

シアン化水素、安定剤入り

火気厳禁とする。火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護（訳注：レベルB以上の防護服）を着用する。漏出した物質に触れたり周囲を歩かない。操作に危険がなければ漏出を止める。蒸気を減少させたり、蒸気の流れをそらすために水噴霧器を用いる。流出した水が漏洩物質に接触するのを回避する。漏出・漏洩場所に直接散水しない。可能ならば、液体よりもガスが逃げるように漏洩のある容器栓をひねる。水路、下水、地下室、密閉空間に流入するのを防ぐ。ガスが拡散するまで立ち入らない。除去に際し漏出・漏洩での発火も想定する。

シアン化水素、安定剤（吸収剤）入り

火気厳禁とする。火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護（訳注：レベルB以上の防護服）を着用する。操作に危険がなければ漏出を止める。水路、下水、地下室、密閉空間に流入するのを防ぐ。プラスチックシートで覆い、拡散するのを防ぐ。乾燥した土、砂、または他の不燃性物質で吸収するか覆い、容器に入れる。容器内には水を入れない。

シアン化水素水溶液（シアン化水素20%を超えない）

火気厳禁とする。火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護（訳注：レベルB以上の防護服）を着用する。操作に危険がなければ漏出を止める。水路、下水、地下室、密閉空間に流入するのを防ぐ。乾燥した土、砂、または他の不燃性物質で吸収するか覆い、容器に入れる。容器内には水を入れない。

ii) (消防活動マニュアル：自治省消防庁危険物規制課監修)

- ・着火源を即時排除する。
- ・布・むしろ等を当て、遠方から噴霧注水を行い、排水は土砂等で安全な場所に誘導し、処理する。

iii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修)

- ・漏えいしたボンベ等を多量の水酸化ナトリウム水溶液（20W/V%以上）に容器ごと投入してガスを吸収させ、更に酸化剤（次亜塩素酸ナトリウム、さらし粉等）の水溶液で酸化処理を行い、多量の水を用いて洗い流す（pH8ぐらいのアルカリ性ではクロルシアン（ClCN）が発生するので注意する）。

火災時

i) (HSDB)

シアン化水素アルコール溶液（シアン化水素45%を超えない）

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧、耐アルコール泡消火剤
- ・大規模火災：水の噴霧、霧消火剤、耐アルコール泡消火剤

危険がなければ火災場所から容器を運び出す。後の処理のための火災を防御して水を制御する。物質を撒き散らかさない。水の噴霧、霧消火剤を使用の際は直線的な流れで使用しない。

タンク、自動車、タンクローリーが火災に巻き込まれている場合：出来る限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーを使うかモニターノズルを使う。

火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。安全装置の口から異常音がした場合や、タンクが変色した場合は直ちに避難する。タンクから常に一定の距離を保つ。大規模な火災で無人のホースホルダーやモニターノズルの使用が不可能な場合は、火災場所から避難して炎が燃えているままとする。

シアン化水素、安定剤入り

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧、泡消火剤
- ・大規模火災：水の噴霧、霧消火剤、泡消火剤

危険がなければ火災場所から容器を運び出す。破損した容器は専門可のみが取り扱わなければならない。

タンクが火災に巻き込まれている時：できる限り遠方から消火するか、無人のホー

スホルダーかモニターノズルを使う。火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。凍結が起こるので漏洩源や安全装置には直接水をかけない。安全装置の口から異常音がした場合やタンクが変色した場合は直ちに避難する。タンクから常に一定の距離を保つ。

シアン化水素、安定剤（吸収剤）入り

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧
- ・大規模火災：水の噴霧、霧消火剤、泡消火剤

危険がなければ火災場所から容器を運び出す。後の処理のための火災を防御して水を制御する。物質を撒き散らかさない。水の噴霧、霧消火剤を使用の際は直線的な流れで使用しない。

タンク、自動車、タンクローリーが火災に巻き込まれている場合：出来る限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーを使うかモニターノズルを使う。容器内に水を入れない。火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。安全装置の口から異常音がした場合や、タンクが変色した場合は直ちに避難する。タンクから常に一定の距離を保つ。大規模な火災で無人のホースホルダーやモニターノズルの使用が不可能な場合は、火災場所から避難して炎が燃えているままとする。

シアン化水素水溶液（シアン化水素20%を超えない）

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧
- ・大規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、耐アルコール泡消火剤、水の噴霧

危険がなければ火災場所から容器を運び出す。後の処理のための火災を防御して水を制御する。物質を撒き散らかさない。

タンク、自動車、タンクローリーが火災に巻き込まれている場合：出来る限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーを使うかモニターノズルを使う。容器内に水を入れない。火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。安全装置の口から異常音がした場合や、タンクが変色した場合は直ちに避難する。タンクから常に一定の距離を保つ。

ii) (消防活動マニュアル：自治省消防庁危険物規制課監修)

周辺火災の場合：容器を速やかに安全な場所に移動する。
移動不可能な場合には、遮へい物の活用等、容器の破損に対する防護措置を講じ、注水し、容器を冷却する。

iii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修)

周辺火災の場合：速やかに容器を安全な場所に移す。移動不可能な場合には、容器及び周囲に散水して冷却する。
容器が火災に包まれた場合は、爆発の危険があるので近寄らない。

3) 廃棄法

i) (化学防災指針集成：日本化学会編)

- ア.シアン化水素を含有する排ガスは水酸化ナトリウム水溶液などを加えてアルカリ性とし、塩素を注入して酸化分解する（塩素の代わりに次亜塩素酸を用いてもよい）。
- イ.硫酸鉄(Ⅲ)を加え鉄シアノ錯塩として除去する紺青法、焼却炉による燃焼法および活性汚泥法
- ウ.気体状のシアン化水素については、燃焼法によるかまたは多量の水酸化ナトリウムか水酸化カリウム水溶液(20w/v%以上)に吹き込んだ後、上記イ.の方法で処理する。

ii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修)

- ・燃焼法：スクラバーを具備した焼却炉の火室に噴霧して、できるだけ高温で焼却

する。スクラパーの洗浄液にはアルカリ溶液を用いる。

- ・酸化法：多量の水酸化ナトリウム水溶液（20W/V%以上）に吹き込んだのち、酸化剤（次亜塩素酸ナトリウム、さらし粉等）の水溶液を加えてCN成分を酸化分解する。CN成分を分解したのち硫酸を加え中和し、多量の水で希釈して処理する。CN成分の酸化はアルカリ性で十分に時間をかける必要がある。
- ・アルカリ法：多量の水酸化ナトリウム水溶液（20W/V%以上）に吹き込んだのち、高温加圧下で加水分解する。
- ・活性汚泥法：多量の水酸化ナトリウム水溶液（20W/V%以上）に吹き込んだのち、多量の水で希釈して活性汚泥槽で処理する。

[参考資料]

