

症 例 報 告

室内火災現場から救出され、致死濃度の血中シアン濃度を呈したが生存退院した1例

磯川修太郎, 服部 賢治, 渡辺 悠, 遠矢 希, 大谷 典生, 石松 伸一
聖路加国際病院救急部・救命救急センター

原稿受付日 2019年2月25日, 原稿受領日 2019年7月2日

A case of a fire survivor with lethal cyanide concentration caused by smoke inhalation in an enclosed-space

Shutaro Isokawa, Kenji Hattori, Yu Watanabe, Nozomi Toya, Norio Otani, Shinichi Ishimatsu
St. Lukes International Hospital Emergency and Critical Care Medicine

Summary (Jpn J Clin Toxicol 2019 ; 32 : 415-419)

The patient in this case was a woman in her 30s who was transported to our hospital after being rescued by the fire brigade. A fire had broken out in enclosed her room after she had returned home inebriated and fallen asleep. On arrival, the patient showed impaired consciousness (Glasgow Coma Scale score of 3), lactic acidosis (14.8 mmol/L), and carboxyhemoglobin and methemoglobin levels of 38.7% and 2.5%, respectively, as well as laryngopharyngeal soot adhesion and burns on the back of the neck (<1% superficial dermal burns). She was treated with 100% oxygen therapy via tracheal intubation and ventilator support. Blood cyanide concentration exceeded the potentially lethal level of 4.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$; however, she recovered and was discharged on day 5 after admission. Considering the exposure time of carbon monoxide and hydrogen cyanide and the function as a scavenger of methemoglobin produced by inhalation of nitrogen oxides, the half-life of cyanide in the bodies are important, when the blood cyanide concentration and toxicity are interpreted.

Key words : hydrogen cyanide, blood cyanide concentration, enclosed-space fires, smoke inhalation, methemoglobin

はじめに

火災現場の傷病者では、一酸化炭素中毒に加え、化学繊維などが燃焼して生じたシアン化水素を吸入し、シアン中毒が合併し得る¹⁾。とくに、明らかな

熱傷がなく乳酸値が10 mmol/L以上ではシアン中毒合併の可能性が高いとされている²⁾。法医学領域では、死因検索の過程でシアン中毒の検索がなされ、火災現場で死亡した患者のシアン血中濃度を検討した報告は多いが、臨床現場ではシアン化物の血中濃度を迅速に測定することができないため、本邦において火災現場から救出された生存例のシアン血中濃度を調べた報告は少ない。今回、火災現場から搬送され、来院時の血中シアン濃度が致死濃度に達して

著者連絡先：磯川修太郎
聖路加国際病院救急部・救命救急センター
〒104-8560 東京都中央区明石町9-1
E-mail : isoshuta@luke.ac.jp

Table 1 Laboratory data on admission

| 〈Chemistry〉 | | 〈CBC〉 | |
|-----------------|---------------|--|------------------------------|
| BUN | 7.6 mg/dL | WBC | 13,500/ μ L |
| Cre | 0.53 mg/dL | Hb | 18.7 g/dL |
| T-Bil | 0.3 mg/dL | Hct | 40.2 % |
| AST | 40 U/L | PLT | 25.7 $\times 10^4$ / μ L |
| ALT | 20 U/L | | |
| LDH | 189 U/L | 〈Coagulation〉 | |
| ALP | 138 U/L | PT-INR | 1.14 |
| CK | 68 U/L | APTT | 30.1 sec |
| CK-MB | 49 U/L | | |
| Na | 143 mEq/L | 〈Bloodgas analysis (FiO ₂ 1.0)〉 | |
| K | 2.6 mEq/L | pH | 7.224 |
| Cl | 106 mEq/L | PCO ₂ | 33.0 mmHg |
| CRP | 0.04 mg/dL | PO ₂ | 290 mmHg |
| Glu | 294 mg/dL | HCO ₃ ⁻ | 13.1 mEq/L |
| NH ₃ | 23 μ g/dL | COHb | 38.7 % |
| EtOH | 190.2 mg/dL | MetHb | 2.5 % |
| Troponin T | 0.003 ng/mL | Lac | 14.8 mmol/L |

いたにもかかわらず、独歩退院となった一酸化炭素中毒とシアン中毒の合併例を経験したので報告する。なお、本研究は、所属施設の倫理委員会の承認を得ている（承認番号 18-R109, 2018 年 10 月 24 日）。また、患者本人より論文掲載に関して同意を得ており、個人情報保護に基づき匿名化している。

