

· 指南与共识 ·

编者按: 2022 年中国农历新年期间, 将在具有历史意义的奥运之城——北京, 迎来 2022 年冬奥会的召开。为发扬奥运精神, 传播奥运理念与文化, 预防极寒天气造成冻伤, 保障冬奥会顺利运行, 我们损伤与修复学科专家团队的 78 位专家已进驻北京冬奥会张家口赛区助力奥运, 做好医疗保障。学科团队还编写了《冻伤早期的临床诊疗全国专家共识》和《冰雪运动冻伤诊疗规范及流程》, 为给世界奉献一届团结、安全、精彩的冬奥会效力。

名誉总编辑 孙永华

冻伤早期的临床诊疗全国专家共识

中国医药教育协会烧伤专业委员会

【摘要】 冻伤是由于机体长时间暴露在寒冷环境下引起的局部或全身温度下降而发生的损伤, 目前对其认识仍较局限, 特别是在早期救治上, 尚缺乏规范、统一的诊疗意见。中国医药教育协会烧伤专业委员会组织了全国冻伤治疗领域的专家, 集中讨论, 并结合国内外相关文献报道, 从冻伤的病理生理、诊断分类、冻伤预防、现场急救、院内早期救治等方面, 编写了本共识, 形成规范、统一的救治流程, 用以指导一线救护人员和专科医师在冻伤早期的急救与治疗。

【关键词】 冻伤; 诊断; 专家共识; 冻伤急救; 冻伤治疗

National expert consensus on early clinical diagnosis and treatment of frostbite *The Burn Professional Committee of the China Medical Education Association*

Proof writing: Han Juntao, Wang Hongtao, Wang Yunchuan (First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University)

Corresponding authors: Han Juntao, Department of Burns and Cutaneous Surgery, First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China, Email: hanjt@fmmu.edu.cn; Wang Hongtao, Department of Burns and Cutaneous Surgery, First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China, Email: wanght@fmmu.edu.cn

【Abstract】 Frostbite is an injury caused by the decrease of local or systemic temperature by long-term exposure to the cold environment. At present, the understanding of frostbite is still limited, especially in the early stage of injury, there is still a lack of standardized and unified diagnosis and treatment. The Burn Professional Committee of the China Medical Education Association organized national experts in the field of frostbite treatment, focused discussions, and combined with domestic and foreign literature reports, compiled the consensus on first aid and treatment of early frostbite from the pathophysiology of frostbite, diagnosis and classification, frostbite prevention to form a standardized and unified treatment process, so as to guide front-line rescue personnel and specialists on the early first aid and treatment of frostbite.

【Key words】 Frostbite; Diagnosis; Expert consensus; First aid of frostbite; Treatment of frostbite

近年来, 随着人们对户外运动的兴趣与日俱增, 相应的冻伤患者数量有所增加, 冬季户外滑雪者冻伤发生率可能高达 20.0%, 登山者的冻伤发生率高达 36.6%, 但大部分症状较轻^[1]。寒区和航海军事医学中, 冻伤一直被认为是导致非战斗减员及死

亡的重要原因。但目前各临床专科医院对于冻伤的救治主要针对后期出现的创面或者组织器官坏死, 而在院前现场救治与转运、院内早期处理上存在认识上不同步、方法上不统一的情况。鉴于此, 中国医药教育协会烧伤专业委员会组织全国冻伤领域专家, 讨论并编写本共识, 用以指导一线救护人员和专科医师, 形成规范、统一的救治流程。

一、冻伤的发病机制、分类、诊断及预防

(一) 冻伤的发病机制

冻伤指在寒冷、潮湿或有风的地带工作劳动时, 由于低温或机体长时间暴露在寒冷环境下引起的局

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2022.01.001

基金项目: 国家重点研发计划科技冬奥专项(2019YFF0302402)

执笔: 韩军涛、王洪涛、王耘川(空军军医大学第一附属医院)

通信作者: 韩军涛, 空军军医大学第一附属医院烧伤与皮肤外科, 西安 710032, Email: hanjt@fmmu.edu.cn; 王洪涛, 空军军医大学第一附属医院烧伤与皮肤外科, 西安 710032, Email: wanght@fmmu.edu.cn

