

氢氟酸烧伤救治研究进展

毛书雷¹ 张元海¹ 吴军梅¹ 叶春江¹ 倪良方¹ 王新刚² 王荣娟¹ 张建芬¹

¹浙江衢化医院烧伤整形科,衢州 324004;²浙江大学医学院附属第二医院烧伤与创面

修复科,杭州 310009

通信作者:张建芬,Email:zjfssk@163.com

【摘要】 氢氟酸是一种高度危险、有剧毒的无机酸,在工业领域和日常生活中被广泛应用。氢氟酸烧伤的危险性与氢氟酸质量分数、接触氢氟酸的持续时间、烧伤面积、烧伤深度和烧伤部位等有关。氢氟酸的毒性及组织穿透能力强,即使小面积氢氟酸烧伤,短时间内也可导致死亡。因此,提高对氢氟酸烧伤机制的认识,学习不同部位氢氟酸烧伤的治疗,可进一步提高氢氟酸烧伤的救治成功率。

【关键词】 烧伤,化学; 氢氟酸; 葡萄糖酸钙; 静脉灌注; 动脉灌注

基金项目:浙江省严重创伤与烧伤诊治重点实验室开放课题(2022K03);衢州市科技计划指导性项目(2019104)

Research advances on the treatment of hydrofluoric acid burns

Mao Shulei¹, Zhang Yuanhai¹, Wu Junmei¹, Ye Chunjiang¹, Ni Liangfang¹, Wang Xingang², Wang Rongjuan¹, Zhang Jianfen¹

¹Department of Burns and Plastic Surgery, Zhejiang Quhua Hospital, Quzhou 324004, China; ²Department of Burns & Wound Repair, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310009, China

Corresponding author: Zhang Jianfen, Email: zjfssk@163.com

【Abstract】 Hydrofluoric acid is a highly dangerous and toxic inorganic acid, which is widely used in industrial fields and daily life. The risk of hydrofluoric acid burns is related to hydrofluoric acid mass fraction, duration of exposure to hydrofluoric acid, burn area, burn depth, and burn site, etc. Hydrofluoric acid has strong toxicity and tissue penetration ability. A small area of hydrofluoric acid burns can cause death in a short time. Therefore, improving the understanding of the mechanism of hydrofluoric acid burns and learning how to treat hydrofluoric acid burns in different sites can further improve the cure rate of hydrofluoric acid burns.

【Key words】 Burns, chemical; Hydrofluoric acid; Calcium gluconate; Intravenous perfusion; Arterial perfusion

Fund program: Open Project of Key Laboratory of the Diagnosis and Treatment of Severe Trauma and Burn of Zhejiang Province (2022K03); Guiding Project of Quzhou Science and Technology Plan (2019104)

氢氟酸是一种高度危险的、对生物组织具有强烈腐蚀作用的无机酸,在工业制造、电子业制造、印染、金属铸造、玻璃刻蚀,以及日常保洁领域均有广泛使用^[1]。中国的含氟新材料产业主要分布在浙江,浙江省内有中国最大的氟化工基地,并已在周边形成产业集群。衢化地区的氢氟酸年产量大,可达几十万吨。氟化工企业生产氢氟酸或以氢氟酸为原料生产含氟化学物质,在氢氟酸生产、相关设备检修、运输和使用的过程中,氢氟酸烧伤难以避免,其发生率呈逐年上升趋势^[2],突发群体性氢氟酸烧伤事件时有发生^[3],氢氟酸烧伤在家庭生活及办公场所也较常见。据报道,氢氟酸已成为引起化学烧伤的最常见的3种物质之一,而且是引起化学烧伤死亡的主要原因^[4]。对于氢氟酸烧伤患者的救治,时间就是生命,因此,提高对氢氟酸烧伤的认识,及时采取有效的治疗措施,可进一步提高患者救治成功率。

