行高强度剧烈运动也可能发生EHS。

2 EHS院前评估和监护

高热和意识障碍是EHS的重要临床特征,获得准确的核心体温有助于鉴别其他导致意识障碍的疾病,如创伤性脑损伤、运动性低钠、心律失常、运动性镰刀病等^[14]。对高度怀疑EHS的患者,应立即进行核心体温测定。

2.1 核心体温:体内深层区域内的温度会随着周围组织的代谢率、局部血流变化和邻近组织间温度梯度差的影响而变化,因此没有“绝对”的核心温度值。理想的核心体温应是测量方便、不受环境影响并能反映血温的微小变化^[12]。非侵入性检测核心体温的精确性和实用性差异较大。皮肤温度是最容易测量的,但易受血流量、出汗、环境(蒸发散热及辐射)和测量方法(传感器与皮肤表面未接触充分)的影响。食道温度被认为是人类最精确的非侵入性的核心温度测量方法,能迅速对血温的变化作出反应,但对无反应性或躁动的EHS患者可行性差。直肠温度稍高于食管温度,对核心温度的瞬时变化(运动期间)响应较慢。耳道鼓膜温度受头部皮肤温度的影响,恒定性较差。无线电遥测技术能提供远距离、连续性核心体温监测,是动物实验及人类志愿者进行核心体温测量的一种有效方法。最不可靠的核心温度是颞动脉温度扫描,它不代表直肠或核心温度。考虑到EHS实际操作的便捷性与核心体温的可靠性,推荐测定直肠温度,这也是目前大部分研究采用的方法。正常的直肠温度波动在36.9~37.9℃,插入深度6cm以上,也有研究者建议插入深度15cm以上^[15]。高度可疑EHS,即使核心体温略低于40℃或难以获得核心体温者,仍建议立即启动EHS降温过程^[13]。

2.2 生命体征:EHS患者可因脱水、意识障碍出现循环、呼吸障碍及抽搐而危及生命,因此在降温的同时应监测循环(血压、心率)、呼吸(呼吸频率、血氧饱和度、头侧向一边避免误吸)、有无癫痫(苯二氮草类药物治疗)、皮肤温度(30~33℃)、核心体温(<39℃)、电解质(钠、钾、钙),对于

循环衰竭者应给予生理盐水(或其他等张溶液)进行液体复苏^[12]。人体皮肤温度降至30℃以下可出现寒战,可能影响降温效果或带来不适反应,故在降温过程中建议每2~5min监测1次核心体温、皮肤体温及生命体征,直至后送至综合医院进行专业评估与救治。

3 EHS快速降温措施

机体为保持在热暴露期间的体温恒定性,热消耗必须等于获得热量和(或)产热量。机体热量储存受代谢率、作功和热交换的影响。健康者在体育运动中约20%作为代谢能用于骨骼肌收缩,其余约80%作为产热量放到体外以避免体温升高,此时循环系统调整全身血液的重新分布,血液从核心的产热器官转移到皮肤表面毛细血管网,通过传导、对流、辐射或蒸发^[16]将热量分散至环境中。皮肤血流量是决定热传递有效性的最主要因素。志愿者数据显示,皮肤血流量可影响降温效果,风速增加1倍的情况下,与血管收缩、非收缩状态相比,血管状态的降温速度分别增加98%和40%;血管舒张下在风速1.0m/s时降温速率可达0.115℃/min^[17]。四肢局部按摩增加皮肤血容量,可加快降温速率。周围环境的生物物理特性亦可影响降温效果,如空气或水的温度、空气或水分的运动、空气湿度以及太阳或地面辐射。热射病的本质是产热大于散热,当发生热射病时,在代谢率相对不变和作功停止的情况下,热交换的降温效应非常重要,根据有无蒸发可以分为以下2种降温方式。

3.1 非蒸发降温:干热交换是通过包括传导、对流和辐射的非蒸发机制实现的,适用于皮肤表面和周围环境存在温度梯度的情况^[12]。

3.1.1 传导:热传导是固体间热传递的主要方式,取决于物体的导热系数及两者间接触表面面积。受到固体降温材料获取、经济和社会行为(穿鞋)的影响,传导这种热交换机制通常起不了作用,降温效果较差。

