

· 综述 ·

热射病的多器官受损表现及防治措施

李子瞻¹, 罗雪^{2*}

(陆军军医大学·第三军医大学:¹基础医学院学员三大队,²军事预防医学系热带医学教研室,重庆 400038)

【摘要】 热射病是由于暴露于热环境和(或)剧烈运动所致的机体产热与散热失衡,以核心温度升高 $>40^{\circ}\text{C}$ 和中枢神经系统异常(包括谵妄、抽搐、昏迷)为特征,并伴有多器官损害的危及生命的临床综合征。根据发病原因和易感人群的不同,热射病分为经典型热射病和劳力型热射病。热射病可导致多个器官系统功能和形态发生改变,出现多器官功能障碍综合征,这是导致患者死亡的主要原因。热射病的治疗以对症治疗为主,了解热射病所致的多器官损害特点及变化规律,对该病的临床救治和降低病死率具有重要意义。

【关键词】 热射病;多器官功能障碍综合征;预防;治疗

【中图分类号】 R594.1; R821

【文献标志码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2023.08.131

Multiple organ injury features and prevention and treatment of heat stroke

Li Zizhan¹, Luo Xue^{2*}

(¹Third Cadet Brigade, College of Basic Medical Sciences, ²Department of Tropical Medicine, Faculty of Military Preventive Medicine, Army Medical University, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

【Abstract】 Heat stroke is a clinical syndrome with an imbalance of heat production and heat dissipation due to exposure to a thermal environment and/or intense exercise, characterized by increasing core body temperature $>40^{\circ}\text{C}$ and central nervous system abnormalities (such as delirium, convulsion, coma), accompanied by a life-threatening clinical syndrome of multiple organ damage. According to the different causes and susceptible populations, heat stroke is categorized into classic heat stroke and exertional heat stroke. Heat stroke can cause changes in function and morphology of multiple organs, resulting in multiple organ dysfunction syndrome, which is the leading cause of patient's death. Currently, no treatment is proven effective other than symptomatic treatment. Understanding the multiple organ injury features caused by heat stroke has a profound significance for its clinical treatment and mortality decrease.

【Key words】 heat stroke; multiple organ dysfunction syndrome; prevention; treatment

This work was supported by Special Program of Scientific and Technological Innovation of Army Medical University(2021XJS04).

Corresponding author: Luo Xue, E-mail: luoxuecq@hotmail.com

热射病,即重度中暑,是一种急危重症。是由于机体暴露于热环境中(或)剧烈运动后,引起体温调节中枢障碍,机体核心温度迅速升高,超过 40°C ,伴有皮肤灼热、意识障碍(包括谵妄、抽搐、昏迷)等多器官系统损伤的严重临床综合征^[1]。随着全球平均气温不断升高,热射病等热相关疾病的发病率呈现逐年增高趋势,已引起人们的重视。热射病发病急、进展快、病死率高,是炎热夏季的常见危重病之一。多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)是热射病最严重的并发症,也是热射病患者死亡的主要原因^[2]。本文拟就热射病的分类、多器官损害表现和防治措施进行综述。

1 热射病的分类

热射病是由于暴露于热环境和(或)剧烈运动所致的机体产热与散热失衡而发病。任何群体均可发病,不受年龄限制。根据发病原因和易感人群的不同,热射病分为经典型热射病(classic heat stroke, CHS)和劳力型热射病(exertional heat stroke, EHS)。

1.1 经典型热射病

CHS主要是由于机体被动暴露于热环境中,体温调节功能障碍导致散热减少引起。常见的发病人群为婴幼儿、老年人、慢性基础疾病患者及长期卧床及肥胖患者。由于全球气候变暖和老龄化社会的到

收稿日期: 2022-10-19; 接受日期: 2022-12-28

基金项目: 陆军军医大学科技创新能力提升专项(2021XJS04)

通信作者: 罗雪, E-mail: luoxuecq@hotmail.com

来,老年人已成为夏季 CHS 的高危人群^[3]。老年人基础疾病较多,常罹患脑卒中后遗症、老年性痴呆、糖尿病、慢性阻塞性肺病、慢性肾功能衰竭、帕金森病等慢性疾病,器官储备能力较差,免疫力和自我防护能力下降,易发生体温失衡,一旦处于闷热、空气流动性差的环境中,极易发生热射病。CHS 前驱症状隐匿,往往不易发现,而老年人又缺乏对热射病的基本认识,大多数老年人因高温导致身体发生不适时并想不到去医院就诊,因此,需要提高老年人对热射病及其危害的认识^[4]。CHS 一般为逐渐起病,1~2 d 症状加重,出现意识模糊、谵妄、昏迷等,体温升高达 40℃~42℃,常伴有大小便失禁、心力衰竭、肾衰竭等表现。与 EHS 相比,CHS 具有更高的病死率,可能与其存在基础疾病有关。