1 氢氟酸的致伤机制

氢氟酸是一种具有腐蚀性的酸类化学物质,接触后会引引起酸性烧伤,致伤原理类似于硫酸、盐酸,可导致局部组织蛋白凝固变性,从而引起机体组织损伤。由于氢氟酸中的氟离子带有很强的负电荷,氢离子与氟离子难以电离分解,这种非离子状态下的氢氟酸具有极强的组织穿透性,很容易通过完整的皮肤黏膜、呼吸道、消化道等途径被吸收,短时间内(伤后约5 min)即可穿透皮肤全层^[5]。

进入患者体内的大量氟离子可迅速进入血液循环和组织器官,引起全身性中毒症状,造成局部组织剧烈疼痛以及深部组织的进行性坏死^[6],甚至引起骨质脱钙坏死^[7]。氟离子与患者体内大量钙镁离子结合,形成不溶性的氟化物,使钙镁离子被大量消耗,引起严重低钙、低镁血症;氟离子还可

DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210623-00224

本文引用格式:毛书雷,张元海,吴军梅,等.氢氟酸烧伤救治研究进展[J].中华烧伤与创面修复杂志,2022,38(9):878-882. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210623-00224.

Mao SL,Zhang YH,Wu JM,et al.Research advances on the treatment of hydrofluoric acid burns[J].Chin J Burns Wounds, 2022,38(9):878-882.DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210623-00224.



作用于体内钠-钾-ATP酶,使钾离子代谢紊乱^[7],引起低钾或高钾血症,从而造成机体电解质严重紊乱。进入患者体内的氟离子还可作用于心肌细胞,引起心肌组织损伤、心肌相关酶谱以及血管活性物质改变,造成心肌收缩力明显下降,严重者反复多次发生心律失常,甚至心搏骤停和死亡^[8]。进入患者体内的氟离子还可直接作用于机体组织中的腺苷酸环化酶,造成肝脏、肾脏、心脏等器官的功能障碍^[9]。另外,大量钙离子被氟离子消耗后,致使局部组织神经末梢释放钾离子,使患者产生难以忍受的疼痛感(通常此类疼痛用镇痛药也不能缓解),钙离子被耗尽后还可导致机体凝血功能障碍,使患者更容易发生出血^[10]。

氢氟酸烧伤的严重程度与氢氟酸的质量分数、接触方式、接触氢氟酸的持续时间、损伤部位、烧伤面积及深度密切相关。Ozcan等^[7]将致伤氢氟酸的质量分数分为低质量分数(质量分数<20%)、中质量分数(质量分数20%~50%)、高质量分数(质量分数>50%)3个等级。不同等级氢氟酸烧伤局部出现疼痛、红肿表现的时间不同,其中低质量分数氢氟酸烧伤通常会发生迟发性疼痛且一般在伤后24h出现,中质量分数氢氟酸烧伤一般在伤后数分钟至数小时内发生疼痛,高质量分数氢氟酸烧伤后即刻出现疼痛症状且可能伴有局部皮肤破溃、坏死表现。

2 氢氟酸烧伤的治疗

在临床上会遇到很多氢氟酸烧伤漏诊、误诊及延迟确诊病例^[11],不仅增加了治疗难度,而且在早期处理中医师很被动。首先应根据患者的职业及接触史,判断有无氢氟酸烧伤,在急诊接诊过程中,对于接触的化学物质性质不明确或怀疑含有氢氟酸等氟化物混合液(混合液中虽然没有氢氟酸,但氟化物可能会与另一种物质发生化学反应生成氢氟酸)时,可以急诊检测尿氟、血氟及行静脉血气分析,查看尿氟、血氟水平是否升高及血清钙是否有所下降。待明确氢氟酸烧伤后,再根据患者烧伤的部位、面积及中毒严重程度,采取不同的治疗方法,特别是对于群体性氢氟酸烧伤患者,应立即成立氢氟酸烧伤救治小组,根据患者病情的轻重缓急,对患者进行分类救治。

