

华盛顿州 2011—2013 年汽车和卡车清洗所致的职业性氢氟酸伤害

Carolyn K. Reeb-Whitaker, MS¹, Carly M. Eckert, MD², Naomi J. Anderson, MPH¹, David K. Bonauto, MD¹

1. Safety and Health Assessment and Research for Prevention Program, Washington State Department of Labor and Industries; 2. Department of Environmental and Occupational Health Sciences, University of Washington

氢氟酸(hydrofluoric acid, HF)暴露能够引起腐蚀性化学烧伤,并可能产生致命的系统性毒性。汽车和卡车清洁产品、除锈剂及铝材光亮剂中含有 HF,因为 HF 能有效分解道路污垢。本文概述了华盛顿州 2001—2013 年 1 例卡车清洗工因摄入含 HF 清洁产品而致死的死亡病例和 48 例汽车和卡车清洗相关的职业性 HF 烧伤病例。在 7 名住院工人中,有 2 人需要进行手术,并且除 1 人外,其余所有人都重返工作岗位。48 名受伤工人中,工种主要是汽车美容师、汽车清洗工、卡车清洗工和卡车司机。由于 HF 暴露可能导致严重的健康结局,因此需要研究危害更小的产品来替代含 HF 的工业清洁产品。

HF(CAS 号:7664-39-3)通过任何暴露途径都能产生严重的健康影响。眼部接触 HF 溶液会产生刺激并可能导致永久性眼睛损伤。皮肤接触导致的组织损伤有两种发生机制。游离氢离子会引起腐蚀性烧伤,游离性氟离子会引起局部细胞死亡并渗入皮肤,从而导致肌肉和骨骼坏死。车辆清洗用低浓度(<20%)HF,其毒性具有隐秘性,因为此浓度溶液不会导致明显的腐蚀性皮肤烧伤,一开始也没有疼痛感提醒工人 HF 暴露。由氟离子渗入导致神经损伤所引起的麻木,使受伤工人感觉不到内部的坏死,而这种坏死可以在暴露后 24 h 内持续恶化。在全身系统内,通过任何暴露途径引起的氟中毒都会促发低血钙症和高血钾症,导致致命的心律失常。局部皮肤施用和皮下注射钙或镁化合物可以快速螯合氟离子以防组织损伤。

通过若干来源我们确定了 2001—2013 年华盛

顿州符合汽车和卡车清洗工(包括汽车美容师)HF 暴露病例定义的伤害。唯一的 1 例死亡病例报告自华盛顿州职业安全与健康部(WA-DOSH)项目,7 例住院的化学烧伤病例报告来自华盛顿州职业性烧伤住院需呈报情况条例,41 例非住院烧伤病例报告来自华盛顿州政府基金劳工赔偿险数据系统。华盛顿州的法律强制规定劳工的赔偿保险覆盖所有雇员,97.7%的雇员和近 2/3 的州内劳动力通过华盛顿州政府基金投保。通过使用下列职业伤害和疾病分类系统中与工人赔偿申诉相匹配的伤害性质代码,标记了可能的非住院职业性 HF 烧伤病例:050(不明烧伤)、051(化学烧伤)、058(多种类型烧伤)和 059(未分类烧伤)。在住院和非住院的可能的职业性 HF 烧伤工人中,根据他们医疗赔偿记录中雇主、工人和(或)医生的叙述内容,来判定在汽车和卡车清洗过程中是否有 HF 暴露(与其他或不明的酸暴露相比)。暴露信息(包括产品安全数据表)自 WA-DOSH 检查记录或医疗记录中获得。缺勤的赔偿款自伤害发生后第 4 个日历日缺勤开始计算。

2012 年,1 名 38 岁的卡车清洗工在摄入含 HF 卡车清洗剂后死亡(未知摄入是否因故意、疏忽或自残未遂行为所致)。死者曾拨打 911 寻求急救医疗服务;患者 5 h 急救过程中的表现与以往 HF 摄入的案例一致,包括复发性心律不齐。死者生前摄入的产品为 Fast Bright(NW Chemical, LLC),其中 HF 浓度 <12%,硫酸浓度 <20%,pH 1.5~1.6。该产品在使用用于卡车前需先稀释,根据该雇主提供的信息,按照稀释比所得 HF 溶液浓度为 0.65%。但是该工作场所既存在浓缩液也存在稀释液,所以不确定摄入的是哪种溶液。