1.2 劳力型热射病

EHS 主要是由于机体暴露于高温环境中,高强度体力活动致内源性产热过多引起。常见于夏季剧烈运动的健康青年人,比如在夏季参训的官兵、运动员、消防员、建筑工人、环卫工人等。在高温高湿环境下进行高强度训练或从事重体力劳动一段时间后突感全身不适,如极度疲劳、持续头痛、运动不协调、行为不当、判断力受损、面色潮红或苍白、恶心、呕吐、晕厥等,可伴有大量出汗或无汗,继而体温迅速升高达 40℃以上,出现谵妄、癫痫发作、意识水平下降和昏迷等中枢神经系统严重受损表现^[5]。也有患者缺乏先兆表现而在运动中突然晕倒或意识丧失而发病。

2 热射病的多器官受损表现

热射病具有起病急、进展快、症状重和死亡率高的特点,是一种严重的疾病,因为热射病早期没有明显征兆,故给其损伤机制研究带来困难。近年来,对热射病的主要病理生理过程不再聚焦到体温升高和脱水等直接因素造成的器官功能衰竭,反而是全身炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS)所引起的炎症瀑布和免疫功能紊乱造成多器官功能障碍的观点逐渐受到重视^[6]。结合以前的器官衰竭和 SIRS 研究,可以梳理出来,热射病的发病过程中,氧化应激、炎症反应、凝血功能障碍、横纹肌溶解、肠道菌群失调等多种病理生理过程有序出现,部分阶段有一定重叠。氧化应激和炎症反应相互促进,破坏细胞内外环境,加重细胞损伤直至凋亡;凝血功能障碍的同时,血管通透性增加,增加患者出血风险,加重循环衰竭和器官损伤;横纹肌溶解引起的肾损伤进一步使内环境恶化;肠

道微生态紊乱使肠道屏障破坏,内毒素吸收入血进一步加剧了全身炎症反应。这些病理生理过程之间相互作用,互有叠加,最终导致多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)^[7]。本文侧重就热射病导致的主要器官受损表现进行综述。

2.1 中枢神经系统损伤

热射病的发病过程中,意识障碍常见,多与神经系统受损有关。研究表明,热射病可导致中枢和外周神经系统多个部位受损,大脑、小脑、海马、下丘脑等均可累及^[8],临床表现依据损伤部位和功能区各有不同。大脑因为对氧的需求大,组织含水量大,是热射病发展过程中最常见的受累靶器官;小脑和海马结构是最常见的易损部位,多在热射病后期数天、数周甚至数月出现影像学异常信号,而早期并无阳性表现,说明中枢神经系统不同部位对高热的敏感程度及抗打击能力不同,其损伤具有时相性^[9]。依据损害发生时间,分为急性期、恢复期、永久期 3 个阶段,急性期主要表现为精神错乱、谵妄、癫痫发作等损伤,还可有精神行为异常、角弓反张、去大脑皮层强直等其他神经系统异常表现。恢复期可出现易怒、注意力不集中等短暂的神经功能缺失。部分患者后期可能遗留长期的脑细胞损害,表现为记忆力减退、认知障碍、语言障碍、共济失调等^[10,11]。从这些临床症状来看,热射病致中枢神经系统病变可能也存在海马结构的损伤。目前,对热射病致脊髓损伤的报道罕见,但神经病理学研究显示除了小脑及大脑相关部位损伤,脊髓同样是热损伤的易感区,部分解剖病例显示,存在脊髓前角和中间外侧角神经元肿胀和脱髓鞘样改变,临床上则表现为迟缓性瘫痪、无汗和大小便失禁等神经休克和交感神经受损症状^[12]。

2.2 肠道损伤

肠道作为人体最大的储菌库,是热射病发展为急危重症的关键器官。当前研究已初步证实肠道损伤是内毒素血症、SIRS、MODS 与弥散性血管内凝血(disseminated intravascular coagulation, DIC)的始动环节^[13],肠道损伤在热射病病理生理变化和发病机制中发挥了至关重要作用^[14,15],主要表现为肠道的消化代谢功能丧失、天然屏障作用消失等负向效应累计叠加。热射病发病 72 h 内即可出现恶心、呕吐、腹泻、水样便,严重者可出现消化道出血、穿孔、腹膜炎等。肠道一方面受到体温升高产生的热应激打击,另一方面缺血发生氧化应激,二者结合致使肠道损伤,而肠道损伤又会导致肠道黏膜通透性升高,

