

热射病治疗的研究进展

张城恺¹, 闫秋宇¹, 郝爽¹, 曹栩嘉¹, 王文², 刘正才^{3*}

¹空军军医大学基础医学院学员队, 陕西 西安

²空军军医大学唐都医院放射科, 陕西 西安

³空军军医大学西京医院综合外科, 陕西 西安

收稿日期: 2024年5月24日; 录用日期: 2024年6月19日; 发布日期: 2024年6月26日

摘要

热射病即重症中暑, 是由于在高温高湿环境机体体温调节功能失衡, 核心温度迅速升高, 是一种严重急性热致疾病。热射病可对机体各个系统造成损伤, 在实际防治过程中经常存在误诊漏诊、对其严重程度估计不足、治疗方案采取不当等情况, 最终导致患者死亡。如今临床针对热射病的发病机制以及治疗已经形成较为完善的系统, 产生大量研究成果, 但热射病的病死率依旧居高不下。本文针对新更改的“十早一禁”临床治疗原则与预防进行论述, 为热射病患者及临床治疗医生提供较为完善的理论支持。

关键词

热射病, 治疗方案, 预防

Research Progress in the Treatment of Heat Stroke

Chengkai Zhang¹, Qiuyu Yan¹, Shuang Hao¹, Xvjia Cao¹, Wen Wang², Zhengcai Liu^{3*}

¹Cadets of Basic Medical School of Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

²Radiology Department, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

³Department of General Surgery, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: May 24th, 2024; accepted: Jun. 19th, 2024; published: Jun. 26th, 2024

Abstract

Heat stroke, or severe heatstroke, is a serious acute heat-induced disease due to the imbalance of body temperature regulation and the rapid rise of core temperature in a high temperature and

*通讯作者。

文章引用: 张城恺, 闫秋宇, 郝爽, 曹栩嘉, 王文, 刘正才. 热射病治疗的研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(6): 761-768. DOI: 10.12677/acm.2024.1461839

humidity environment. Thermal radiation disease can cause damage to various systems of the body, and in the actual prevention and treatment process, there are often misdiagnosis and missing diagnosis, insufficient estimation of its severity, improper treatment plan, and so on, which eventually lead to death of patients. At present, a relatively complete system has been formed for the pathogenesis and treatment of thermal radiation disease, and a large number of research results have been produced, but the case fatality rate of thermal radiation disease is still high. This paper discusses the new clinical treatment principle and prevention of “ten early and one prohibition”, and provides relatively perfect theoretical support for patients with febrile radiation and clinical doctors.

Keywords

Heat Stroke, Treatment Plan, Prevent

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

热射病(heatstroke, HS)是由热损伤因素引起机体严重致命性疾病,其致病原因多是因为在剧烈活动或长期处于极端湿热环境下,机体体内蓄积的热量远远超过散热从而导致核心体温上升,引起神经系统障碍以及多器官功能障碍[1]。随着全球城市化进展加快、化石能源的使用造成温室效应持续增强,全球温度正逐年走高,尤其今年我国各地迎来高温天气,热射病的患病率不断增长。海南省报告自2010年以来,热射病患者数呈波动增长,总体呈现上升趋势[2]。美国相关研究报告2013~2019年间大约有17,662例患者因热射病造成机体器官系统发生功能障碍[3]。临床上热射病的实际防治过程中经常会出现误诊漏诊的、忽视其严重程度的、采取不恰当治疗措施的情况出现,最终造成难以挽回的后果[4]。王立军等学者研究报告2017年7月天津21所医院收治热射病患者49例,死亡患者26例,病死率高达44.07% [5]。目前临床病例来看,热射病已经成为世界性公共卫生问题,为降低其发生率与病死率,要加大病症的研究力度,针对其发病前的预防,以及发病后的治疗,遵从对症治疗的原则。目前我国医疗领域针对热射病的治疗以及预防产生了大量的研究成果,而临床方面并未形成统一的热射病干预体系,本文将对目前我国热射病干预领域的相关研究结果以及前期针对热射病治疗原则补充为“十早一禁”进行进一步说明,旨在为热射病治疗预防的工作进一步发展提供参考。

