

· 综 述 ·

电风暴的发病机制及治疗进展*

乔鹏飞, 陈安宝[△], 李 芳, 文 静, 孙圣杰
(昆明医科大学第二附属医院, 云南 昆明 650000)

[摘要] 电风暴(ES)是一种由发病机制复杂、多种病因引起需要紧急抢救的恶性心律失常,因其病情进展迅速、死亡率较高,临床救治和后续管理面临巨大挑战。目前,ES的主要治疗措施包括电除颤、药物治疗和非药物治疗。 β 受体阻滞剂在药物治疗中占有重要地位,尤其艾司洛尔和普萘洛尔均在临床试验中取得较好效果。在非药物治疗中,除已广泛使用的埋藏式心律转复除颤器(ICD)、导管消融等之外,围绕降低交感神经兴奋性的深度镇静、星状神经节阻滞麻醉及胸腔镜下交感神经切除术也受到越来越多的重视,成为下一步治疗的新方向。

[关键词] 电风暴; 心律失常; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2023.18.022

中图法分类号:R54

文章编号:1009-5519(2023)18-3162-06

文献标识码:A

Pathogenesis and treatment progress of electric storm*

QIAO Pengfei, CHEN Anbao[△], LI Fang, WEN Jing, SUN Shengjie

(The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650000, China)

[Abstract] Electrical storm (ES) is a kind of malignant arrhythmia requiring emergency rescue caused by complex pathogenesis and various causes. Due to its rapid progression and high mortality rate, clinical treatment and follow-up management are facing great challenges. Currently, the main therapeutic measures for ES include electrical defibrillation, pharmacological treatment, and non-pharmacological treatment. β blockers play an important role in pharmacological treatment, especially because both esmolol and propranolol can achieve good results in clinical trials. In non-pharmacological treatment, in addition to the widely used implantable cardioverter defibrillator (ICD) and catheter ablation, deep sedation, stellate ganglion block anesthesia and thoracoscopic sympathectomy have also been paid more and more attention, and it has become a new direction for the next treatment.

[Key words] Electric storm; Arrhythmia; Review

电风暴(ES)又称室速/室颤风暴、交感风暴、儿茶酚胺风暴、埋藏式心律转复除颤器(ICD)ES、心室ES。1994年KIM等^[1]在一项起搏器植入术的研究中发现患者频繁出现室速和室颤,随后外国学者将其定义为电风暴^[2]。2006年欧洲《室性心律失常的诊疗和SCD预防指南》将ES定义为24h内自发的室速/室颤 ≥ 2 次,并需要紧急治疗的临床症候群。之后,因ICD的广泛应用及对ES的研究深入,2020年《中国室性心律失常治疗指南》将ES定义为:24h内持续性室速/室颤反复发作3次或以上,需要治疗干预以终止发作^[3]。ES反复发作明显增加患者的再住院率和死亡率,因此如何减少ES的反复发作至关重要^[4]。ES终止的标准目前未明确定义,外国学者认为经治疗后2周内未再次出现室性心律失常,可视为ES终

止发作^[5]。

1 发病原因

导致ES的病因很多,可大致分为器质性心脏病、非器质性心脏病、先天性心律失常、严重的水电解质代谢紊乱或药物中毒。器质性心脏病是引起ES的常见病因,尤其冠心病急性心肌梗死、陈旧性心肌梗死、稳定型或不稳定型心绞痛或反复冠状动脉痉挛等最为常见^[6],严重心力衰竭患者也可出现ES^[7]。ES在非器质性心脏病中并不常见,但仍有报道非器质性心脏病患者中也观察到ES的发生,如马继芳等^[8]发现1例患者因发热诱发ES。急性中毒所致严重心肌损伤也可导致ES,ELMAHROUK等^[9]报道乌头碱中毒导致心室ES的发生。在遗传性心律失常如长QT综合征^[10]、短QT综合征、Brugada综合征等患者,也