屏障功能障碍,最终使得肠腔内的革兰阴性菌及其产物(内毒素)易位入血。早期少量的内毒素经过肝脏可被消除,然后随着热应激的蓄积以及肝脏本身的缺血损伤,其代偿清除内毒素的能力下降,而肠腔泄漏的内毒素不断增加,逐渐超过了肝脏的代偿能力,进而发生内毒素血症或败血症。内毒素激活机体免疫系统,促使单核巨噬细胞系统释放肿瘤坏死因子 α 和白细胞介素 1β 等促炎因子。这些促炎因子虽有一定保护机体的作用,但过量时可进一步级联放大炎症反应,导致更多促炎和抗炎因子和趋化因子释放,机体出现炎症风暴、SIRS。同时,热应激导致血管内皮损伤,极易发展成发生DIC,上述因素共同作用导致MODS。

2.3 横纹肌溶解综合征

横纹肌溶解综合征是热射病常见并发症,几乎发生在所有热射病患者中,以肌肉酸痛、僵硬、肌无力为主要临床表现。横纹肌溶解的原因可能有以下几个方面。(1)热射病患者大量出汗丢失液体,电解质和醛固酮分泌增加,促使机体保钠排钾,造成低血钾。低钾血症严重时会抑制血管舒张,造成肌痉挛,肌肉缺血缺氧坏死,进而导致肌肉溶解^[16]。(2)剧烈运动和高热导致横纹肌缺氧和肌肉氧储备耗竭,细胞能量代谢障碍,功能蛋白变性,继而出现细胞膜完整性受到破坏^[17]。(3)热射病常合并感染和脱水,这些因素也可能损伤肌肉^[16]。

2.4 肾脏损伤

肾脏是热射病多器官功能障碍的突出受累器官和重要靶器官,热射病导致的肾功能障碍频发。热射病导致的肾脏功能损伤表现为少尿、无尿、浓茶色或酱油色尿。急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)是热射病的严重并发症,由多种因素引起;严重脱水、心肌水肿和心肌功能障碍导致肾灌注不足;热损伤也可能直接影响肾功能;横纹肌溶解亦常导致肾脏功能损伤。横纹肌溶解小鼠模型中可见肾间质水肿、广泛的肾小管损伤、局部刷状缘丢失、肾小管内管型形成和肾小管细胞凋亡。热射病模型动物肾脏组织中发生了中度到重度的间质和肾小球充血、间质出血和轻度到重度的肾小管变性和坏死。大量横纹肌溶解产生过量的肌红蛋白,则可导致进一步的肾损伤^[18]。也有证据表明,AKI本身代表了一种促炎症状态,在受损的肾脏中,白细胞和肾小管细胞会释放细胞因子,而这些细胞因子也被认为是启动和加重肾脏损伤的重要因素^[19]。

2.5 其他器官损伤

肝脏是热打击的前哨器官,肝损伤为热射病常

见并发症。临床表现为乏力、纳差和巩膜黄染。热射病肝损伤早期腹部影像学常无明显异常,仅表现为肝功能指标的改变。

肺是重要的散热器官之一。机体在遭受热应激后会反射性引起呼吸加深加快,当过劳损害和热灼伤同时存在时,亦导致肺损伤。肺损伤后导致机体氧气交换障碍,进一步加重缺氧,从而加重其他组织损伤^[20]。热射病导致的肺损伤早期主要表现为呼吸急促、口唇发绀等。如没有及时进行救治,可发展为急性肺损伤(acute lung injury, ALI)、急性呼吸窘迫综合征(acute respiration distress syndrome, ARDS),极易导致患者死亡^[21]。

心血管功能损害是热射病导致MODS链条的一部分,主要原因为心脏做功能力、收缩能力和协同运动能力失代偿,心脏前负荷下降、心输出量下降,此时临床多表现为难以纠正的低血压,直至心力衰竭、循环衰竭。

3 热射病的防治

热射病一旦发病,受时间、空间和支撑条件限制,往往不能第一时间应用体表降温、体内降温、控制基础代谢率、建立液体通路等早期救治措施,故疾病进展迅速,很快并发多器官功能损伤,此时,临床治疗手段就非常有限。因此,降低其死亡率的关键在于预防。