2. 热射病简介

热损伤因素作用于机体,可造成机体一系列病理生理变化,表现为由轻及重的连续过程,包括先兆中暑、轻症中暑和重症中暑,统称为热致疾病。热射病是最严重的热致疾病类型,由于暴露在热环境和(或)剧烈运动所致的机体产热与散热失衡,形成以核心体温升高(>40℃)及中枢神经系统功能损害为特征的急危重症,常伴有多器官功能损害,危及生命安全[6]。目前临床认为热射病的致病根本原因在于机体产热与散热的平衡失调。一方面热量的聚集可以造成蛋白质变性坏死,损伤细胞膜及线粒体,造成多脏器细胞功能障碍;另一方面,高热造成循环血压的降低,肠黏膜屏障缺血受损,肠道菌群失调及内毒素入血,刺激机体产生大量炎症因子,启动应激反应,造成血管内皮损伤,出现全身炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS),微循环血栓广泛形成,缺血缺氧加重,最终导致心脏、肝脏、肾

脏、中枢神经系统等多器官功能障碍(multi-organ dysfunction syndrome, MODS) [7]。热射病可分为经典热射病(又称非劳力型热射病, classic heat stroke, CHS)和劳力型热射病(exertional heat stroke, EHS) [8]。经典热射病常见于体温调节能力不足者、患有慢性基础疾病者或免疫功能低下者及长时间处于高温环境者等;而劳力型热射病多见于既往健康的年轻人,如参训官兵、消防员、运动员、建筑工人等运动剧烈的人群[9]。

3. 热射病治疗原则

热射病的首要治疗原则现已补充为“十早一禁”,“十早”即早降温、早扩容、早血液净化、早镇静、早气管插管、早补凝抗凝、早抗炎、早肠内营养、早脱水、早免疫调理;“一禁”为严禁在凝血功能紊乱期进行手术。基于此原则开展热射病治疗工作,可提升热射病患者的预后质量,同时也能够达到根治疾病的目的[4]。热射病治疗中以迅速降低核心温度,血液净化以及预防弥散性血管内凝血尤为重要,是治疗过程中的三个关键点。目前临床上针对热射病患者所采取的治疗方案主要为六项,分别为机体降温治疗、凝血功能紊乱纠正、循环检测与管理干预、血液净化、肠胃功能的保护以及炎症因子阻断,在上述六项干预工作的联合支持下,热射病患者的病情能够得到显著的控制。

4. 降温治疗

由于热射病是以机体产热散热失衡导致核心体温高于 40°C 为主要临床症状,并且研究表明由于病死率与体温过高及持续时间密切相关[6],因此尽早,持续,有效的降温治疗是热射病治疗的重要措施,遵循降温第一,转运第二的原则,将患者的体温快速降至 40.5°C 以下是治疗热射病的首要任务[1]。降温的方法可分为物理降温和药物降温两种,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。2019年我国热射病指南建议当核心温度降至 38.5°C 时即停止降温措施或降低降温强度,维持直肠温度 $37.0^{\circ}\text{C}\sim 38.5^{\circ}\text{C}$,以免体温过低[6]。