根据患者烧伤总面积(包含I度烧伤面积)、创面深度、有无合并伤等因素,参照“浙江标准”^[12]将氢氟酸中毒严重程度分为5个级别。(1)无中毒:烧伤面积<1%TBSA,入院时间为伤后72h以后。(2)轻度中毒:烧伤面积<1%TBSA,入院时间为伤后72h以内。(3)中度中毒:烧伤面积1%~5%TBSA且Ⅲ度烧伤面积<1%TBSA。(4)重度中毒:烧伤面积>5%TBSA且Ⅲ度烧伤面积≥1%TBSA或伴有吸入性损伤或消化道摄入。(5)致命性中毒:患者死亡。氢氟酸烧伤后创面变化快,往往会进行性加深,因此创面程度评估比较困难。I度烧伤创面皮肤呈红斑样改变,创面皮肤完整,一般不会加深;Ⅱ度烧伤创面早期有水疱形成,内为脓性或干酪样物质,去除疱皮后基底表现为红润或红白相间,但创面会继续加深,特别是手足部位创面,最终可逐渐发展为深达骨质的

黑色焦痂;Ⅲ度烧伤创面早期即表现为银灰色或灰褐色,创面可深达脂肪层或肌肉层,甚至达骨质。在确诊氢氟酸烧伤后,尽早对创面进行正确的处理,可避免创面持续加深,再结合患者烧伤部位及中毒严重程度,采取个体化、针对性的治疗措施,对于患者的救治具有重要意义。对浙江衢化医院2004年1月—2016年12月收治的316例氢氟酸烧伤病例临床资料^[13]进行分析后,笔者认为对于无中毒和轻度中毒的患者,即使为I度烧伤创面,尿氟仍然高出正常水平,可鼓励患者多饮水,促进氟离子排出;对于中度中毒的患者,积极补液促进氟离子排出,对烧伤创面尽早行切削手术,去除残留的氢氟酸,必要时Ⅱ期行皮片或皮瓣移植修复创面;对于重度中毒的患者,存在氟离子中毒、死亡的可能,患者入院时立即建立2条静脉通道,一条专门用于补液以及常规药物治疗,另一条专门用于补充钙镁离子,烧伤创面皮下注射中和剂葡萄糖酸钙,必要时予以气管插管或气管切开,并进行连续性肾脏替代治疗(CRRT),待患者病情稳定后再进行手术治疗。总之,氢氟酸烧伤的治疗原则为尽早干预清除残留化学物质,局部处理防止创面进一步加深,中和并减缓、阻断氢氟酸的持续吸收,尽量避免全身氟离子中毒。

2.1 皮肤烧伤

2.1.1 冲洗 在氢氟酸烧伤后,应立即脱去受伤部位污染的衣裤,并第一时间用大量清水冲洗至少30min,用水冲洗不仅简单易行,还可以去除局部残留的化学物质,但无法去除已经渗透皮肤的氢氟酸。对于有条件的患者或企业,可以伤后即刻或清水冲洗之后继续选用六氟灵冲洗或浸泡。六氟灵不仅可以络合氟离子、中和氢离子,还可以消除氢氟酸的毒性及腐蚀性,阻止氢氟酸向深层组织渗透,避免局部组织、细胞进一步损伤坏死。对于氟化工企业,储备六氟灵用于氢氟酸烧伤的早期救治至关重要。

2.1.2 局部外敷 局部外敷的主要目的是进一步结合氟离子,使氟离子失去活性。目前常用的氢氟酸中和剂主要有葡萄糖酸钙(CG)溶液或凝胶、硫酸镁溶液、季胺类化合物等,对于小面积的氢氟酸烧伤,可以多次使用中和剂。对于氢氟酸烧伤的早期救治,CG溶液或凝胶已成为国外的常规治疗用药^[14]。由于钙镁离子的组织穿透能力弱,有文献报道,可将钙离子与二甲基亚砜一起使用,不仅可以增强钙镁离子与氟离子的螯合能力,还可以减轻局部炎症、清除体内自由基^[15]。

2.1.3 皮下注射 对于已经渗透到皮肤下的氢氟酸,皮下注射是对冲洗及局部外敷的补充治疗,特别适用于皮肤软组织丰富的地方。传统的治疗方法中,通常用100g/L的CG溶液按50mg/cm²的剂量进行皮下注射,由于钙离子浓度高,但该方法没有考虑氢氟酸的质量分数、烧伤的面积及深度,也未考虑中和氟离子的适当剂量,因此容易导致注射剂量偏大,引起高钙血症,损伤局部组织及细胞。将CG溶液与生理盐水按体积比1:2或1:3稀释后进行注射,不仅可以使药物均匀分布,还可以进一步减缓氟离子、钙离子吸收的速度。张元海等^[16]提出了改进的个体化治疗方案,按照深Ⅱ度以上