* 基金项目:昆明医科大学研究生创新基金项目(2022S252)。

[△] 通信作者, E-mail: yiyecab@sina.com。

可发生 ES。此外,严重的水电解质紊乱^[11]、新型冠状病毒感染导致的全身炎症反应综合征患者^[12]也有报道发生了 ES。

2 发病机制

ES 的发病机制复杂,目前研究已证实心肌损伤、神经体液变化、希-普氏束传导异常、钙通道异常等是引起 ES 的主要原因。

2.1 心肌损伤 在急性心肌梗死中,心室肌细胞电生理异常是 ES 发生的基础,缺血梗死导致心肌细胞去神经支配从而呈现高敏感现象,诱发室性心律失常。此外,梗死灶神经细胞再生主要以交感神经再生为主,使心肌梗死灶周围更易出现异位起搏^[13]。

2.2 自主神经功能失调 交感和副交感神经的作用可在神经心肌突触连接前后互相影响。自主神经系统平衡失调,交感神经重构(功能障碍、神经芽生)、中枢神经调节异常等都会引起室性心律失常的发生。其中,交感神经过度兴奋是 ES 启动和维持的关键,交感神经过度兴奋(如心肌梗死、重大创伤、手术、情绪激动等)可使内源性儿茶酚胺分泌急速增加,刺激心肌细胞膜上起钠离子、钙离子内流,钾离子外流,使心肌细胞动作电位延长,诱发恶性心律失常。此外,当患者发生 ES 时,治疗中电除颤的应用也会导致交感神经过度兴奋及心肌电生理活动异常,造成反复 ES 发作、频繁除颤的恶性循环^[14]。

2.3 希-普氏束传导异常 动物实验证实,无论是否存在结构性心脏病,心室颤动容易被反复出现、联律间期较短、形态固定的室早诱发,而触发室颤的室早最常见发生于浦肯野纤维和右室流出道,与触发活动尤其是室早后除极有关^[15]。国内学者在动物模型上证实,希-普氏束发生异位电冲动不仅在室速/室颤时起重要的触发和驱动作用,还可逆向传导,阻滞房室前传,促使室速/室颤反复发作,表现为 ES^[16]。

2.4 心肌细胞钙代谢异常 在反复 ICD 电击诱发 ES 兔模型中,反复发作的室颤影响细胞内钙的代谢,引起钙/钙调蛋白依赖性蛋白激酶 II 显著激活和磷酸蛋白去磷酸化,磷蛋白去磷酸化,蛋白磷酸酶 1 和 2A 表达增加。导致心肌细胞内钙蓄积和细胞凋亡,不仅使心肌细胞更容易出现电生理异常导致反复发生心室颤动,也可以损伤左心室泵功能,使左室射血分数下降,造成心力衰竭^[17]。

3 治疗进展

ES 发生时反复且顽固的心室颤动会导致患者迅速出现严重的血流动力学障碍。因此,应第一时间评估患者生命体征,及时给予电除颤、药物、射频消融等治疗,同时积极治疗原发病并寻找和纠正诱发因素。电除颤是 ES 的基本治疗措施,在患者出现持续的多形性室速/室颤时,应立即予以电复律或除颤^[3]。但是,频繁的电除颤会损伤心肌、兴奋交感神经,使多形

性室速/室颤反复出现,造成恶性循环^[18]。因此,电除颤联合其他方法治疗 ES。

3.1 药物治疗 所有持续性多形性室速/室颤 ES 患者均应考虑应用 β 受体阻滞剂、胺碘酮及利多卡因治疗^[3]。其中 β 受体阻滞剂是治疗 ES 的主要方法。