部或全身温度下降而发生的损伤,是严寒地区或从事低温下作业人员的常见急症,其损伤程度与寒冷的强度、风速、湿度、受冻时间以及人体局部和全身的状态有直接关系。通常冻伤经历4个相互重叠的病理反应过程:冻结前反应、冻结融化、血液淤滞、坏死。冻结前反应是局部组织温度下降,伴随血管收缩、缺血,而尚没有冰晶形成的过程。温度下降导致神经缺血,造成局部感觉过敏或者感觉迟钝^[2]。冻结融化过程包括组织中水分形成冰结晶,细胞外液中电解质紊乱,蛋白质和脂质变性,酶的活性下降,细胞脱水,细胞膜溶解,细胞坏死^[3]。而冻结组织转入冰点以上环境后,开始发生融化(解冻),出现缺血和缺血再灌注损伤,并引发炎症反应。在融化后反应阶段,微静脉和毛细血管舒张,并出现血管内红细胞的堆积,毛细血管通透性增加,微血管内皮破坏,血管内血栓形成^[4-5]。坏死过程包括一系列进行性的组织细胞反应事件,包括炎症反应,动静脉血栓形成,持续性缺血再灌注损伤,血管壁结构破坏,细胞凋亡增加,直至大血管血栓栓塞,造成远端组织器官坏死^[6]。

(二) 冻伤的分类与诊断

非冻结性损伤经常发生在手、面颊、鼻、耳等暴露部位。发生非冻结性损伤时,组织细胞内冰晶尚未形成,出现短暂的麻木和皮肤苍白,经复温后症状消失。但如果不进行妥善处理,损伤持续加重,将发展成为冻伤。冻伤可根据冻肢融化复温后的表现程度进行分类,目前公认的是4度分类法^[7]: I度冻伤也称为红斑性冻伤,伤及表皮层,皮肤感觉过敏或减退,有烧灼、疼痛和刺痒感,表现为充血和水肿发红或呈紫色; II度冻伤也称为水疱性冻伤,伤及真皮,除充血和水肿外,主要特点是12~24 h内水疱形成,水疱液为浆液性,疱壁结痂脱落后,露出完整皮肤; III度冻伤也称为腐蚀性冻伤,主要特点是皮肤全层(即各层组织)发生坏死,并可扩展到皮下,水疱液常为血性,比II度冻伤水疱小,水疱底部对刺激无感觉,皮温低下,创面颜色由苍白变成黑褐色,肢体疼痛明显,坏死组织结痂剥脱后,露出肉芽组织,创面较小者愈合形成瘢痕; IV度冻伤深达肌肉、骨骼,甚至导致肢体坏死,皮肤呈苍白或紫蓝色,水疱呈暗红色,严重者可无水疱,肢体剧烈疼痛,甚至影响入眠; IV度冻伤肢端常导致干性坏死。

冻伤损伤程度主要与损伤区域的血管损伤程度相关,但早期往往难以判断冻伤血管损伤程度,为按照局部血管损伤程度来划分冻伤损伤程度带来困难。

(三) 冻伤的预防

平时寒区冻伤的发生与保暖措施不当、酒精或毒

品的使用、精神障碍、车祸等外伤直接相关^[8],当局部血液灌注不能缓解体温下降,则造成软组织冻结,继而发生冻伤。因此,保证充足的血液灌注和最大限度减少温度下降是有效预防冻伤发生、发展的关键。主要的保护性措施有:(1)对身体和头部等进行包裹隔热,保持足够的中心体温和机体含水量,尽早脱离寒冷环境,避免低温持续作用,及时脱掉被冰雪浸湿的衣物,采取保暖措施,如换干衣物、手套、袜子、毛毯等;(2)最大限度避免一些能够引起有效循环血量下降的药物使用或者处置,比如血管扩张药物、酒精等;(3)保证足够的营养和热量;(4)常规性检查寒区作业或运动的人员有没有发生手、脚、颜面等麻木、疼痛或者感觉异常,感觉麻木是冻伤发生的预警症状,如果不及及时处理,将进一步发展为冻伤;(5)在高原等严重缺氧地区,应给予足够的氧气;(6)进行适当活动,以扩张外周血管,增加血流速度,有效维持外周血液灌注^[9],但在通过运动促进局部血液循环、增加体温的同时,机体热量消耗增加,可能加速严重冻伤患者多器官功能衰竭^[10],因此,要根据具体情况综合考虑;(7)避免使用润肤霜,因为润肤霜不仅不能降低反而可能增加冻伤发生的概率^[11]。