创面注射剂量为(50×氢氟酸质量分数)mg/cm²、浅Ⅱ度创面注射剂量为(25×氢氟酸质量分数)mg/cm²、Ⅰ度创面注射剂量为2.5 mg/cm²,并对浙江衢化医院2013年1月—2017年12月收治的84例氢氟酸烧伤患者治疗效果进行分析,结果显示采用改良后的方法皮下注射CG溶液只有2例患者发生高钙血症,与传统的注射方法相比,高钙血症的发生率明显降低,明显提高了治疗的安全性。

对于四肢氢氟酸烧伤创面,在肢体近端上气压止血带(可以用弹力绷带替代,压力适宜)后再进行皮下注射更安全,可以避免氟离子、钙离子一次性大量入血,此种方法被形象地称之为“关门打狗法”。另外,在进行皮下注射时不建议使用局部麻醉药物。

由于手足部神经末梢丰富,周围组织致密,皮下注射不仅会加重局部水肿及疼痛,甚至会影响指/趾端血运,因此手足部氢氟酸烧伤并不适合进行皮下注射,但可选用区域性静脉灌注或动脉灌注CG溶液进行治疗。

2.1.4 静脉灌注 首先对氢氟酸烧伤患者进行疼痛评分,若患者视觉模拟评分法(VAS)评分≥3分,排除心肺功能不全、肝肾功能不全后可以区域性静脉灌注。选择距离烧伤部位最近的静脉给药,此种方法可以暂时阻断静脉回流,使局部钙离子浓度升高,以更有效地结合氟离子。先配制灌注液:100 g/L的CG溶液15 mL+生理盐水35 mL+肝素0.1 mL,加入小剂量肝素是为了防止血栓形成。患肢抬高2 min,于上臂上段或小腿上段准备好气压止血带(压力调整为40 kPa),然后从静脉留置针近端向肢体远端扎弹力绷带(压力约8 kPa),肢体平放后,气压止血带开始充气,然后将配制好的灌注液通过留置针缓慢注入,注入时间为2 min。持续20 min后,每间隔2 min分别在肢体上段、中段、下段扎橡皮止血带,各止血带松开时按顺序由近心端向远心端阶梯式分段松解,最后去除弹力绷带。整个灌注过程中,患者肢体会灼热感、酸胀不适及麻木感,但阶梯式分段松解,可有效减缓钙离子大量一次性入血后引起的高钙血症。患者静脉灌注时需在严密心电监护以及医护人员陪同下进行,床边需备有抢救设备。此种方法优点在于操作简单、静脉容易穿刺,但由于是通过逆流方向给药,因此需要在扎止血带下进行。需要注意的是,在灌注过程中若患者出现胸闷不适、呼吸困难、皮肤颜色变黑等表现,应该立即停止。切忌两侧肢体同时进行静脉灌注,应一侧肢体灌注完成后再进行另一侧。临床观察到,此种方法配合创面清创、创面局部外敷等治疗措施,可以取得良好效果,基本上1次静脉灌注就可达到止痛作用;静脉灌注完成后4 h进行VAS评分,若VAS评分仍≥3分,可重复进行灌注。以上区域性静脉灌注的方法,可以总结为4句口诀:一抬二扎三注药,分段松解很重要,每次时间都是二,疼痛评分不能忘。

2.1.5 动脉灌注 动脉灌注适用于VAS疼痛评分≥3分的氢氟酸烧伤患者,或静脉灌注效果不明显且无动脉灌注禁忌证的患者。动脉灌注穿刺难度较大,虽然手足部均有双重血供,但穿刺时可以选择距离创面部位更近的动脉进行穿