4.1. 物理降温

4.1.1. 传统体外物理降温

体外物理降温是指主要通过改变外界环境因素,加快热传导而引起机体核心温度降低的方法,目前主要方法包括水浸治疗,蒸发冷却,冰袋冰敷,湿毯包裹和冰毯机联合降温法。① 水浸治疗法:水浸治疗法是临床上最常用的降温方法,该治疗方法是使患者躺在水中浸没到上半身或颈部,分为冷水浸泡和冰水浸泡,其降温速度可以达到 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ [10]。优点是所有降温方法中速度最快且不会因为降温过快而引起寒战的方法,缺点是对于一些老年人和心脏病患者的安全性较差,并且由于开展治疗所需场地过大而存在局限性,Butts等的研发的“浸水身体袋”可以将患者展开治疗的场地缩小而有效解决空间问题[11]。② 蒸发冷却法:蒸发冷却的操作方法为连续的雾化和通风从而更快降低体温,当全身被水雾包裹时降温速度为 $0.1^{\circ}\text{C}\sim 0.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ [10]。③ 冰袋冰敷法:做法是用冰袋放置于患者的体表位置从而达到降温。研究表明,在脚底,手掌,脸颊放置冰袋的散热速度会略快于颈部,腋下和腹股沟,优点是简便,缺点是由于降温速度有限($0.05^{\circ}\text{C}/\text{min}$)而不作为急救的首选措施。④ 湿毯包裹法:通常用于军事场合,该方法是将一个人包裹在IWI过的床单中,此过程需确保一旦床单变热就更换床单,降温速度为 $0.06^{\circ}\text{C}/\text{min}$ [10]。⑤ 冰毯机联合降温法:包括制冷主机、冰毯冰帽、循环冷却液。首先迅速去除患者衣物,将患者平置于冰毯上,冰帽冰袋不可直接接触皮肤,需用毛巾包裹后头部配戴冰帽,冰袋放置在颈部、腋下、腹股沟等浅表血管处。同时,5%~10%乙醇配备溶液(4°C)全身擦拭进行常规降温,并用IWI的消毒毛巾包裹患者裸露皮肤,由于其降温速度较快,因此应对机体体征进行心电监护,体温监测,防止患者体温

骤降而引起寒战,心力衰竭,冰毯机降温是急诊中常用的降温方法[10]。综上所述,传统体外物理降温方法常与其他降温方法联用,在没有更加完善的急救设备时,传统物理降温方法作为首选降温途径。

4.1.2. 血管外灌流降温

血管外降温可采用冷盐水灌胃或灌肠降温。这两种降温途径优于体外降温,常用于院内治疗。

4.1.3. 血管内降温

血管内降温可包括血管内灌注降温和血管内热交换降温。① 血管内灌注降温:血管内灌注降温是指通过静脉快速输注大量冷却液体达到降低核心体温的目的,但是因为低温液体大量灌注会造成循环液体容量过大,无法准确控制体温使其应用受限。② 血管内热交换降温:血管内热交换降温采用介入方法将温度控制导管置入人体的深静脉,通过体外机使冷却液在热交换器和导管之间循环,从而直接对血液进行降温[12]。优点是安全性高,降温迅速,副作用小,预后好,能有效,精准的控制体温,缺点是操作复杂。当其他物理降温方法无法有效控制体温时,通常应用血管内降温方法。

4.2. 药物降温

4.2.1. 解热镇痛药

热射病的降温措施慎用阿司匹林,对乙酰氨基酚等解热镇痛药[1]。虽然抑制环氧合酶的活性进而抑制前列腺素的合成,可以导致体温调定点恢复正常,但是由于热射病的体温升高是一种过热现象,不完全是因为体温调定点的上调引起的体温升高,而是体温调节中枢功能障碍而发生的被动性反应,因此诸如阿司匹林等非甾体类解热镇痛药的药效十分有限,而且对于神经系统有一定的毒性,并且会加重患者的凝血功能并易引发肝损伤[13],因此不到万不得已的时候不考虑用药。

4.2.2. 人工冬眠合剂

临床上常用的冬眠合剂是氯丙嗪 50 mg,异丙嗪 50 mg,哌替啶 100 mg,氯丙嗪属于中枢神经系统药物中抗精神分裂症的药物,同时也具有调节体温的作用,它可以将患者体温降至正常以下,降温程度随环境温度升高而幅度变小,有研究表明,氯丙嗪对于缩短降温时间有明显的的作用,非常适用于常规措施降温降不下来的患者,比如中枢性高热或临床中暑导致的热射病,同时氯丙嗪的镇静作用对于高热惊厥的患者同样起作用[14],因此当物理降温效果不佳时,可以考虑物理降温配合冬眠合剂或也可单独使用氯丙嗪配合物理降温治疗。