3.1.2 对流热传导:对流热交换是通过周围空气或水分在皮肤表面流动而完成^[12]。对流热传导的速率随空气对流速度增加而显著增加,但这种影响取决于衣服的类型和数量,传统观念都建议尽量暴露机体以加大皮肤与降温介质的接触面积,但橄榄球运动员全装时冰水浸润降温效率更高,也无降温后低体温的发生,颠覆以往的降温观点^[18]。水是一种比空气更有效的对流传热介质,因为它的传热系数是空气的25倍。一般认为EHS降温治疗“金标准”是冰水浸润(CWI)^[19],最佳操作方法是颈部以下最大程度浸入冰水混合物(2℃)。健康志愿者的降温数据显示,CWI的降温速率可达0.35℃/min^[20];对橄榄球和耐力赛热射病者实际应用CWI的降温速率在0.22~0.28℃/min,无死亡及残障报告^[18,21];CWI也是美军军事训练出现热射病的首选降温措施,2014年美军热射病344例,无死亡病例报告^[22],上述资料验证了CWI的有效性和安全性。但CWI需要配置较多的医疗资源(医护人员、冰块、水源、2~3个浴桶/千人、医疗帐篷)^[7,23],在急诊医学、院前急救、运动医学等实际操作过程中难以作为首选。非冰水或油布替代浴桶浸润降温、冰块局部应用等替代降温方法也有研究。健康志愿者运动

后高热降温的实验数据显示:8、14、20℃的水浸润降温速率波动在0.15~0.19℃^[20],不同水温间降温效果差异无统计学意义;10~12℃冷水浸润在“真实世界”的EHS降温速率为0.13℃/min^[24]。无浴桶时采用油布放置冰水混合物浸润并来回振荡尽可能加大皮肤与冷水接触面积,志愿者的实验数据显示降温速度可达0.14℃^[25];全身覆盖冰块及大动脉处冰块降温的实验数据显示,降温速率分别为0.0344℃/min和0.0340℃/min^[26],其降温效果甚至低于室温降温效果^[27]。国外有采用尸袋(body bag)内放置冰块进行全身包裹降温^[13];热射病野外降温袋辅以快速制冷源操作便捷、携带方便,兼顾了降温、生命体征监测、输液、快速转运、转运过程中持续降温等多种功效^[28],适用于野战部队快速反应及某些难以获取降温的特殊环境。值得注意的是,化学冰袋的降温效果低于冰袋。

EHS采用CWI的不良反应,如寒战、激惹、好动等并不常见。当皮肤温度低于30℃,可以发生寒战^[12],明显的寒战多在9~10min后出现,理论上寒战和伴随的皮肤血管收缩可以减弱传导的降温效果,但实际上仍可得到有效的降温效果。可能原因为^[16]:首先,寒战产热远远低于CWI的降温效果;其次,与健康志愿者相比,EHS患者寒战发生率较低,这可能与志愿者保留有正常寒战反应有关;第三,实际降温过程中可使用药物(苯二氮草类和麻醉药物)减少寒战的发生。大动脉或全身冰块覆盖降温需定期更换冰块位置,降低局部皮肤损伤的可能。

总体来说,CWI是EHS快速降温的首选方法,如受条件所限,可采用20℃以下冷水浸润,全装并不降低降温效果;全身放置冰块降温效果优于大动脉放置冰块,但其降温效率较低;野外降温袋适用于野外冷源寻找困难的特殊环境。

3.1.3 辐射热交换:辐射热交换是指身体和周围物体之间产生电磁能进行热交换,与气温、流速无关。环境中的所有物体都会吸收和释放热辐射,衣服可以减少从这些环境中影响皮肤的辐射热。在野外情况下更重要的是直接减少太阳辐射吸收的热量,加大皮肤和周围空气温度差,促进皮肤血管扩张。21~23℃室温下减少着装后皮肤散热即可以大于产热;炎热环境下停止运动后降温速率约0.021℃/min,22℃室温下降温速率约0.04℃/min^[27]。将患者移到空调房或阴凉处也是重要的降温方法之一。

