

症 例 報 告

大気中の酸素濃度を測定することにより
二酸化炭素中毒を推測し得た1例

中 道 嘉, 一 林 亮, 鈴木 銀河, 山 本 咲,
芹 澤 響, 渡辺 雅之, 本 多 満
東邦大学医療センター大森病院救命救急センター

原稿受付日 2020年11月2日, 原稿受領日 2021年8月11日

Carbon dioxide poisoning diagnosed by measuring atmospheric oxygen concentration : A case report

Yoshimi Nakamichi, Ryo Ichibayashi, Ginga Suzuki, Saki Yamamoto,
Hibiki Serizawa, Masayuki Watanabe, Mitsuru Honda
Department of Critical Care Center, Toho University Medical Center Omori Hospital

—Summary— (Jpn J Clin Toxicol 2021 ; 34 : 295–298)

An 18-year-old man was found in a cardiopulmonary arrest state in his bathroom and was transferred to our hospital by ambulance. The bathroom was found sealed with tape with a large amount of dry ice for attempting suicide. On presentation, his heartbeat was revived by prearrival resuscitation. The abnormally high partial pressure of arterial carbon dioxide suggested that the dry ice in the sealed bathroom must have decreased the oxygen concentration, leading to cardiopulmonary arrest. He was hospitalized in an intensive care unit for treatment. His altered state of consciousness did not improve, and he died on the 10th day after hospitalization. Although carbon dioxide is considered a low-risk gas, it becomes lethal when its atmospheric concentration exceeds 10%. In our case, while dry ice was found in the bathroom, the carbon dioxide concentration was not measured on the spot. Instead, we suspected carbon dioxide poisoning due to the high estimated carbon dioxide concentration (23.8%) derived from the atmospheric oxygen concentration at the site. We conclude that measuring atmospheric oxygen concentration at the incidence site can be instrumental in diagnosing carbon dioxide poisoning.

Key words : carbon dioxide intoxication, dry ice, oxygen concentration in the atmosphere

はじめに

二酸化炭素 (以下 CO_2) による中毒死の多くは,
 CO_2 消火装置の誤作動, ドライアイス貯蔵庫などの

長時間滞在などにより生じる。報告される件数は少ないが, 死亡率は 30~50% と非常に高い¹⁾。何らかのガス中毒を疑うとき, CO_2 が発生する環境であれば CO_2 中毒を疑うことができる。しかし, 環境からガス中毒の原因を予測できない場合は診断に難渋する。われわれは自宅浴室内でドライアイスを認め, 原因が特定できなかったものの何らかのガス中毒と思われる心肺停止症例に対して, 現場の酸素 (以下

著者連絡先: 中 道 嘉
東邦大学医療センター大森病院救命救急センター
〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1
E-mail : yoshimi.nakamichi@med.toho-u.ac.jp

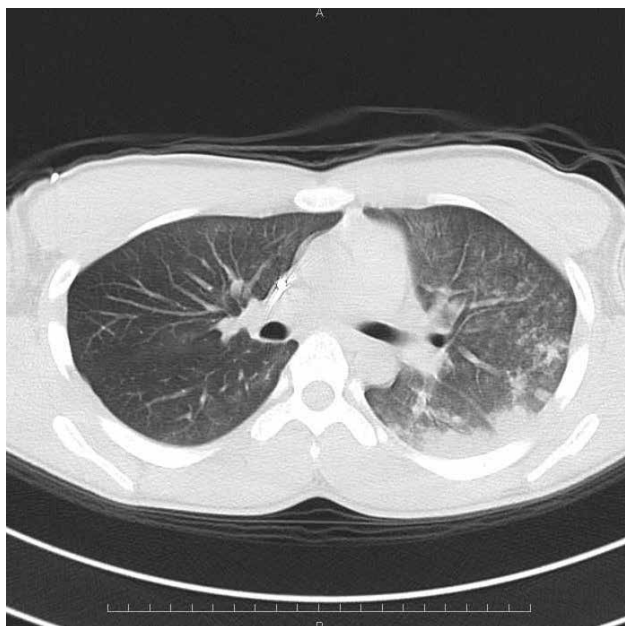


Fig. 1 Chest CT



Fig. 2 Head CT

O₂) 濃度測定から CO₂ 中毒を推測し診断に至った症例を経験したので文献的考察を加えて報告する。

本報告は個人情報保護法に基づき、匿名化している。そして、家族より論文掲載に関して同意を得ている。

I 症 例

患 者：18 歳，男性。

主 訴：心肺停止。

既往歴：特記すべきことなし。

服用薬：特記すべきことなし。

現病歴：夕方に帰宅した家族が、自宅浴室内で応答のない患者を発見した。浴室内は内側から目張りがされ施錠されていたため入ることはできなかった。救急車を要請し救急隊により患者は浴室内から救出されたが心肺停止状態であった。泡沫状の分泌物が口腔内にあり、化学物質による中毒の疑いがあった。救急隊はラリングアルチューブによる気道確保と胸骨圧迫を行った。搬送中に自己心拍が再開し病院に到着した。