5. 凝血功能紊乱纠正

首先应该明确,热射病急救的核心是降温和各器官功能的保护,但是单一降温并不能完全阻断病情,其原因就在于高体温诱发了全身血管内细胞大量的程序性凋亡,炎症因子的释放,进而有可能引发全身性弥散性血管内凝血(DIC) [1],针对预防和治疗 DIC 的措施主要分为补凝和抗凝治疗,修复血管内皮治疗和抗炎反应治疗。

5.1. 补凝和抗凝治疗

出血时的治疗原则是补充血小板和凝血因子,具体措施根据情况而定,首先当机体有出血倾向时,输注新鲜冰冻血浆,其次倘若检查结果表明当纤维蛋白原 $< 180 \text{ mg/dl}$ 时,采取输注冷沉淀治疗;如果血小板计数 $< 2 \text{ 万/mm}^3$ 或出血并血小板计数 $< 5 \text{ 万/mm}^3$,输注浓缩血小板(1个治疗量);并发肝功能衰竭的患者输液应注意,输注凝血酶原复合物的量应符合国际化标准比值,出血时应避免使用肝素,注意体温过低和代谢性酸中毒[1];凝血时的治疗原则主要是抗凝药物和抗血小板药物的使用,一般应用肝素或

低分子肝素进行治疗,大量研究表明,低分子肝素不仅具有较好的抗凝效果,而且较少引起血小板的减少,对于预防 DIC 和降低出血发生率具有良好的效果[15],安全性高;溶栓药 DIC 早期静脉注射肝素可防止凝血因子的消耗,后服用华法林预防血栓的复发。而在 2003 年发明的血小板功能分析仪(Sonoclot 分析仪[16])相比于传统的凝血实验可以更加精确的检测血小板的功能,鉴别凝血状态,可以对 DIC 的早期诊断和抗凝药物治疗剂量的调整提供更加精准的治疗[15]。

5.2. 修复血管内皮治疗

有动物实验显示,丹参酮 IIA 磺酸钠(STS)可以减少动脉内皮细胞的凋亡,使血小板计数增多[17],然而临床使用的安全性需要进一步实践确认。

5.3. 抗炎症反应治疗

目前对于抗炎症反应治疗的药物主要有血必净注射液和乌司他丁。① 血必净注射液:是一种中药制剂,主要成分有红花,当归,川芎,丹参,当归等中药材,主要成分为红花黄色素 A 等,它可以用于 DIC 的早期干预治疗,在动物实验中,对于延长大鼠的存活时间有显著作用[15]。② 乌司他丁:乌司他丁具有抗休克、抗炎等作用,可抑制炎性介质产生,同时增加肝细胞膜与溶酶体功能稳定性,促进患者神经功能与凝血功能的改善,避免内皮细胞持续受损,临床上可以降低患者的病死率[1]。③ 血液净化联合乌司他丁治疗:是一种最新的治疗方案,血液净化可以及时清理体内的有毒物质,恢复机体内的水电解质平衡,同时兼具降温的功效,联合乌司他丁治疗对于患者意识的恢复起到一定的作用,同时患者的心肾功能得到改善,凝血功能改善,减轻内皮细胞受损程度[18]。

