

【症例報告】

スプレー缶入り変声用ヘリウム酸素混合ガス吸入による脳動脈ガス塞栓症

土居 浩¹⁾, 長崎 弘和¹⁾, 山川 功太¹⁾, 沖 剛²⁾, 林 宗博³⁾
東京都保健医療公社荏原病院 脳神経外科¹⁾
日赤医療センター 小児科²⁾
日赤医療センター 救急科³⁾

【和文要約】

12歳女児がテレビ局の企画でスプレー缶入り変声用ヘリウム酸素混合ガス吸入直後に昏睡となり、痙攣重積で救急搬送。発症当初の脳CT,MRIともに特記所見なく、第6病日の痙攣再発作時にMRI拡散強調画像で多発虚血病巣を認め、第7病日に当院搬送。当日再圧治療（米海軍 Treatment Table5）中に左片麻痺の改善を認め脳動脈ガス塞栓症と診断。その後リドカイン持続使用（72時間）併用し、再圧治療（米海軍TT6）を4回施行。その後徐々に神経所見の改善を認めた。さらに当初視力低下と視野の障害が著明であったが、通常の高気圧酸素治療（2気圧、1時間）10回施行後完全寛解を認めた。運動麻痺は改善したが、若干の高次脳機能障害は残存し、発症後第36病日で独歩退院。脳動脈ガス塞栓症が潜水に起因しない圧外傷によっても発症し得ることを示した。

キーワード 再圧治療, リドカイン, 圧外傷

【Case report】

Cerebral gas embolism resulting from inhalation of canned pressurized helium-oxygen

Hiroshi Doi¹⁾, Hirokazu Nagasaki¹⁾, Kouta Yamakawa¹⁾, Tuyoshi Oki²⁾, Munehiro Hayashi³⁾

1) Department of Neurosurgery, Tokyo Metropolitan Health and Medical Corporation Ebara Hospital

2) Department of Pediatrics, Japanese Red Cross Center

3) Department of Emergency Medicine, Japanese Red Cross Center

A 12 year old girl suffered a sudden loss of consciousness and an epileptic seizure immediately after inhaling canned pressurized helium-oxygen during a TV variety show. As the results of a CT scan of her head and an MRI were within normal limits at the onset of the symptoms, she was given an anticonvulsant agent. On the sixth day, she again suffered multiple epileptic seizures and an MRI examination showed ischemic cerebral changes and infarction suggesting cerebral arterial gas embolism (CAGE). She was transferred to our hospital on the seventh day and was given a trial treatment using Treatment Table (TT) 5, followed by adjuvant therapy of 72-hour lidocaine infusion. For the next four days, she was treated daily with TT6, resulting in a remarkable improvement of the symptoms. She received an additional 10 daily sessions of hyperbaric oxygen treatment (2 ATA for 60 min on oxygen) and left the hospital on the 36th day with slight sequelae. It should be noted that although CAGE resulting from pulmonary barotrauma is normally associated with diving activity, it could also occur from pulmonary barotrauma arising from activity unrelated to diving.

keywords recompression treatment, lidocaine, barotrauma

【緒言】

欧米ではヘリウム吸入（ヘリウム100%の缶）による自殺企図などもあるが、これは窒息同様酸素欠乏による生命危機のためである。一方今回と同様に欧米で変声用のヘリウムガス入りスプレー缶（ヘリウム80%酸素20%）吸入による脳動脈ガス塞栓症の報告もあり、危機管理がなされつつあるが、本邦では全く危機管理がなされておらず、変声用のヘリウムは通常のショップやネットでの購入が容易である。今回テレビ局内での番組の企画という場面で突然の意識障害で搬送され、脳動脈ガス塞栓症を呈した症例を本邦でも経験したことから、詳細を報告する。この報告に関しては、荏原病院倫理委員会で患者、および家族に対しての配慮を十分に検討し、承諾書を頂き報告となっている。

症例：12歳女兒

既往歴：熱性けいれんが乳幼児期に4回。その他の既往はなし。

現病歴：2015年1月28日午後6時ころ、テレビ局スタジオ内にて5人の女兒で変声用のヘリウムガス入りスプレー缶（ガス容量5000ml、ヘリウム80%酸素20%の混合ガス）1本とその他の4本（空気を含め圧縮ガスは含まれず）を吸入し、だれが当たるかという企画の元、患児が左手で鼻をつまみ、右手でスプレー缶を吸入し、缶を離れたところで、右手が震え5秒後には後方に転倒、強直性間代性けいれんが始まる。すぐにテレビ局のスタッフが蘇生処置を行い、他院救命センターに搬送。救急隊到着時は意識レベル20、SpO₂が89%の低酸素血症であった。