3.1 热射病的预防

热射病的发生与高湿、高温、空气不流动3大因素叠加有关。在生理条件下,人体通过热对流、热传导、热辐射和热蒸发等多重生理机制保证产热、散热均衡,维持体内温度稳定。但在高温、高湿环境下,环境温度接近或者超过皮肤温度,对流、传导、辐射所需要的皮肤与环境的温度差不存在,则对流、传导和辐射不再有效;同时因为水汽压力差消失,汗液蒸发也受阻。当4种散热方式都受到影响时,就会出现热损伤,极易发生热射病。所以,对于热射病,最有效的预防措施则是避免高温、高湿、不通风的环境,减少和避免热射病发生的危险因素,保证充分的休息时间,避免脱水的发生,从而减少热射病的发生率及病死率。

3.2 热射病的救治

热射病的诊断并不困难,但治疗棘手。目前主要还仅仅是对症治疗,缺乏行之有效的对因治疗,一旦发病,临床疗效欠佳,这也是造成热射病死亡率高的主要原因。热射病虽重在预防,但一旦发病,危害性远超预期,故需特别强调,应在发现异常的第一

时间启动干预,而不应在确立热射病诊断之后再进行治疗。

3.2.1 现场急救 热射病病死率与体温过高及持续时间密切相关^[22],因此,快速、有效、持续降温是首要治疗措施。现场主要降温方法包括以下几种^[23]。(1)冷水浸泡^[24,25]。将患者颈部以下浸泡在冷水(2℃~20℃)中。冷水浸泡是全身冷却速率最快的降温方法,可显著降低热射病发病率和病死率。当体温在症状出现30 min内降至40℃时,病死率接近或实际上为零,且多数患者康复后无后遗症。(2)冰敷降温。使患者头戴冰帽或头枕冰枕,或将纱布包裹好的冰袋置于颈部、腹股沟(注意保护阴囊)、腋下等血管较丰富、散热较快的部位进行降温。(3)蒸发降温。用凉水喷洒或向皮肤喷水雾同时配合持续扇风有效降温,也可用薄纱布尽可能多地覆盖患者皮肤,间断地向纱布喷洒室温水,同时持续扇风;抑或用湿毛巾擦拭全身,或用稀释的酒精擦拭全身,并持续扇风。

3.2.2 转运后送 对于疑似热射病患者,应遵循“降温第一,转运第二”的原则^[26],即在任何情况下,都应先降温,树立降温就是救治、降温就是医疗的概念。经现场降温处理情况基本稳定后,在做好有效持续降温的前提下,应尽快转运至就近有救治经验的医院,以获得更高级别的针对性救治。

3.2.3 院内救治 在患者运抵有救治能力的医院时,应继续采取多种器官功能支持疗法开展救治,主要仍以积极降温、镇静、扩容、抗凝、抗炎、肠内营养支持以及病情需要及时器官功能支持(如呼吸衰竭行气管插管辅助通气、肝功能衰竭行人工肝等)为主。对这些传统手段的研究已经非常深入和细化,对于指导临床救治有重要意义。针对热射病的院内治疗,最新的专家共识已经提出了全套方案,提倡综合运用多种手段提高救治成功率^[11]。本文仅就新兴的血液净化治疗(continuous blood purification, CBP)联合高压氧治疗(hyperbaric oxygen, HBO)及细胞移植治疗进行介绍。

近年来,CBP预防MODS效果明显,已广泛应用于早期危重患者临床治疗。研究证实,CBP通过大量低温置换液快速与血液交换散热,在2 h内将核心温度降至38.5℃以下,有效避免重要器官的热损害和为后续治疗争取宝贵时间,是传统物理降温无法比拟的降温方法^[27]。CBP具有抑制炎症反应、清除体内代谢毒物、及时纠正水电解质及酸碱平衡、维持内环境稳定的作用,为患者后续治疗提供保障。HBO可提高血氧分压,增加血氧有效弥散距离,促

进侧支循环的形成,使有氧代谢增强,减轻细胞水肿,对血管内皮细胞具有显著的保护作用,为组织的再生和功能恢复提供良好物质基础^[28]。早期HBO联合CBP对热射病患者的急危重症进行针对性治疗,对于稳定患者病情、促进患者各系统功能修复、降低患者病死率和致残率、提高患者的后期生存质量和回归社会均具有重要的应用价值,值得临床推广应用^[29]。