3.1.1 β 受体阻滞剂 目前,临床常用的 β 受体阻滞剂为普萘洛尔及艾司洛尔,但临床对于优先使用普萘洛尔还是艾司洛尔尚无定论。

艾司洛尔分布半衰期及清除半衰期短,且基本不会在体内蓄积,与 β_1 受体结合后,产生广泛的离子通道作用,发挥稳定膜电位、减慢心率、逆转交感神经的激活和过度兴奋,从而缓解或逆转 ES。此外,由于艾司洛尔半衰期短,治疗中如出现泵功能衰竭、血压下降的情况时能够在短时间内通过调整剂量或停止用药,避免不良反应出现,安全性相对较好。在一项关于乌头碱中毒至心室 ES 的研究中,使用艾司洛尔控制 ES 的患者较使用胺碘酮组治疗有效率明显上升,且不良反应未见增多^[19]。此外,一项关于艾司洛尔治疗 ES 的 meta 分析中,艾司洛尔治疗组 211 例 ES 患者在电除颤次数上明显少于对照组,且更不容易出现 III 度房室传导阻滞,在降低血压作用上与对照组也未见明显差异。证明艾司洛尔相比于传统的胺碘酮/利多卡因治疗疗效更好且更安全^[20]。研究也已证明艾司洛尔相比于传统的胺碘酮/利多卡因治疗,能够减少患者在院期间的除颤次数和死亡率^[21]。

而普萘洛尔作为一种非选择性 β 受体阻滞剂,可以有效阻滞 β_1 受体及 β_2 受体,降低交感神经张力,平衡细胞膜上离子通道,从而发挥抗心律失常作用。在 ES 患者中,反复的室速或室颤可导致心力衰竭,从而使 β_1 数量受体下调, β_2 数量受体上调^[22],使心肌细胞兴奋性增高,更易出现异位起搏。且 β_2 受体激活可导致低钾血症,增加 QT 间期和心室肌复极离散度,使患者更容易出现心律失常。因此针对患者的 β_2 受体阻滞控制对其心律失常的控制至关重要^[23],而普萘洛尔作为一种非选择性的 β 受体阻滞剂,可以发挥阻滞 β_2 受体作用,减少心律失常的发生,使 ES 患者获益。此外,普萘洛尔可能会更有效地改变 ES 并发心力衰竭患者的心脏去甲肾上腺素能神经传递,并减轻反射性交感神经的激活,调节自主神经功能,从而终止 ES 发作。同时,普萘洛尔在药代动力学方面具有高度的亲脂性,更易透过血脑屏障,可能具有更大的中枢交感神经抑制作用^[24]。在一项关于 60 例 ICD 植入术后 ES 患者的研究中,30 例接受胺碘酮联合普萘洛尔治疗的患者其 ES 的终止率及终止时间明显小于 30 例胺碘酮联合美托洛尔的患者^[25]。在另一项病例报道中,1 例 60 岁的 ES 患者经胺碘酮联合艾司洛尔治疗后未能终止 ES,而换用普萘洛尔联合胺碘酮后取得了良好的效果,在入院 72 h 后患者未再次出现

室速或室颤^[26]。

3.1.2 胺碘酮与利多卡因 在 β 受体阻滞剂抑制交感神经兴奋的同时,也应使用胺碘酮及利多卡因控制心律失常。胺碘酮联合利多卡因治疗心律失常的机制主要是由于同时阻断钾钠通道。胺碘酮的阻断作用主要为钾通道,对钠通道的阻断作用较弱。通过加入利多卡因强钠通道阻断作用,增强胺碘酮抗心律失常的作用^[3,27]。实验表明,在无法使用 β 阻剂的 42 例 ES 患者身上,26 例患者经过利多卡因联合胺碘酮治疗恢复了窦性心律。此外,但值得注意的是,15 例只接受利多卡因治疗的患者左室射血分数较前明显改善^[28]。但是胺碘酮本身可能导致尖端扭转性心动过速,尽管其发生率远低于其他 QT 间期延长抗心律失常药,但用药时仍需慎重。此外,对于 ICD 植入后 ES 的患者,长期服用胺碘酮控制心率避免异常放电也许并不合适,长期服用胺碘酮可能导致严重的肺部疾患,这些不良反应的发生率可能与服药时常、年龄及既往肺部疾病相关^[29]。