通过回顾 2001—2013 年劳工赔偿数据,确定

【通信作者】Carolyn Reeb-Whitaker, E-mail: whca235@lni.wa.gov

了 48 例 HF 化学烧伤病例。受伤工人的平均年龄为 29 岁(范围为 15~62 岁),其中 3 名女性,烧伤深度包括表层(1 级)、部分皮层(2 级)和全皮层(3 级),接触的产品中 HF 浓度从 0.5% 至 20% 不等。HF 浓度对烧伤程度的影响可能比对全身烧伤面积的影响更大。8 名工人(17%)获得的缺勤赔偿平均为 21 d(中位数,范围为 2~40 d)。

7 名住院工人的医疗及相关病例信息摘要见表 1。2 名工人接受手术治疗,包括烧伤清创术(案例 1)、分层皮肤移植(案例 1)和焦痂切除术(案例 3)。5 名工人手指和手受伤,受伤时,工人戴的手套不合规(如棉手套,案例 2)或手套已经损坏(有破洞,案例 3)。2 名工人(案例 4 和 7)未佩戴手套,其中 1 人使用 HF 浸湿的抹布徒手清洗卡

车。1 名工人(案例 6)使用了化学防护手套和面罩,但在擦洗头顶上方的洗车墙时,溶液从刷柄滴下并滴到工人手臂和身体。几乎所有的住院工人都未能在第一时间意识到自己受到 HF 暴露并及时就医。虽然立即进行葡萄糖酸钙处理能在很大程度上减少 HF 的局部和潜在系统性影响,但没有工人在工作场所接受过葡萄糖酸钙处理。尽管美国职业安全与健康部(OSHA)以及 WA-DOSH 要求雇主提供安全的工作场所,但没有法规规定工作场所应该储备葡萄糖酸钙。除 1 名工人(15 岁)外,所有住院工人均重返工作岗位。2 名工人(案例 1 和 7)得到缺勤赔偿金,2 名工人(案例 1 和 3)得到永久性局部残疾补助金。

表 1 华盛顿州 2001—2013 年商业性汽车和卡车清洗中氢氟酸暴露病例概述

发生时间	年龄(岁)	工作内容	烧伤部位	烧伤分类(等级)	缺勤时间(d)
2012 年 12 月	38	清洗卡车	系统性摄入	—	患者死亡
2011 年 2 月	23	转移溶液	左脚踝	3 级	40
2002 年 12 月	62	清洗拖车	双手	2 级	0
2003 年 9 月	45	清洗卡车	右手(4 和 5)	3 级	0
2006 年 8 月	53	清洗车轮	双手	未报道	0
2007 年 1 月	15	清洁铝材卡车表面	右大腿	3 级	0
2012 年 5 月	21	清洗墙壁和天花板	手、腿、腹部	1 级	0
2013 年 3 月	32	清洗卡车	右大拇指	2 级	16

注:死亡病例和所有需要住院的病例均为男性工人

1 名工人(案例 1)在不同容器间转移一种含有 HF 和硫酸的清洗剂时溅到了左腿上,没有立即冲洗污染部位,而是继续穿着浸湿的裤子和鞋子工作了约 1.5 h,直至产生了不舒服的灼烧感。根据评估,该工人的左前脚踝有 1/4 面积呈褐色坏死,烧伤范围至左前小腿。急救医生使用葡萄糖酸钙冲洗该处,并将他转移至烧伤科接受葡萄糖酸钙注射。他仍有一小块全皮层皮肤受损区域,需要进行切除、清创和植皮手术。这名工人接受了门诊烧伤治疗,并于受伤 6 周后恢复了半职工作。之后因发生足部感觉异常,这名工人得到了永久性局部残疾补助金。

41 例非住院烧伤病人的身体受伤部位分别为上肢(16 例,包括手和手指),头部(14 例,包括眼睛),下肢(7 例),身体多个部位(3 例)和躯干部(1 例)。

所有报道的 49 名接触 HF 的工人来自 16 个行业(表 2),近一半病例($n=24$)发生在汽车清洗业(北美行业分类系统 NAICS 号:811192),包括卡车、箱式车和拖车清洗以及汽车美容。HF 烧伤通常也发生于新汽车销售员(NAICS 号:441110, $n=7$)。卡车司机($n=5$)存在风险,7 名住院者中有 3 名卡车司机。

工人使用手持式喷枪、加压计量喷枪和敞口水桶将 HF 溶液喷洒到车身上。除了即用型产品,汽车和卡车清洗工在工作现场把含 HF 的产品用水稀释至“可用稀释液”,稀释和转移产品的过程中均可发生暴露。与 17 名 HF 烧伤患者相关的产品有 8 种。含 HF 的产品一般含有可致烧伤的其他化学物,如硫酸和磷酸。有 2 种产品含有氟化氢铵(NH_4HF_2 ,CAS 号:1341-49-7),这种化学物遇水分解成 HF,因此具有相似的毒性。