细胞移植治疗作为新兴的治疗手段,是近年来热射病治疗的新方向。骨髓单个核细胞移植能够保护血管内皮,降低血清中炎症因子浓度,减轻全身炎症反应,减少器官功能障碍^[30]。研究显示,间充质干细胞治疗可明显改善热射病大鼠肠黏膜水肿、坏死和绒毛剥脱,降低肠组织炎症反应,提示间充质干细胞输注通过调节循环和肠道炎症反应对大鼠热射病发挥治疗作用^[31]。研究显示,在热射病发生后,立即进行脾调节性T细胞移植,能够减轻模型大鼠肠道黏膜损伤及中性粒细胞浸润,改善肠道屏障功能^[32]。从脱落的乳牙髓中提取干细胞,注射给小鼠,能够对小鼠起到脑保护作用,同时降低血清肿瘤坏死因子-α等促炎因子水平,提高内源性糖皮质激素浓度,减轻热射病相关SIRS^[33]。这些研究说明了细胞治疗在热射病中的良好应用前景,在脑保护、肠道保护和血管内皮功能保护等方面具有较好的作用。

综上,热射病的发病率及死亡率呈现逐年上升的趋势。目前,对于热射病的治疗仍然是以对症治疗为主。然而,热射病本质上是一种可防可控的疾病。所以,需要加强对热射病的宣教,实现对热射病的早发现、早诊断、早治疗,从而提高热射病的救治效果。

【参考文献】

- [1] Bouchama A, Knochel JP. Heat stroke[J]. N Engl J Med, 2002, 346(25):1978-1988. DOI: 10.1056/NEJMra011089.
- [2] Varghese GM, John G, Thomas K, *et al.* Predictors of multi-organ dysfunction in heat stroke [J]. Emerg Med J, 2005, 22(3): 185-187. DOI: 10.1136/emj.2003.009365.
- [3] Swynghedauw B. Medical consequences of global warming[J]. Presse Med, 2009, 38(4): 551-561.
- [4] 杨雪非,陶雪江,王耀丽,等.老年热射病的早期识别和临床特征分析[J].老年医学与保健,2018,24(3):289-291,340.
- [5] Slovis CM. Features and outcomes of classic heat stroke[J]. Ann Intern Med, 1999, 130(7): 614-615.
- [6] 丁超平,李俊杰,尹文.热射病相关SIRS研究进展[J].临床急诊杂志,2021,22(4):287-290. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2021.04.014.