二、冻伤的现场急救及转运

(一) 冻伤的现场急救

迅速安全的转移后送是救治患者的最基本环节。但受地理条件、气候因素的影响,搜救到冻伤患者后除了积极转运后送,还要根据冻伤患者人数、病情及现场条件,进行必要的现场急救。首先应迅速鉴别冻伤部位及程度,确定病情,对于呼吸心跳骤停或极度呼吸心跳缓慢者,应立即进行人工呼吸及胸外按压现场抢救。对于批量冻伤患者,应在搜救现场搭建临时帐篷,先将患者迅速转入帐篷,进行统一伤情分类,以区分治疗的轻、重、缓、急和后送的先、后、快、慢。

1. 低体温救治:中心体温低于35℃称为体温过低。其中中心体温32~35℃,表示轻度低体温,患者会出现轻度的感觉和反应迟钝;中心体温28~32℃,表示中度低体温,患者出现嗜睡、记忆丧失、心跳和呼吸减慢、脉搏细弱、感觉和反应迟钝加重;中心体温低于28℃,表示重度低体温,患者出现昏迷、心输出量减少、血压下降、心律失常,甚至发生心室颤动;中心体温低于20℃,患者出现心跳停止^[11]。发现冻僵患者后,应迅速把患者转运到温暖避风的环境中,搬动时动作要轻,以免发生骨折或扭伤。脱去患者衣物,用干燥毛毯或被褥包裹患者,可将热水袋或热湿毛巾置于患者心前部,经鼻饲给患者灌入加温饮料。在治疗冻伤的同时可以采用外部

复温的方式进行轻度低体温的救治,中到重度低体温应首先改善患者全身低体温情况,做全身性温水浴,但切忌四肢单独加温,以免肢体的冷血回流,使人体中心部位温度下降,加重病情;无温水浴条件时,可将患者安置在暖室内,盖好被子,随时观察体温情况^[2];现场有救治条件的,可采用内部复温(在冻伤医院内早期治疗中详述)。

2. 快速复温:快速复温是冻结性损伤现场急救的有效方法,可以改善微循环,降低冻伤性休克发生率,降低致死率和致残率^[12-13]。但在复温前,应该判断现场环境是否能够维持复温后温度,如果复温后冻伤部位容易再冻结,则先不复温,将患者转运到具有复温条件的地方再进行复温。冻结-复温会导致大量前列腺素和血栓素的释放,进一步引起血管收缩,血小板聚集,血栓形成,加重机体损伤^[14-15]。温水快速复温是目前最有效的复温方法,应避免使用冰或雪揉搓冻伤部位。复温时,脱掉患者被冰雪浸渍湿的衣物,以及可能影响患者血液灌注的紧身衣物或者饰品,可以就地取材,化雪烧水,或者使用复温设备,以改善微循环,避免冻伤休克,减少局部或全身并发症的发生。复温水温应维持在38~42℃,浸泡冻伤部位,液面应高出冻伤部位2~3cm。由于复温过程中,水温可能很快下降,因此应使用温度计进行水温监测,保证水温在适合范围内。如果现场没有温度计,简易的方法是救护人员将手伸入复温的水中30s,保证水温在可耐受范围内,且不引起烫伤。当冻伤皮肤组织发红或发紫,触之柔软,提示复温完成,这个过程往往需要30min完成^[16]。复温完成后,要保证冻伤部位足够温暖,防止再次冻伤或者二次伤害。复温过程中,严禁揉搓、按摩冻伤部位,如果鞋靴、袜子与患部冻结在一起,应连同鞋靴、袜子一起浸泡复温,待其融化后再用剪刀将鞋靴、袜子剪掉,不可强行脱下。不易浸泡的冻伤部位,如鼻、面颊、耳郭等部位,可用42℃的湿毛巾局部热敷。

3. 液体复苏:目前,尚没有直接证据表明液体复苏可以有利于冻伤的治疗效果,但冻伤会导致血液停滞,有效循环血量减少,所以适当补液,维持尿量,在冻伤治疗中十分必要。如果患者清醒,且没有恶心、呕吐或精神状态改变,可首先选择口服温水补液;有条件的情况下,可以通过静脉补充预热(最低37℃,最好是40~42℃)的0.9%氯化钠溶液,液体可小剂量推注,以保持预热温度。在冻伤的治疗中,静脉滴注低分子右旋糖苷能够通过抑制红细胞聚集和微血栓形成,降低血液黏滞度,增加体内有效循环血量,改善病情。复温后,静脉滴注6%或10%低分子右旋糖苷,10~20mL·kg⁻¹·d⁻¹,1次/d,连续