1. Sidell, F. R. : Management of Chemical Warfare Agent Casualties, HB Publishing, 1995
2. Tu, A. T. : 中毒学概論－毒の科学－, 薬業時報社, 1999
3. Tu, A. T. : Outline of Toxicology, 85-86, 1996
4. Matthew, J. E. et al. : Medical Toxicology, 2nd edition, Williams & Wilkins, 1997
5. WHO: Health Aspects of Chemical and Biological Weapons. Report of a WHO group of Consultants, Genova, 1970
6. POISINDEX(R) : Cyanide, Warfare Agent; Hydrogen cyanide, VOL. 102, 1999
7. Sax, N. I., Lewis, R. J. : Dangerous Properties of Industrial Materials, 7th edition, 1989
8. NIOSH: Registry of Toxic Effects of Chemical Substance, VOL. 43, 1999
9. 後藤 稠, 他. 編 : 産業中毒便覧, 医歯薬出版, 1984
10. MEDITEXT(R) : Medical Management: TABUN, VOL. 43, 1999
11. 井上尚英 : 熱砂の中での化学戦争－イラン・イラク戦争－, 日本医事新報 No. 3734, 1995
12. Venzke, B. V. : First Responder Chem-Bio Handbook, Tempest Publishing, 1998
13. 編集委員会 : 総説 化学兵器について, 中毒研究, 8:11-17, 1995
14. 井上尚英 : 化学兵器の防御対策, 産業医学レビュー, 9(3):99-118, 1996
15. 内藤裕史 : 中毒百科, 南江堂, 1991
16. 日本化学会編 : 化学防災指針集成 I. 物質編, 丸善, 1996
17. Hazardous Substance Data Bank: Hydrogen Cyanide, VOL. 102, 1999
18. Tu, A. T. : 化学兵器の毒作用と治療, 日救急医学会誌, 8:91-102, 1997
19. Sidell, F. R. : What to do in case of an unthinkable chemical warfare attack or accident. Postgraduate Medicine, 88(7)70-81, 1990
20. Haddad L. M. et al. : Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose, 3rd edition, Saunders, 1998
21. US Army Medical Research Institute of Infectious Diseases: FM8-9 Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations, Medical Management of Biological Casualties and Defense against Toxin Weapons., 1998
22. Goldfrank, L. R. et al. : Toxicologic Emergencies, 6th edition, Appleton & Lange, 1998
23. (株)共立理化学研究所 : バックテスト説明書
24. 吉村英敏編 : 裁判化学, 南山堂, 1983

25. US Army Medical Research Institute of Infectious Diseases: Medical Aspect of chemical and Biological Warfare, 1997
26. メルクセローノ株式会社: シアノキット®注射用セット 添付文書, 2008.
27. 危険物保安技術研究会編著, 消防活動マニュアル. 東京法令出版(株), 東京, 1997. pp172-173.
28. 毒物劇物関係法令研究所監修, 毒劇物基準関係通知集 (第10版). 薬務広報社, 東京, 2007. pp96, 435.
29. The Merck Index. (14th edition). MERCK & Co., USA, 2006.
30. Hydrogen Cyanide, Klasco RK(Ed): POISINDEX(R)System. Thomson Micro medex, Greenwood Village, Vol.139, 2008.
31. RTECS(R): Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. From MDL Information Systems, Inc. (electronic version). Thomson Healthcare, Greenwood Village, Colorado, USA. Available at: <http://csi.micromedex.com> (cited month/day/year) or (Edition expires [9/2008]).
32. Warfare Agents, Klasco RK(Ed): POISINDEX(R)System. Thomson Micromedex, Greenwood Village, Vol.139, 2008.
33. Clark CJ et al: Blood carboxyhemoglobin and cyanide levels in fire survivors, Lancet 1981;1:1332-1335
34. Doherty PA et al: Congenital malformations induced by infusion of sodium cyanide in the Golden Hamster. Toxicol Appl Pharmacol 1982; 64:456-464
35. Graham DL et al: Acute cyanide poisoning complicated by lactic acidosis and pulmonary edema. Arch Intern Med 1977; 137:1051-1055
36. Uitti RJ et al: Cyanide-induced parkinsonism: a clinicopathologic report. Neurology 1985; 35:921-925
37. Vogel SN et al: Cyanide poisoning. Clin Toxicol 1981; 18: 367-383
38. Hall AH & Rumack BH: Clinical toxicology of cyanide. Ann Emerg Med 1986; 15:1067-1074
39. Norris JC et al: Mechanism of antagonizing cyanide-induced lethality by alpha-ketoglutaric acid. Toxicol 1990;62:275-283
40. Williams CL: An unusual case of cyanide poisoning during fumigation. Public Health Reports 1938;53:2094-2095.
41. Litovitz TL et al: Cyanide poisoning treated with hyperbaric oxygen. Am J Emerg Med 1983;1: 94-101.
42. Kathleen A. Delaney(嘉糠由利子): 86章 シアン化物. 内藤裕史監訳, 化学物質毒性ハンドブック 臨床編 (Clinical Toxicology (WB Saunders, 2001)). (第2巻). 丸善, 東京, 2003. 834-840.
43. Editorial Staff: CYANIDE (Management/Treatment Protocol). In: Klasco RK(137): POISINDEX System. Thomson Healthcare, Greenwood Village, Colorado (Edition expires [3/2009]).
44. 3 シアン、塩化シアン、ニトリル. 内藤裕史, 中毒百科 事例・病態・治療. (改訂第2版). 南光堂, 東京, 2001. 13-22.
45. 浅利靖: -3- 工業用品・その他 青酸化合物. 日本中毒学会, 急性中毒標準診療ガイド. じほう, 東京, 2008. 166-171.
46. Meredith TJ, Jacobsen D and. Haines JA et al eds. IPCS/CEC Evaluation of Antidotes, Antidotes for Poisoning by Cyanide. (Vol. 2). Cambridge University Press, Cambridge, 1993. (Meredith TJ, Jacobsen D and. Haines JA et al eds. IPCS/CEC Evaluation of Antidotes, Antidotes for Poisoning by Cyanide. (Vol. 2). .