表 2 华盛顿州 2001—2013 年与氢氟酸烧伤相关的行业和工种

NAICS 号	行业描述	工种(受伤工人数)	病例数
811192	汽车清洗工	汽车美容师(5)、汽车美容经理(1)、汽车清洗工(5)、汽车清洗经理(4)、卡车清洗工(7)、卡车清洗经理(1)、清洗工(1)	24
441110	新汽车销售员	汽车美容师(6)、销售点停车场管理员(1)	7
238990	所有其他专业贸易商	货运经理、未知	2
327320	预拌混凝土制造	货车司机、搅拌运输司机	2
561790	其他建筑与住宅服务	卡车清洗工、清洁工	2
811310	商业和工业机器设备(汽车和电子设备除外)修理与维护	机械师、卡车清洗工	2
111219	其他蔬果种植	未知	1
113310	伐木	卡车司机	1
423830	工业机械和设备批发商	汽车清洗工	1
484121	一般货车货运,长途,卡车载荷	机械师	1
484210	旧家居和办公室用品搬运	卡车清洗工	1
484220	特种货运(旧物除外)卡车,当地	卡车司机	1
532111	汽车租赁	汽车美容师	1
561320	临时人力服务	机械师	1
561431	私人邮件中心	卡车司机	1
611512	飞行训练	卡车清洗工	1
病例总数(包括死亡数)			49

注:NAICS 为北美行业分类系统

讨论

2001—2013 年,华盛顿州报道了 1 例 HF 摄入死亡病例和 48 例汽车和卡车清洗工 HF 暴露致化学烧伤病例。据估计,美国的汽车清洗行业(NAICS 号:811192)有约 134 000 名从业人员,尽管如此,很少有关于汽车和卡车清洗工 HF 暴露的案例报道。有一项研究分析了 OSHA 调查的 9 例意外职业性 HF 中毒死亡病例,结果显示没有 1 例与汽车或卡车清洗相关。一项有关 HF 暴露的俄勒冈州 OSHA 危害警告(详见 <http://www.orosha.org/pdf/hazards/2993-22.pdf>)描述了 2 名 HF 烧伤的汽车清洗工人,其中 1 名工人在之后进行了手指截除。HF 烧伤分布广泛,不仅与汽车清洗相关,也发生在汽车清洗业之外,这说明有大量工人存在风险。

市售有危害较小的 HF 清洗产品的替代品,这些替代品能够避免本文中所述的 HF 烧伤伤害。在使用含 HF 的产品时,工作场所必须采取技术与管理控制措施来限制暴露。根据产品安全数据表上的产品危害性描述,雇主通过工人培训和个人防护装备(PPE)来控制暴露的风险。然而,即使正确使用 PPE 也不能确保完全没有暴露风险。本文所述的所有病例中约有 9 例涉及使用 PPE 但未提供有效保护,包括清洗产品滴进橡胶靴或手套、渗入裂开的防护手套,或者被喷到安全眼镜下方。

此外,伤害预防工作应该包括对 HF 清洗产品的化学品制造商、经销商以及终端用户进行教育和培训。在经确认的 6 种产品中,有 1 种(由 Zep Inc. 制造)在全球范围内生产,其余均为当地制造和销售。

本文的结果有两个局限性。首先,华盛顿州强制性的劳工赔偿法规管辖的人群包括自己投保的合法雇主、大型企业、独资经营者,这些人群没有包括在本文的研究结果中。第二,纳入劳工赔偿范围但没有提出索赔的工人没有纳入本研究。未能进入劳工赔偿系统的原因包括对系统缺乏了解、认为没资格、不会英语、害怕失去工作或遭到报复。

职业暴露于含 HF 的清洗产品会导致化学烧伤、残疾和死亡。HF 可能导致严重的伤害,靠 PPE 仍不能完全保护工人,在这样的情况下,寻找危害更小的替代品也许是最有效的预防方法。

志谢 感谢华盛顿州劳动与工业部安全及健康评估和预防研究计划的 Eddy Rauser 和 Elyette Martin 及 Todd Schoonover

参考文献(略)

翻译:汪 源 审校:周惠嘉

原文详见:Morbidity and Mortality Weekly Report 2015 年第 64 卷第 32 期 874-877 页

<http://www.cdc.gov/mmwr/index.html>