3.2 蒸发降温:蒸发是运动或当环境温度 \geq 皮肤温度时热损耗的主要途径^[12]。在人类中,蒸发降温是汗腺分泌的汗液到皮肤表面转变成蒸汽来实现热消散,其他如喷淋、淋雨或手动擦拭等润湿皮肤方法也可促进皮肤蒸发降温。理论上每蒸发1000mL汗液中大约有2427.79kJ(580kcal)热量流失(每蒸发1.7mL水可以带走4.18kJ热量),但汗液在皮肤表面蓄积达不到蒸发条件时降温效果就会打折扣。蒸发方式的实验降温速率波动在0.034~0.310℃/min^[16]。降温单元(BCU,15℃冰水喷淋、45℃风扇温度,皮肤温度保持在32~33℃)志愿者实验降温速率可达到0.31℃/min^[29]。EHS应用BCU降温的数据较少,2010年半程马拉松7例应用野外移动BCU的数据显示,热射病的降温速率为

0.10~0.15℃/min,热衰竭降温速率为0.09~0.20℃/min,均无死亡及致残病例^[30]。从蒸发降温原理来说,皮肤单位面积可蒸发水量越多、风速越快,降温效率越高。蒸发联合对流降温效果因其寒战、副作用相对较少,更多适用于CHS中,也是EHS可采用的快速降温方法之一。

3.3 冰盐水输注降温:在适宜温度和湿度条件下,健康者着轻装运动时核心体温明显高于正常值(但 $<40^\circ\text{C}$)持续较长时间,直到发生脱水或能量损耗^[12]。CWI和BCU降温的实验降温效率高于真实热射病,这可能与EHS患者脱水、体温调节机制受损有关,也为提供冰盐水输注提供了理论假设。在军事训练和大型耐力比赛中往往都配备专业的医疗帐篷及医务人员可以完成输液等操作。输注低温液体既能实现快速降温,同时可能也纠正、改善了运动相关性低钠血症。志愿者正常体温下诱发治疗性低体温的实验数据显示,30min内以30mL/kg快速输注的情况下,4℃盐水可使核心体温降低1℃,23℃(室温)盐水可使核心体温降低0.5℃,而皮温无明显改变^[31];健康志愿者20min静脉滴注(静滴)20℃盐水2000mL后,降温速率为 $(0.08\pm 0.01)^\circ\text{C}$ ^[32]。2011年美军已将4℃盐水联合冰块覆盖(ice-sheeting)加入陆军训练及军事条例流程中,在ice-sheeting基础上,比较静滴4℃与23℃盐水的回顾性研究显示,前者可缩短住院时间、降低肌酐峰值^[33]。上述研究均仅仅出现输液部位麻木、疼痛等轻度不适,尚无心律失常、凝血障碍等严重不良反应,但需严密观察输注可能出现的寒战反应。冷盐水输注对于存在脱水的EHS患者尤其适合,但相关的研究数据较少,需要更多的研究予以证实。

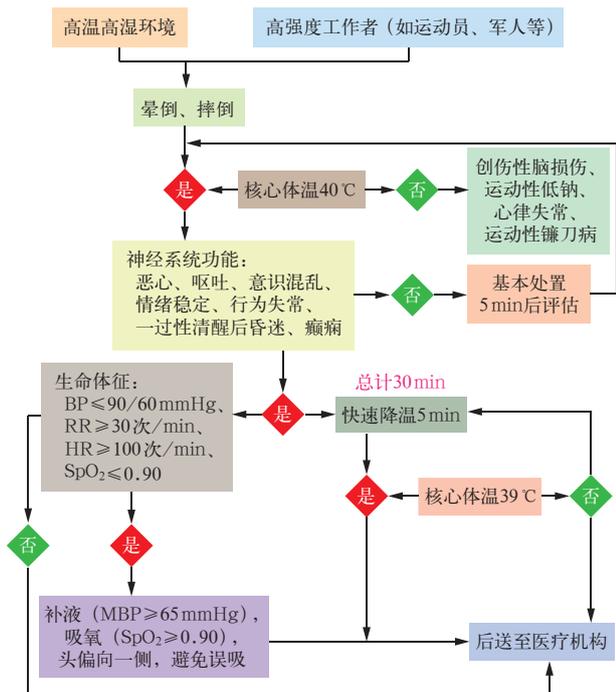
3.4 药物降温:EHS降温过程中使用退热药无效,甚至会增加器官损伤程度。临床常用的退热药物如阿司匹林、吲哚美辛等非甾体类解热镇痛药物,可抑制环氧化酶、减少炎性介质前列腺素E₂(PGE₂)生成,对体温调定点上调的发热退热效果明显,目前颅脑影像学未发现下丘脑视前区受损的证据,非甾体类药物不适用于EHS快速降温阶段,且可能增加肝脏毒性及肝移植风险,不推荐使用^[12]。丹曲林是治疗恶性高热唯一有效的药物,可抑制内质网钙离子过度释放;部分恶性高热患者轻度活动后可出现热射病,临床特征可表现为持续性痉挛,而持续性痉挛在热射病中并不常见,除该类人群外,丹曲林对EHS治疗同样无效^[12],也不推荐预防性使用。