3.1.3 盐酸尼非卡兰 盐酸尼非卡兰是一种单纯的 K^+ 通道阻滞剂,低浓度时阻断瞬时延迟整流 K^+ 通道 (IKr),高浓度时同时阻断内向整流 K^+ 通道和外向整流 K^+ 通道,可使心肌细胞动作电位复极时程延长,从而发挥抗心律失常作用。而对 Ca^{2+} 通道、 Na^+ 通道及 β 受体不产生作用,因此不影响心肌细胞动作电位幅度、去极化及传导速度,也不影响心功能^[30-32]。常用于常规抗心律失常药物无效的严重室性心律失常(室速、室颤)。在一项关于 ICD 植入后 ES 的研究中,对 10 例发生 ES 的患者使用深度镇静联合 β 受体阻滞剂治疗后,6 例患者仍未能终止 ES,加用尼非卡兰[负荷输注 0.1~0.3 mg/kg,持续 5 min,维持剂量 0.2~0.4 mg/(kg·h)]后 6 例患者均终止 ES 发作,且未见严重不良反应。证明短期静脉注射尼非卡兰是治疗 ES 的有效和安全的方法^[33]。另一项病例报道中,1 例冠状动脉搭桥术后发生 ES 的患者在接受胺碘酮、利多卡因及 β 受体阻滞剂治疗后仍未终止,加用尼非卡兰治疗后 ES 终止,也表明尼非卡兰对于 ES 的疗效。值得注意的是,由于心室壁各心肌细胞 IKr 的不均一性,尼非卡兰可使 QT 间隙延长(当 QT 间期超过 0.6 s 时,出现尖端扭转型室性心动过速的风险显著增加),导致尖端扭转型室性心动过速。因此,应在用药期间对 QT/QTc 进行监测^[32]。

3.2 镇静治疗 交感神经过度兴奋是 ES 启动和维持的关键,而镇静治疗可以有效抑制交感神经过度兴奋,阻断室颤-除颤-交感神经过度兴奋-室颤的恶性循环,因此在 ES 的治疗中也占有重要地位。有研究指出,地西洋联合艾司洛尔治疗 ES,取得了良好的效果^[34],后有学者报道了使用艾司洛尔联合咪达唑仑治疗 ES,相对地西洋而言,咪达唑仑起效快、半衰期短、

相对安全,在 ES 控制后改用口服艾司唑仑,也取得了不错的疗效^[35-36]。在另一项关于 74 例 ES 患者的研究中,除都接受抗心律失常药物治疗外,接受右美托咪定组的 38 例患者,相比于 36 例未接收右美托咪定的患者,右美托咪定治疗患者 ES 终止率更高(39% vs. 89%, $P < 0.001$),出院时存活率更高(66% vs. 92%, $P = 0.01$),出院后 12 个月时存活率也更高(29% vs. 67%, $P = 0.001$)^[37]。

深度镇静也为控制心律失常的有效治疗选择。2020 年一项研究表明,对于 116 例 ES 患者使用静脉速效催眠剂、速效神经肌肉阻断药物和阿片类药物以维持深度镇静及机械通气支持后,55 例患者(47.4%) 在 15 min 内终止了 ES,相对于未在 15 min 内终止 ES 发作的患者降低了 55% 的死亡率,且对远期预后无明显影响^[38]。但对于未在 15 min 内终止 ES 发作的患者,建议采取其他措施。但目前关于深度镇静治疗 ES 的临床证据很少,而且是基于病例报告的。因此深度镇静治疗 ES 仍需进一步研究。

3.3 埋藏式心律转复除颤器(ICD)与心脏再同步复律除颤器(CRT-D)治疗 在 2020 室性心律失常中国专家共识中对于持续室速/室颤患者,预期寿命大于 1 年以上者推荐植入 ICD 治疗(I 类推荐,证据级别 B),指南认为埋藏式心律转复除颤器治疗是对于持续性多形性室速/室颤患者的主要治疗措施。对于有可能在短时间内再发持续性多形性室速/室颤,但不适合植入 ICD 的患者,可考虑穿戴式心律转复除颤器治疗^[3]。但是 ICD 治疗前需全面评估,明确埋藏式心律转复除颤器植入标准,并做好起搏器编程管理,避免频繁放电、无效放电(有报道指出,在长期随访的回顾性分析中,多达 22% 的电击总量是不合适的^[39])导致的患者痛苦、焦虑、抑郁^[40-41],并诱发 ICD 植入后 ES。心脏再同步化治疗(CRT)可能通过改善房室同步性和左心室功能,减少逆向重塑、功能性二尖瓣反流和室间隔运动障碍来预防 ES 的发作。对于左心功能不全、心力衰竭的患者,CRT-D 与相对于植入 ICD 患者发生 ES 的风险降低 45%。根据实验数据,CRT 可能对 ES 患者有保护作用,如果 CRT 植入后出现临床症状改善和心脏功能好转,这种保护作用甚至更大^[42]。