1~2周,冻伤后24h内应用效果最好^[17]。也有研究显示,低分子右旋糖苷增加了出血的风险,但风险相对较小^[18]。

4. 镇痛:虽然目前尚无直接证据表明,布洛芬能够对冻伤预后有明显作用,但非固醇类抗炎剂具有抑制前列腺素和血栓素的产生、降低炎症反应、缓解疼痛、抑制小血管腔内血凝块形成的作用。推荐起始剂量为12mg·kg⁻¹·d⁻¹,2次/d,最大剂量为2400mg/d,4次/d^[19]。

5. 血管活性药物的使用:伊洛前列素是冻伤的一线救治药物(在冻伤医院内早期治疗中详述)。如果有条件,可在现场予以静脉注射。初始剂量为0.5ng/kg体重,此后3d内增加至2ng/kg体重,连续用药14~42d。

6. 创面处理:现场救治中,创面仅宜行简单的保护处理,以避免二次污染为主要目的,不应使用有颜色的药物,以免影响后续对创面深度的判断和清创。对于小的水疱可予以保留,大水疱仅作低位破口引流,尽量保留疱皮的完整性,能对创面起到一定的保护作用^[14]。冻伤部位经过复温后,可以外涂1%呋喃西林乳膏或5%磺胺嘧啶锌霜,约1mm厚,再用无菌纱布包扎,并注意由于冻伤部位可能出现肿胀等,包扎不宜过紧,以防止肢体缺血。包扎中应注意保持创面湿润,避免干燥造成进一步损伤。

(二) 冻伤患者转运

冻伤患者的转运过程可提供的意见或建议很少,有研究表明,复温72h后转运,与后期转运相比较,对患者截肢率、并发症、住院时间的影响无明显差别^[10],因此,应该依据现场环境和条件,利用一切可以利用的条件进行快速转运。转运方式上,尽可能减少转运时间和路途颠簸,转运工具中应配备有治疗和抢救的器材及药品。有条件时首选飞机,距离在400km以内使用直升机,超过400km使用固定翼飞机。如客观条件受限,应根据当时条件,选取最佳的转运工具^[20]。转运过程中,应尽量保持患者的温度和洁净,冻伤肢体宜高于心脏平面,以促进血液回流,减少肢体肿胀。在患者出现低氧症状(氧饱和度低于88%)或位于海拔4000m以上,可通过面罩或鼻导管给氧,对于稳定病情有一定帮助,但并不需要常规吸氧,有证据表明,氧含量过高,可以加重冻伤肢体血栓形成^[21]。

三、冻伤医院内早期治疗

(一) 院内基本支持治疗

1. 吸氧:给予患者心电监护,在出现低氧表现时,予以吸氧。

2. 补液复苏:与现场急救处理相同,可以通过口

服或者静脉补液,维持有效循环血容量和尿量。

3. 破伤风注射:破伤风应予以常规使用。

4. 抗炎止痛:如果在现场急救中未能使用布洛芬,在院内基本支持治疗中推荐使用 $12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 2次/d,直至创面愈合或者进行手术治疗前(通常需要4~6周)。

5. 抗生素使用:冻伤本身并不容易导致感染,因此目前尚无证据支持冻伤后常规给予抗生素治疗。有学者认为,冻伤后出现水疱,或者复温后出现水肿等,都可以成为细菌良好的培养基,皮肤软组织感染革兰氏阳性菌的概率增加^[14],但目前尚无临床证据支持。因此,只有在存在严重创伤、潜在其他感染源或者出现明显感染甚至脓毒症的临床表现时,推荐全身抗生素使用^[22]。

(二) 复温

1. 内部复温:包括利用微量泵从静脉泵入加热至 42°C 的高温液体,每小时可以提升中心体温 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ 。侵袭性内部复温技术包括外部血液加热、动静脉复温、静脉复温、血液滤过等^[23]。这些方法可以每3~5 min提高中心体温 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ 。

2. 外部复温:应判断冻伤部位是否复温完成,如果已经完成,需要进一步保温。如果尚未完成,则需要尽快复温,复温方式同现场急救。复温后,如冻伤肢体远端出现针刺样感觉,皮肤色泽正常,触摸时感觉温暖,早期出现澄清的大水疱且水疱甚至扩展到指(趾)尖端,表明预后良好,如果冻伤肢体近端出现水肿、水疱、疼痛,而肢体远端无水肿、水疱、疼痛等变化,则提示预后不良。

