

實驗室廢液處理不當爆炸導致氫氟酸灼傷事件

蕭秋勇¹ 陳保中^{1,2,3} 王榮德^{1,2,3}

鄭尊仁^{1,2,3,*}

CHIOU-YEONG SHIAU¹, PAU-CHUNG CHEN^{1,2,3}, JUNG-DER WANG^{1,2,3}, TSUN-JEN CHENG^{1,2,3*}

¹ 國立台灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所，臺北市仁愛路一段1號
Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, National Taiwan University College of Public Health,
No.1, Jen-Ai Rd., Sec. 1, Taipei, Taiwan, R.O.C.

² 國立臺灣大學公共衛生學院職業病防治示範中心

³ 國立台灣大學醫學院附設醫院內科部

* 通訊作者Correspondence author. E-mail: tcheng@ha.mc.ntu.edu.tw

目標：本報告陳述實驗室因廢液處理不當爆炸導致氫氟酸灼傷案例。**事件經過及處理：**某大學實驗室，因操作人員疏忽，將不相容廢液混合，產生劇烈反應，使廢液桶爆炸，致氫氟酸噴濺灼傷操作人員。隨後進入之急救人員，亦因未穿戴適當防護具，導致呼吸道灼傷。氫氟酸爆炸後皮膚灼傷病患，立即以葡萄糖鈣塗抹傷口，經三個月治療恢復正常。另一個案呼吸道遭灼傷者，以類固醇及吸入性葡萄糖鈣製劑治療，一週後恢復。**結論：**廢液回收為廢棄物處理重要一環，處理過程應注意廢液相容問題。而不同途徑氫氟酸暴露，可造成不同型態的傷害，但以不同製備型態葡萄糖鈣處理，可達治療效果。(台灣衛誌 2001；20(1)：69-73)

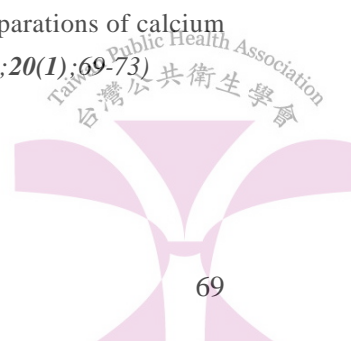
關鍵詞：氫氟酸灼傷、廢液回收。

Hydrofluoric acid burns caused by incompatible laboratory wastes

Objectives: Two case reports present the clinical manifestations and management of hydrofluoric acid burns resulting from an explosion caused by incompatible laboratory liquid wastes.

Case reports: The explosion occurred at a university laboratory when a technician placed isopropyl alcohol liquid waste into a waste receptacle containing hydrofluoric acid. The technician received hydrofluoric acid burns in this accident. She was immediately treated with calcium gluconate paste and recovered within 3 months. The second case was a school nurse who came to the scene to help the technician and subsequently developed laryngeal swelling. She was treated with steroids and a nebulized form of calcium gluconate and recovered in 1 week. Neither of them were wearing adequate personal protective equipment. **Conclusions:** Although liquid waste pooling is a common practice for waste disposal, careful attention should be paid to the compatibility of various liquid wastes. Furthermore, hydrofluoric acid may cause a variety of injuries resulting from different routes of exposure. However, timely treatments with appropriate preparations of calcium gluconate may produce a satisfactory recovery. (*Taiwan J Public Health*. 2001;20(1):69-73)

Key words: hydrofluoric acid burns, waste disposal.



前言

氫氟酸中毒或意外傷害，可見於許多案例報告及教科書。其常用於玻璃磨光、陶瓷、焊接、半導體業之晶圓蝕刻、牙科材料、殺蟲劑及家庭用清潔劑等，故由家庭至高科技之半導體業均可見到其存在[1]。過去氫氟酸造成的意外，多因清潔脫工作防護不當，導致手指灼傷、甚至壞死。本報告為最近於某大學實驗室因廢液不相容爆炸，導致工作人員皮膚及呼吸道灼傷案例，並檢討事件發生之原因及適當處理方式。