6. 循环检测与管理干预

循环监测与管理是热射病干预工作中最基础的治疗内容,热射病患者由于微循环通路大量开放和大量出汗导致体液丢失及高热和炎症因子损伤心肌而表现出循环障碍,主要是血容量不足和心脏功能障碍,极易诱发休克或者低血压等并发症。因此,在热射病患者诊治的过程中,必须尽快建立中心静脉通路,同时采用 24 小时动态检测方案密切观察患者的血压、心率、呼吸频率、血氧饱和度、中心静脉压、动脉血气、乳酸、每小时尿量及尿液颜色等指标,通过上述指标判定患者的机体循环状况以及组织灌注状况,根据判定结果给予患者相应的液体复苏方案,改善水电解质紊乱以及酸碱失衡状态。通常情况下,液体复苏方案首选晶体液,例如生理盐水、葡萄糖等。在充分液体复苏干预后,若患者仍旧存在组织低灌注表现,则需要给予其血管活性药物干预,改善其循环状况,此时首选去甲肾上腺素[13]。李维等学者在研究中指出,循环监测以及补液管理措施不仅能改善热射病群体的临床症状,而且有利于热射病群体脏器功能的恢复,有效改善机体内环境,是热射病群体预后质量的重要保障措施[19]。

7. 血液净化

目前认为,连续性血液净化(CBP)是热射病患者救治工作中重要且有效的治疗措施。由于热射病患者因热细胞毒性、凝血功能障碍、全身炎症反应综合征(SIRS)等复杂因素易出现明显的多器官功能障碍(MODS),所以在救治中给予连续性血液净化治疗达到一举多效的统筹综合治疗效果[20]——不仅能够有效降低核心温度,而且同时也能够有效清除体内炎性介质,改善机体内环境稳态。这一结论在后续的许多研究中得以支撑。丁道银等学者在研究中指出,早期应用持续性血液净化治疗措施能够有效降低热射病患者的体温,减少高热对于机体造成的影响;同时该措施还具有吸附滤过体内炎性介质,改善血管内皮功能,调节机体免疫状态等效果,具有显著的病情控制效用[21]。马骥等学者则在研究中指出,将血液净化措施与血必净联合展开应用,热射病群体的 TGF- β 水平能够得到显著的控制与改善[22]。区大明等

学者则指出,在热射病干预工作过程中,联合应用早期高压氧与持续性血液净化措施,热射病群体的炎症指标以及其预后质量均能够得到显著的改善[23]。

8. 肠胃功能保护

胃肠功能保护及治疗胃肠功能损伤在热射病患者中很普遍,胃肠道症状(如恶心、呕吐、腹泻)常是热射病的早期表现之一。需要强调的是,早期有效降温 and 积极液体复苏是减轻或防止胃肠损伤的最重要措施,在胃肠功能保护方面,临床上的主要措施是早期肠内营养,临床治疗指南指出,当危重患者的各项生命体征趋于平稳之后(约入院 72 h 后),在没有消化道出血和肠梗阻的情况下,早期肠内营养可以改变患者的临床结局,在此之前可提供肠外营养[24]。肠外营养的主要成分包括氨基酸制剂(复方氨基酸制剂,谷光酰胺),脂肪乳剂,葡萄糖,维生素,多种微量元素。由于目前临床上对于热射病肠外营养的研究证据不足,因此肠外营养的剂量和配比还有待商榷[24]。肠内营养的应用根据并发症的不同也应作出营养物质的种类,剂量,配比不同的调整。热射病患者是否应常规补充目前无任何建议。由于热射病患者多数存在严重的肝肾功能受损,因此,应慎重使用谷氨酰胺[25]。

9. 炎症因子的阻断

研究表明,热射病过程中炎症因子的产生与热应激的急性时相反应和全身性炎症反应综合征(SIRS)有关,并且呈级联放大的特征,引起热射病的一些重要病理生理变化。因此在热射病干预工作中,必须采取相关措施进行抗炎治疗,阻断机体炎症反应,降低异常炎症因子水平,保证后续多器官功能支持治疗的有效性[26]。在热射病干预工作中,可根据患者的具体症状,选择乌司他丁、糖皮质激素、胸腺肽、丙种球蛋白等药物进行抗炎以及免疫调节。朱亚君等学者在研究中指出,乌司他丁与热毒宁注射液展开联合应用,热射病群体的凝血功能障碍以及炎症反应均能得到显著的改善[27]。沈晓圆等人则指出,安宫牛黄丸也能有效改善热射病群体的炎症因子表达水平,具有良好的炎症因子阻断效用[28]。更有研究指出,临床治疗中联合使用连续性血液净化治疗与乌司他丁能明显提高热射病患者的治疗效果,不仅实现有效降温、控制并缓解炎症反应,而且对器官功能保护起到作用[29]。