I 症 例

患 者：30 歳代，女性。

既往歴：なし。

喫煙歴：なし。

現病歴：来院当日、泥酔した状態で自宅マンションに帰宅し寝ていたところ、自室から出火した。消防隊が先着し、ドアの施錠を破壊して救出された。救急隊接触時のバイタルサインは、JCS 300, 呼吸数 30 回/min, SpO₂ 84%, 脈拍数 120 回/min, 血圧 98/60 mmHg, 体温 35.6℃であった。酸素 10 L/min マスク投与しながら、覚知から約 45 分後に当院救命センターに搬送となった。

来院時現症：気道は開通しているが、鼻腔・口腔内に煤の付着があり、呼吸は浅く、補助換気を施行、呼吸音に明らかな wheeze なし、SpO₂ 92% (酸素 10 L/min 投与下), 脈拍数 102 回/min・整, 119/62

mmHg, 意識レベルは GCS E1V1M1 で、瞳孔は左右とも 2.5 mm で対光反射は鈍、体温 33.8℃であった。後頸部に 1%未満のⅡs 熱傷を認めた。

検査所見：動脈血液ガス分析・血液検査 (**Table 1**) では、乳酸アシドーシス、一酸化炭素濃度と血中エタノール濃度の上昇、低カリウム血症を認めた。また、頭部 CT 検査では意識障害の原因となり得る器質的異常は認めなかった。

来院後経過 (Fig. 1)：ビデオ喉頭鏡で咽喉頭を観察すると煤の付着があり、明らかな気道狭窄所見は認めなかったが意識障害を合併していたため、気管挿管による確実な気道確保と人工呼吸管理下の 100%酸素投与を行った。気管支鏡検査では、末梢気管支にまで煤の付着を認めた。集中治療室入室後、100%酸素投与を継続し速やかに意識状態とアシドーシスは改善した。入院第 3 病日に呼吸状態の悪化なく抜管した。入院第 5 病日に明らかな高次機能障害は認めず、独歩退院とした。退院後に判明した来院時の血中シアン濃度は 4.9 μ g/mL と致死濃度に達しており、第 2 病日に採取した血中シアン濃度は 0.055 μ g/mL と低下していた。

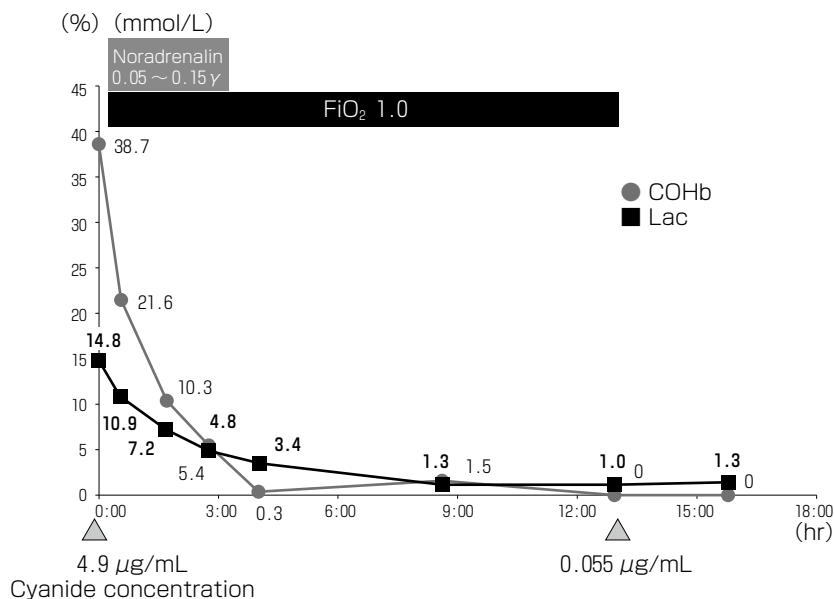


Fig. 1 Time course of carbon monoxide, lactate, and cyanide concentrations after arrival our hospital

COHb : carboxyhemoglobin, Lac : lactate

II 考 察

火災現場で発生する煙の成分は、燃焼した物体や現場の酸素量、燃焼した温度などによって異なる。シアン化水素はプラスチックやビニール、アクリル、ウール、シルク、ナイロン、ポリウレタンなどの窒素を含む有機物が燃焼すると発生し、閉鎖空間から救出された火災傷病者では約 50%に検出される³⁾。火災現場ではシアン化水素に加え、一酸化炭素や窒素酸化物などの吸入の影響も受けるため、シアン化物単独の中毒とは分けて考えなければならない。シアン化水素は低分子であり、脂溶性であるため細胞への拡散と透過が早く、体内に吸収されると、細胞内のミトコンドリアにあるチトクローム・オキシダーゼの活性中心にある鉄イオンに結合して細胞内呼吸を障害する⁴⁾。シアン化水素の効果は濃度や曝露時間と相関するが、シアン化水素単独でも死亡し得る。

一酸化炭素の検出は臨床現場において迅速かつ容易に可能であるが、シアン化水素は迅速に結果を得ることができず、臨床現場において早期に認知することが難しい現状がある。シアンを迅速に検出することはできないが、意識障害、血圧低下、徐脈、高

