

硫化水素

0. 概要

0.9. 中毒学的薬理作用

- ・チトクロムオキシダーゼ阻害作用

硫化水素はシアンと同様、ミトコンドリア内のチトクロムオキシダーゼの Fe(3+) と結合し、酵素を阻害、細胞呼吸を障害し、低酸素症、中枢神経系細胞の直接障害を引き起こす。

- ・皮膚粘膜刺激作用

水に溶けやすいため粘膜の水分に溶け、比較的low濃度で眼、気道、皮膚粘膜を刺激する。 16、18、21)

- ・中枢抑制・呼吸抑制作用

高濃度では直ちに中枢抑制、呼吸抑制を引き起こす。 21)

- ・頸動脈洞、呼吸中枢に対する刺激作用

高濃度では頸動脈洞刺激による反射性の窒息、呼吸中枢の過剰刺激のため起こる無呼吸による窒息 5、7)

0.11. 中毒症状

- ・眼、気道を刺激し、気道刺激が強い場合、暴露後 24-72 時間で肺水腫が出現することがある。 16)
- ・致死の暴露時は昏睡、呼吸抑制、振せん、複視、チアノーゼ、痙攣、頻脈が特徴的。 1、16)
- ・800~1000ppm では一呼吸以上ではほぼ即死する。ノックダウンといわれるくらい急激で、失神の際の転倒や転落でけがをすることがある。 18)、24)
- ・経皮暴露の場合、全身症状を現すほどではない。 18)

(1) 循環器系: 血圧低下または血圧上昇

不整脈; 頻脈、徐脈、不整脈 1)

重症では頻脈は一般的である。持続的な心房細動が発生したという報告がある。

これらは通常大量曝露で、低酸素症と乳酸アシドーシスを伴う。 24)

心筋梗塞 16)

(2) 呼吸器系: 気道刺激、呼吸抑制、呼吸停止

非致死の濃度; 胸部圧迫感、呼吸抑制、呼吸困難、チアノーゼ、気管支炎、肺水腫 1、16、18)

肺水腫; 気道刺激が強い場合、暴露後 24-72 時間に出現することがある。 16)

高濃度; 急速に呼吸麻痺を起こし、突然の虚脱を引き起こす。

800~1000ppm・30分曝露で、呼吸停止

(3) 神経系: 中枢神経抑制(呼吸抑制を伴う)

非致死の濃度; 頭痛、発汗、めまい、嗅覚欠如、過敏性、ふらつき歩行、見当識障害、傾眠、脱力、混乱、せん妄 16)

高濃度; 急激な呼吸麻痺を伴う窒息性痙攣、昏睡、死亡 16)

(4) 消化器系: 流涎、悪心、嘔吐、下痢 1、2、16)

(5) 泌尿器系: まれにアルブミン尿、円柱尿、血尿 16)

(7) その他

*酸・塩基平衡: 乳酸アシドーシス 1、16)

*皮膚: 強い疼痛、痒疹(かゆみ)、焼けるような感じ、発赤、紅斑 1、16)

重度曝露; チアノーゼ 16)

凍傷;液化ガスに直接接触すると、凍傷を起こす。 16)

皮膚の緑色化;長時間・高濃度暴露時にまれにみられる。 23)

*眼 :強い刺激作用による結膜炎、結膜充血、眼痛、角膜水疱、複視、眼瞼痙攣
 焼けるような感じ、流涙を伴う眼刺激、羞明

*鼻 :嗅覚疲労 16)

0.12. 治療法

*吸入の場合 1、16、18)

・呼吸・循環器機能の維持管理:その場で致死することが多いので、直ちに酸素投与及び補助的治療を行う。

・観察基準:遅れて(72時間まで)呼吸器系症状が出現することがあるので、症状のある患者はすべて入院させ、平均48時間程度は経過観察する。 16)

症状のない患者は暴露後6~8時間観察した後、退院させてもよい。27)

初期に意識不明だった患者の場合、1週間以内に再検査を行い、遅発性の神経後遺症について調べる。27)