刺。由于动脉血流快,动脉灌注可以直接将CG溶液通过血流快速地输送至创面部位,使钙离子更快地与氟离子结合。配制的灌注液包括100 g/L的CG溶液10 mL+生理盐水10 mL,通过动脉留置针进行灌注,持续时间应≥10 min。张元海等^[17]对浙江衢化医院106例手部氢氟酸烧伤患者进行了回顾性分析,其中87例患者接受了桡动脉灌注治疗,首次灌注后疼痛即明显缓解,但动脉灌注患者可能会出现血管炎、组织坏死、高钙血症、心律失常等。

2.1.6 外科治疗 氢氟酸烧伤患者伤后就诊时间越晚,治疗难度越大,手术概率越高^[18]。由于氢氟酸具有极强的渗透性,尽早去除坏死组织是治疗氢氟酸烧伤的关键措施。因此早期需要彻底去除水疱,尽量清除残留的氢氟酸,拔除浸润的指/趾甲,去除坏死的皮肤软组织及骨质,后期手术行皮片或皮瓣移植修复创面,严重者甚至需要截指/趾治疗。

2.2 吸入性损伤

氢氟酸吸入性损伤的发生率虽然较低^[13],但后果严重,需要引起足够的重视,及早诊断并治疗。特别是有头面颈部、前胸部烧伤创面的患者,应该仔细询问是否有氢氟酸烟雾形成,是否伴有口鼻吸入。在明确有吸入后,需要立即前往就近医院治疗,不建议长途转运。使患者保持呼吸道通畅,立即予吸入纯氧并进行心电监护等,询问患者有无胸闷气闭、呼吸困难等表现,观察患者SaO₂是否持续性下降,监测动脉血气分析,判断是否存在低氧血症。由于咽喉部水肿发展迅速,对于存在进行性呼吸困难的患者,早期可考虑进行气管插管或预防性气管切开,必要时予正压机械通气治疗,若患者氧合仍难以维持,出现顽固性低氧血症或肺水肿进行性加重,可选择体外膜氧合(ECMO)治疗^[19]。为了中和氟离子,减轻氟离子中毒,可以用25 g/L的CG溶液(100 g/L的CG溶液1.5 mL与生理盐水4.5 mL混合)每4小时进行1次雾化吸入治疗^[20],保持气道湿化,注意痰液引流通畅,必要时每天可进行1次纤维支气管镜检查,防止坏死黏膜脱落引起气道堵塞。

2.3 消化道损伤

消化道氢氟酸烧伤比较少见,但消化道接触氢氟酸,会引起食管及胃部组织黏膜的严重破坏,导致消化道穿孔,甚至食管狭窄。由于胃肠道吸收功能好,消化道接触氢氟酸后很快便会引起氟离子中毒,因此及时、正确的处理尤为重要。治疗时避免使用催吐剂及中和剂,因为催吐剂会加重上消化道及口咽部损伤,而中和剂会引起放热反应,进一步加重黏膜损伤。应先保持呼吸道通畅,及时清除口腔和呼吸道分泌物,防止发生误吸^[10]。在现场立即用大量清水冲洗口腔,然后口服大量牛奶、清水以稀释氢氟酸,到医院后留置胃管,用生理盐水、100 g/L的CG溶液进行洗胃,同时给予补液、抗炎、保护胃黏膜、禁食等治疗,并用25 g/L的CG溶液5 mL+地塞米松5 mg,每4小时进行1次雾化治疗。若有口腔黏膜破溃,每2小时进行1次口腔漱口,注意保持口腔卫生。在治疗过程中,需要密切观察患者有无呕血、大便有无隐血等消化道出血甚至穿孔发生的可能。

2.4 眼部烧伤

眼部氢氟酸烧伤后引起组织进行性破坏,造成角膜及球结膜缺血、剥脱和坏死^[21],及时洗消尤为重要,应现场第一时间就用大量清水冲洗。CG 溶液是传统的洗消治疗药物,但目前用 CG 溶液滴眼存在较大争议。有研究表明,CG 溶液与氢氟酸形成的氟化钙沉淀不利于眼睛修复^[22]。由于六氟灵与氢氟酸结合速度比 CG 溶液快 100 倍,并且效果明确,因此越来越广泛地被用于眼部氢氟酸烧伤的治疗中^[23-24]。另外,眼部烧伤后用自体血清治疗也可取得良好的效果。需要注意的是,尽早进行清洗比去寻找合适的冲洗液更为重要^[21]。由于眼科专业性比较强,后续应在专科医师指导下进行治疗。