乳酸血症などに加え、閉鎖空間での煙の曝露や上気道の煤付着などを認める場合は積極的に疑う必要がある¹⁾。とくに、乳酸値は一酸化炭素濃度よりも、シアン濃度との相関があることが示されており、意識障害や昏睡を示す一酸化炭素単独の中毒患者では乳酸値の上昇は平均 2.8 mmol/L であるが、シアン中毒ではより高値になるため、> 10 mmol/L をカットオフにシアン中毒を疑うことが重要とされる⁵⁾。本症例は、マンションの 1 室という閉鎖空間で発生した火災であり、鼻腔に煤の付着を認めていたことにあわせ、血液ガス分析で乳酸値が 14.8 mmol/L と上昇していたため、シアン中毒の合併を強く疑った。

本症例において血中シアン濃度の分析は、患者の全血試料 0.1 mL を使用した。前処理は、コンウェイガラス微量拡散器の外室に、血液 0.1 mL と超純水 0.87 mL、1 M アスコルビン酸水溶液 0.03 mL を内室に入れ、0.1 M NaOH 水溶液を 1 mL 加え、ガラス蓋を閉めて 1 時間静置した。その後、ガラス蓋を開けて外室に 10% 硫酸 1 mL を加え、直ちにガラス蓋で密閉し、外室の試料と加えた硫酸を混和、血中からシアンを遊離させ 1 時間静置して内液の NaOH 水溶液にシアンを吸収させた。1 時間後、内

室のシアン吸収溶液を分析試料として採取し、液体クロマトグラフィーで分析を行った。液体クロマトグラフィーの移動相には0.2 mM 過塩素酸ナトリウムを含む100 mM 酢酸緩衝液(pH 5.0)を用い、カラムはTSK-gel SAX (150×6 mm I.D.)を用いた。カラムで分離後、0.1%クロロミンTで塩化シアンに酸化したのち、ピリジンおよびバルビツール酸と反応させて生じた化合物を蛍光検出(吸収波長583 nm, 蛍光波長607 nm)した。なお、移動相の流速は0.2 mL/min, ポストカラム蛍光誘導体化試薬の流速は0.2 mL/minとし、カラム温度および反応温度は室温とした。本法分析条件では、シアンの検出下限は0.005 $\mu\text{g}/\text{mL}$ である。

血液中のシアンは4°Cで安定しており、温度の上昇とともに濃度の低下が顕著である¹⁾と報告されており、本症例では全血検体の採取後から2~8°Cの冷所保存を行い、その後24時間以内に冷凍保存とした検体を用いた。健常人における血中シアン濃度は0.005~0.025 $\mu\text{g}/\text{mL}$ であったと報告されており、0.5~1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ は軽症、1.0~2.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ は中等症、2.0~3.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ は重症、3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 以上が致死濃度とされている²⁾。また、シアンの消失半減期は約1時間といわれており⁴⁾、生存例では病院到着後の検体採取のタイミングによって、血中濃度は変化し得ると考えられる。本症例では来院後すぐに採取された検体で、シアン濃度を測定したところ4.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ と致死濃度に達するシアンが検出された。

一般的に火災傷病者は熱傷、外傷、smoke inhalationを伴っている可能性があり、死因の60~80%は一酸化炭素やシアン化水素などのsmoke inhalationである²⁾。また、エタノールを摂取していると火災現場から逃げ遅れsmoke inhalationを合併しやすく死亡率上昇に寄与するとの報告や⁶⁾、火災現場で酸素欠乏するような状況がある場合、一酸化炭素中毒やシアン中毒により死亡に至るまでの時間が大幅に短縮されるという報告がある⁷⁾。本症例は、酩酊状態で帰宅後にマンションの1室という閉鎖空間で発生した火災であり、死亡のリスクは非常に高かったと考えられるが、独歩退院することができた。致死濃度を呈したが転帰良好であった要因として、