(1) 基本的治療

A. 新鮮な空気下に移送

B. 呼吸不全を来していないかチェック

C. 暴露された粘膜・皮膚表面は大量の水と石鹼で洗う。

D. 保温し、安静を保つ。

E. 救助者・医療者は二次災害を避けるために適切な呼吸保護具、保護衣等を使用する。

(2) 対症療法

A. 酸素投与:必要に応じて気道確保、100%酸素投与、人工呼吸等を行う。 16)
 口うつし人工呼吸は避ける。 18)

B. 痙攣対策

C. 低血圧対策

D. 肺水腫対策

E. 硫酸アトロピン投与:副交感神経の過度の興奮による症状に有効。
 但し、チアノーゼのある時は禁忌 1、16)

・心停止:1mg 静注、症状が続く場合、5分以内に反復投与

・徐脈・コリン作動性症状:

成人:0.5-1mg を静注または気管内投与。

必要ならば、5分毎に最高2mg(0.04mg/kg)まで反復投与。

0.5mg 以下ではかえって徐脈を引き起こすことがある。

小児:0.02mg/kg を静注、気管内投与、骨内投与。

必要ならば、5分毎に最高1mg まで反復投与。

0.1mg 以下ではかえって徐脈を引き起こすことがある。 16)

F. その他の治療法:

・交換輸血;全ての治療で改善がみられないなら、特に小児や幼児で有効 1)

・チオペンタール投与/低体温療法:酸素代謝率を減少させ、低酸素症による中枢神経障害を防止。 14)

G. 検査:動脈血液ガスモニター、胸部X線検査、心機能モニター 16)

メトヘモグロビン濃度(亜硝酸塩療法施行時)、尿量、尿分析 16、24)

(3) 特異的治療法：

A. 亜硝酸塩療法 1、16、18)

亜硝酸塩が赤血球内のヘモグロビン(Hb)中の2価の鉄イオンを3価の鉄イオンに酸化し、メトヘモグロビン(Met-Hb)となり、硫化物に対してチトクロムオキシダーゼの3価の鉄イオンと競合することによってチトクロムオキシダーゼを保護し、重篤な酸素欠乏症を防ぐのに有効かもしれない。劇的な効果は期待できないものの、一応試みるべき治療である。 18)

[用法・用量]

シアン及びシアン化合物の場合の用法・用量に準じて投与する。 24)

亜硝酸アミルの吸入（亜硝酸ナトリウムがすぐ準備できる場合は、省略してよい）に続いて、亜硝酸ナトリウムを静注する。

1) 亜硝酸アミル吸入

日本医薬品集では亜硝酸アミルは硫化水素中毒での適応は認められていない。

- ・ 自発呼吸がある場合、1回1管(0.25mL)を被覆を除かずそのまま打ち叩いて破碎し内容をガーゼ等の被覆にしみ込ませて鼻孔に当てて吸入させる。 24、25、29)
- ・ 自発呼吸がない場合バッグマスク等の呼吸器経路内に1回1管(0.25mL)を被覆を除かずそのまま打ち叩いて破碎したアンプルを投入し内容を吸入させる。 25)
- ・ 亜硝酸ナトリウムの準備ができるまで100%酸素と交互に30秒間/分吸入
24、29、31)

2～3分毎に新しいアンプルを使用する。 24、25、29)

2) 亜硝酸ナトリウム静注

日本に医薬品の市販製剤はない。試薬(特級)の亜硝酸ナトリウムを用いて3%溶液に調整する。

成人：3%溶液10mLを、血圧低下を避けるため20分以上(通常15～20分)かけてゆっくり静注。

(医療薬日本医薬品集には3%溶液10mLを3分間で静注との記載がある

25)

- ・ 臨床症状の改善がみられない場合、初回投与30分後に初回量の半量を反復投与してもよい。但し、亜硝酸ナトリウムの再投与は、重大な合併症(血圧低下、過剰のメトヘモグロビン血症)がない場合に限られる。 24、29)

小児：3%溶液0.12～0.33mL/kg(但し10mL迄)を20分以上(通常15～20分)かけて静注する。 24)

注)チオ硫酸ナトリウム：硫化水素中毒では使用しない。

B. 高圧酸素療法(HBO)

HBOの効果は不明であるが、重篤な硫化水素中毒で酸素投与、亜硝酸塩療法により症状の改善が見られない場合、HBOは有用かもしれない。 10、16)

*眼に入った場合 1、2、16)