- <http://www.intox.org/databank/documents/antidote/antidote/ant02.htm>
(参照 2008-05-02))
47. 斎藤徹: [中毒 新しい治療指針] 青酸化合物. 救急医学 1988;12:1383-1389.
 48. 田伏久之, 土肥直文, 井上恵介: 中毒の治療 頻度の高い中毒18 シアン中毒
に対する拮抗薬. 救急医学 1993;17:67-70.
 49. シアノキット(R)注射用セット 医薬品インタビューフォーム (新様式第1版)
(メルクセローノ), 2008年2月
 50. シアノキット(R)注射用セット 新医薬品の「使用上の注意」の解説. (メル
クセローノ株式会社), 2008年2月
 51. デトキソール(R)静注液2g 医薬品インタビューフォーム (新様式第5版),
(万有製薬株式会社), 2008年6月
 52. Baskin SI, Horowitz AM, Nealley EW.: The antidotal action of sodium
nitrite and sodium thiosulfate against cyanide poisoning.. Journal
of clinical pharmacology 1992;32:368-375.
 53. United States Pharmacopoeial Convention Inc., USP DI 17th Ed. 1997
vol.1 Drug Information for the Health Care Professional. (17th). U. S.
Pharmacopeia, Massachusetts, 1997, pp2640-2641, 2651-2652.
 54. Editorial Staff: DRUGS USED IN TOXICOLOGY (Management/Treatment
Protocol). In: Klasco RK (137): POISINDEX System. Thomson
Healthcare, Greenwood Village, Colorado (Edition expires [9/2008]).
 55. 亜硝酸アミル 医薬品インタビューフォーム (第5版) (第一三共株式会社),
2007年11月

16. 作成日
20090227

フッ化水素

- ・フッ化水素は 25℃では気体で、その水溶液はフッ化水素酸(フッ酸)と呼ばれる。
- ・フロンガス、フッ素化合物の原料となるほか、ガラスの艶消し、半導体のエッチング、金属の酸洗いなど、工業的に広く用いられている。
- ・弱酸性だが極めて強い腐食性があり、その作用は強酸の硝酸や硫酸よりも強い。
- ・曝露経路にかかわらず、体内に容易に吸収される。
- ・フッ素イオンとして低カルシウム血症等の全身症状を引き起こし、死亡する例もあることがよく知られている。
- ・曝露した場合は汚染除去ののち、十分な循環管理・血中のカルシウム濃度の測定を行い、グルコン酸カルシウムの投与を積極的に行う。

1. 名称

化学名：フッ化水素 Hydrogen Fluoride

別名 無水物：無水フッ化水素

水溶液：フッ化水素酸、フッ酸

Hydrofluoric acid、Fluohydric Acid

CAS No. : 7664-39-3

国連番号：1052(無水物)、1790(水溶液)

化学式：HF

2. 分類コード

試薬 6-58-1102-101 フッ化水素酸

金属表面処理剤 6-60-1502-000 フッ化水素酸

木材しみ抜き剤 6-60-9198-020 フッ化水素酸

3. 成分・組成

フッ化水素(無水フッ化水素) 99%以上

(液化ガス、荷姿：ボンベ、タンクローリー)

フッ酸(希フッ化水素酸) 55～80%

(水溶液、荷姿：ポリエチレン缶 25kg 入り、特殊コンテナ、タンクローリー)

・通常 50～60%の水溶液として使用される

・錆取りやアルミニウムの洗浄には 0.6～12%の比較的薄いフッ化水素酸が広く利用されている

・フッ化水素含有商品の例

木材しみ抜き剤 レブライト^(R)(フッ化水素 9.5%)

金属表面処理剤 ラスノン WEL^(R) M-500(フッ化水素 4.5%、硝酸 13.5%)

4. 製造会社及び連絡先

5. 性状・外観

常温で発煙性の液体。無色、刺激臭がある

大気中の水分にとけ、ガスや微粒子状で存在する(水と親和性が高い)

- [構造式] HF
- [分子量] 20.01
- [比重] 無水物：0.987
71%水溶液：1.230
- [融点] 無水物：-92.30℃
71%水溶液：-71.0℃
- [沸点] 無水物：19.4℃
71%水溶液：65.8℃
- [蒸気圧] 無水物：400mmHg(25℃)
70%水溶液：150mmHg(26.7℃ アセトン・クロロホルムと同程度)
- [蒸気密度] 0.921g/L
- [溶解性] 水によく溶ける
会合性があり、水溶液中で(HF)₂、(HF)₃の形で存在する
(HF分子間に水素結合が働き、会合分子(HF)_n(nは2~6)が生じる)
- [液性] 弱酸であるが腐食性が強い
希釈液は比較的弱い酸で、解離定数は塩酸の1/1000程度
解離定数 $K_d = 3.53 \times 10^{-4}$
 $[H^+][F^-]/[HF] = 2.4 \times 10^{-4}$ (25℃)
- [爆発性・引火性] なし
ただし、金属との接触により可燃性の水素ガスを発生した際には、空気との混合により引火爆発することがある。
- [化学反応性]
多くの金属とよく化合してフッ化物を生じる
Au、Ptには作用せず、Ag、Cuには常温で徐々に作用する
Pbはその表面を侵し、その他の金属は全部溶かす
ガラスなどケイ酸質を侵食する特性がある
 $4HF + SiO_2 \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$
加熱分解により腐食性あるいは有毒なガスや微粒子を生成する。
水と急激に反応し、腐食性あるいは有毒なガスを生成する。
- [取り扱いと保管]
保護具
呼吸器：呼吸用保護具(酸性ガス用防毒マスク、空気呼吸器)
顔面：顔面シールド(ゴーグル型保護眼鏡・シールド付ヘルメット)
上肢：保護手袋(ネオプレンなどのゴム手袋)
体幹・下肢：保護衣(上下耐酸衣)
下肢：保護長靴(ゴム長靴)
保管
直射日光を避け、涼しく乾燥し、換気のよい場所で貯蔵する。

6. 用途

フロンガスの原料、アルキルベンゼンの触媒、ガソリンのアルキル化剤、ガラスのつや消し・蝕刻、ステンレスその他の金属の酸洗い、鉍石類の分析、半導体のエッチング、その他フッ素化合物の製造原料

7. 法的規制事項

毒物及び劇物取締法 第2条毒物(フッ化水素及びこれを含む製剤)
大気汚染防止法 第2条有害物質 その他

8. 毒性

[ヒト中毒量]

・吸入

眼と鼻の刺激発現濃度 5ppm(5mg/L)

最小中毒量 32ppm 刺激性

[ヒト致死量]

・経口

最小致死量 9%溶液 15mL 摂取で死亡した報告がある
1.5g(20mg/kg)程度

・経皮

最小致死量 100%HF 体表の2.5%曝露、約10時間後に死亡

[致死的血中フッ素およびカルシウム濃度]

死亡例における剖検時血中フッ素濃度の報告値は8.3~56.2mg/Lと幅があるが、
2.6mg/Lで死亡した例がある。(正常値0.1mg/L以下)

・経口

救命例 8%HF 約60mL 直後に嘔吐し20分後に受診、心室細動発現
1時間後 カルシウム濃度 6.6mg/dL(1.65mmol/L)
10%HF 100mL 50分後に受診、心室細動発現
75分後 カルシウム濃度 7.7mg/dL(1.91mmol/L)

・経皮

死亡例 100%HF 体表の2.5%曝露、約10時間後に死亡
剖検時 血中フッ素濃度 3mg/L(0.3mg/dL)
血清カルシウム濃度 2.2mg/dL

70%HF 体表の8%曝露、心室細動により死亡
血清総カルシウム濃度 6時間後 3.5mg/dL
カルシウムイオン濃度 6時間後 1.7mg/dL

70%HF 体表の25%曝露、心停止
カルシウムイオン濃度 1.7mg/dL

70%HF 体表の17%曝露、20分後心肺停止
剖検時 血中フッ素イオン濃度 44.8mg/L
血清カルシウム濃度 2.9mg/dL

70%HF 顔面曝露、32分後心肺停止
剖検時 血中フッ素イオン濃度 64mg/L
血清カルシウム濃度 4.9mg/dL

60%HF 体表の30%曝露、25分後心肺停止
剖検時 血中全フッ素濃度 605mg/L(605 μ g/g)