経過：救命センター到着時に意識レベルはJCS200、GCS（E1V2M4）が遷延。心肺停止はモニター上なかったと思われ、気管内挿管、人工換気は行われていない。録画されたビデオ上での現場の蘇生処置では皮下気腫、縦隔気腫を呈するものではないと推測された。

頭部CTでは右頭頂葉に若干低吸収域があったが（Fig1a）、空気あるいはガスによる影響は検出されず。胸CTで広範囲の皮下・縦隔気腫および気胸を認めた（Fig1b）。翌日も左半身優位の痙攣を認め、頭MRI施行。拡散強調画像を含め異常信号は認めなかった（脳の虚血やてんかん重積の時に認める高信号を

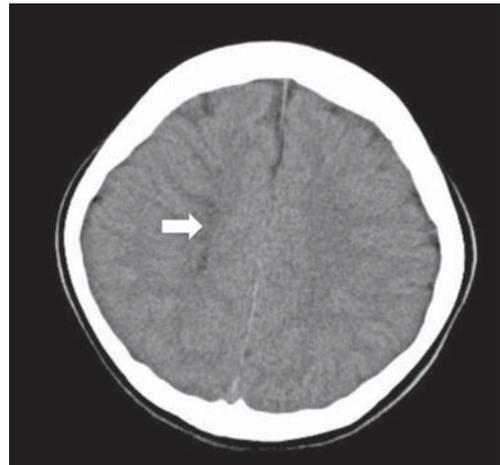


Fig1a : Initial brain CT. arrow shows low density

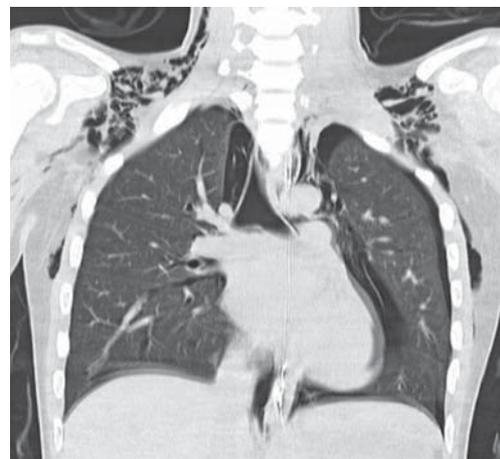


Fig1b : Initial chest CT

呈する所見も認めなかった）（Fig2a,b）。脳波では右後頭部に棘徐波を認めた。その後痙攣のコントロールを抗痙攣剤であるレベチラセタム中心に行いコントロールはできたが、第6病日に再度痙攣があり、頭部MRIを再検したところ右半球を中心に広範囲・多発性の拡散低下を認め（Fig3a）、頭部CTでも同部位に低吸収域を認めた（Fig3b）。この時点で脳動脈ガス塞栓症を疑い、2月3日（第7病日）、当院転院となった。

当院到着時の現症：意識レベルは前医と同様。四肢麻痺を呈していた（左Manual Muscle Testing1/5、右MMT3/5）。瞳孔所見は左右差もなく、発症当初の散大はなく速やかな対光反射も認めた。