(1) 基本的処置

大量の微温湯(室温)で少なくとも15分以上洗浄

(2) 対症療法

洗浄後も刺激感や疼痛、腫脹、流涙、羞明などの症状が残るなら、眼科的診療必要
その他、必要であれば、吸入の場合に準じて治療する。 16)

*経皮の場合 1、16)

(1) 基本的処置

直ちに付着部分を石鹸と水で十分洗う。

(2) 対症療法

洗浄後も刺激感、疼痛が残るなら医師の診察必要

A. 凍傷対策: 16)

(1) 基本的処置: 保温する

- ・できるだけ早く 42℃で速やかにあたためる。
- ・完全に保温できない場合はあたためない。
- ・患部を 40-42℃の湯浴に 15～30 分浸す。

患部に赤みが戻るまで保温を続ける。

- ・保温中は鎮痛剤が必要となることがある。

(2) 対症療法:

- ・全身的な低体温がある場合、皮膚の血管拡張を増強するので補正する 7)
- ・組織の血流回復のために薬剤を使用することは論議中である。
- ・初期に明らかな組織壊疽が現われない限り、外科的処置は最後の手段とすべきである。

B. その他: 必要であれば、吸入の場合に準じて治療する。 16)

1 5. その他

1) 初期隔離

i) (HSDB) 32)

漏出・漏洩地域は直ちに少なくとも周囲 100～200m(330～660feet)は隔離する。許可なく立ち入らせない。風上に立つ。ガスは空気より重く、地面に沿って広がり低所もしくは密閉空間(下水道、地下、タンク)に集まる。低所には立ち入らせない。立ち入る前に閉鎖的空間を換気する。

少量の漏出: まず周囲 60m(200feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.2km

(0.1miles)にいる人々、夜間は 0.5km(0.3miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出: まず周囲 125m(400feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.3km

(0.2miles)にいる人々、夜間は 1.4km(0.9miles)にいる人々を保護する。

ii) (HAZARTEXT) 33)

少量の漏出: まず周囲 30m(100feet)を隔離する。ついで日中は風下方向 0.2km

(0.1miles)にいる人々、夜間は 0.3km(0.2miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出: まず周囲 215m(700feet)を隔離する。ついで日中は風下方 1.4km

(0.9miles)にいる人々、夜間は 4.3km(2.7miles)にいる人々を保護する。

注意: 漏出量が 200L に満たない場合は少量の漏出と考える。大量の漏出は 200L 以上である。

防護措置を要する距離は 11km(7miles)で、実際の距離は、実際の距離は大気の状態を確認してより広範囲にする。蒸気が谷間やもしくは高層建築物群間に流れ込む場合、大気中での上昇気流による混合がより少なくなるので防護の距離はもっと広範囲にする。日中の漏出では、強い逆転層の地域や雪に覆われたところ、日没近くで安定した風がふいているところは防護の距離を広げる必要がある。このような状況では、空気によって運ばれてきた汚染物質の混合や散乱はより遅延し、

より遠くの風下まで運ばれる。加えて、防護措置を要する距離は、液体の漏出の場合あるいは戸外の気温が 30℃を超えているときにはより広範囲になる。

火災時

i) (HSDB) 32)

タンク、列車、タンクローリー等が火災に巻き込まれている場合、周囲 1600m(1miles)を隔離し、同時に周囲 1600m(1miles)について初期避難を考慮する。

2)漏洩時の除染

i) (HSDB) 32)

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。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。

- 1) 全ての発火原因を除去する。
- 2) ガスを分散させるために漏出・漏洩場所を換気する。
- 3) 漏出がガス状なら漏れを止める。もし容器からの漏洩で漏洩を止めることが出来ないなら、漏洩容器を開放空間の安全な場所に移動し漏洩を止めるか容器が空になるまで開放する。
- 4) 漏出が液状なら蒸発させる。

火災時

i) (HSDB) 32)

漏洩を止めることが出来る場合を除いて、漏洩したガスの炎を止めてはならない。

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、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家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

3) 廃棄法

i) (化学防災指針集成：日本化学会編者) 34)

共通項目：濃厚な廃液の処分は、アフターバーナーとスクラバーを備えた焼却炉などの焼却施設で焼却して処理する。また、焼却できない希薄な廃液は安全な容器に保存し、必要な処理を施して廃棄する。もしくは回収免許をもつ処理業者に処理を依頼する。