复温过程中,应保持室内温度,有条件时,可以用烧伤大型红外线烤灯,保持局部温度,保证复温效果。

(三) 溶栓治疗

溶栓治疗的目的是及时抑制血管内血栓形成,降低截肢发生率。因此有条件的情况下,应尽量早期进行血管造影,并在发生血栓时及时进行溶栓治疗,可以采用静脉或者动脉置管注射组织型纤溶酶原激活物(tissue-type plasminogen activator, tPA)^[24]。研究发现,在冻伤后24 h内进行血管造影和溶栓治疗的患者后续截肢比例达10%,而未进行溶栓治疗的患者截肢比例达41%^[25]。有病例回顾研究发现,血管造影发现血栓形成的比例与截肢率相当,而发现血栓的同时,予以动脉置管注射tPA进行溶栓治疗的患者中2/3效果良好^[26]。Jones等^[27]采用Tc-99m扫描进行血栓检测后,予以静脉注射tPA联合全身抗凝治疗9例严重冻伤患者,其中7例栓塞患者中5例完全恢复灌注,2例好转;另外2例出现出血等并发症。

但全身静脉使用溶栓剂和将动脉导管置入血栓部位进行局部溶栓2种方式哪种的效果更好,尚需更大规模临床验证。溶栓可以引起出血及血液动力学不稳定,因此在溶栓治疗前,应进行风险与收益评估。建议对深度冻伤、存在截肢风险的患者进行血管造影及溶栓治疗。溶栓治疗需要在有经验的医疗单位进行,并需要全程监护。溶栓的时机非常关键,尽量在冻伤发生后12 h内进行,而且是越快越好^[28]。溶栓药物剂量推荐:首次以tPA 3 mg 静脉注射(用30 mL液体稀释,终浓度为 0.1 mg/mL),每小时推注10 mL。肝素使用剂量为500单位/h,使部分凝血活酶时间延长为正常值的2倍,治疗3~5 d^[29-30]。

尽管很多地区使用肝素作冻结融化后的抗凝治疗,但目前尚无临床证据显示肝素可以有效治疗冻伤。有一些研究中将肝素和伊洛前列素联合使用,或者和tPA联合使用,但是否发挥了更大的治疗效果,尚需进一步临床验证^[31]。

(四) 扩血管药物使用

1. 伊洛前列素:伊洛前列素是前列环素的一种稳定代谢产物,可显著扩张血管、抑制血小板聚集、溶解纤维蛋白原,对血管内皮细胞有保护作用^[32]。Groechenig^[33]最先报道了伊洛前列素在冻伤患者治疗中的应用,初始剂量为 0.5 ng/kg 体重,此后3 d内增加至 2 ng/kg 体重,连续用药14~42 d,获得了满意的治疗效果,显著降低了患者的截肢率。在另外一个更大样本量的随机对照研究中,结果显示伊洛前列素单独静脉注射能够促进创面愈合,显著降低截肢率,效果优于伊洛前列素联合tPA和伊洛前列素联合盐酸丁咯地尔^[34]。目前认为,静脉使用伊洛前列素是治疗伤后72 h内III~IV度冻伤的一线药物,特别是在tPA使用禁忌或者医疗机构缺少有效监测手段的情况下,伊洛前列素是一种更安全的选择^[14]。伊洛前列素可以通过微量泵或者可控制流速的静脉输液器进行输注,应用盐水或者葡萄糖进行稀释,治疗1~3 d内,伊洛前列素的初始剂量为 $0.5 \text{ ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,使用30 min,以后每间隔30 min,按照每次 $0.5 \text{ ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 逐步增加剂量,最大剂量 $2 \text{ ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。患者如果出现恶心、头痛、潮红、血压或者心率超出正常范围,则按照相同剂量逐渐递减,而后按照患者能耐受的最高剂量,每天连续输注达6 h;治疗第4天后,直接按照最大剂量或者患者能耐受的最高剂量输注,每天输注6 h。