3.4 导管消融术(CA)及立体定向放射治疗(SBRT)

反复发作的多形性室速/室颤的患者,如果触发室速/室颤的室早形态仅有 1 种或少数几种,可考虑导管消融治疗(I 类推荐,证据级别 B)^[3]。在一项单中心回顾性分析中指出 CA 对大多数患者来说是一种有效的 ES 治疗方法,在 95 例患者中,所有临床室性心律失常在 7 d 内都得到了完全抑制。在中位数 22 个月的长期随访中 87 例患者(92%)没有 ES,63 例患者(66%)没有室性心律失常。在接受胺碘酮治疗的患者中,在随访结束时,每例患者的平均每日剂

量从 350 mg/d 下降到 225 mg/d。在这部分人群中完全预防 ES 复发的证据表明,CA 在长期内具有保护作用,这可能有助于提高生存率^[43]。在另一项关于用药物控制 ES 发作或使用导管消融控制 ES 发作的研究中,学者通过对 259 例因各种原因发生 ES 患者的观察结果表明,CA 对于减少 ES 的发生更有益,特别是使用胺碘酮的患者或长 VT 间隙的患者^[44]。立体定向放射治疗(SBRT)也已被证明是治疗难治性室性心动过速的有效方法。有学者在对 10 例心力衰竭合并 ICD 植入术后发生 ES 的患者行 SBRT 治疗,明显减少了 ICD 放电和 VT 的发生时间^[45],但此研究为小样本研究,其结论仍有待进一步观察。

3.5 介入治疗 交感神经过度兴奋强烈影响室性心动过速的持续性、诱导的难易性和心室颤动的持续,因此,在几个不同的水平中断自主神经系统可能能够控制 ES^[46]。目前,有学者认为,在药物或 CA 手段难以控制的 ES 中,可以通过左心交感神经去支配手段控制 ES^[46]。其中,早期超声引导下星状神经节阻滞麻醉(GSB)可以有效减轻交感神经张力,且该手段简便易行,能有效减少心律失常发生情况,为后续治疗争取时间^[47]。有学者在一项回顾性研究中观察到,使用超声下星状神经节阻滞麻醉的 33 例 ES 患者发生室性心律失常的概率下降了 92.0%,室性心动过速概率下降了 99.0%,体外除颤或 ICD 放电下降了 76.0%,30 d 死亡率下降至 12.9%,且未发现明显的不良事件^[48]。最新的一项单中心长时间小样本的观察研究结果也指出,使用超声引导的麻醉神经节星形阻滞(GSB)局部抑制交感神经活动治疗 ES 的方法一直表现出稳定、高效的疗效和极高的安全性。然而,实际疗效必须在双盲研究中得到证明,才能使该方法广泛应用于临床实践^[48]。左胸腔镜下交感神经切除术(VATS)已被国外报道能够有效地抑制难治性 ES,而无任何与手术相关的死亡率或显著的长期疾病。但此报道只是单中心、小样本、回顾性的观察,其结果仍需进一步研究^[49]。除 VATS 外,也有国外学者认为连续左椎旁入路输送局部麻醉剂直接阻断心脏交感神经纤维似乎足以实现交感神经阻滞以改善药物难治性室性快速心律失常,且此方法手术难度更小,并发症更少,患者体验更好,但具体疗效仍需进一步研究观察^[50]。此外,近期关于去肾交感神经治疗复发性室性心律失常的 meta 分析也指出,去肾交感神经治疗似乎是一种安全有效的治疗策略,适用于既往抗心律失常药物治疗失败且导管消融治疗复发性室性心律失常和 ES 的患者^[52]。但此观察结论仍需进一步证实。