救命例 30%HF 体表の44%以上曝露、心室細動発現
血清カルシウムイオン濃度 1.76mg/dL(0.44mmol/L)

71%HF 体表の7%曝露、3.5時間後心室細動発現
35時間後 血中フッ素濃度 0.23mg/L(12.3 μ mol/L)
8時間後 尿中フッ素濃度 110.2mg/L(5800 μ mol/L)

血清カルシウムイオン濃度 来院時 2.7、3.5 時間後 4.9mg/dL
小児 2 例 体表の 3~4%、8~10%の I 度化学損傷、
カルシウム濃度と心機能に異常なく全身症状もなし

[動物急性毒性]

経口モルモット ; LDLo 80mg/kg
吸入ラット ; LC50 1276ppm、1 時間
経皮ラット ; 算致死量 500mg/kg、1~2 分

[その他の毒性]

刺激性 : 眼と鼻の刺激発現濃度 5ppm

(参考)

許容濃度 3ppm(OSHA)、2.5mg/m³(NIOSH)
ACGIH 勧告値 ; TLV-C 3ppm
即時危険値(IDLH) 20ppm

9. 中毒学的薬理作用

[腐食作用]

粘膜の刺激と腐食作用

液体や蒸気の曝露による傷害は、同じ濃度の他の酸よりも著しい。

- ・フッ化水素は水と近い透過率(水 $p=1.4 \times 10^{-4}$ cm/s)をもつので透過性が高く、非イオン性の拡散によって生体膜を通過する。

第一段階の腐食 : 遊離水素イオンによる速やかな脱水と凝固壊死。

第二段階 : 皮下に浸透したフッ素イオンとカルシウムとの結合によって緩やかに壊死を引き起こす。

軟組織の融解壊死、骨の脱灰、腐食が起こる。

- ・塩酸による傷害は蛋白凝固によってある程度表層に限局されるが、フッ化水素は組織の深部まで浸透するので、アルカリによる化学損傷のように、傷害は 24 時間以上進行する。

[フッ素イオンによる作用=細胞毒性]

細胞内で遊離したフッ素イオンがカルシウムやマグネシウムと結合する、あるいは直接的に作用することにより、全身毒性を示す。

特に、循環器に対する毒性ではいくつかのメカニズムが提唱されているが、いずれも完全には解明されていない。

カルシウム・マグネシウムとの結合

不溶性の沈殿を生成することにより、組織内や血中のカルシウムイオン、マグネシウムイオンが欠乏する。その結果、細胞内および細胞膜のカルシウム代謝やカルシウム・マグネシウム依存性の反応を障害して細胞毒性を発揮する。

- ・血中カルシウム濃度、マグネシウム濃度の低下
- ・血中カリウム濃度の上昇

カルシウム依存性 Na^+ , K^+ -ATPase を障害することにより、カリウムチャンネルが開放された状態になり、組織や赤血球からカリウムが放出される結果として二次的に起こる。

皮下組織では、神経末端からカリウムを細胞外液へ遊離させるので激しい痛みを引き起こす。

- ・各種酵素阻害

解糖系酵素の活性阻害(その結果、組織呼吸を障害する)

コリンエステラーゼ阻害

フッ素イオンによる直接作用

- ・アデニル酸シクラーゼの活性化
心筋のアデニル酸シクラーゼを直接活性化すると、心筋の cAMP が増加し、心筋が著しく刺激されて、難治性の不整脈が発生する。
- ・心筋への直接毒性
カテコールアミン性心筋炎に類似した心筋層変性の報告があり、心筋への直接の毒性によると思われる。
- ・中枢神経系への直接毒性

10. 体内動態

[吸収]

透過性が高いため、経皮曝露でも速やかに皮膚に浸透して体循環に入る。

- ・フッ素の電気陰性度が極めて大きいため、フッ化水素は水溶液中では容易に電離せず、イオン化しない状態で皮下組織の細胞膜を容易に通過する。
- ・いったん細胞内に入るとフッ素イオンを遊離し、カルシウムやマグネシウムと不溶性の塩を形成し、他の金属イオンと可溶性の塩を作る。
- ・アルビノラットによる実験では、50%HF を体表の 1.7% の範囲に 0.5mL 塗布した場合、5 分後に血清中フッ素濃度が上昇し、30 分後には低カルシウム血症、低ナトリウム血症、高カリウム血症を呈した。

[分布]

分布容量：フッ化物として 0.5~0.7L/kg

長期曝露で長管骨への蓄積がある

[排泄]

尿中排泄、半減期：2~3 時間

フッ化物の経口摂取では、24 時間以内に 50%以上が尿中排泄される。

11. 中毒症状

[概要]

腐食による局所症状とフッ素イオンによる全身症状の両者が発現する。

腐食による局所症状(化学損傷)

- ・傷害の程度は濃度に依存する。
- ・症状の特徴は激しい痛み、凝固による白色化と水疱形成であり、治療しないと組織の破壊が進行する。

フッ素イオンによる全身症状

- ・経皮、吸入など、経口以外の局所曝露でも速やかに浸透、体循環に進入し、全身症状が出現し、死亡することもめずらしくない。
- ・低カルシウム血症、低マグネシウム血症、高カリウム血症
- ・代謝性アシドーシス
- ・循環器系症状(心筋障害、不整脈、心室細動)
- ・消化器症状(悪心、嘔吐、下痢、消化管出血、腹痛)
- ・神経系症状(筋力低下、疲労、中枢神経抑制、痙攣など)

経口：嘔吐、下痢、腹痛、流涎、嚥下困難、吐血を伴う出血性胃腸炎、出血性肺水腫。喉頭浮腫の結果、気道閉塞がおこることもある。

低濃度の場合でも 1~7 時間以内に全身症状を引き起こす。

致死的な場合は循環不全や呼吸不全により 2～4 時間で死亡する。

吸入：重篤な咽喉頭刺激、咳、呼吸困難、チアノーゼ、肺水腫

急速に出血性肺水腫が出現、30 分～150 分で死亡することがある。

経皮：初期症状の重篤度は濃度によって異なり、濃度 50%以上であれば直ちに組織の崩壊をきたし痛みを感じるが、濃度 20%以下の場合には曝露後 24 時間経過してから痛みや紅斑が出現することもあるので注意が必要である。

重度の皮膚化学損傷では皮膚の移植が必要となる場合があり、抜爪や指切断に至った例もある。

局所曝露でも速やかに浸透、全身症状が出現し死亡する可能性もある。

眼：痛み、流涙、角膜混濁など

頭部および頸部曝露、全身曝露の場合：

噴出したフッ化水素を浴びた等の事故の場合、急激に全身状態が悪化し、数十分以内に心肺停止をきたして死亡することもある。

[詳細症状]