当院での経過：当初は代謝性脳症なども否定はできなかったが、経過からまずは高気圧酸素治療（再圧治療）を考慮し準備を始めた。当初は米海軍 Treatment

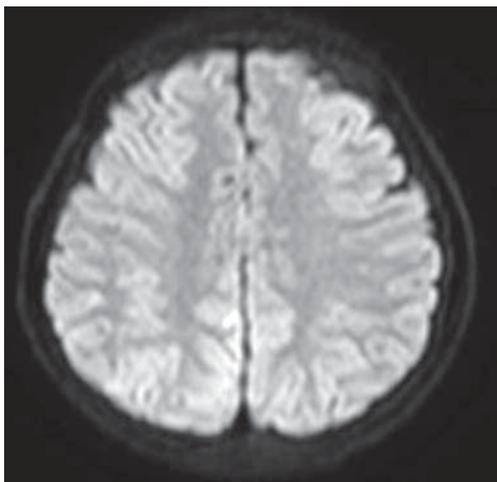


Fig2a : MRI diffusion 1 day after the accident shows no abnormality

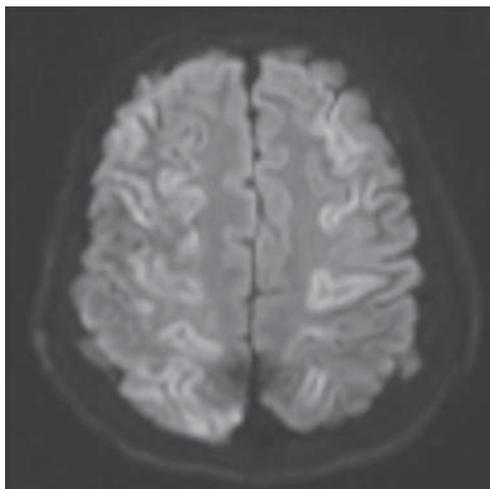


Fig3a : MRI diffusion 5days after the accident

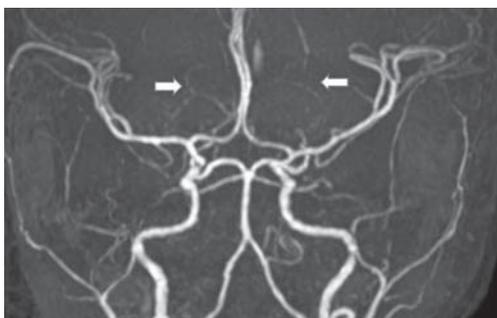


Fig2b : MRA 1 day after the accident : arrows show the lack of posterior cerebral artery (PCA)

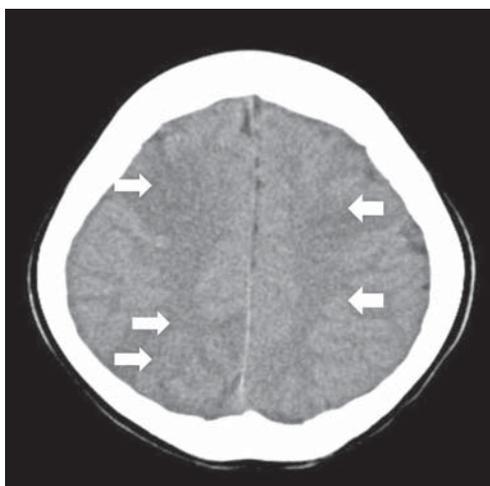


Fig3b : brain CT 5days after the accident shows multiple ischemic lesion (arrow)

Table 6 (TT6) を考慮したが、気胸がまだわずかに残存しており、TT6は危険と考え、転院した当日にTT5を施行することとした。

家族には気胸という条件で再圧治療は危険である旨を説明したが、脳の広範囲の障害悪化を考慮すると施行はやむを得ないと理解をいただき、医師同室の元、再圧治療を行った。治療中2.8気圧まで上昇し、1時間弱で麻痺側の上下肢の動きが著明に改善したことから、脳動脈ガス塞栓症の確診を得た。

第1回目の再圧治療後胸CTを施行したところ、気胸の再発はないことを確認し、ICU管理、および床上のリハビリテーションを開始した。自発呼吸は安定しており、リドカインの持続点滴（1回目の再圧治療後72時間持続使用）をしながら、第8病日より毎日TT6による再圧治療をさらに4回施行。発症第12病日の2月8日に発語が初めて認められた。その時点で

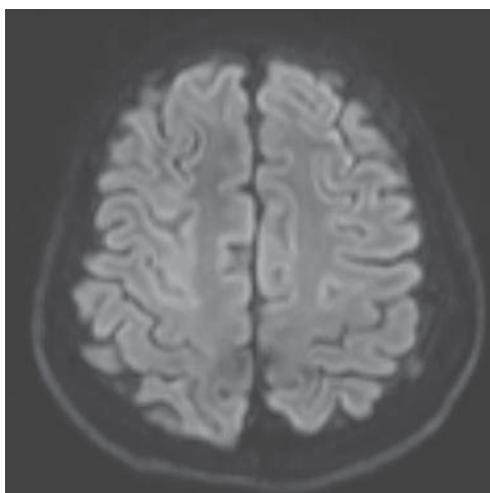


Fig3c : MRI diffusion 10days after the accident

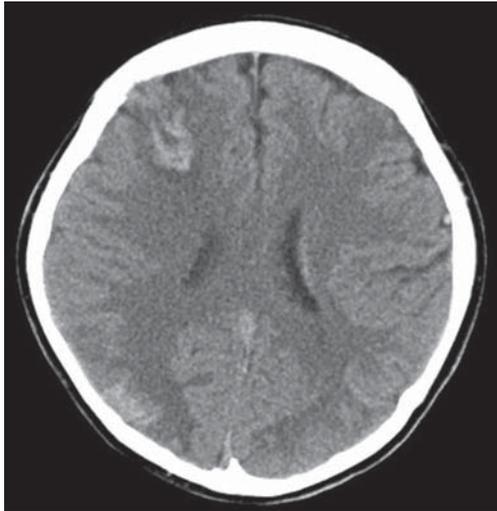


Fig4a : Brain CT 10days after the accident shows suspected hemorrhagic infarction