10. 预防

1) 重视膳食补充剂对热射病的防护作用。

近年来有研究发现膳食补充剂(dietary supplements, DS)能提高机体对热应激的抵抗能力[30],并减轻HS对机体的损害。在生理状态下,肠黏膜屏障起着防止细菌与毒素入血的作用,而在HS病程中,由于缺血缺氧、氧化应激及胰蛋白酶的作用,肠道屏障功能受损,预防肠黏膜屏障损伤可能是中暑患者及中暑动物模型的有效治疗方式[31][32][33]。有研究证明补充蛋白质和氨基酸可以减轻热暴露带来的体温升高及肠透性增加,减轻热应激对肠道屏障的损伤作用;补充维生素与矿物质如硒及维生素E可减轻热应激对肠屏障完整性的影响;补充中药类成分如人参提取物中的人参皂苷可以降低热应激状态下Caco-2细胞中热休克蛋白1A(HSPA1A)的表达,并上调紧密连接蛋白(CLDN)3、CLDN1及密封蛋白(OCLN)的表达;可以提高线虫在热应激下的存活时间;先服用益生菌可明显降低大鼠的热应激反应[34]。DS是对日常饮食的补充,且具有减轻热应激下肠道屏障损伤及炎症反应的作用,可作为防治HS的重要方法。

2) 警惕和预防迟发性中暑的发生。

除了要制定预防热射病计划,做好热习服训练(热习服,也称热适应,是指机体在长期反复的热作用下出现的一系列适应性反应,表现为机体对热的反射性调节功能逐步完善,各种生理功能达到一个新水平,到对热环境能够适应)[35]。还要组织官兵学习开展自救互救,学会识别判断热射病。组训人员不了解热射病相关知识而误诊是导致发病率高的原因之一。在发病现场误诊最主要的原因可能是现场救

治人员对该病认识不足, 误诊诊断主要有急性胃肠炎、横纹肌溶解、神经系统疾病, 但部分患者仅有症状性描述(仅描述为高热、抽搐、呕吐、乏力等), 提示亟须提高一线救治人员的认知, 加强培训和宣教, 以期做到早期识别和降低 EHS 病死率[36]。因此, 暑期高强度训练前需要分别组织医务人员、参训官兵、组训人员参加中暑预防知识培训。组训人员需了解诱发热射病的个体因素和环境因素, 避免在高热、高湿或者热指数 > 55 高强度训练。要熟悉所在部队热耐受状况, 在训练休息时应容许指战员解开衣服, 脱去装备, 加快散热。做好卫勤保障准备根据个人身体状况制订个性化训练计划, 卫生人员要深入班排, 深入现场, 针对容易发生热射病的环境和对象, 加强医学监督, 发现问题及时处理[35]。配备便携式氧饱和度检测仪, 快速红外体温仪(耳蜗)等可快速监测生命体征的设备; 发生中暑后要尽快采用可能的方法降温, 静脉输入生理盐水, 降温最好在 0.5 h 内降到 38.5℃ 以下, 过程中要严密监测体温等[37]。最重要的是, 组训者应嘱咐参训人员, 尤其是零期中暑缓解人员, 如跑完全程后出现零期中暑、症状缓解人员, 注意观察当天尿色、尿量, 出现少尿、无尿或尿呈酱油色时。应考虑横纹肌溶解综合征的发生, 必须立即报告卫生人员, 后送医院进一步检查和治疗[38]。