2.5 全身中毒

由于氟离子的渗透性强,氢氟酸烧伤后很容易引起全身中毒症状,因此,除了对局部进行积极处理外,还需要采取综合治疗,在床边动态监测电解质水平及行心电图监护是必要的。对于氢氟酸烧伤患者,应该在第一时间进行补钙治疗,而不是等到化验结果出来后再进行给药。先缓慢静脉注射 100 g/L 的 CG 溶液 20 mL(持续时间>5 min),然后再以 1 g/h 的速度进行微泵维持治疗(100 g/L 的 CG 溶液 20 mL 与生理盐水 20 mL),当血清游离钙水平>1.4 mmol/L 时停止静脉注射。对于低镁血症的氢氟酸烧伤患者,可以用 250 g/L 的硫酸镁 10 mL 与生理盐水 40 mL 配制溶液,然后以 50 mL/h 的速度泵入。动态监测电解质,根据结果及时调整 CG、硫酸镁的剂量及泵入速度。

氢氟酸烧伤面积不大且已经纠正电解质紊乱的患者在短时间内也会突发心搏骤停,因此,即使患者各项指标正常,也绝不能掉以轻心。根据浙江衢化医院成功救治氢氟酸烧伤患者的经验^[25],对于重度中毒的氢氟酸烧伤患者,不建议第一时间就进行手术,应在完成一系列抢救措施后,尽早进行 CRRT,待患者血氟降至正常,尿氟进行性下降趋于正常水平,体内电解质平稳,病情稳定后再进行手术切创痂,Ⅱ期行皮片或皮瓣移植修复创面,以保证氢氟酸烧伤治疗的安全性,提高救治成功率。

3 小结

氢氟酸烧伤是临床上遇到的非常紧急的状况,接触氢氟酸后除了造成皮肤等部位的烧伤外,还会引起严重的全身中毒。由于氟离子渗透性强,可以通过完整的皮肤黏膜吸收入血,然后在体内结合钙、镁离子形成螯合物,作用于心肌细胞及腺苷酸环化酶,从而引起严重的电解质紊乱、肝肾功能衰竭、心律失常,甚至心搏骤停。虽然只是小面积氢氟酸烧伤,患者也有可能数小时内死亡^[26]。氢氟酸烧伤后的救治在现场就要开始争分夺秒,去除污染物后及时送医治疗。入院后进行创面清创并使用中和剂 CG 溶液,以此来减缓、阻断氟离子持续吸收,同时予以液体复苏、应用激素、抗感染、纠正电解质紊乱等对症处理。对于重度中毒或出现全身性中毒反应的患者,需要第一时间进行 CRRT^[27],尽量清除体内氟

离子,维持电解质平衡,改善全身中毒症状。而对于吸入性损伤患者,除了常规给予雾化、化痰、纤维支气管镜检查等外,正压机械通气及 ECMO 治疗同样有助于患者康复。若烧伤创面程度深,待患者病情稳定,各项指标相对平稳后,再进行手术治疗比较安全。在临床中碰到不能明确的化学物质烧伤时,及时检测血电解质、血清游离钙、尿氟及血氟指标是必要的,以免漏诊或延迟确诊,从而影响患者救治。可将氢氟酸烧伤患者按照轻重缓急进行分类,根据患者烧伤情况制订个体化治疗方案,然后采取相应的治疗方法进行综合救治,以提高患者的救治成功率。值得注意的是,对于重度氢氟酸烧伤患者,若当地医院没有救治能力,也不建议长途、长时间进行转院,可暂时在当地医院对症处理,然后通过氢氟酸烧伤急救网络体系进行救治^[28],从而赢得宝贵的时间,如有必要请氢氟酸烧伤救治专家进行现场抢救,待患者病情稳定后再考虑转院治疗。