3.5 侵入性降温方法:空腔器官冷盐水灌注^[12],如胃、膀胱、结肠灌肠等,以及血管内热交换降温^[34]、连续性肾脏替代治疗(CRRT)^[35]、经鼻选择性脑降温、冰毯^[12]等也有报道,但对人员和医疗硬件水平要求高,可后送到具有高级生命支持的医院进行实施。

4 总结

在全球变暖 and 耐力赛及军事训练增多的趋势下,EHS发病率逐年增加,EHS降温内“黄金30min”内将核心体温降至38.9℃可降低病死率,获取临床预后及最少的并发症。除外对好发人群加强热射病知识宣教,更应对相关保障急救人员进行快速降温训练培训,可参考EHS降温流程(图1)因地制宜选择合适的降温方式。EHS快速降温推荐

选择降温速度 $>0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的降温方法^[36]。从目前研究来看,最佳的选择方案是CWI和BCU,CWI的快速降温效率最高,如条件不允许可以选择 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下冷水浸润,或是油布振荡冰水降温等;其他如去除衣物、移至空调房间、全身和大动脉覆盖冰块降温也是可采用的方法,需注意的是,上述方法降温效率较低,建议联合使用其他方法共同降温;按摩保证皮肤血流灌注量也可提高降温效率;EHS患者多为健康人群,大多并存脱水情况,30 min内按照 $30\text{ mL}/\text{kg}$ 补液或 $1500\sim 2000\text{ mL}$ 输注 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰水或室温水也有较高的降温效率,但仍需更多研究证据支持。降温过程应强调连续监测核心体温,在核心体温达到 $39.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[12]或 $38.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[37]应停止降温;一般建议浸润降温终点为 $39.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,蒸发方式降温终点为 $38.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[16]。停止降温后仍需继续监测核心体温,避免降温后低体温或再发热,积极处置可能出现的寒战、激越等快速降温所致的不良反应,转入专业医疗机构评估肝、肾、肌肉、脑、凝血功能等。高达20%的EHS患者好转后可出现热耐受能力下降^[6],该人群1周内不建议进行高强度运动、训练,应在专业人员指导下逐步增加训练强度直至恢复到之前水平^[3]。



注:BP为血压,RR为呼吸频率,HR为心率,SpO₂为脉搏血氧饱和度,MBP为平均血压;1 mmHg=0.133 kPa

图1 劳力性热射病(EHS)院前识别、监护、降温流程

参考文献

[1] Berko J, Ingram DD, Saha S, et al. Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006–2010 [J]. Natl Health Stat Report, 2014 (76): 1–15.
 [2] 全军重症医学专业委员会.热射病规范化诊断与治疗专家共识(草案)[J].解放军医学杂志,2015,40(1):1–7. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.01.01.
 Military Commission of Critical Care Medicine. Expert consensus on standardized diagnosis and treatment of heat radiation diseases (draft) [J]. Med J Chin PLA, 2015, 40 (1): 1–7. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.01.01.
 [3] Walter E, Steel K. Management of exertional heat stroke: a practical