2. 其他血管扩张药物:前列腺素 E1^[35]、硝酸甘油^[26]、己酮可可碱^[36]、酚苄明、利血平^[37-38]、盐酸丁咯地尔^[39]、盐酸罂粟碱等均被单独或者联合应用于冻伤治疗。除了可以舒张血管,减少血管平滑肌痉挛外,这些药物还可以不同程度地阻断血小板聚集,从

而减少毛细血管微血栓形成。另外通过舒张平滑肌,可以加速冻伤部位水肿快速消退、缓解血管痉挛性疼痛等,但尚缺少大规模、多中心的临床实验验证。

(五) 高压氧治疗

高压氧治疗在冻伤早期和后期(伤后21 d)有一定效果^[40],但目前尚缺少更多临床证据。高压氧治疗能改善红细胞流变学特性,增加受冻部位皮肤营养性毛细血管的数目,减轻组织水肿,改善氧合作用,阻断白细胞黏附,减轻脂质过氧化作用。因此,部分学者认为冻伤后尽早使用高压氧治疗的预后更好,建议将高压氧治疗作为重度冻伤的辅助疗法^[41-42]。

(六) 创面处理与手术治疗

冻伤肢体复温后,推荐每天进行1~2次水疗(水温37~39℃)^[43],理论上水疗可以促进血液循环,抑制细菌生长,清除坏死组织。没有临床证据显示水疗可以促进冻伤恢复,但经验治疗认为水疗有潜在的加速创面愈合的作用。但对于水疗的频次、时间、水温等,尚需进一步临床验证。

冻伤创面清亮或者浑浊的水疱液中含有前列腺素和血栓素,会加重损伤,血性水疱液是由于存在更深部组织损伤,血性液体渗透到真皮层。对于清亮水疱液,常规做法是针刺水疱,低位引流疱液,保留水疱皮。而对于血性水疱,则予以保留^[3,18]。如果水疱已经破溃,应予以清创,无菌敷料包扎,避免感染。另外,一些新型敷料,比如负压吸引材料、银离子敷料、藻酸盐等,可以用于创面处理,吸收渗液,减少局部感染发生概率。

冻伤肢体经过复温会出现明显肿胀,如伴有筋膜间室综合征表现,应立即予以筋膜减张切开术,改善末梢循环,减少截肢率,对肢体长度保留有一定作用。截肢手术通常需要等到坏死组织界限清楚,这一过程往往需要1~3个月时间^[44],血管造影、放射性核素扫描、Tc99骨扫描、CT、磁共振成像等检查手段可以帮助判断手术界限,尽早手术,缩短住院时间^[45-47]。但如果坏死组织发生感染,引起全身脓毒症表现或者有潜在危险,应尽快予以清创或者行截肢手术。对于已经明确坏死的肢体,应依据外科原则予以清创,兼顾功能和外形的整形外科原则予以修复^[7]。术后应指导患者进行长期系统的康复训练。

四、总结

本共识是基于现有的证据和经验治疗达成,还有很多重要的临床问题需要进一步的研究和验证,包括冻伤的病理生理过程,预防冻伤的辅助性药物研发,能够减少组织损伤的更好的复温方法,以及复温后的全身治疗措施,以最大程度挽救患者受伤组织、肢体、生命。

《冻伤早期的临床诊疗全国专家共识》编写组

专家组成员(单位名称及专家姓名均以首字母拼音排序):北京大学口腔医学院张益;北京积水潭医院王成;哈尔滨市第五医院李宗瑜;黑龙江省医院刘锐;吉林大学第一医院于家傲;解放军总医院李东杰、申传安、张文;空军军医大学第一附属医院韩军涛、王洪涛、王耘川;新疆军区总医院沈运彪;新疆克拉玛依中心医院王会军;新疆石河子大学医学院第一附属医院雷娜;中国矿业大学王耀东