4 结语与展望

随着现代社会心血管疾病发生率的不断上升,ES 的发病率也逐年上升,ES 是多种疾病的严重预后不

良因素,会增加患者的住院时长、不良心血管事件发生率及死亡率。而 ES 的发病机制目前仍不特别清楚,目前研究都证实交感神经在 ES 的发病机制中起到了重要作用。但是,具体的分子生物机制仍需进一步研究。在 ES 的治疗中,除目前指南推荐的 β 受体阻滞剂、抗心律失常药物、ICD 及导管消融之外,围绕降低交感神经的深度镇静、星状神经节阻滞麻醉及胸腔镜下交感神经切除术也越来越被重视,成为下一步治疗的新方向。但是,目前大多数研究都是小样本的单中心回顾性研究,且国内开展较少,仍需进一步研究明确其疗效。总之,随着现代科学技术和人民生活水平的进一步提高,相信对于 ES 的认识和治疗会取得进一步发展。

参考文献

- [1] KIM S G, LING J, FISHER J D, et al. Comparison and frequency of ventricular arrhythmias after defibrillator implantation by thoracotomy versus nonthoracotomy approaches [J]. *Am J Cardiol*, 1994, 74(12):1245-1248.
- [2] KOWEY P R. An overview of antiarrhythmic drug management of electrical storm [J]. *Can J Cardiol*, 1996, 12 Suppl B:3B-8B.
- [3] 中华医学会心电生理和起搏分会, 中国医师协会心律学专业委员会. 2020 室性心律失常中国专家共识(2016 共识升级版) [J]. *中华心律失常学杂志*, 2020, 24(3):188-258.
- [4] MULLER J, BEHNES M, ELLGUTH D, et al. Prognostic impact of recurrences in patients with electrical storm [J]. *Scand Cardiovasc J*, 2019, 53(2):71-76.
- [5] GREENE M. Is electrical storm in ICD patients the sign of a dying heart? Outcome of patients with clusters of ventricular tachyarrhythmias [J]. *Europace*, 2000, 2(3):263-269.
- [6] 徐琢, 李江津, 姜宜成, 等. 急性冠状动脉综合征晚期电风暴一例 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2018, 32(1):98-99.
- [7] KOIZUMI T, KAMADA R, WATANABE M, et al. Predictors of cardiovascular mortality after an electrical storm in patients with structural heart disease [J]. *J Cardiol*, 2022, 80(2):167-171.
- [8] 马继芳, 张静, 郭素萍, 等. 发热诱发无基础心脏疾病患者反复心室颤动一例 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(5):501-502.
- [9] MENICHETTI F, BARTOLUCCI P, MATTEUCCI M L, et al. A perfect refractory electrical

