

• 发明与专利 •

一种分体式热射病急救服的设计与应用

张玉想¹ 刘洋²¹解放军总医院第八医学中心重症医学科, 北京 100091; ²北京卫星环境工程研究所, 北京 100094

通信作者: 张玉想, Email: 15810550308@163.com

【摘要】 在全球变暖和参与高强度运动人数增多的趋势下, 热射病发病率逐年增加。热射病是一种热急症, 如得不到快速有效的救治, 病死率高达 50% 以上。早期、快速、有效降温是热射病救治的关键点。在降温的“黄金 30 min”内迅速将核心体温降至 38.9 °C 能获得较好的临床预后, 且并发症较少, 但此时间内远远不足以完成急诊转运与评估。因此, 迫切需要研制一种适用于野外救治及转运的热射病急救服, 以实现野外环境下早期快速有效降温的治疗目标。为此, 解放军总医院第八医学中心重症医学科医护人员设计并研制了一种分体式热射病急救服, 适用于在缺少医疗物资和水源的恶劣环境下以及转运过程中的热射病患者, 获得了国家实用新型专利(专利号: ZL 2020 2 1627326.4)。分体式热射病急救服由衣服部、帽子部、袖筒和包裹式裤筒 4 个主要部分组成, 且均为温变面料制成的结构件, 温变体为细孔硅胶颗粒与硝酸钾制成的复合材料。衣服部的肩部与袖筒, 以及衣服部的下摆前端与包裹式裤筒均以可拆卸的连接件连接, 方便固定和搬运。为了对注水量进行定量控制, 还设计了注水袋和相应注水结构, 以保证每次注水都能达到一致的制冷效果, 且制冷温度为 14~18 °C, 长时间使用不会对患者造成局部冻伤。该分体式急救服可实现热射病患者移动、救援转运时紧急应用, 具有便于携带、使用方便、降温效果确切、利于搬运、成本低、可重复使用的特点, 可广泛用于热射病患者现场急救及转运。

【关键词】 热射病; 温变材料; 分体式急救服; 设计; 应用**基金项目:** 国家实用新型专利(ZL 2020 2 1627326.4); 军事医学创新工程项目(18CXZ023, 18CXZ033)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210330-00460

Design and application of a split first aid suit for heat strokeZhang Yuxiang¹, Liu Yang²¹Department of Critical Care Medicine, the Eighth Medical Center of the Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100091, China; ²Beijing Institute of Satellite Environmental Engineering, Beijing 100094, China

Corresponding author: Zhang Yuxiang, Email: 15810550308@163.com

【Abstract】 In the trend of global warming and the increasing number of participating in high-intensity sports, the incidence of heat stroke is increasing year by year. Heat stroke is categorized to the class of heat emergent diseases. If there is no quick and effective treatment, the mortality rate is as high as 50%. Early, rapid, and effective cooling is the key point in the treatment of heat stroke. The early recognition and rapid lowering the core body temperature to 38.9 °C within 30 minutes of exertional heat stroke results in better clinical outcome with the fewest complications, however, the "golden 30 minutes" is far from enough to complete emergency transport and evaluation. Therefore, it is urgent to develop a first aid suit for heat stroke suitable for field treatment and transportation, so as to achieve the treatment goal of early rapid and effective cooling in field environment. For this purpose, the medical staff of the department of critical care medicine of the Eighth Medical Center of the Chinese People's Liberation Army General Hospital designed and developed the split first aid suit, which is suitable for heat stroke patient in the harsh environment lacking medical supplies and water during transportation. The medical staff who designed the first aid suit obtained a National Utility Model Patent of China (ZL 2020 2 1627326.4). The split heat stroke first aid suit is composed of four main parts: a sleeveless coat, a hat, sleeves and wrapped pants. All of them are made by temperature changeable fabric which is a composite material made by fine porous silica gel particles and potassium nitrate. The cuffs of the sleeveless top of the clothes part and the sleeves are connected as a whole by the connecting pieces; and the front end of the hem of the clothes part and the wrapped trousers are also connected as a whole by the connecting pieces, which is convenient for fixing and transportation. In order to control the water injection quantity, the water injection bag and the corresponding components are designed to ensure the same amount of water can be injected to the heat stroke first aid suit at each time, so the same frigorific effect can be attainable. The service temperature is 14–18 °C, so it will not cause local frostbite to patients when used for a long time. This split-type first aid suit can be used in the movement, rescue and transportation of heat stroke patients. It is easy to carry and use with accurate cooling effect with low cost, moreover, it is reusable and can be widely used for on-site emergency and transportation of heat stroke patients.