参 考 文 献

- [1] 韩军涛,王洪涛,王耘川. 冻伤治疗学 基础理论与实践[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2021: 1-13.
- [2] 孙林利,刘文军,桂婧娥,等. 2019版《荒野医学协会冻伤预防和治疗实践指南》解读[J]. 中华烧伤杂志,2020,36(7): 631-635.
- [3] Golant A, Nord RM, Paksima N, et al. Cold exposure injuries to the extremities[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2008, 16(12): 704-715.
- [4] Handford C, Thomas O, Imray CHE. Frostbite[J]. Emerg Med Clin North Am, 2017, 35(2): 281-299.
- [5] Fudge J. Preventing and Managing Hypothermia and Frostbite Injury[J]. Sports Health, 2016, 8(2): 133-139.
- [6] Bhatnagar A, Sarker BB, Sawroop K, et al. Diagnosis, characterisation and evaluation of treatment response of frostbite using pertechnetate scintigraphy: a prospective study[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2002, 29(2): 170-175.
- [7] Cauchy E, Chetaille E, Marchand V, et al. Retrospective study of 70 cases of severe frostbite lesions: a proposed new classification scheme[J]. Wilderness Environ Med, 2001, 12(4): 248-255.
- [8] 苏海涛,李宗瑜,李宜妹,等. 东北地区568例冻伤患者的救治及截肢情况分析[J]. 中华烧伤杂志,2015,31(6): 410-415.
- [9] Dobnikar U, Kounalakis SN, Mekjavic IB. The effect of exercise-induced elevation in core temperature on cold-induced vasodilatation response in toes[J]. Eur J Appl Physiol, 2009, 106(3): 457-464.
- [10] Dole M, Endorf FW, Gayken J, et al. Early Mobilization in Lower Extremity Frostbite Injury: Preliminary Experience at a Single Burn Center[J]. J Burn Care Res, 2018, 39(3): 339-344.
- [11] Lehmuskallio E. Emollients in the prevention of frostbite[J]. Int J Circumpolar Health, 2000, 59(2): 122-130.
- [12] Jud P, Hafner F, Brodmann M. Frostbite of the hands after paragliding: a chilling experience[J]. Lancet, 2019, 394(10216): 2282.
- [13] Mills WJ, Whaley R. Frostbite: experience with rapid rewarming and ultrasonic therapy. 1960-1[J]. Wilderness Environ Med, 1998, 9(4): 226-247.
- [14] McIntosh SE, Freer L, Grissom CK, et al. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Frostbite: 2019 Update[J]. Wilderness Environ Med, 2019, 30(4S): S19-S32.
- [15] Shenaq DS, Beederman M, O'Connor A, et al. Urban Frostbite: Strategies for Limb Salvage[J]. J Burn Care Res, 2019, 40