- storm by acute toxicity of accidental aconitine intake[J]. *Emerg Care J*, 2021, 17(2).
- [10] ZHANG R, DING C, WANG H. Treatment on arrhythmia electric storm in a jervell and lange-nielsen syndrome patient by ablation of the triggering premature ventricular contraction: A case report[J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(4): 4938-4943.
- [11] ELMAHROUK A F, ELGHAYSHA E, ARA FAT A A, et al. Bolus potassium in frustrated ventricular fibrillation storm[J]. *J Card Surg*, 2020, 35(2): 480-481.
- [12] MAGLIONE T J, ABOYME A, GHOSH B D, et al. Electrical storm in a febrile patient with Brugada syndrome and COVID-19 infection[J]. *Heart Rhythm Case Rep*, 2020, 6(10): 676-679.
- [13] PRABHU M A, PRASAD S B, ABHILASH S P, et al. Left sympathetic cardiac denervation in managing electrical storm: Aute outcome and long term follow up[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2016, 47(3): 285-292.
- [14] VAN DER WERF C, ZWINDERMAN A H, WILDE A A. Therapeutic approach for patients with catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia: Sate of the art and future developments[J]. *Europace*, 2012, 14(2): 175-183.
- [15] 鲁志兵, 江洪. 心室颤动的发生机制和射频消融治疗[J]. *中华心律失常学杂志*, 2009, 12(2): 126-129.
- [16] 郭成军, 吕树铮, 张英川, 等. 心室电风暴的机制与起搏作用的实验观察[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2006, 19(2): 111-116.
- [17] TSUJI Y, HOJO M, VOIGT N, et al. Ca²⁺-related signaling and protein phosphorylation abnormalities play central roles in a new experimental model of electrical storm[J]. *Circulation*, 2011, 123(20): 2192-2203.
- [18] PARK J, SEOL S H, KIM D K, et al. Safety concern with electrical cardioversion of persistent atrial fibrillation with slow ventricular response[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2022, 45(8): 963-967.
- [19] 戴文安. 艾司洛尔治疗乌头碱中毒心脏电风暴的疗效观察[J]. *云南医药*, 2021, 42(5): 437-438.
- [20] 黄祖越, 姚耿圳, 潘光明, 等. 艾司洛尔注射液治疗交感电风暴的 Meta 分析[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2020, 18(24): 4137-4140.
- [21] 丁超, 郭洁, 王冬梅, 等. 艾司洛尔治疗急性冠脉综合征心室电风暴的临床疗效[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2013, 5(4): 358-359.
- [22] BRISTOW M R, GINSBURG R, UMANS V, et al. Beta 1-and beta 2-adrenergic-receptor subpopulations in nonfailing and failing human ventricular myocardium: Coupling of both receptor subtypes to muscle contraction and selective beta 1-receptor down-regulation in heart failure[J]. *Circ Res*, 1986, 59(3): 297-309.
- [23] KUSAYAMA T, CHEN P. Propranolol or SGB, that is the question[J]. *JACC*, 2020, 6(5): 572-573.
- [24] KONTOGIANNIS C, GEORGIOPOULOS G, PAPAGEORGIOU C, et al. A recalcitrant electrical storm and implantable defibrillator exhaustion[J]. *JACC*, 2019, 1(4): 602-606.
- [25] CHATZIDOU S, KONTOGIANNIS C, TSILIMIGRAS D I, et al. Propranolol versus metoprolol for treatment of electrical storm in patients with implantable cardioverter-defibrillator[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(17): 1897-1906.
- [26] KONTOGIANNIS C, GEORGIOPOULOS G, PAPAGEORGIOU C, et al. A recalcitrant electrical storm and implantable defibrillator exhaustion: Treatment implications according to and beyond guidelines [J]. *JACC Case Rep*, 2019, 1(4): 602-606.
- [27] KOWEY P R, MARINCHAK R A, RIALS S J, et al. Electrophysiologic testing in patients who respond acutely to intravenous amiodarone for incessant ventricular tachyarrhythmias[J]. *Am Heart J*, 1993, 125(6): 1628-1632.
- [28] LUDWIN K, SMEREKA J, NADOLNY K, et al. Effect of amiodarone and lidocaine on shock-refractory cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis [J]. *Kardiol Pol*, 2020, 78(10): 999-1007.
- [29] KAPELIOS C J, TSAMATSIOULIS M, CHARITOS C. Rhythm control in left ventricular assist device patients: Should we consider abandoning amiodarone? [J]. *Hellenic J Cardiol*, 2018, 59(3): 186-188.
- [30] 吴肇贵, 向晋涛, 黄从新. 抗心律失常药物: 尼非卡兰[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2016,