update for primary care physicians [J]. Br J Gen Pract, 2018, 68 (668): 153–154. DOI: 10.3399/bjgp18X695273.
 [4] Carter R 3rd, Chevront SN, Williams JO, et al. Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers [J]. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37 (8): 1338–1344. DOI: 10.1249/01.mss.0000174895.19639.ed.
 [5] Heled Y, Rav-Acha M, Shani Y, et al. The "golden hour" for heatstroke treatment [J]. Mil Med, 2004, 169 (3): 184–186. DOI: 10.7202/MILMED.169.3.184.
 [6] Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, et al. National Athletic Trainers' Association position statement: exertional heat illnesses [J]. J Athl Train, 2002, 37 (3): 329–343.
 [7] Sloan BK, Kraft EM, Clark D, et al. On-site treatment of exertional heat stroke [J]. Am J Sports Med, 2015, 43 (4): 823–829. DOI: 10.1177/0363546514566194.
 [8] 王洪萍, 莎宁, 秦秀菊, 等. 热射病的发病学特点及流行病学进展[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (8): 702–704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.08.018.
 Wang HP, Sha N, Qin XJ, et al. Pathogenesis characteristics and epidemiological progress of heat radiation disease [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (8): 702–704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.08.018.
 [9] Armed Forces Health Surveillance Center (AFHSC). Update: heat injuries, active component, U.S. Armed Forces, 2013 [J]. MSMR, 2014, 21 (3): 10–13.
 [10] 李海玲, 王洪萍, 林慧艳, 等. 某区驻军医务人员热射病知识的认知调查[J]. 解放军医院管理杂志, 2014, 21 (12): 1138–1140.
 Li HL, Wang HP, Lin HY, et al. Cognitive investigation of heat stroke in medical staff in military hospitals [J]. Hosp Admin J Chin PLA, 2014, 21 (12): 1138–1140.
 [11] 李海玲, 王洪萍, 林慧艳, 等. 黄海地区官兵中暑及热射病知识认知与应急处置调查[J]. 解放军医院管理杂志, 2016, 23 (7): 637–639, 681. DOI: 10.16770/J.cnki.1008-9985.2016.07.013.
 Li HL, Wang HP, Lin HY, et al. Awareness and on-site emergency disposals of sunstroke and heat stroke in the Yellow Sea Militaries [J]. Hosp Admin J Chin PLA, 2016, 23 (7): 637–639, 681. DOI: 10.16770/J.cnki.1008-9985.2016.07.013.
 [12] Leon LR, Bouchama A. Heat stroke [J]. Compr Physiol, 2015, 5 (2): 611–647. DOI: 10.1002/cphy.c140017.
 [13] Belval LN, Casa DJ, Adams WM, et al. Consensus statement: prehospital care of exertional heat stroke [J]. Prehosp Emerg Care, 2018, 22 (3): 392–397. DOI: 10.1080/10903127.2017.1392666.
 [14] Asplund CA, O'Connor FG, Noakes TD. Exercise-associated collapse: an evidence-based review and primer for clinicians [J]. Br J Sports Med, 2011, 45 (14): 1157–1162. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090378.
 [15] Miller KC, Hughes LE, Long BC, et al. Validity of core temperature measurements at 3 rectal depths during rest, exercise, cold-water immersion, and recovery [J]. J Athl Train, 2017, 52 (4): 332–338. DOI: 10.4085/1062-6050-52.2.10.
 [16] Gagge AP, Gonzalez RR. Handbook of physiology environmental physiology [M]. Bethesda: American Physiological Society, 1996: 45–84.
 [17] Alzeer AH, Wissler EH. Theoretical analysis of evaporative cooling of classic heat stroke patients [J]. Int J Biometeorol, 2018, 62 (9): 1567–1574. DOI: 10.1007/s00484-018-1551-1.
 [18] Miller KC, Swartz EE, Long BC. Cold-water immersion for hyperthermic humans wearing American football uniforms [J]. J Athl Train, 2015, 50 (8): 792–799. DOI: 10.4085/1062-6050-50.6.01.
 [19] Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, et al. Cold water immersion: the gold standard for exertional heatstroke treatment [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2007, 35 (3): 141–149. DOI: 10.1097/jes.0b013e3180a02bec.
 [20] Proulx CI, Ducharme MB, Kenny GP. Effect of water temperature on cooling efficiency during hyperthermia in humans [J]. J Appl Physiol (1985), 2003, 94 (4): 1317–1323. DOI: 10.1152/jappphysiol.00541.2002.
 [21] Demartini JK, Casa DJ, Stearns R, et al. Effectiveness of cold water immersion in the treatment of exertional heat stroke at the Falmouth Road Race [J]. Med Sci Sports Exerc, 2015, 47 (2): 240–245. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000409.
 [22] Armed Forces Health Surveillance Center (AFHSC). Update: heat injuries, active component, U.S. Armed Forces, 2014 [J]. MSMR, 2015, 22 (3): 17–20.
 [23] Hosokawa Y, Adams WM, Belval LN, et al. Exertional heat illness incidence and on-site medical team preparedness in warm weather [J]. Int J Biometeorol, 2018, 62 (7): 1147–1153. DOI: 10.1007/s00484-018-1517-3.
 [24] McDermott BP, Casa DJ, O'Connor FG, et al. Cold-water dousing