3点あげられる。

第一に、救出までの時間が短く、一酸化炭素やシアンの曝露が短時間であった可能性があげられる。飲酒などによる意識障害を伴っている場合、火災現場から逃げ遅れることで死亡のリスクが上昇し得ると考えられるが、本症例の場合は閉鎖空間での火災であったにもかかわらず熱傷の程度が軽かった点からも、比較的速やかに火災現場から救出されたと推測される。第二に、本症例では一酸化炭素やシアンに加え、窒素酸化物を同時に吸入することで、体内にメトヘモグロビンが形成され、メトヘモグロビンがシアンのスカベンジャーとしてシアンの毒性を軽減していた可能性がある⁸⁾。1%のメトヘモグロビンは約2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ のシアンと結合するとされており⁸⁾、本症例では動脈血血液ガス分析でメトヘモグロビンが2.5%と上昇していたことから、火災現場で発生した窒素酸化物を吸入し、体内でメトヘモグロビンが生成されていたのではないかと推察される。火災犠牲者による報告では、シアン中毒を考慮する必要があるのは、死亡時の血中シアン濃度が高い事例のうち、カルボキシヘモグロビン飽和度が低く、メトヘモグロビンが検出されない場合であるとされており、病院へ搬送された火災傷病者においてもメトヘモグロビンの検出がシアンの毒性評価に影響する可能性がある。複数のガスを吸入する火災傷病者では、低濃度のメトヘモグロビンであっても、人体に害を及ぼす可能性はあるが、シアンのスカベンジャーとしての役割も重要であり、火災傷病者における来院時のメトヘモグロビン濃度に関する検討が必要と考える。第三の要因として、検体採取のタイミングである。前述のとおり、シアンの半減期は1時間程度とされており、生存例では検体の採取するタイミングによって、シアン血中濃度は大きく変化すると考えられる⁹⁾。岩崎らの火災によるシアン中毒では、来院後約1時間後のシアン血中濃度が4.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ で、第6病日に低酸素脳症で死亡した症例が報告されている。本症例では来院時の血中濃度が4.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ であり、値だけの比較であれば、岩崎らの報告よりも高いが、シアン半減期を考慮すると岩崎らの症例では来院時点のシアン血中濃度は本症例よりも

高かったことが推測される。上記のように、火災現場から救出された患者では、火災現場の環境要因や患者要因、検体に関する要因などが病状・毒性評価に影響し得ると考える。

結 語

火災現場から搬送され、来院時の血中シアン濃度が致死濃度に達していたにもかかわらず、独歩退院となった一酸化炭素中毒とシアン中毒の合併例を経験した。血中シアン濃度とシアンによる毒性の解釈は、火災の状況、検体採取の状況を考慮に入れる必要がある。

謝辞

本症例の血中シアン濃度検査にご協力いただいた千葉大学大学院医学研究院法医学 安部寛子先生に感謝の意を表します。

[利益相反]

本論文に開示すべき利益相反はない。

【文 献】

- 1) 守屋文夫：火災ガス：一酸化炭素、シアンガスを中心に。中毒研究 2015 ; 28 : 339-45.
- 2) Anseeuw K, Delvau N, Burillo-Putze G, et al : Cyanide poisoning by fire smoke inhalation : A European expert consensus. Eur J Emerg Med 2013 ; 20 : 2-9.
- 3) Hamad E, Babu K, Bebart VS : Case Files of the University of Massachusetts Toxicology Fellowship : Does this smoke inhalation victim require treatment with cyanide antidote? J Med Toxicol 2016 ; 12 : 192-8.
- 4) Lawson-Smith P, Jansen EC, Hyldegaard O : Cyanide intoxication as part of smoke inhalation : A review on diagnosis and treatment from the emergency perspective. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2011 ; 19 : 14.
- 5) 岩崎泰昌, 奈女良昭, 宇根一暢, 他 : 室内火災の現場より救出され、一酸化炭素中毒を合併したシアン中毒傷病者の1例。日救急医学会誌 2014 ; 25 : 797-803.
- 6) Barillo D, Rush BF Jr, Goode R, et al : Is ethanol the unknown toxin in smoke inhalation injury? Am Surg 1986 ; 52 : 641-5.
- 7) Alarie Y : Toxicity of fire smoke. Crit Rev Toxicol 2002 ; 32 : 259-89.
- 8) Moriya F, Hashimoto Y : Chemical factors affecting the interpretation of blood cyanide concentration in fire victims. Leg Med (Tokyo) 2003 ; 5 : S113-7.
- 9) Clark CJ, Campbell D, Reid WH : Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors. Lancet 1981 ; 1 : 1332-5.

要旨

症例は30歳代女性。泥酔した状態で自宅に帰宅し寝ていたところ閉鎖空間であった自室から出火し、消防隊により速やかに救出され当院搬送となった。来院時、意識障害(GCS合計点3)、乳酸(14.8 mmol/L)とカルボキシヘモグロビン(38.7%)、メトヘモグロビン(2.5%)濃度上昇、咽喉頭への煤の付着、後頸部熱傷(1%未満のSuperficial Dermal Burn)を認め、気管挿管・人工呼吸管理による高

濃度酸素投与を行った。来院時の血中シアン濃度は4.9 μg/mLと致死濃度を超えていたが、第5病日に独歩退院した。火災現場での一酸化炭素やシアンの曝露時間や窒素酸化物の同時吸入により産生されるメトヘモグロビンのスカベンジャーとしての機能、シアンの半減期を考慮することは、血中シアン濃度とシアンによる毒性の解釈の際に重要である。