* 腐食作用による局所症状(化学損傷)

[経口]

- ・痛み、組織凝固による水疱形成など、化学損傷症状が出現する。
- ・嘔吐、下痢、腹痛、流涎、嚥下困難、吐血を伴う出血性胃腸炎
喉頭浮腫の結果、気道閉塞を起こしうる。
- ・吸入の事実が明らかでなくても出血性肺水腫を起こす可能性がある。
- ・症状の多くは 1 時間以内出現する。

[吸入]

- ・空気中 5ppm のフッ化水素で、鼻の刺激を起こす。
- ・重篤な咽喉頭刺激、咳、呼吸困難、チアノーゼ、肺水腫
喉頭浮腫の結果、気道閉塞
- ・ヒトの吸入例で、急速に出血をともなう肺水腫が出現、気道出血が進行して 30 分～150 分で死亡したという報告がいくつかある。
- ・5 分間の曝露で 3 時間後に出血をともなう肺水腫が出現し、急激に重篤化、10 時間後に死亡した 1 例がある。

[経皮]

- ・初期症状は軽度の紅斑から重篤なⅢ度の化学損傷までさまざまである。
- ・傷害の重篤度は、濃度、曝露時間、曝露面積、組織への浸透性、治療開始までの時間などに依存する。
- ・National Institutes of Health はフッ化水素化学損傷について、接触時間は考慮せず、濃度のみで分類している。
20%以下の濃度では、痛みや紅斑は曝露後 24 時間出現しないことがある。
20～25%濃度では、1～8 時間で化学損傷症状が出現する。
50%以上の濃度ではすぐに痛みを感じ、組織の破壊が進行する。
- ・症状の特徴
 - (1) 激しい痛み(数時間遅れて現れることがあり、治療しないと数日間継続する)
 - (2) 凝固による白色化と水疱形成
 - (3) 進行性の組織の破壊(治療しないと進行する)
 - (4) 指に曝露した場合には、爪下組織にまで及ぶ
爪下組織には角質層がないので、爪床部分に急速に浸透し、指の骨崩壊

を生ずることもある。

- ・ 損傷の深さを、初期の外観や痛みの程度から判断することは難しい。
- ・ 治療をしないと、皮膚化学損傷は表面方向には4～7日、深さ方向には5～7週間にわたり進行する可能性がある。
- ・ 重度の場合、中心部は青白く周囲は紅斑であるが、やがて白～黄白色の水疱が出現する。6～24時間で壊死性潰瘍ののちかさぶたとなることもある。
- ・ Rocky Mountain Poison and Drug Centerで把握した、6～11%程度の薄いフッ化水素酸に経皮曝露した237症例に関する検討
症状あり219例(92%)の主な症状
皮膚の腫脹か発赤もしくは両方(55%)、水疱形成(5%)
爪下の黒色変色(5%)、疼痛のみ(27%)
3例で指の皮膚壊死がみられた。
曝露してから症状が出現するまでの時間：0.5～24時間
- ・ 医療機関から日本中毒情報センターに報告のあった経皮曝露33例
症状あり32例の主な症状
来院時 疼痛29例、発赤16例、皮膚の変色12例、びらん10例、
灼熱感10例、化学損傷6例、腫脹4例
経過中：壊死6例、潰瘍3例、水疱2例であった。
3例で抜爪、2例で手指の部分切断が行われた。
- ・ 濃度50%以上による化学損傷、頭部および頸部の化学損傷、体表面積50%以上の化学損傷、閉鎖空間での化学損傷、フッ化水素が付着した衣類の除去が遅れた場合は、吸入による障害が発現する可能性もある。

[眼]

- ・ 眼はフッ化水素に極めて高い感受性を有し5ppmでも刺激を受ける。
- ・ フッ化水素の傷害の程度は、濃度に依存する。
ウサギによる実験では
濃度 0.5% 結膜の虚血 10日で回復。
8% 重篤な虚血 65日後でも回復せず。
20% すぐに角膜混濁と壊死を引き起こす。
- ・ 症状としては痛み、流涙、角膜混濁。
合併症として眼球穿孔、ブドウ膜炎、緑内障、結膜の瘢痕形成など。

* フッ素イオンによる全身症状

経口摂取では、低濃度の場合でも1～7時間以内に全身症状を引き起こし、死亡する場合がある。

経皮、吸入など経口以外の曝露でも全身症状が出現し、死亡することもある。

経皮曝露の場合、体表の1%以上の曝露で全身症状をきたす可能性がある。

・ 低カルシウム血症

カルシウムイオンとフッ素イオンとの結合で引き起こされる。

- ・ 頭痛、脱力、感覚異常、反射亢進、筋の被刺激性の増加、痙縮、テタニー、まれに痙攣
- ・ 低カルシウム血症の出現の可能性は次のような場合に最も高い
 - ・ 経口の場合
 - ・ 濃度50%以上を体表1%以上に経皮曝露した場合
 - ・ 濃度に関係なく体表の5%以上に経皮曝露した場合
 - ・ 濃度60%以上の液を吸入した場合(理論上)

- ・低マグネシウム血症
 - 70%HF液を浴びた60才男性で、低マグネシウム血症(0.6mg/dL)を呈した。
 - ・高カリウム血症
 - フッ素イオンが赤血球からのカリウム放出を促進させることによって起こる。in vivoおよびin vitroの実験結果で示唆されている。
 - 低カリウム血症をきたしたという症例報告もある。
 - ・代謝性アシドーシス
 - ・心筋障害、不整脈、心室細動
 - 電解質異常、アシドーシス、低酸素症などによって二次的に起こる可能性がある。
 - ・低カルシウム血症と高カリウム血症による心筋被刺激性の亢進のためと考えられる。
 - ・低マグネシウム血症により膜が興奮しやすくなり不整脈が増悪する。フッ素イオンの心筋への直接の毒性が示唆される。
 - ・電解質異常、アシドーシス、低酸素症などがない患者で心室細動をきたした例がある。
 - ・全身の7-10%曝露でカテコールアミン性心筋炎に類似した心筋層変性の報告がある。
 - ・ウサギの吸入実験で20%に心筋の壊死、充血、浮腫が認められた。
 - ・骨の脱灰
 - ・昏迷、昏睡などの意識障害、および合併症として呼吸不全
 - 中枢神経系への直接毒性による
 - ・悪心、嘔吐、下痢、消化管出血、腹痛などの消化器症状、筋力低下、疲労、中枢神経抑制、痙攣など
 - アセチルコリンエステラーゼ阻害の結果、アセチルコリンが過剰となったために発生した可能性もある。
 - ・Rocky Mountain Poison and Drug Centerで把握した、6~11%程度の薄いフッ化水素酸に曝露した237症例に関する検討では、全身症状をきたした症例はなかった。
 - ・医療機関から日本中毒情報センターに報告された経皮曝露33例中2例で血中カルシウム濃度の低下が認められたが、全身症状が出現した例はなかった。
- * 頭部および頸部曝露、全身曝露の場合
- 噴出したフッ化水素を顔面に浴びた等の事故の場合には、急激に全身状態が悪化し、数十分以内に心肺停止をきたして死亡することもある。
- ・血管が密に分布する顔面では急速に吸収されるので、ごくわずかな面積の曝露であっても全身性の影響が出ることがある。100%フッ化水素の体表面積の2.5%の顔面曝露での死亡が報告されている。
 - ・経皮のほか口腔内、呼吸器、眼への曝露も起こる可能性がある。
 - ・顔面あるいは頸部付近の曝露により、30分程度で心肺停止となり蘇生に反応せず死亡した2症例の剖検結果では、いずれも曝露部位の化学損傷以外に諸臓器、特に肺のうっ血が認められ、血中のフッ素イオン濃度が上昇していた。吸入による肺水腫、フッ素イオンとカルシウムの結合による低カルシウム血症、生成したフッ化カルシウム沈殿によるDICなどが直接死因と推定される。
 - ・全身の30%以上の曝露により25分程度で死亡した症例では、血中のフッ素イオン濃度が上昇していたが、肺のうっ血は部分的であった。気道内にフッ化