[参考資料]

1. POISINDEX (R) ;53rd Edition
2. Clinical Toxicology of Commercial Products;5th Edition, 1984.
3. 鶴飼卓;<救急治療シリーズ>中毒;中外医学社, 1985.
4. 9586 の化学商品;化学工業日報社, 1986.
5. 産業中毒便覧 増補版;医歯薬出版, 1981.
6. 新内科学大系 60B 中毒Ⅱ;中山書店, 1979.
7. FM Audeau et al;INDUSTRIAL MEDICINE, Hydrogen sulphide poisoning; associated with pelt processing. New Zealand Med J 1985;13;145-147.
8. Roger P. Smith;Hydrogen Sulfide Poisoning. Journal of Occup Med 1979;21;93-97.
9. 中毒ハンドブック (DREISBACH;handbook of POISONING);廣川書店, 1984 “硫化水素”, “シアン化水素”
10. Martin J. Smilkstein et al;Hyperbaric oxygen therapy for severe hydrogensulfide poisoning. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;27-30.
11. Jerry B. Vannatta;Hydrogen Sulfide poisoning. Report of Four Cases and Brief Review of the Literature. OSMA JOURNAL 1982; 75;29-32.
12. Daniel D. Whitcraft;Hydrogen sulfide poisoning treated with hyperbaric oxygen. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;23-25.
13. Fumisuke Matsuo;Neurological Sequelae of Massive Hydrogen Sulfide Inhalation. Arch Neurol 1979;36;451-452.
14. Adriano G Ravizza. et al;THE TREATMENT OF HYDROGEN SULFIDE INTOXICATION;OXYGEN VERSUS NITRITES. SCIENTIFIC REPORTS. 1982.
15. 日本中毒情報センター収集症例.
16. POISINDEX:HYDROGEN SULFIDE, VOL. 96, 1998.
17. 12695 の化学商品, 化学工業日報社, 1995.
18. 内藤裕史:中毒百科, 南江堂, 1991.
19. NIOSH:Registry Toxic Effects of Chemical Substance, VOL. 36, 1998.
20. 日本化学会編:化学防災指針集成, 丸善, 1996.
21. Matthew J.E. & Donald G.B. :Medical Toxicology, 2nd edition, Elsevier, 1997.
22. Goldfrank, L. R. et al:Toxicologic Emergencies, 5th edition, Appleton-Century-Crofts, 1994.
23. 龍野嘉紹他:急性硫化水素中毒死の4事例-皮膚の緑色化および硫化ヘモグロビンについて-. 日法医誌, 40(3), 308-315, 1986.
24. Rumack BH & Spoerke DG(eds): HYDROGEN SULFIDE, POISINDEX(R) Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 115, 2003.
25. 日本医薬情報センター編集:医療薬日本医薬品集. じほう. 東京, 2002. pp981.
26. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック. (第IV巻). 丸善, 東京, 2000. pp370-371.
27. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック臨床編. (第II巻). 丸善, 東京, 2000. pp842-845.
28. 津田征郎:下水道管内清掃作業中の硫化水素中毒死亡例. 日本災害医学会会誌 1992 ; 40(1) : 7-11.

29. Rumack BH & Spoerke DG(eds): CYANIDE POISINDEX(R)
Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 115, 2003.
30. 斎藤徹: 青酸化合物, 救急医学, 12(10):1380-1389.
31. Goldfrank, L. R. et al: Toxicologic Emergencies, 6th edition,
Appleton-Century-Crofts, 1998.
32. Hazardous Substance Data Bank: HYDROGEN SULFIDE, VOL. 55, 2002.
33. HAZARDTEXT(R): Hazard management: HYDROGEN SULFIDE, VOL. 55, 2002.
34. 財団法人日本化学会, 化学防災指針集成 I. 丸善株式会社, 東京, 1996, pp125-128.
35. 松島知秀, 東尊秀, 金井透 他: 硫化水素中毒で中等症、重症、DOA にて搬入された 3 症例.
中毒研究 1995;8(4), pp454-455.
36. 14102 の化学物質. 化学工業日報社, 東京, 2002. pp288-289.

1 6. 作成日

20030331