- with ice massage to treat exertional heat stroke: a case series [J]. *Aviat Space Environ Med*, 2009, 80 (8): 720–722. DOI: 10.3357/ASEM.2498.2009.
- [25] Luhring KE, Butts CL, Smith CR, et al. Cooling effectiveness of a modified cold-water immersion method after exercise-induced hyperthermia [J]. *J Athl Train*, 2016, 51 (11): 946–951. DOI: 10.4085/1062-6050-51.12.07.
- [26] Kielblock AJ, Van Rensburg JP, Franz RM. Body cooling as a method for reducing hyperthermia. An evaluation of techniques [J]. *S Afr Med J*, 1986, 69 (6): 378–380.
- [27] Mitchell JB, Schiller ER, Miller JR, et al. The influence of different external cooling methods on thermoregulatory responses before and after intense intermittent exercise in the heat [J]. *J Strength Cond Res*, 2001, 15 (2): 247–254. DOI: 10.1519/00124278-200105000-00015.
- [28] 李海玲, 鲁青, 王洪萍, 等. 一种热射病野外降温袋的研制与应用 [J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29 (5): 479–480. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.019.
Li HL, Lu Q, Wang HP, et al. Preparation and application of cooling bag for heat stroke in wild field [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (5): 479–480. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.019.
- [29] Weiner JS, Khogali M. A physiological body-cooling unit for treatment of heat stroke [J]. *Lancet*, 1980, 1 (8167): 507–509. DOI: 10.1016/S0140-6736(80)92764-6.
- [30] Hee-Nee P, Rupeng M, Lee VJ, et al. Treatment of exertional heat injuries with portable body cooling unit in a mass endurance event [J]. *Am J Emerg Med*, 2010, 28 (2): 246–248. DOI: 10.1016/j.ajem.2009.09.022.
- [31] Moore TM, Callaway CW, Hostler D. Core temperature cooling in healthy volunteers after rapid intravenous infusion of cold and room temperature saline solution [J]. *Ann Emerg Med*, 2008, 51 (2): 153–159. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2007.07.012.
- [32] Sinclair WH, Rudzki SJ, Leicht AS, et al. Efficacy of field treatments to reduce body core temperature in hyperthermic subjects [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2009, 41 (11): 1984–1990. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a7ae82.
- [33] Mok G, DeGroot D, Hathaway NE, et al. Exertional heat injury: effects of adding cold (4 °C) intravenous saline to prehospital protocol [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2017, 16 (2): 103–108. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000345.
- [34] Yokobori S, Koido Y, Shishido H, et al. Feasibility and safety of intravascular temperature management for severe heat stroke: a prospective multicenter pilot study [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46 (7): e670–676. DOI: 10.1097/CCM.00000000000003153.
- [35] Hifumi T, Kondo Y, Shimizu K, et al. Heat stroke [J]. *J Intensive Care*, 2018, 6: 30. DOI: 10.1186/s40560-018-0298-4.
- [36] McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al. Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review [J]. *J Athl Train*, 2009, 44 (1): 84–93. DOI: 10.4085/1062-6050-44.1.84.
- [37] Gagnon D, Lemire BB, Casa DJ, et al. Cold-water immersion and the treatment of hyperthermia: using 38.6 °C as a safe rectal temperature cooling limit [J]. *J Athl Train*, 2010, 45 (5): 439–444. DOI: 10.4085/1062-6050-45.5.439.