水素を吸引したことによる呼吸不全よりも、フッ素イオンの循環器系への直接的な作用により死亡したものと推定される。

[その他]

- ・直腸投与
 - ・6～8%HF液の直腸投与により、S状結腸穿孔を伴う重篤な直腸S状結腸の化学損傷の報告がある。患者は36時間治療が遅れたため、外科的直腸閉鎖と人工肛門形成術を受けた例がある。
 - ・8%HF+6%リン酸の直腸投与により死亡した症例がある。
- ・皮下注
7%HF含有サビトリ剤 5mL皮下注により全身症状(洞頻脈、重篤な低カルシウム血症、軽度の低ナトリウム血症、低カリウム血症、低クロル血症)を来した例がある。

[予後]

- ・経口
 - (1)致死的な摂取では循環不全や呼吸不全により2～4時間で死亡する。
 - (2)摂取後、24時間生存すれば予後は良好。但し回復までには長期間必要。
- ・吸入
吸入後、4日間生存すれば予後は良好。但し回復までには長期間必要。
- ・経皮
重度の皮膚化学損傷では皮膚の移植が必要となる場合がある。
抜爪や指切断に至った例がある。
- ・眼の受傷で失明することもある。

[慢性曝露]

- ・フッ化水素の気体や微粒子の長期曝露により、フッ素沈着症とその結果骨格異常をきたすことが報告されている。
- ・予後：回復までには1年以上要する。

12. 治療法

1) 予防対策

(1) 立入禁止区域の設定と避難

- ・漏出の場合は現場周囲の少なくとも半径50～100m(タンク・鉄道・輸送トラックの火災では半径800m)は、周囲にロープを張るなどして、許可された者以外は立ち入らないようにする。
- ・低い位置を避けて風上に避難する。必要であれば水で濡らした手ぬぐい等で口および鼻を覆う。

(2) 防護

- ・作業の際には必ず空気呼吸器その他の保護具を着用し、風下で作業をしない。
- ・保護メガネ、保護手袋、保護長ぐつ、特殊全身防護服(陽圧式防護服、陽圧型空気呼吸器)。
- ・消防服はフッ化水素漏洩時の保護服としては不十分である。

2) 汚染の持続時間

- ・環境中運命 資料なし

3) 除染

- ・汚染された衣服を脱がせ、直ちに眼、皮膚を洗浄する。
- ・眼は大量の流水または生理食塩水(室温)で15分以上洗浄、皮膚は大量の流

水で15分以上洗浄する。

4) 臨床検査

- ・内視鏡検査、食道レントゲン撮影、胸部レントゲン撮影
- ・心電図モニター
- ・電解質モニター

血中のカルシウム濃度、特にカルシウムイオン濃度の測定を定期的に行う。
電解質異常・アシドーシスの補正

5) 治療

- ・解毒剤・拮抗剤：有(カルシウム製剤)
- ・禁忌事項：経口の場合は催吐禁忌、塩化カルシウムの局所投与は禁忌
- ・皮膚の化学損傷面積が50cm²以上の患者は入院が必要である。
100cm(2)を超える場合や経口摂取、吸入、全身症状の徴候がある場合は、ICUに入院させる。
静脈路を確保し、不整脈の出現にそなえて直ちに12誘導心電図をとり、少なくとも24～48時間は厳重に観察する必要がある。
- ・血中のカルシウム濃度、特にカルシウムイオン濃度の測定を定期的に行う。

[概要]

(1) 基本的処置

経口の場合：希釈(牛乳、なければ水)、胃洗浄(摂取後90分以内)と粘膜保護を行う。

活性炭投与はフッ化水素を吸着しないため適応でない。

吸入の場合：すぐに新鮮な空気下に移し、衣服と皮膚の除染を行う。

速やかに100%加湿酸素投与を行う。

経皮の場合：ただちに大量のシャワーで少なくとも15～30分かけて十分洗う。

眼に入った場合：生理食塩水か等張塩化マグネシウム液か水ですぐに洗浄する

(2) 生命維持療法および対症療法

心電図、電解質モニター

血中のカルシウム濃度、特にカルシウムイオン濃度の測定を定期的に行う。

呼吸・循環管理、不整脈対策、電解質異常・アシドーシスの補正

(3) 特異的治療法

[解毒剤・拮抗剤]

A. カルシウム製剤の投与

カルシウムは速やかにフッ素イオンと沈殿を形成するので、フッ化物の皮膚曝露の際には体循環への吸収を阻止するために有効である。また、吸収されたフッ化物による全身性の低カルシウム血症にも有効である。

グルコン酸カルシウムが多用されているが、局所以外であれば、塩化カルシウムが使われることもある。(塩化カルシウムは刺激が強く局所投与禁忌。)

経口、経皮、吸入で全身症状が予想される場合：静注

吸入：2.5%グルコン酸カルシウムの吸入(有効であるというデータはない)

経皮：グルコン酸カルシウムゼリーの塗布、グルコン酸カルシウムの注入

a) 軽度の場合 グルコン酸カルシウムゼリーの塗布

b) 重症の場合 グルコン酸カルシウム液の注入

広く行われているのは皮下注入のみで、静脈注入、動脈注入については方法・有効性とも検討の段階であり、治療法として確立されていない。

眼：2.5%グルコン酸カルシウムの点眼(効果は立証されていない)

- B. マグネシウム塩、第四級アンモニウム塩、フッ化水素専用洗浄液 Hexafluorine^(R)
いずれも賛否両論があり、一般的な治療法ではない。

[排泄促進]

強制利尿：フッ化物は主に腎排泄であるため十分な利尿を確保する。
血液透析：フッ素とカリウムを除去するため必要となる場合もある。

[その他]