【Key words】 Heat stroke; Temperature change fabric; The split heat stroke first aid suit; Design; Application

Fund program: National Utility Model Patent of China (ZL 2020 2 1627326.4); Military Medical Innovation Engineering Project of China (18CXZ023, 18CXZ033)

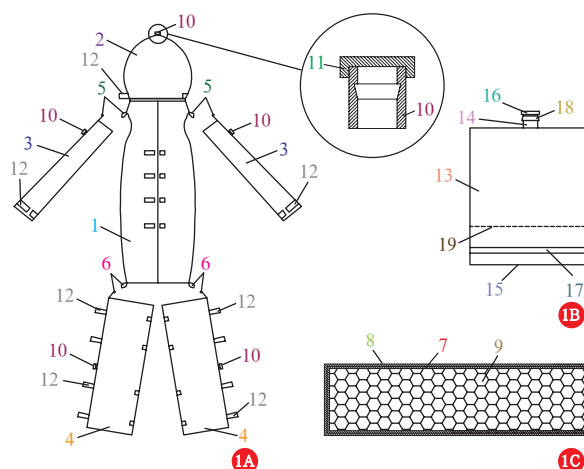
DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210330-00460

在全球变暖和参与高强度运动人数增多的趋势下,热射病发病率逐年增加^[1]。热射病分为两种类型,即典型热射病(classic heat stroke, CHS)与劳力性热射病(exertional heat stroke, EHS)。CHS 主要受环境中高热因素影响导致体温调节失衡而致病;EHS 则与高强度运动相关,导致产热与机体散热不等而发病^[2]。热射病属于极其严重的中暑状态,伴随着人体异常的高温,如果不能快速降低核心温度,就会造成神经系统功能障碍以及多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)等,导致病死率居高不下。为尽可能提高热射病治愈率,早期快速降温是最为关键的措施。如果初始降温延迟 30 min,即便后期降温达到目标,损害也不会停止。研究表明,在 30 min 内将热射病患者核心温度降至 40℃ 以下,有可能不发生死亡^[3-4]。Belval 等^[5]研究表明,30 min 内没有得到迅速降温处理的热射病患者,其并发器官功能障碍及导致死亡的概率会显著增加。因此,建议现场降温目标:核心温度在 30 min 内迅速降至 39.0℃ 以下^[1],2 h 内降至 38.5℃ 以下。降温方法的选择应因地制宜,根据现场条件灵活选择,亦可多种降温方法联用^[3]。为了防止病情进一步恶化,应该使用全身冷却的方法来降低体温,以减轻对重要器官系统的损害。同时,当患者的核心温度降至 38.5℃ 时,应立即停止降温措施或降低降温强度,维持直肠温度在 37.0~38.5℃,以免体温过低^[6-9]。因此,要密切监测热射病患者的体温。

对于野外训练或野外施工等远离市区、没有制冷条件,且工作条件恶劣的地方,在热射病发病后,不能给予及时降温救治,会造成较高的致残率和病死率。现有的较为有效的降温措施是全身浸水或者淋水,但是如果周围无大量水源,仅靠携带的少量水源难以实现持续降温。特别是重症热射病患者,在转运至医院治疗的途中进行积极的冷却可能具有挑战性,因为传统的救护车没有能力托管冷水浸泡浴缸。因此,有必要继续研究,以确定其他有效的冷却机制,可用于在前往急诊室的途中,为热射病患者进行充分冷却提供便捷、可靠、持续的降温措施。为此,本中心重症医学科医护人员设计并研制出一种分体式热射病急救服,衣服内部采用硝酸钾作为制冷部,硝酸钾在溶解于水的过程中会迅速降温,只需要少量的水,便能在短时间内获得低温环境,为热射病患者持续降温。此急救服适用于在缺少医疗物资和水源的恶劣环境下以及转运过程中的热射病患者,获得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2020 2 1627326.4)。现将该分体式热射病急救服的结构、功能和用法报告如下。

1 分体式热射病急救服的组成与功能

分体式热射病急救服的结构主要包括:衣服部(图 1-1)、帽子部(图 1-2)、袖筒(图 1-3)、包裹式裤筒(图 1-4)、第一连接件(图 1-5)、第二连接件(图 1-6)、柔性表层(图 1-7)、防水面层(图 1-8)、温变体(图 1-9)、管接头(图 1-10)、第一密封盖(图 1-11)、固定带(图 1-12)、袋体(图 1-13)、注水管(图 1-14)、注水口(图 1-15)、第二密封盖(图 1-16)、密封条(图 1-17)、卡扣(图 1-18)和标线(图 1-19)。



注:A 为急救服整体结构,B 为注水器,C 为急救服温变面料结构;1 为衣服部,2 为帽子部,3 为袖筒,4 为包裹式裤筒,5 为第一连接件,6 为第二连接件,7 为柔性表层,8 为防水面层,9 为温变体,10 为管接头,11 为第一密封盖,12 为固定带,13 为袋体,14 为注水管,15 为注水口,16 为第二密封盖,17 为密封条,18 为卡扣,19 为标线