(收稿日期: 2018-06-19)

• 科研新闻速递 •

伤口负压治疗并不能改善严重下肢开放性骨折患者的预后： 一项多中心随机对照临床试验

下肢开放性骨折断端穿透皮肤常常会导致严重的并发症,影响患者的生活质量。最近有学者进行了一项多中心随机对照临床试验,旨在评估伤口负压治疗(NPWT)能否改善严重下肢开放性骨折患者的预后。研究对象为2012年7月至2015年12月收治于英国创伤网络中心的460例严重下肢开放性骨折患者。研究人员将受试对象随机分为两组,NPWT组给予NPWT治疗($n=226$),对照组给予常规换药治疗($n=234$)。主要评价指标为患者12个月后的残疾指数评分(0~100分,分值越大表示残疾严重程度越高);其他评价指标包括治疗3、6、9、12个月时患者深部感染发生率及生活质量。结果显示:460例患者中,最终有374例完成试验。与对照组比较,NPWT组患者12个月后的残疾指数评分[分:45.5比42.4,差值为-3.1,95%可信区间(95%CI)=-8.9~1.2, $P=0.13$]、深部感染发生率(7.1%比8.1%,差值为1.0%,95%CI=-4.2%~6.3%, $P=0.64$)、生活质量(欧洲多维健康量表差值为0.02,95%CI=-0.05~0.08;健康调查12条简表评分差值为0.5,95%CI=-3.1~4.1;心理健康量表评分差值为-0.4,95%CI=-2.2~1.4)差异均无统计学意义。研究人员据此得出结论,NPWT并不能改善严重下肢开放性骨折患者的预后,该研究结果不支持NPWT用于严重下肢开放性骨折患者。

罗红敏,编译自《JAMA》,2018,319(22):2280-2288

早期床上腿部循环训练和电刺激股四头肌治疗并不能提高 重症患者的肌肉力量

有人认为早期床上腿部循环训练和电刺激股四头肌可能对重症患者的康复有利,为此,法国的学者进行了一项单中心随机对照临床试验,旨在了解早期床上腿部循环训练和电刺激股四头肌能否增强重症加强治疗病房(ICU)患者出科时的肌肉力量。研究对象为2014年7月至2016年6月收治于法国1家医院ICU的314例成人重症患者。研究人员将受试对象随机分为两组:干预组($n=159$)患者除接受常规康复治疗外,还进行了床上腿部循环训练和电刺激股四头肌治疗;对照组($n=155$)患者只接受常规康复治疗。主要评价指标为患者转出ICU时的肌肉力量(肌力评分:0~60分,分值越高表示肌肉力量越强);其他评价指标包括ICU治疗期间无呼吸机支持治疗天数及ICU活动度评分(0~10分,分值越高表示活动能力越强)。结果显示:在314例受试者中最终有312例完成了该研究(中位年龄66岁,女性占36%,78%的患者接受过机械通气辅助治疗)。干预组患者肌力评分中位数为48(29,58)分,对照组为51(37,58)分[差值为-3.0分,95%可信区间(95%CI)=-7.0~2.8, $P=0.28$]。两组患者ICU活动度评分均为6(3,9)分(两组相差0分,95%CI=-1~2, $P=0.52$);干预组患者28d内无呼吸机辅助通气时间为21(6,25)d,对照组为22(10,25)d(两组相差1d,95%CI=-2~3, $P=0.24$)。研究人员据此得出结论,早期床上腿部循环训练和电刺激股四头肌治疗并不能提高ICU患者出科时的肌肉力量。

罗红敏,编译自《JAMA》,2018,320(4):368-378