来院時現症：JCS Ⅲ-300，体温 36.3℃，呼吸数 0 回/min，脈拍数 120 回/min・整，血圧 142/78 mmHg，SpO₂ 100%（100% O₂ 投与で補助換気下），

瞳孔散大，対光反射なし。

血液検査所見：動脈血血液ガス所見では pH 6.975，PaCO₂ 97.5 mmHg，PaO₂ 89.3 mmHg，BE -14.2 mmol/L，乳酸 10 mmol/L であった。血液検査では白血球 16,400 /μL であるが，CRP 0 mg/dL 値の上昇は認めなかった。AST 336 U/L，ALT 236 U/L と肝逸脱酵素の上昇，肝酵素の上昇を認めた。

尿中薬物スクリーニング：陰性。

画像所見：胸部 CT で左肺野背側を主に浸潤影と肺水腫を認めた (Fig. 1)。頭部 CT では皮髄境界が不明瞭で脳溝の消失と著明な脳浮腫を認めた (Fig. 2)。

来院後経過：救急隊の事前情報で，原因不明の化学物質による中毒が疑われたため，防護服を着用し屋外にて患者を脱衣させ水除染を行った。ラリングアルチューブを挿管チューブに入れ替え入院とした。現場追加情報で浴槽内と洗い場に大量のドライアイスが発見され，消防隊が化学災害時に常備しているガス測定器で浴室内 O₂ 濃度が 18% であったことが判明した。救出後に化学機動中隊による現場確認により本人が倒れていた周囲の O₂ 濃度は 16% と測定された。ガス検知器では一酸化炭素，二酸化硫黄の

Table 1

	O ₂ (%)	estimated CO ₂ (%)	actual CO ₂ (%)
Sato ⁵⁾	18.86 ~ 19.31	8.04 ~ 10.19	7.28 ~ 9.07
Yamamoto ⁶⁾	13.25	36.9	40

検出はなかった。CO₂ 検出器は携帯していなかった。血液・画像検査で明らかな心停止の原因となる疾患の除外、現場状況、現場室内 O₂ 濃度から CO₂ 中毒と診断した。対症療法を施行したが、平坦脳波で意識改善も認めず第 10 病日に死亡した。

II 考 察

CO₂ は通常大気中に 0.03% ほど存在し、無色無臭の気体である。大気中の CO₂ 濃度が 3% 以上で呼吸困難の中毒症状が出現する。10% 以上では 5~10 分で意識障害など中枢神経症状および循環障害が出現し致死濃度とされる。30% 以上になると即時に呼吸停止を起こし心停止に至ると報告されている^{1)~3)}。CO₂ が高濃度に発生する環境や CO₂ 濃度を測定できる機器を携帯していれば診断は容易であるが、そのような状況でなければ診断は困難となる。とくに心肺停止に至った場合は、血中 CO₂ 分圧は上昇していることが多いので中毒を疑う理由にはならない。

本症例の現場の追加情報よりドライアイスが発見されたので、われわれは CO₂ 中毒を想起できたが、死因が中毒死であるかは確定できなかった。佐藤、池田らの報告⁴⁾では、ガス中毒発生現場の O₂ 濃度低下よりも CO₂ 濃度上昇のほうに死に至る可能性が高いとしている。高濃度 CO₂ (80%) と O₂ (20%) の混合ガスを作成し、イスに曝露させる実験では呼吸停止まで 1 分、心停止まで 10 分であった。このことから心停止に至ったのは低酸素血症ではなく、CO₂ 毒性によるものと結論づけている⁴⁾。

密閉空間において患者が倒れていた付近の O₂ 濃度は 16% であった。この空間において CO₂ 以外の気体が発生していないと仮定し、現場の O₂ 濃度 16% から推定 CO₂ 濃度を計算した。[大気中 O₂ 濃度 21% – 患者付近の O₂ 濃度 16%]/大気中の O₂ 濃度 21% × 100 から 23.8% が推定 CO₂ 濃度と導き出される⁵⁾。この濃度は致死濃度とされている 10%

を超えており心肺停止の原因と考えられた。CO₂ 中毒の報告症例では事故の再現により O₂ 濃度と CO₂ 濃度を測定しているものが多く、事故現場の実際の O₂ 濃度が記載されたものは少ない。事故現場の O₂ 濃度の記載がある 2 症例について同様に計算したところ Table 1 のようになり推定 CO₂ 濃度と実測値で大きな差はなかった⁵⁾⁶⁾。以上より現場 O₂ 濃度から CO₂ 濃度が推測できれば CO₂ 中毒を診断できると考えられた。