- [7] 宋仁杰, 李彦波, 周飞虎. 热射病发病机制的研究进展[J]. 解放军医学院学报, 2020, 41(12): 1231–1235. DOI: 10.3969/j. issn. 2095-5227. 2020. 12. 014.
- [8] 何国鑫, 马志全, 潘升华, 等. 重症中暑早期大鼠认知功能及脑能量代谢核磁共振氢谱研究[J]. 解放军医学杂志, 2021, 46(3): 238–244. DOI: 10.11855/j. issn. 0577-7402. 2021. 03. 04.
- [9] 路爱军, 谢垒, 胡怀强. 热射病致中枢神经系统易损部位研究进展[J]. 实用医药杂志, 2021, 38(4): 289–291. DOI: 10.14172/j. issn1671-4008. 2021. 04. 001.
- [10] Epetein Y, Haviv Y, Olchovski D, *et al.* Exertional heat stroke[J]. Harefuah, 2015, 154(2): 94–97.
- [11] 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.
- [12] 张云, 吴士文. 热射病的神经影像学研究进展[J]. 中华灾害救援医学, 2016, 4(4): 231–234. DOI: 10.13919/j. issn. 2095-6274. 2016. 04. 014.
- [13] 李磊, 王曼, 许硕贵. 热射病肠道损伤机制及防治研究进展[J]. 华南国防医学杂志, 2020, 34(12): 905–910. DOI: 10.13730/j. issn. 1009-2595. 2020. 12. 019.
- [14] 苗利辉, 宋青, 刘辉, 等. 热射病患者胃肠道功能障碍与病情严重程度及预后的关系[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27(8): 635–638. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 2095-4352. 2015. 08. 003.
- [15] 田锐, 谢云, 杜江, 等. 热射病早期肠屏障功能损害与炎症反应因子的相关性[J]. 中华重症医学电子杂志(网络版), 2018, 4(4): 333–337. DOI: 10.3877/cma. j. issn. 2096-1537. 2018. 04. 008.
- [16] Bench-to-bedside review: rhabdomyolysis —an overview for clinicians[J]. Crit Care, 2005, 9(2): 158–169. DOI: 10.1186/cc2978.
- [17] 潘志国, 耿焱, 刘灏, 等. 热打击对培养人骨骼肌细胞的损伤和释放 IL-6、TNF- α 的影响[J]. 实用医学杂志, 2012, 28(9): 1405–1407. DOI: 10.3969/j. issn. 1006-5725. 2012. 09. 006.
- [18] Hifumi T, Kondo Y, Shimizu K, *et al.* Heat stroke[J]. J Intensive Care, 2018, 22(6): 30. DOI: 10.1186/s40560-018-0298-4.
- [19] Lee DW, Faubel S, Edelstein CL. Cytokines in acute kidney injury (AKI)[J]. Clin Nephrol, 2011, 76: 165–173. DOI: 10.5414/cn106921.
- [20] 夏新宇, 李磊, 王少康, 等. 热射病肺损伤相关因素及治疗进展[J]. 中国急救医学, 2021, 41(11): 994–997. DOI: 10.3969/j. issn. 1002-1949. 2021. 11. 014.
- [21] 易昱昊, 陈峰, 赵贵锋. 热射病相关肺损伤机制及治疗研究进展[J]. 中华灾害救援医学, 2022, 10(2): 102–106. DOI: 10.13919/j. issn. 2095-6274. 2022. 02. 010.
- [22] Heled Y, Rav-Acha M, Shani Y, *et al.* The "golden hour" for heat stroke treatment[J]. Mil Med, 2004, 169(3): 184–186.
- [23] 李磊, 袁浩, 夏德萌, 等. 劳力性热射病患者快速降温的研究进展[J]. 中国预防医学杂志, 2020, 21(4): 472–476. DOI: 10.16506/j. 1009-6639. 2020. 04. 025.
- [24] Wohlfert TM, Miller KC. Does precooling with whole-body immersion affect thermal sensation or perceived exertion? A critically appraised topic[J]. J Sport Rehabil, 2019, 28(5): 517–521. DOI: 10.1123/jsr. 2017-0357.
- [25] Parker KC, Shelton RR, Lopez RM. Do alternative cooling methods have effective cooling rates for hyperthermia compared with previously established CWI cooling rates? [J]. J Sport Rehabil, 2020, 29(3): 367–372. DOI: 10.1123/jsr. 2019-0098.
- [26] 全军热射病防治专家组. 暑期部队高强度训练预防中暑专家共识[J]. 空军医学杂志, 2019, 35(4): 283–288. DOI: 10.3969/j. issn. 2095-3402. 2019. 04. 002.
- [27] 李丹丹, 孟建中, 吕苏一, 等. 早期持续性血液净化治疗对劳力性热射病预后的影响[J]. 中华肾脏病杂志, 2011, 27(7): 532–533. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 1001-7097. 2011. 07. 017.
- [28] 谭敏, 彭华, 段军伟, 等. 高压氧治疗对重型颅脑损伤患者全身炎症反应的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(2): 116–119. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0254-1424. 2011. 02. 012.
- [29] 区大明, 杨杰华, 孙静, 等. 早期高压氧联合持续性血液净化对劳力性热射病炎症指标及预后的影响[J]. 实用医技杂志, 2022, 29(1): 5–9. DOI: 10.19522/j. cnki. 1671-5098. 2022. 01. 001.
- [30] Umemura Y, Ogura H, Matsuura H, *et al.* Bone marrow-derived mononuclear cell therapy can attenuate systemic inflammation in rat heat stroke[J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2018, 26(1): 97. DOI: 10.1186/s13049-018-0566-2.
- [31] Wang L, Deng ZH, Yuan R, *et al.* Protective effect and mechanism of mesenchymal stem cells on heat stroke induced intestinal injury[J]. Exp Ther Med, 2020, 20(4): 3041–3050. DOI: 10.3892/etm. 2020. 9051.
- [32] Hu J, Kang HJ, Liu C, *et al.* Regulatory T cells could improve intestinal barrier dysfunction in heat stroke[J]. Inflammation, 2019, 42(4): 1228–1238. DOI: 10.1007/s10753-019-00983-6.
- [33] Tseng LS, Chen SH, Lin MT, *et al.* Transplantation of human dental pulp-derived stem cells protects against heatstroke in mice[J]. Cell Transplant, 2015, 24(5): 921–937. DOI: 10.3727/096368914X678580.

(编辑: 温玲玲)