外科的処置：壊死組織切除、抜爪、皮膚移植など

[治療法詳細]

* 経口の場合

(1) 基本的処置

- A. 希釈：牛乳による希釈。なければ水(コップ1~2杯)でもよい。
- ・牛乳中のカルシウムイオンがフッ素イオンと結合し、フッ素イオンの浸透性を減少させるので有効。
 - ・内視鏡検査を予定している場合は、牛乳が粘膜表面を見えにくくし、検査を難しくするので、避けた方がよいかもしれない。牛乳を飲んだ場合は、内視鏡検査の前に水か生理食塩水で洗い流すべきである。
- B. 催吐：禁忌
- C. 洗浄：摂取後90分以内ならば柔らかい経鼻チューブにより胃内容物の吸引。引き続き胃洗浄。
- ・フッ素イオンによる全身症状を起こす可能性があるため、フッ化水素大量摂取の場合は胃吸引を行うことが望ましい。嘔吐がなく、摂取してからの時間が90分以内であれば、胃洗浄も考慮すべきである。
 - ・日本中毒学会の推奨する標準治療では、胃洗浄は強酸や強アルカリなどの腐食性毒物に関しては基本的に禁忌であるが、その解説によると最終的にはリスク(嘔吐を誘発する、穿孔や誤嚥の危険がある)とベネフィット(接触時間を短縮できる、吸収を防ぎ全身症状を軽減できる)を勘案した医師の裁量に任されようとする。
- フッ化水素の場合は、胃洗浄による穿孔の危険性よりも、フッ素イオンが吸収されることによって引き起こされる全身的影響の危険性のほうが致命的である。
- ・カルシウムがフッ素と結合する可能性があるため、洗浄液に10%の割合でグルコン酸カルシウムを加えてもよい。
- D. 粘膜保護：頻回の牛乳や酸化マグネシウムの投与
- ・塩化カルシウム液5mLを1Lの牛乳または水で希釈し、成人に200mL投与。
 - ・制酸剤(水酸化アルミニウムゲル)もフッ素イオンと結合するので有効。
- E. 吸着剤：解離したフッ素イオンが小さく活性炭に吸着しないため、活性炭の投与は有効ではないと考えられる。
- 他の中毒物質を併用したときのみ考慮する。

(2) 生命維持療法および対症療法

呼吸器と消化器穿孔、出血、循環器・電解質等のモニターが必要である。

A. 呼吸・循環管理

- ・静脈ラインを確保し、心電図で不整脈の出現を監視する。
- ・カルシウム、カリウム、マグネシウム、フッ素イオン濃度モニター
- ・症状がある場合は胸部X線

- ・吸入の事実が明らかでなくても出血性肺水腫を念頭において診療する。

B. 不整脈対策

- ・電解質異常、アシドーシス、低酸素状態により 2 次的に不整脈を起こす可能性があり、根本的な原因の特定と補正を行うべきである。
- ・キニジンが不整脈と高カリウム血症の治療に効果的であるという動物実験があるがヒトでは報告がない。

C. 電解質異常対策

- ・高カリウム血症
一般的な補正(炭酸水素塩、カルシウム、グルコース、インスリン等)
ただし、これらの方法で補正するのは難しく、血液透析や陽イオン交換樹脂によって除去するしかない。
- ・低カルシウム血症
グルコン酸カルシウムもしくは塩化カルシウム投与(特異的治療法参照)
- ・低マグネシウム血症
成人に 10%硫酸マグネシウム 1~2g を 15 分かけて静注あるいは筋注
小児には 25~50mg/kg/1 回 を 4~6 時間毎に 3~4 回投与
乳児には 20mg/kg をゆっくりと静注。マグネシウム濃度が正常になるまで 12 時間毎に 100mg 筋注投与する。

D. アシドーシス対策

- 炭酸水素ナトリウムで補正する。
- ただし、炭酸カルシウムが沈殿するので、カルシウム注入中には、アシドーシスを補正するための炭酸水素塩の投与は行うべきではない。

(3) 特異的治療法

[解毒剤・拮抗剤]

A. グルコン酸カルシウムまたは塩化カルシウムの静注

低カルシウム血症が出現あるいは示唆される場合は、補正目的で行う。

- ・吸収されたフッ化物による低カルシウム血症に有効である。
- ・高カリウム血症による循環器への影響を軽減する可能性がある。
- ・経験的に行われているが、有効性は確立されていない。
70%HF の体表 8%曝露例で重篤な低カルシウム血症(3.5mg/dL、4.1mg/dL)を起こしたが、化学損傷により生じた痂皮と血管内へのカルシウム注射により生存した例 3 例も報告されている。
- ・適応基準：経口摂取時や低カルシウム血症が発症した場合(テタニーなど)
経口、経皮、吸入にかかわらず重篤な曝露を受け、低カルシウム血症が予想される場合
- ・使用薬剤・投与量：
グルコン酸カルシウムの場合 10%溶液として 0.1~0.2mL/kg(10~20mg/kg)
 - ・Trevino らは 10%グルコン酸カルシウム液 20mL を 1L の晶質液に加え予防的に投与することを推奨している。
 - ・日本での製剤は 8.5%グルコン酸カルシウム注(カルチコール)であるので、0.12~0.24mL/kg となる。塩化カルシウムの場合 CaCl₂ として 2~4mg/kg(小児には 10~30mg/kg)
 - ・日本での製剤の場合、2%塩化カルシウム注射液では 0.1~0.2mL/kg(小児には 0.5~1.5mL/kg)、0.5 モル補正用液では 0.036~0.072mL/kg(小児には 0.18~0.54mL/kg)となる。

- ・用法：心電図をモニターし、10mLあたり10～15分かけてゆっくり静注する。症状が再発すれば、20分～30分ごとに繰り返し投与する。
- ・使用上の注意
 - ・血中のカルシウム濃度の測定を定期的に行う。
 - ・炭酸カルシウムが沈殿するので、カルシウム注入中には、アシドーシスを補正するための炭酸水素塩の投与は行うべきではない。

[排泄促進]

A. 強制利尿

フッ化物は主に腎排泄であるため、十分な利尿を確保する。

- ・軽度のアルカローシスがラットにおいてフッ化物の腎クリアランスを増加させたという報告があるが、ヒトの有効性は不明である。特にカルシウム注入中は、炭酸水素塩の投与を行うと炭酸カルシウムが沈殿するので、行うべきではない。

B. 血液浄化法

血液透析

- ・血清中の過剰なフッ素とカリウムを除去するため、透析が必要となる場合もある。フッ素は低分子イオンであり蛋白結合もなく容易に透析膜を通過する。薬物療法に反応しない高カリウム血症の改善には唯一有効な方法である。
- ・フッ化水素の経皮曝露で電解質が正常であるにもかかわらず心室性不整脈を起こしたが、血液透析により救命したとの報告がある。
- ・フッ化ナトリウムの経口摂取の際に透析を行い、良好な成績を上げたという2報告がある。