- 30(2):166-169.
- [31] 郭继鸿,陈玉国. 新药尼非卡兰的临床应用[J]. 临床心电学杂志,2017,26(1):67-70.
- [32] 刘文玲. 注射用盐酸尼非卡兰临床应用中国专家共识[J]. 中国循环杂志,2017,32(1):8-11.
- [33] WASHIZUKA T, CHINUSHI M, WATANABE H, et al. Nifekalant hydrochloride suppresses severe electrical storm in patients with malignant ventricular tachyarrhythmias [J]. *Circ J*, 2005, 69(12):1508-1513.
- [34] 周炳凤. 静推安定(地西洋)成功抢救室颤风暴 1 例[J]. 临床心电学杂志,2010,19(1):39-40.
- [35] 李华萍. 艾司洛尔联合镇静剂治疗心室电风暴观察[J/CD]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2017, 5(6):49.
- [36] 宋贵峰,邵芳,王蕾. 艾司洛尔联合镇静剂治疗心室电风暴观察[J]. 中国实用医药,2016,11(28):175-176.
- [37] 赵卓贤,张云强,梁海青,等. 交感电风暴患者应用右美托咪定与预后的关系[J]. 中华心力衰竭和心肌病杂志,2022,6(1):32-38.
- [38] MARTINS R P, URIEN J, BARBAROT N, et al. Effectiveness of deep sedation for patients with intractable electrical storm refractory to antiarrhythmic drugs[J]. *Circulation*, 2020, 142(16):1599-1601.
- [39] HOFER D, STEFFEL J, HÜRLIMANN D, et al. Long-term incidence of inappropriate shocks in patients with implantable cardioverter defibrillators in clinical practice: An underestimated complication? [J]. *J Int Cardiac Electrophysiol*, 2017, 50(3):219-226.
- [40] MARYNIAK A, SZUMOWSKI Ł, ORCZYKOWSKI M, et al. Anxiety and depression among the patients with frequent implantable cardioverter-defibrillator discharges[J]. *Int J Cardiol*, 2009, 132(2):e80-e81.
- [41] HOUSE L M, MCKAY R E, EAGAN J T, et al. Nocturnal phantom shock cessation with zolpidem[J]. *Heart & Lung*, 2018, 47(1):76-79.
- [42] GUERRA F, PALMISANO P, DELL'ERA G, et al. Cardiac resynchronization therapy and electrical storm: Results of the OBSERVational registry on long-term outcome of ICD patients (OBSERVO-ICD) [J]. *EP Europace*, 2018, 20(6):979-985.
- [43] CARBUCICCHIO C, SANTAMARIA M, TREVISI N, et al. Catheter ablation for the treatment of electrical storm in patients with implantable cardioverter-defibrillators [J]. *Circulation*, 2008, 117(4):462-469.
- [44] DEYELL M W, STEVE D, RATIKA P, et al. Ventricular tachycardia characteristics and outcomes with catheter ablation vs. antiarrhythmic therapy: insights from the VANISH trial [J]. *EP Europace*, 2022, 34(12):232-239.
- [45] LLOYD M S, WIGHT J, SCHNEIDER F, et al. Clinical experience of stereotactic body radiation for refractory ventricular tachycardia in advanced heart failure patients [J]. *Heart Rhythm*, 2020, 17(3):415-422.
- [46] YAMADA T, KAY G N. Optimal ablation strategies for different types of ventricular tachycardias [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2012, 9(9):512-525.
- [47] FUDIM M, BOORTZ-MARX R, GANESH A, et al. Stellate ganglion blockade for the treatment of refractory ventricular arrhythmias: A systematic review and meta-analysis [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2017, 28(12):1460-1467.
- [48] JIRAVSKY O, SPACEK R, CHOVCANIK J, et al. P4609 The use of stellate ganglion block in the management of electrical storm reduces VA burden by 92% and completely excludes the need for general anesthesia [J]. *Eur Heart J*, 2019(Suppl1):S1.
- [49] KRAUSE E M, APPELBAUM J, NASELSKY W, et al. Limited left thoracoscopic sympathectomy effectively silences refractory electrical storm [J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(1):217-223.
- [50] SMITH D I, KRALOVIC S A, HEGAZY R A, et al. Continuous thoracic paravertebral block to treat electrical storm [J]. *Texas Heart Institute J*, 2022, 49(2):231-241.
- [51] GARG J, SHAH S, SHAH K, et al. Renal sympathetic denervation for the treatment of recurrent ventricular arrhythmias: ELECTRAM investigators [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2021, 44(5):865-874.