参考文献

- [1] 许书添, 李世军. 热射病的病理生理与救治进展[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2021, 30(3): 258-262.
- [2] 周攀豪, 何碧凝, 胡志华, 王微, 赵智梅, 杜鹏举, 陈晓松. 海南省 2010-2019 年热射病患病例数与气候温湿度的相关性[J]. 中国热带医学, 2021, 21(6): 571-575. <https://doi.org/10.13604/j.cnki.46-1064/r.2021.06.14>
- [3] Abasilim, C. and Friedman, L.S. (2021) Comparison of Health Outcomes from Heat-Related Injuries by National Weather Service Reported Heat Wave Days and Non-Heat Wave Days—Illinois, 2013-2019. *International Journal of Biometeorology*, **66**, 641-645. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02218-6>
- [4] 全军热射病防治专家组, 热射病急诊诊断与治疗专家共识组. 热射病急诊诊断与治疗专家共识(2021 版) [J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30(11): 1290-1299. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2021.11.002>
- [5] 王洪萍, 莎宁, 秦秀菊, 娄云鹏, 李海玲. 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.
- [6] 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.
- [7] 谢超宇, 许硕贵. 热射病综合治疗方法进展[J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30(9): 1153-1156. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2021.09.023>
- [8] Epstein, Y. and Yanovich, R. (2019) Heatstroke. *New England Journal of Medicine*, **380**, 2449-2459. <https://doi.org/10.1056/nejmra1810762>
- [9] 刘树元, 汪茜, 邢令, 等. 劳力型热射病器官损伤机制与救治策略[J]. 武警医学, 2020, 31(5): 450-454.
- [10] 严博文, 陆彦邑, 曾琳, 肖南, 张平, 何庆华. 常见热射病快速降温技术的对比评估[J]. 中国急救医学, 2022, 42(2): 176-179.
- [11] Butts, C.L., McDermott, B.P., Buening, B.J., Bonacci, J.A., Ganio, M.S., Adams, J.D., *et al.* (2016) Physiologic and Perceptual Responses to Cold-Shower Cooling after Exercise-Induced Hyperthermia. *Journal of Athletic Training*, **51**, 252-257. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.4.01>
- [12] 高建新, 黎檀实. 血管内降温技术及其治疗热射病的有效性和安全性研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2021, 46(2): 207-211.
- [13] 刘树元, 宋景春, 毛汉丁, 赵金宝. 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.
- [14] 李磊, 袁浩, 夏德萌, 许硕贵. 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. <https://doi.org/10.16506/j.1009-6639.2020.04.025>
- [15] 胡丹凤, 叶文. 热射病相关弥散性血管内凝血的研究进展[J]. 医学综述, 2019, 25(8): 1593-1597.
- [16] 万鹏, 童华生, 张兴钦, 等. Sonoclot 分析仪在重症中暑并发弥漫性血管内凝血中的诊断价值[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(16): 2562-2565.
- [17] Chen, F., Li, H., Zhu, G., Chen, X. and Tang, Z. (2017) Sodium Tanshinone IIA Sulfonate Improves Inflammation, Aortic Endothelial Cell Apoptosis, Disseminated Intravascular Coagulation and Multiple Organ Damage in a Rat Heat