图 1 分体式热射病急救服整体及局部结构示意图

该分体式热射病急救服主要由衣服部与帽子部组成的无袖上衣以及袖筒和包裹式裤筒构成,且各部分均为温变面料制成的结构件。温变面料由柔性表层、防水面层和温变体组成。温变体由细孔硅胶颗粒和硝酸钾制成的复合材料组成。该分体式热射病急救服可通过第一连接件、第二连接件连接为一个整体,方便固定和搬运。包裹式裤筒可由固定带连接,从而实现对腿部的包裹固定。由于采用温变体溶于水后吸热的制冷方式,在复合材料重量一定的情况下,需要考虑水的用量,以达到最适合温度。为了对注水量进行定量控制,还设计了注水袋和相应注水结构以保证每次注水都能达到一致的制冷效果。

由于热射病患者在发病时通常意识不清楚,因此衣服部与帽子部组成的无袖上衣可以直接穿戴在热射病患者身上,然后利用固定带进行固定,确保可以贴合躯干部位以达到良好的降温效果,同时方便穿着。袖筒可以直接套在患者手臂上,大大减少了为昏迷患者穿着急救服的工作量。袖筒通过第一连接件连接在无袖上衣的袖口处,方便转运患者。由于腿部不适合直接套穿,因此设计为包裹式裤筒,可将患者腿部包裹后再利用固定带进行紧固。

温变面料由柔性表层、防水面层和温变体组成。柔性表层为竹碳纤维和棉制成的结构件,该种柔性表层在转运过程中可以起到缓冲减震的作用。防水面层为聚四氟乙烯制成的结构件,包裹住囊体后能够形成一个密闭的空腔,从而避免其内部的溶液泄漏而对患者造成二次伤害,同时可减少转运过程中不明液体或者外物对患者的伤害,并且能够很好地与患者皮肤贴合,不会对患者的皮肤造成额外损伤。温变体是将细孔硅胶颗粒浸泡在 60% 的硝酸钾溶液中,再经过滤干燥制成的复合材料。渗透进入复合材料的水在硅胶颗粒毛细力的作用下,会在囊体结构中均匀分布。水不会因重力作用而分布不均,从而使得无袖上衣、袖筒以及包裹式裤

筒各个位置的降温效果更加一致,达到 14~18℃,既可以有效降温,又避免了对患者造成冻伤。

管接头为急救服注水口,在不使用时用第一密封盖密封,以防止保存过程中因存储不当而无法达到应有的使用效果。使用时与注水管内的卡扣连接,可方便快捷地完成注水过程。注水器包括袋体、注水管、注水口、第二密封盖、密封条、卡扣和标线。使用时确认第二密封盖紧闭,打开底部密封条向袋体内注水直至标线,封闭密封条,此时密封袋内水量刚好为无袖上衣、袖筒以及包裹式裤筒中任意位置的一次注水量,可以用于急救服定量注水。

2 分体式热射病急救服的使用

分体式热射病急救服储存过程中不宜被水长期浸泡,否则有可能会造成温变体吸收大量水分而失效。使用时,首先将衣服部与帽子部组成的无袖上衣穿着在患者身上,接下来将袖筒直接套在患者手臂上,最后将包裹式裤筒包裹住患者腿部,并用固定带固定。

确认第二密封盖紧闭,打开底部密封条向袋体内注水直至标线,封闭密封条,此时密封袋内水量刚好为无袖上衣、袖筒以及包裹式裤筒中任意位置的一次注水量。打开帽子部上方第一密封盖和注水袋的第二密封盖,将卡扣与管接头利用卡扣直接密封连接,并向急救服内部注水。由于采用卡扣密封连接,所以注水过程不会漏水。如果需要进行转运,该分体式热射病急救服可由第一连接件、第二连接件连接为一个整体,避免在转运过程中脱落;转运过程中可根据患者核心温度是否持续下降到正常温度来判断是否需要更换不同位置的急救服组件。若直肠温度不能持续降至正常甚至反弹,则可更换无袖上衣和裤筒两部分。由于躯干部最难散热,因此防止核心温度反弹最有效的方式为更换无袖上衣,其他部位均为辅助降温。