そのほかに CO₂ 中毒を疑う所見として、肺水腫があげられる。過去の CO₂ 中毒の報告では、画像所見で肺水腫、身体所見で口腔内からの泡沫状分泌物が指摘されている⁶⁾。本症例でも救急隊接触時と気管挿管時に泡沫状の分泌物を確認している。画像検査でも肺水腫の所見を認めており、これらは病院前と入院後に CO₂ 中毒を疑う一所見となり得ると考えられた。もちろん塩素ガス中毒やその他のガス中毒でも肺水腫を認めるため、CO₂ 中毒を強く疑う単独の所見にはならない。

また、本症例では原因不明の中毒疑いであったため水除染まで施行したが、CO₂ 中毒の場合気体汚染のため脱衣などの乾的除染で十分であると考えられる⁷⁾。

CO₂ 中毒は一酸化炭素中毒と異なり後遺症を残すことは少ないとされている。しかし特異的な治療法はなく、高濃度 CO₂ 環境から早期に離脱することが重要とされる。CO₂ 中毒による死亡患者の剖検例では、脳組織数カ所に脳軟化所見が認められ、これが中枢神経障害を引き起こす原因と考えられている⁸⁾。

よっていったん心停止にまで至ると意識が回復することは困難であると考ええる。CO₂ は無色無臭の気体であり、致死的な高濃度であった場合、10 分以内に心停止に陥る可能性がある⁴⁾。また、救助者や

救急隊は現場活動をする際に十分に注意する必要がある。密閉空間での意識障害を生じて倒れている患者がいる場合、ガス中毒が疑われ泡沫状の分泌物を認め、ドライアイスが置いてあることやCO₂消火装置の作動などCO₂が発生する環境が確認されれば、現場のO₂濃度を測定し推定CO₂濃度を計算することでCO₂中毒環境にあるかどうかの判断が可能になる。以上より予期せぬ心停止を予防できる可能性がある。

結 語

ドライアイスでCO₂を発生させ自殺をした1症例を経験した。CO₂自体は大気中に存在しており、その危険性についての認識がない。原因不明のガス中毒が疑われ、CO₂が発生する環境下が確認された場合、現場のCO₂濃度が測定できなくても、O₂濃度を測定することでCO₂中毒を診断できる可能性が示唆された。

〔利益相反〕

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

【文 献】

- 1) 内藤裕史：二酸化炭素中毒その1. 中毒研究 2018 ; 31 : 373-85.
- 2) 高橋正好：二酸化炭素と人体. 安全工学 1998 ; 37 : 352-7.
- 3) 内藤裕史：中毒百科；事例・病態・治療，改訂第2版，南江堂，東京，2001，pp181-5.
- 4) Ikeda N, Takahashi H, Uematsu K, et al : The course of respiration and circulation in death by carbon dioxide poisoning. Forensic Sci Int 1989 ; 41 : 93-9.
- 5) 佐藤寛見，田中敏子，笠井謙多郎，他：船倉タンク内で二酸化炭素中毒により溺死した作業者の剖検例. 産業医大誌 2009 ; 31 : 353-8.
- 6) 山本浩貴：ドライアイスによる急性二酸化炭素中毒の一例. 帯厚医誌 1998 ; 1 : 145-7.
- 7) 大友康浩：CBRNE テロ・災害. 日本救急医学会監修，救急診療指針，改訂第5版，へるす出版，東京，2018，pp719-23
- 8) 黒木尚長，山崎元彦，中村正巳，他：二酸化炭素中毒の1剖検例とその発症のメカニズム. 法医病理 2001 ; 7 : 46-53.

要旨

症例は18歳，男性。自宅浴室内に心肺停止で発見され，当院に救急搬送された。浴室内はテープで密閉されており，自殺のため大量のドライアイスが持ち込まれていた。病院前の蘇生行為により来院時は心拍が再開していた。本症例は密室におけるドライアイスの存在と浴室内酸素濃度の著明な低下，来院時の動脈血二酸化炭素分圧の異常高値からドライアイスで二酸化炭素濃度が著明に上昇し心肺停止に至ったと考えた。集中治療室に入院し治療したが，意識障

害は改善せず第10病日に死亡確認となった。二酸化炭素は危険性の低い気体であると考えられているが，大気中の濃度が10%を超えると致死濃度になる。本症例は現場でドライアイスが発見されたが二酸化炭素濃度の測定は行わなかった。しかし，現場の大気中酸素濃度から導き出された推定二酸化炭素濃度(23.8%)の高値により二酸化炭素中毒を疑った。二酸化炭素中毒の診断は現場での大気酸素濃度測定が参考になる。