- Stroke Model. *Molecular Medicine Reports*, **16**, 87-94. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.6573>
- [18] 季焱, 翟金键, 万朝琪. 连续性血液净化联合乌司他丁治疗热射病的疗效分析[J]. 中国继续医学教育, 2017, 9(23): 152-153.
- [19] 李维, 罗雅丹, 李红, 董力. 热射病合并多器官功能障碍应用循环补液的护理对策及疗效[J]. 中国实用护理杂志, 2020, 36(2): 104-108.
- [20] 荣鹏, 孟建中, 陈宇. 热射病的发病机制及防治策略的研究新进展[J]. 生物医学工程研究, 2010, 29(4): 287-292.
- [21] 丁道银, 胡泉, 胡望平, 李雪. 早期持续性血液净化治疗对热射病预后的影响[J]. 中国当代医药, 2019, 26(27): 76-78.
- [22] 马骥, 徐少丽, 兰乃祥, 李鹤云, 冯静. 血液净化联合血必净治疗热射病的临床效果及对 TGF- β 水平的影响[J]. 临床医学研究与实践, 2020, 5(6): 16-17. <https://doi.org/10.19347/j.cnki.2096-1413.202006008>
- [23] 区大明, 杨杰华, 孙静, 吴启, 彭川. 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. <https://doi.org/10.19522/j.cnki.1671-5098.2022.01.001>
- [24] 中华医学会. 临床诊疗指南: 肠外肠内营养学分册(2008版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 45-52.
- [25] 费燕, 张云琛, 陈志民, 戴成家, 甘惠贞, 王佳坤. 一例热射病合并多器官功能障碍综合征患者的营养支持方案分析[J]. 药学服务与研究, 2019, 19(6): 428-433.
- [26] 徐牛, 姜应波, 耿仕涛, 张张飞, 赵昱凯, 祝鑫. 炎症反应在热射病中的作用及产生机制[J]. 中国热带医学, 2022, 22(6): 580-584.
- [27] 朱亚君, 石剑锋, 高良东. 乌司他丁热毒宁注射液对暑厥证型热射病患者凝血功能与炎症反应的影响[J]. 基层医学论坛, 2021, 25(2): 166-168. <https://doi.org/10.19435/j.1672-1721.2021.02.008>
- [28] 沈晓圆, 许冠华, 沈建军, 俞林峰, 莫路姣, 来嘉伟, 金王燕, 王云超. 安宫牛黄丸对热射病患者热休克蛋白 70 及炎症因子的影响[J]. 全科医学临床与教育, 2020, 18(12): 1091-1094. <https://doi.org/10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2020.012.010>
- [29] 刘益. 重症中暑患者器官功能障碍连续性血液净化联合乌司他丁治疗临床效果[J]. 海峡药学, 2021, 33(9): 139-141.
- [30] 王雅娇, 廖嘉鑫, 巫九官, 刘浩, 郑晓晖, 王锋. 武警某部魔鬼周集训防治中暑的做法[J]. 武警医学, 2021, 32(5): 458-460.
- [31] Tong, H., Chen, R., Yin, H., Shi, X., Lu, J., Zhang, M., *et al.* (2016) Mesenteric Lymph Duct Ligation Alleviating Lung Injury in Heatstroke. *Shock*, **46**, 696-703. <https://doi.org/10.1097/shk.0000000000000660>
- [32] Andrade, M.E.R., Araújo, R.S., de Barros, P.A.V., Soares, A.D.N., Abrantes, F.A., *et al.* (2015) The Role of Immunomodulators on Intestinal Barrier Homeostasis in Experimental Models. *Clinical Nutrition*, **34**, 1080-1087. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2015.01.012>
- [33] Varasteh, S., Braber, S., Akbari, P., Garssen, J. and Fink-Gremmels, J. (2015) Differences in Susceptibility to Heat Stress Along the Chicken Intestine and the Protective Effects of Galacto-Oligosaccharides. *PLOS ONE*, **10**, e0138975. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138975>
- [34] 王少康, 张笑婷, 李磊, 陈基快, 夏新宇, 许硕贵, 王美堂. 膳食补充剂对热射病的防护作用及机制研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2021, 46(11): 1148-1152.
- [35] 宁波, 刘树元, 宋青. 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.
- [36] 赵金宝, 刘树元, 汪茜, 毛汉丁, 李鑫, 李庆华, 宋青. 军事训练相关劳力型热射病误诊现状及因素分析[J]. 解放军医学杂志, 2020, 45(9): 957-961.
- [37] 秦知安, 周福良, 李成龙, 常浩, 史申迪, 孙运强. 部队长跑类科目训练中中暑的预防与现场急[J]. 人民军医, 2018, 61(9): 772-774.
- [38] 宁波, 宋青, 陈自力. 湿热气候军事训练预防中暑保障体会[J]. 空军医学杂志, 2018, 34(1): 16-18.