3 分体式热射病急救服的优点

3.1 采用分体式设计,与一体式急救服相比,更便于为意识不清的患者穿着,减小了为患者穿着急救服的难度。

3.2 采用溶解制冷方式,可将制冷温度控制在 14~18℃,从而在长时间使用时不会对患者造成局部冻伤。

3.3 添加了防水面层和柔性表层,减少了转运过程中不明液体或者外物以及路途颠簸对患者造成的伤害。

3.4 仅需少量水源就可完成制冷,适用于无医疗资源和缺乏大量水源的恶劣环境下以及转运过程中使用。

4 结 论

热射病是一种紧急的医学情况,处理应及时迅速^[10-11]。热射病治疗的主体是快速冷却以及器官功能支持,其中冷却是治疗热射病的关键,对于热射病患者的存活至关重要^[12]。研究表明,包括早期快速降温、循环监测、保持呼吸道通畅、早期镇静镇痛、早期肠内营养、减少有创操作等在内的集束化护理措施可以明显提高热射病患者的抢救成功率,缩短其住院时间^[13]。分体式热射病急救服具有便于携带、使用方便、降温效果确切、利于搬运、成本低、可重复使用的特点,

可广泛应用于热射病患者的现场急救以及转运。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 王洪萍,陈玮,李淑萍,等.劳力性热射病的快速识别与降温治疗进展[J].中华危重病急救医学,2018,30(10):1006-1010. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.10.021.
Wang HP, Chen W, Li SP, et al. Advances in pre-hospital recognition and cooling treatment of exertional heat stroke [J]. Chin Crit Care Med, 2018, 30(10): 1006-1010. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.10.021.
- [2] Liu SY, Wang Q, Lou YP, et al. Interpretations and comments for expert consensus on the diagnosis and treatment of heat stroke in China [J]. Mil Med Res, 2020, 7(1): 37. DOI: 10.1186/s40779-020-00266-4.
- [3] 全军热射病防治专家组,全军重症医学专业委员会.中国热射病诊断与治疗专家共识[J].解放军医学杂志,2019,44(3):181-196. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2019.03.01.
Expert Group on Prevention and Treatment of Heat Stroke Disease of the PLA, Professional Committee of Critical Care Medicine of the PLA. Consensus of experts on diagnosis and treatment of heat stroke disease of China [J]. Med J Chin PLA, 2019, 44(3): 181-196. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2019.03.01.
- [4] Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition [J]. Med Sci Sports Exerc, 2007, 39(3): 556-572. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31802fa199.
- [5] 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.
- [6] Filep EM, Murata Y, Endres BD, et al. Exertional heat stroke, modality cooling rate, and survival outcomes: a systematic review [J]. Medicina (Kaunas), 2020, 56(11): 589. DOI: 10.3390/medicina56110589.
- [7] Casa DJ, DeMartini JK, Bergeron MF, et al. National Athletic Trainers' Association position statement: exertional heat illnesses [J]. J Athl Train, 2015, 50(9): 986-1000. DOI: 10.4085/1062-6050-50.9.07.
- [8] Gagnon D, Lemire BB, Casa DJ, et al. Cold-water immersion and the treatment of hyperthermia: using 38.6℃ as a safe rectal temperature cooling limit [J]. J Athl Train, 2010, 45(5): 439-444. DOI: 10.4085/1062-6050-45.5.439.
- [9] Truxton TT, Miller KC. Can temperate-water immersion effectively reduce rectal temperature in exertional heat stroke? A critically appraised topic [J]. J Sport Rehabil, 2017, 26(5): 447-451. DOI: 10.1123/jsr.2015-0200.
- [10] 王娇,张玉想.军事训练中劳力性热射病批量伤患者的救治体会[J].中华危重病急救医学,2020,32(12):1522-1525. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200303-00236.
Wang J, Zhang YX. Experience of treating batches of exertional heat stroke patients in military training [J]. Chin Crit Care Med, 2020, 32(12): 1522-1525. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200303-00236.
- [11] 杨萌萌,张宇,赵妍,等.热射病致多器官功能障碍综合征的研究进展[J].中华危重病急救医学,2017,29(2):188-192. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.02.020.
Yang MM, Zhang Y, Zhao Y, et al. Research progress in the multiple organ dysfunction syndrome caused by heat stroke [J]. Chin Crit Care Med, 2017, 29(2): 188-192. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.02.020.
- [12] 刘秀珍,刘静民,张冰,等.劳力性热射病的识别与冷却治疗研究进展[J].中国运动医学杂志,2019,38(6):508-515. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6710.2019.06.011.
Liu XZ, Liu JM, Zhang B, et al. Research progress on identification and cooling treatment of exertional heat stroke [J]. Chin J Sports Med, 2019, 38(6): 508-515. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6710.2019.06.011.
- [13] 王楠楠,孙荣青,李庆华,等.集束化护理对热射病患者的效果评价[J].中国中西医结合急救杂志,2019,26(1):120-122. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.01.029.
Wang NN, Sun RQ, Li QH, et al. Evaluation of effect of cluster nursing intervention on patients with heat stroke [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2019, 26(1): 120-122. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.01.029.

(收稿日期:2021-03-30)