* 吸入の場合

吸入によって傷害を受けた可能性のある患者は、24～48時間はICUに入院させるべきである。

(1) 基本的治療

- ・すぐに新鮮な空気下に移し、衣服と皮膚の除染を行う。
- ・咽頭浮腫、肺炎、肺水腫、肺出血、全身症状をモニターする。
- ・全身毒性のリスクが高いため、できるだけ速やかに100%加湿酸素の投与を行い、ただちに適切な処置を始めるべきである。
- ・デュポン社のMSDSでは100%酸素の投与、24～48時間はICUで厳重管理すべきである。

(2) 生命維持療法および対症療法

- ・定期的な動脈ガス分析と胸部X線により厳重観察し、状況に応じて呼吸管理を行う。
- ・肺水腫は24時間以上遅れて発症することもあるので注意する。
- ・ステロイドと抗生剤は安易に使うべきではない。
- ・必要に応じて、経口の場合に準じて治療する。

(3) 特異的治療法

[解毒剤・拮抗剤]

- ・全身症状に対しては、経口に準じ、グルコン酸カルシウムの静注を行う。
- ・2.5%グルコン酸カルシウムの吸入
 - ・Trevinoらは2.5%グルコン酸カルシウムの噴霧を推奨しているが、実証する

データはなく、効果は立証されていないなどの報告もある。

- ・有効であるというデータはないが、有害作用なく患者が耐えられるので、試みる価値はある。10%グルコン酸カルシウム 1.5mL を滅菌蒸留水か生理食塩水 4.5mL に加え、100%酸素と一緒にネブライザーで吸入させる。
- ・デュポン社の MSDS では
速やかに、座位で 2.5%グルコン酸カルシウム液+30mL 生理食塩水をネブライザーを使用し、20 分吸入させる。

* 経皮の場合

- ・フッ化水素による化学損傷の治療は、1. ただちに除染する、2. カルシウム投与などによりフッ素イオンの毒性を抑える、の二段階からなる。
- ・皮膚の化学損傷面積が 50cm² 以上の患者は入院が必要である。また 100cm² を超える場合や全身症状の徴候がある場合は ICU に入院させ、24~48 時間は観察すべきである。
- ・希釈液への短時間曝露で受傷面積が 50cm² 以下の場合は、直後の処置ののち慎重なフォローアップが必要である。直後に診察を受けたうえ、無症状の場合は痛みが生じた時点で、生じなくても 24 時間後には再受診すべきである。

(1) 基本的処置

A. 洗浄：ただちに大量のシャワーで洗浄しながら、汚染した衣類を除く。

- ・眼を保護するゴーグルは最後にはずすこと。
- ・少なくとも 15~30 分、十分に洗う
ただし洗浄時間にこだわり他の治療の妨げにならないようにする
- ・フッ化水素曝露専用洗浄液 Hexafluorine^(R)の使用を勧める報告がある。
→(3)特異的治療 [解毒剤・拮抗剤] D. Hexafluorine^(R)参照

B. 病院搬入前処置

- ・2.5%グルコン酸カルシウムゼリーが現場に常備されている場合は、水洗後ゼリーを汚染部位にぬり、ゼリーを浸透させない手袋をつけマッサージをつづけながら病院に搬送する
- ・冷却したアルコールや 4 級アンモニウム化合物(塩化ベンザルコニウムや塩化ベンゼトニウム)アルコール溶液に浸した布で覆う

(2) 生命維持療法および対症療法

- ・軽度の場合、1~4 時間の観察
無症状でも 24 時間後には再受診すべきである。
- ・重症の場合、心電図、血中カルシウム濃度を含む電解質のモニター。
体表 65cm² 以上の化学損傷の場合には、心電図、血中カルシウム濃度を含む電解質のモニターをする。
- ・必要に応じて、経口の場合に準じて治療する。

(3) 特異的治療

[解毒剤・拮抗剤]

A. カルシウム投与

カルシウムイオンは速やかにフッ素イオンと沈殿を形成するので、フッ化物の皮膚曝露の際には体循環への吸収を阻止するために有効である。

皮膚はカルシウムを透過させないため、外用剤塗布、皮下注入、静脈注入、動脈注入など、種々の方法が試みられている。

全身症状に対しては、経口に準じ、グルコン酸カルシウムもしくは塩化カルシ

ウムの静注を行う。

a) 軽度の場合 グルコン酸カルシウムゼリーの塗布

もっとも頻繁に行われており、選択すべき治療法である。

濃度 6~11%の薄いフッ化水素に曝露した程度であれば、洗浄とグルコン酸カルシウムゼリーの塗布が痛みに対し最も有効である。

皮下への浸透を防ぐという目的から考えると、曝露した可能性があればフッ化水素の濃度にかかわらず、また症状がなくても使用を開始すべきであろう。

・適応基準

皮膚の軽度の化学損傷の場合、

- ・濃度 70%のフッ化水素曝露など重篤化が予想される場合も、初期治療として行われている。
- ・痛みが 45 分以上持続するようであればさらに積極的な治療が必要である。

・使用薬剤

グルコン酸カルシウムゼリー製剤

- ・イギリス・エセックス社やカナダでは H-F Antidote Gel^(R)として市販されている。
- ・日本では未承認薬であるため、院内製剤とする。
- ・水溶性軟膏基剤 30g(およそ 30mL)にグルコン酸カルシウム 1g の割合で混合したゲルを用意する。
- ・代表的な調整法(poisindex)

a) 緊急製剤として、

グルコン酸カルシウム(USP) 3.5g
水溶性潤滑ゼリー(例: K-Y Jelly^(R)) 5 オンス(141.75g 150mL)
を混合する。

b) グルコン酸カルシウム粉末がない場合には炭酸カルシウム錠を粉砕し利用する。

日本では沈降炭酸カルシウム粉末が医薬品集に収載されている
炭酸カルシウム 6.5g 相当(650mg 錠の場合 10 錠)
K-Y Jelly 20mL

c) その他の可溶性のカルシウム塩(乳酸カルシウムなど)も理論的には代用可能である。ただしグルコン酸カルシウムの代用として塩化カルシウムを局所には使用しない。

(塩化カルシウム自体が刺激作用を有し、傷害を重篤化するため)

・方法

ゼリーを浸透させない手袋をつけ、洗浄の後、2.5%グルコン酸カルシウムゼリーで痛みがおさまるまで約 15 分程度マッサージする。

- ・できるだけ早期にゼリーを投与すれば症状の回復も早い。
- ・壊死による凝固性の塊がある場合には取り除いてから塗布する。
- ・少なくとも 4 時間ごとに観察し、塗布しなおす。
- ・推奨されている塗布方法はさまざまで、45 分から数時間、痛みがなくなるまでと幅がある。
- ・痛みをモニターにして各所の処置を行う。
痛みがなくなるかどうかが良い指標となり、痛みが戻ればゲルを再塗布する。