另外,在工业或生产、生活中,需要重视氢氟酸烧伤的日常防护与院前急救培训。如果对氢氟酸本身及其危险程度认识不足,对氢氟酸烧伤缺乏治疗经验,往往会造成不良后果。通过每年举办省级继续教育学习班、到工厂进行宣传教育、建立专门的氢氟酸烧伤微信群等方式,通过讲解让企业员工充分认识氢氟酸及其危险性,以预防为主,鼓励企业员工在工作或生活中接触氢氟酸时,及时采取有效的防护措施来降低氢氟酸烧伤的风险。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Hoffmann S, Parikh P, Bohnenberger K. Dermal hydrofluoric acid toxicity case review: looks can be deceiving[J]. J Emerg Nurs, 2021, 47(1): 28-32. DOI: 10.1016/j.jen.2020.08.005.
- [2] 田鹏飞, 张建芬, 胡祖良, 等. 浙西地区 316 例职业性氢氟酸灼伤病例流行病学分析[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(6): 578-581. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17631.
- [3] Ye C, Wang X, Zhang Y, et al. Ten-year epidemiology of chemical burns in western Zhejiang Province, China[J]. Burns, 2016, 42(3): 668-674. DOI: 10.1016/j.burns.2015.12.004.
- [4] Zhang Y, Wang X, Sharma K, et al. Injuries following a serious hydrofluoric acid leak: first aid and lessons[J]. Burns, 2015, 41(7): 1593-1598. DOI: 10.1016/j.burns.2015.04.002.
- [5] Burgher F, Mathieu L, Lati E, et al. Experimental 70% hydrofluoric acid burns: histological observations in an established human skin explants ex vivo model[J]. Cutan Ocul Toxicol, 2011, 30(2): 100-107. DOI: 10.3109/15569527.2010.533316.
- [6] Stuke LE, Arnoldo BD, Hunt JL, et al. Hydrofluoric acid burns: a 15-year experience[J]. J Burn Care Res, 2008, 29(6): 893-896. DOI: 10.1097/BCR.0b013e31818b9de6.
- [7] Ozcan M, Allahbeickaraghi A, Dündar M. Possible hazardous effects of hydrofluoric acid and recommendations for treatment approach: a review[J]. Clin Oral Investig, 2012, 16(1): 15-23. DOI: 10.1007/s00784-011-0636-6.
- [8] Wedler V, Guggenheim M, Moron M, et al. Extensive hydrofluoric acid injuries: a serious problem[J]. J Trauma, 2005, 58(4): 852-857. DOI: 10.1097/01.ta.0000114528.15627.65.
- [9] 马捷, 邓津菊, 吴健, 等. 氢氟酸烧伤的临床表现及治疗进展[J/CD]. 中华损伤与修复杂志: 电子版, 2019, 14(6): 466-470. DOI:

10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2019.06.015.

[10] 王新刚,张元海,韩春茂.氢氟酸烧伤的致伤机制及其治疗的研究进展[J].中华急诊医学杂志,2014,23(11):1295-1297.DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2014.11.029.

[11] 张建芬,王新刚,张元海,等.氢氟酸烧伤患者检测尿氟的临床意义[J].中华急诊医学杂志,2015,24(3):328-329.DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.03.022.

[12] Zhang Y, Han C, Qiu X, et al. Response to "Chemical injuries caused by the hydrofluoric acid leak"[J]. Burns, 2016, 42(3): 706-708. DOI:10.1016/j.burns.2016.01.016.

[13] 田鹏飞,王新刚,张元海,等.316例氢氟酸烧伤患者临床特征分析[J].中华烧伤杂志,2018,34(5):271-276. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.05.004.

[14] Tan HH, Teo S, Tseng HC. Work-related chemical exposures presenting to an emergency department in Singapore[J]. Occup Med (Lond), 2014, 64(2):113-119. DOI:10.1093/occmed/kqt158.

[15] Hatzifotis M, Williams A, Muller M, et al. Hydrofluoric acid burns [J]. Burns, 2004, 30(2):156-159. DOI:10.1016/j.burns.2003.09.031.