- (5): 613-619.
- [16] Imray C, Grieve A, Dhillon S, et al. Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries [J]. *Postgrad Med J*, 2009, 85(1007): 481-488.
- [17] Martínez Villén G, García Bescos G, Rodríguez Sosa V, et al. Effects of haemodilution and rewarming with regard to digital amputation in frostbite injury: an experimental study in the rabbit [J]. *J Hand Surg Br*, 2002, 27(3): 224-248.
- [18] Brown RM, Semler MW. Fluid Management in Sepsis [J]. *J Intensive Care Med*, 2019, 34(5): 364-373.
- [19] Heil K, Thomas R, Robertson G, et al. Freezing and non-freezing cold weather injuries: a systematic review [J]. *Br Med Bull*, 2016, 117(1): 79-93.
- [20] 赵玉峰,张连阳. 浅论高寒医疗救援[J]. *中华灾害救援医学*, 2020, 8(10): 567-569.
- [21] Rousseau A, Steinwall I, Woodson RD, et al. Hyperoxia decreases cutaneous blood flow in high-perfusion areas [J]. *Microvasc Res*, 2007, 74(1): 15-22.
- [22] McIntosh SE, Opacic M, Freer L, et al. Wilderness medical society practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite: 2014 update [J]. *Wilderness Environ Med*, 2014, 25(4 Suppl): S43-54.
- [23] van der Ploeg GJ, Goslings JC, Walpoth BH, et al. Accidental hypothermia: rewarming treatments, complications and outcomes from one university medical centre [J]. *Resuscitation*, 2010, 81(11): 1550-1555.
- [24] Tavri S, Ganguli S, Bryan RG Jr, et al. Catheter-Directed Intra arterial Thrombolysis as Part of a Multidisciplinary Management Protocol of Frostbite Injury [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2016, 27(8): 1228-1235.
- [25] 付金鑫,张金龙,王茂强. 经导管动脉溶栓治疗严重冻伤的研究进展[J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(5): 404-408.
- [26] Gonzaga T, Jenabzadeh K, Anderson CP, et al. Use of Intra-arterial Thrombolytic Therapy for Acute Treatment of Frostbite in 62 Patients with Review of Thrombolytic Therapy in Frostbite [J]. *J Burn Care Res*, 2016, 37(4): e323-334.
- [27] Jones LM, Coffey RA, Natwa MP, et al. The use of intravenous tPA for the treatment of severe frostbite [J]. *Burns*, 2017, 43(5): 1088-1096.
- [28] Hickey S, Whitson A, Jones L, et al. Guidelines for Thrombolytic Therapy for Frostbite [J]. *J Burn Care Res*, 2020, 41(1): 176-183.
- [29] Handford C, Buxton P, Russell K, et al. Frostbite: a practical approach to hospital management [J]. *Extrem Physiol Med*, 2014, 3: 7.
- [30] Hutchison RL, Miller HM, Michalke SK. The use of tPA in the treatment of frostbite: a systematic review [J]. *Hand (N Y)*, 2019, 14(1): 13-18.
- [31] Joshi K, Goyary D, Mazumder B, et al. Frostbite: Current status and advancements in therapeutics [J]. *J Therm Biol*, 2020, 93: 102716.
- [32] Della Bella S, Molteni M, Mocellin C, et al. Novel mode of action of iloprost: in vitro down-regulation of endothelial cell adhesion molecules [J]. *Prostaglandins Other Lipid Mediat*, 2001, 65(2/3): 73-83.
- [33] Groecheinig E. Treatment of frostbite with iloprost [J]. *Lancet*, 1994, 344(8930): 1152-1153.
- [34] Cauchy E, Cheguillaume B, Chetaille E. A controlled trial of aprostacyclin and rt-PA in the treatment of severe frostbite [J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(2): 189-190.
- [35] Al Yafi MN, Danino MA, Izadpanah A, et al. Using Intra-arterial tPA for Severe Frostbite Cases. An Observational Comparative Retrospective Study [J]. *J Burn Care Res*, 2019, 40(6): 907-912.
- [36] Hayes DW Jr, Mandracchia VJ, Considine C, et al. Pentoxifylline. Adjunctive therapy in the treatment of pedal frostbite [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2000, 17(4): 715-722.
- [37] Bouwman DL, Morrison S, Lucas CE, et al. Early sympathetic blockade for frostbite is it of value? [J]. *J Trauma*, 1980, 20(9): 744-749.
- [38] Espinosa GA. Management of frostbite injuries [J]. *J Natl Med Assoc*, 1981, 73(12): 1125-1131.
- [39] Daum PS, Bowers WD Jr, Tejada J, et al. An evaluation of the ability of the peripheral vasodilator buflomedil to improve vascular patency after acute frostbite [J]. *Cryobiology*, 1989, 26(1): 85-92.
- [40] Kemper TC, de Jong VM, Anema HA, et al. Frostbite of both first digits of the foot treated with delayed hyperbaric oxygen: a case report and review of literature [J]. *Undersea Hyperb Med*, 2014, 41(1): 65-70.
- [41] von Heimburg D, Noah EM, Sieckmann UP, et al. Hyperbaric oxygen treatment in deep frostbite of both hands in a boy [J]. *Burns*, 2001, 27(4): 404-408.
- [42] Ghuman A, St Denis-Katz H, Ashton R, et al. Treatment of Frostbite With Hyperbaric Oxygen Therapy: A Single Center's Experience of 22 Cases [J]. *Wounds*, 2019, 31(12): 322-325.
- [43] Jurkovich GJ. Environmental cold-induced injury [J]. *Surg Clin North Am*, 2007, 87(1): 247-267.
- [44] McAdams TR, Swenson DR, Miller RA. Frostbite: an orthopaedic perspective [J]. *Am J Orthop*, 1999, 28(1): 21-26.
- [45] Manganaro MS, Millet JD, Brown RK, et al. The utility of bone scintigraphy with SPECT/CT in the evaluation and management of frostbite injuries [J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1094): 20180545.
- [46] Millet JD, Brown RK, Levi B, et al. Frostbite: Spectrum of Imaging Findings and Guidelines for Management [J]. *Radiographics*, 2016, 36(7): 2154-2169.
- [47] Lacey AM, Fey RM, Gayken JR, et al. Microangiography: An Alternative Tool for Assessing Severe Frostbite Injury [J]. *J Burn Care Res*, 2019, 40(5): 566-569.

(收稿日期: 2021-11-15)

(本文编辑: 谷俊朝)

中国医药教育协会烧伤专业委员会. 冻伤早期的临床诊疗全国专家共识 [J/CD]. *中华损伤与修复杂志(电子版)*, 2022, 17(1): 1-6.