事件經過及處置

民國八十八年六月三日，某大學實驗室通道出口。47歲實驗室女性管理員(案例1)，不慎將備妥之有機廢液標籤，貼於以簽字筆註明「無機酸」而實際裝有原始濃度為49%的氫氟酸廢液之廢液桶上。隨後將異丙醇倒入該廢液桶中，並栓緊桶蓋，旋發現廢液桶開始膨脹。唯恐廢液桶漲破，造成危害殃及實驗設備，欲打開桶蓋以降低桶內壓力，卻因桶身變形無法旋開，最後發生爆炸並波及該員。事發後迅速至隔壁實驗室以清水沖洗，並由同事通知學校醫療單位。醫護人員於三分鐘後抵達現場，一位護理人員進入爆炸現場，見事故現場實驗室出口處之廢液桶已爆破變形；及因爆炸遭酸液腐蝕呈黃色斑點，部分葉片表面卷縮不規則之百葉窗；並聞到一股強烈異味。但基於救人原則，仍立即至斜對面沖洗台協助該員以清水沖洗，並以該實驗室準備之葡萄糖酸鈣粉末，塗抹於傷者患處後，轉送醫學中心。

此42歲未配戴防護具進入急救的護理人員(案例2)，於協助患者送醫後下班返家後，突覺呼吸不順、喉嚨不適、咳嗽及說話聲音沙啞。

臨床檢查及處置經過

案例1送抵急診部，檢查發現意識清醒，右臉部有約1%體表面積的一至二度燙傷；右前臂約4%體表面積一度燙傷；左小腿前方約1%體表面積二度燙傷；右小腿前方約0.5%體表面積三度燙傷及周圍部位約2%體表面積之一至二度燙傷(圖一)。另自覺喉嚨稍感疼痛，餘無異常發現。以沾濕紗布覆蓋患處後，送加護病房。入加護病房時，右小腿中間傷口呈焦黑狀，餘傷口呈紅腫狀，以濕性敷料貼敷傷口及給予止痛藥和口服抗生素計兩週，十天後右小腿傷口呈黃厚結痂，周圍仍紅腫。將傷口擴創，抽取血液凝塊，三天後出院。住院期間生命徵象穩定，血液常規及肝腎功能檢查正常，血鈣2.4 mmol/L、血糖及電解質正常，心電圖正常、胸部X-光無異狀。住院兩週後返家靜養。

案例2之前並無感冒或氣喘症狀，返家後突發呼吸道症狀，隔天由耳鼻喉科醫師看診，發現聲帶內側對稱性水腫，疑似化學物傷害所致，給予類固醇及2.5%葡萄糖酸鈣置於生理鹽水以蒸氣方式吸入，每天一次，計五次。三日後聲音逐漸恢復，一週後症狀完全消失。



圖一 案例1肢體灼傷狀況

投稿日期：89年9月1日
接受日期：90年1月20日

討 論

氫氟酸(Hydrofluoric acid, CAS No.7664-39-3)為無色具揮發性液體，分子量為20，對空氣比重為0.7，極毒性、易腐蝕、具刺激性辛辣味。無水氟化氫沸點為19.5 (67)。本事件為近50% 氫氟酸水溶液其沸點約為92。其20 時之蒸氣壓為37毫米汞柱，相當於44ppm，故其蒸氣可散佈至空氣中[2]。美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Agency, OSHA) 氫氟酸之容許暴露限值(Permissible Exposure Limit, PEL)及美國政府工業衛生師協會 (American Committee of Government Industrial Health, ACGIH)之恕限閾值(Threshold Limit Value, TLV)均為3 ppm，而此恰為人鼻可嗅出的濃度。氫氟酸與三氯化砷、五氧化二硫、氨、氫氧化鈉、硫酸、乙二胺、乙酸、鹼、金屬物質、橡膠、水硫化物、氫化物、矽氧化物、有機物等均不相容。

氫氟酸水溶液在化學上僅為弱酸($K_a = 6.4 \times 10^{-4} \text{ mg/Mol}$)，因氟離子具高度電偶極性，使氫離子不易解離出來[3]。酸中之氫離子可造成皮膚變性與腐蝕，促使氟離子穿越皮膚層到達深部組織，若未處理，可侵蝕骨頭及脫鈣，其生理反應比強酸還強，且具強鹼之腐蝕特性。氫氟酸燙傷產生疼痛原因，乃組織中之鈣離子和氟離子結合沉澱後，刺激神經造成。其臨床症狀與吸收途徑、暴露濃度、接觸時間長短、組織抵抗力強弱均有關[4]。案例1迅速以葡萄糖鈣粉末塗抹患處，與良好預後有很大關係。