[16] 张元海,王新刚,田鹏飞,等.改良葡萄糖酸钙给药剂量对非手足部的氢氟酸烧伤患者的治疗效果分析[J].中华烧伤杂志, 2018, 34(5): 277-282. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.05.005.

[17] 张元海,叶春江,刘利平,等.手部氢氟酸烧伤106例临床分析 [J]. 中华烧伤杂志, 2009, 25(4): 273-274. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2009.04.013.

[18] 张曼佳,毛书雷,张建芬,等.229例手部氢氟酸烧伤患者的流行病学特征和治疗结局分析[J].中华烧伤与创面修复杂志, 2022, 38(2): 156-164. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210517-00188.

[19] Fang H, Wang GY, Wang X, et al. Potentially fatal electrolyte imbalance caused by severe hydrofluoric acid burns combined with inhalation injury: a case report[J]. World J Clin Cases, 2019, 7(20):3341-3346. DOI:10.12998/wjcc.v7.i20.3341.

[20] Choe M, Lee MJ, Seo KS, et al. Application of calcium nebulization for mass exposure to an accidental hydrofluoric acid spill[J]. Burns, 2020, 46(6):1337-1346. DOI:10.1016/j.burns.2020.02.015.

[21] 孙培培,孙静海,应莺,等.六氟灵对兔眼氢氟酸灼伤应急洗消作用研究[J].中国职业医学,2014(2):163-167. DOI:10.11763/j.issn.2095-2619.2014.02.009.

[22] Spöler F, Frentz M, Först M, et al. Analysis of hydrofluoric acid penetration and decontamination of the eye by means of time-resolved optical coherence tomography[J]. Burns, 2008, 34(4): 549-555. DOI:10.1016/j.burns.2007.05.004.

[23] Atley K, Ridyard E. Treatment of hydrofluoric acid exposure to the eye[J]. Int J Ophthalmol, 2015, 8(1): 157-161. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.01.28.

[24] Hu W, Yang M, Chang J, et al. Laser doppler perfusion imaging of skin territory to reflect autonomic functional recovery following sciatic nerve autografting repair in rats[J]. Microsurgery, 2012, 32(2):136-143. DOI:10.1002/micr.20974.

[25] 毛书雷,张建芬,叶春江,等.成功救治危重氢氟酸烧伤1例 [J/OL]. 中国临床案例成果数据库, 2022, 4(1): E03877[2022-09-05]. <http://rs.yiigle.com/CN119999202201/1389378.htm>. DOI: 10.3760/cma.j.cmc.2022.e03877.

[26] Vohra R, Velez LI, Rivera W, et al. Recurrent life-threatening ventricular dysrhythmias associated with acute hydrofluoric acid ingestion: observations in one case and implications for mechanism of toxicity[J]. Clin Toxicol (Phila), 2008, 46(1): 79-84. DOI:10.1080/15563650701639097.

[27] Zhang Y, Wang X, Liu Y, et al. Management of a rare case with severe hydrofluoric acid burns: important roles of neutralizers and continuous renal replacement therapy[J]. Int J Low Extrem Wounds, 2017, 16(4):289-295. DOI:10.1177/1534734617736198.

[28] 张元海,田鹏飞,张惟,等.急救网络建设在危重氢氟酸烧伤患者早期救治中的作用[J].中华烧伤杂志, 2021, 37(10): 921-928. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210707-00237.

(收稿日期:2021-06-23)

广告目次

深圳市源兴医药股份有限公司	封二
上海铠唏尔医疗器械贸易有限公司	对封二
南海朗肽制药有限公司	对中文目次1
深圳海卓科赛医疗有限公司	对中文目次2
上海腾瑞制药股份有限公司	对英文目次1
江西省科星生物工程有限公司	插页1
保赫曼(上海)贸易有限公司	插页2
浙江医学科技开发有限公司	插页3
苏州汇涵医用科技发展有限公司	插页4
苏州爱得科技发展股份有限公司	对正文
珠海亿胜生物制药有限公司	封三
武汉维斯第医用科技股份有限公司	封底