不同途徑及濃度之氫氟酸暴露所產生之臨床症狀各有不同(表一)[5]。皮膚接觸可因腐蝕產生嚴重燙傷而極度疼痛，以手指最常見。但隨著濃度不同，有時並未立刻發作，濃度低於20% 時可能延至24小時後再發作[6]。濃度低於5%可能只表現紅腫不適，濃度50%以上可能立即產生嚴重燙傷及皮膚壞死症狀[7,8]；如案例1。Greco等人[9]將氫氟酸濃度超過50%且暴露體表面積超過百分之一(如案例1)、或暴露體表面積超過百分之五者均列為高危險群[6]。易產生電解質異常及

心、肝、腎等功能異常的合併症。暴露濃度50%以上且超過百分之十體表面積暴露者可能致死。

案例2進入急救時因未加保護，於爆炸現場因短時間，不慎吸入噴濺後蒸發之氫氟酸蒸氣及案例1沖洗時蒸發之氫氟酸蒸氣，而造成呼吸道灼傷[10]。呼吸道吸入可造成腐蝕性灼傷，引起喉痛、咳嗽、呼吸費力、聲音沙啞及肺部充血等症狀(如案例2)。常發生於工廠及實驗室，或頭頸部直接暴露者。曾有報告一頭頸部接觸50% 氫氟酸三十秒的工人造成肺部出血致死的個案[11]。

眼睛接觸可造成眼睛紅腫疼痛、視力模糊，嚴重者甚至產生角膜混濁及水晶體壞死、失明等永久傷害。案例1於爆炸時因戴眼鏡而未造成眼睛之傷害。

不同方式氫氟酸意外於事發現場，處理傷患前應先呼叫醫師或尋求醫療支援。案例1於事件發生後之現場處置可謂合宜適切。案例2因未想到實驗室有危險性化學物，故無適當防護，吸入含氫氟酸之蒸氣，造成呼吸道灼傷；雖延遲至隔日始接受治療。惟其症狀

表一 氫氟酸不同途徑暴露之身體症狀

暴露途徑	身體症狀
吸入	可能產生喉痛、咳嗽、聲音沙啞、呼吸費力、肺部充血、甚至肺水腫。
食入	可能產生喉痛、腹痛、腹瀉、嘔吐、消化道灼傷、甚至腎功能不良。 全身症狀有頭痛、虛弱感、呼吸困難、低血鈣症，甚至心律不整。
皮膚	由延遲反應之無痛性至立即產生之極痛性灼傷，視接觸時間及濃度而定。 氟離子可穿透皮膚產生深部組織破壞，甚至進入骨頭。
眼睛	眼睛紅、眼睛痛、視力模糊、角膜混濁、水晶體壞死，甚至失明。

不很嚴重，治療效果亦令人滿意。

在皮膚接觸產生之燙傷可使用2.5%之葡萄糖鈣凝膠，或硫酸鎂藥膏[6,12]。或0.13%冰Zephiran chloride浸沉。或塗以0.2%之冰Hyamine [13-15]。或皮下注射每平方公分不超過0.5cc的10%葡萄糖鈣。均可使受傷皮膚迅速癒合，一般約三至七天即可完全康復。Dibell等人發現以皮下注射10%葡萄糖鈣的效果最好，且即使在延遲治療的患者仍具相當的價值[16]。Zachary等人嘗試加入一種具有加強穿透效果的 Dimethyl sulphoxide (DMSO)，可增強葡萄糖鈣的療效[17]。最近有研究指出緩慢靜脈注射硫酸鎂，對減輕氫氟酸灼傷的局部疼痛症狀，可能比皮下注射葡萄糖鈣更有效[18,19]，未來可以嚐試使用。

實驗室廢液收集為廢棄物處理一環，為降低廢液收集桶使用量及減少儲存空間，往往將相容的廢液集合在同一桶子。本事件發生主因為廢液桶標示不當，將不相容的異丙醇倒入氫氟酸廢液中，同時操作人員於進行廢液儲存作業時亦未穿戴個人防護設備。本事件幸好及時處理，才未造成不可逆之傷害。針對實驗室廢液處理過程應注意改善廢液儲存程序，嚴格執行先標示後儲存的程序、將廢液儲存於通風安全之指定地點、有明確的標示、張貼廢液處理相容表及警告標示於明顯處、實驗室及操作人員應配戴防護具並落實標準操作程序、加強緊急應變處置及安全訓練、及完成災害通報並加強安全稽核工作。

在實驗過程中，於實驗前應仔細閱讀安全資料表，謹守標準操作程序。實驗時應穿著實驗衣、穿著耐蝕耐熱手套、並佩戴護目鏡；針對有毒物質操作時應穿戴防毒口罩或改用毒性較低之物質代替，並裝設適當的排氣設備。盡量使用精密技術、做好廢棄物分類及廢液前處理工作，達到從源頭減廢，使實驗室的災害減到最少的目標。

結 論

氫氟酸為常見毒性物質。不同途徑及濃

度的氫氟酸暴露，造成人體不同型態的傷害，本案例以不同製備型態的葡萄糖鈣處理，均達到預期效果。而實驗室在處理廢液時須注意其相容性，並儲存於適當地點。緊急救護時應先了解現場可能之危害，並穿戴適當防護設備再進入現場，以達自救救人之目標。

參考文獻

- 1.Kirkpatrick JJR, Enion DS, Burd DAR. Hydrofluoric acid burns: a review. Burns 1995; 5:483-93.
- 2.MSDS Number: H3994 Effective Date;09/16/97 Hydrofluoric acid; Hydrogen fluoride solution
- 3.Hirsch RL,Dunje S. A hand burn from unmarked hydrofluoric acid. J Med Aust 1993; 158:136-7.
- 4.Caravati EM. Acute hydrofluoric acid exposure. Am J Emerg Med 1988;6:143-50.
- 5.Matsuno K. The treatment of hydrofluoric acids burns. Occup Med 1988;6:313-7.
- 6.Paterson JD. Control of the fluorine hazard. Br J Ind Med 1956;16:301-3.
- 7.Edelman P. Hydrofluoric acid burns. Occup Med 1986;1:89-103.
- 8.Roholm K. Fluorine Intoxication-A Clinical Hygienic Study. London: HK Lewis, 1937;p3.
- 9.Kono K, Yoshida Y, Watanabe M et al. An experimental study on the treatment of hydrofluoric acid burns. Arch Environ Contam Toxicol 1992;24:414-8.
- 10.Materials Safety Data Sheet.SD3. Hydrofluoric Acid (Aqueous). Bristol: Rhone-Poulenc Chemical, April, 1991.
- 11.Green dyke RM, Huguet HC. Accidental death due to hydrofluoric acid. J Forensic Sci 1964;9:383-90.
- 12.Shewmake SW, Anderson BG. Hydrofluoric acid burns. A report of a case and review of the literature. Arch Dermatol 1979;

- 115;593-6.
- 13.Wetherold JM, Shepherd FP. Treatment of hydrofluoric acid burns. J Occup Med 1965; **7**:193-5.
- 14.Reinhardt CF, Hume WG, Linch AL, Wetherold JM. Hydrofluoric acid burn treatment. Am Ind Hyd Assoc J 1966;**27**:166-71.
- 15.MacKinnon MA. Treatment of Hydrofluoric acid burns. J Occup Med 1986;**28**:804.
- 16.Stencel JR,Tobin JS.Hydrofluoric acid burn: latent period with key factor.Am Ind Hyg Assoc J 1987;**48**:451-2.
- 17.Seyb S, Mani MM. A study to determine the efficacy of treatments for hydrofluoric acid burns(abstract 106). In: Proceedings of the American Burn Association, Chicago, 1986.
- 18.Williams JM, Hammad A, Cottington EC, Harchelroad FC. Intravenous magnesium in the treatment of hydrofluoric acid burns in rats. Am Emerg Med 1994;**23**:464-9.
- 19.Cox RD, Osgood KA. Evaluation of intravenous magnesium sulphate for the treatment of hydrofluoric acid burns J Toxicol Clin Toxicol 1994;**32**:123-36.