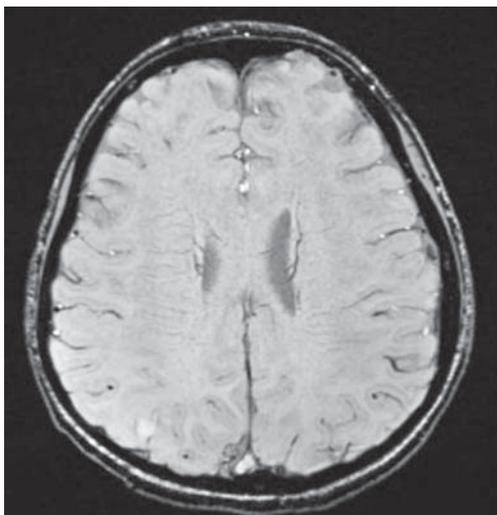


Fig4b : MRI SWI 10days after the accident shows no bleeding

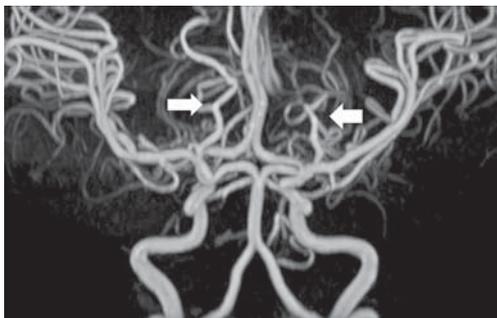


Fig4c : MRA 10days after the accident shows bi. PCA clearly as compared with Fig 2c (arrows)

頭CTを撮ったところ高信号を認め (Fig4a), 出血性脳梗塞を疑った。頭部MRIのSWIで出血は認めず (Fig4b), luxury perfusionと診断した。脳MR angiography (MRA) では後大脳動脈再開通が証明された (Fig4c)。

その後も低酸素脳症およびluxury perfusionによる脳浮腫のことも考慮し, 2気圧, 1時間による高気圧酸素治療を10回追加施行。途中2月11日には簡単な命令に応じ動作が可能になり, 臨床心理士や作業療法士により各種検査を開始した。

当初は視力低下および視野の障害が著明で, 視野は中心視野周囲がわずかに見えるのみであった。また高次脳機能障害は著明であった。計算能力, 漢字の読みなども不能の状態であった。握力に関して左は測定不能, 右も10Kg以下であった。その後, 理学療法士, 作業療法士, 言語聴覚士, 臨床心理士の十分な管理及びリハビリテーションにより, 著明な改善を認め, 歩行も可能, 計算能力, 書字能力の改善も認め, 脳MRIで拡散低下は縮小し, 3月4日 (第36病日) に独歩退院。

小学校に復学, 卒業式にも独歩で参加した。視力および視野もほぼ改善し, 日常生活での困難は改善, 左握力も15Kgに改善し, 50 m走も11秒と運動面では問題なくなり, 4月には中学校に進学している。現在レベチラセタムの内服は継続中である。退院時の脳MRIはフレアー画像で高信号部位の残存は認められたが, 病巣範囲は縮小した。

【考案】

この事案は小児科学会で発症当初の状況が報告されている¹⁾。当初テレビ局の事情聴取にて本当に変声用ヘリウムガス入りスプレー缶を噴射して患児がガスを吸入しているか疑問という報告もあり, 皮下気腫, 気胸, 縦隔気腫も, 現場で行われた救急蘇生の際, 胸部圧迫によるものと推測された。スプレー缶による圧負荷と断定できなかった。その後のテレビ局で録画された蘇生時の画像を見て, 蘇生時の心臓マッサージによる肺胞へのbarotraumaではないと考えた。さらに同じ変声用ヘリウムガス入りのスプレー缶噴射を閉鎖腔で再現したところ約4気圧に上昇したことから,

われわれもスプレー缶による肺胞への圧負荷による barotrauma であると判断した。

発症早期に頭部CT、および頭部MRIにて所見がなく、熱性けいれんの既往なども考慮されて、脳動脈ガス塞栓症の診断前は、てんかん発作重積、脳炎や代謝性疾患も鑑別に上がらざるを得ない状況であったと思われる。脳動脈ガス塞栓症の画像に関して頭部CT、頭部MRIともに正常であることが多いとは報告はされていない。救急医療の分野でもこの疾患の診断に関して病歴だけでせざるを得ないことが多いと思われる。今回は発症当時のヘリウムガス入りスプレー缶使用の有無などで混乱もあったことから、文献に行きつくことが遅れたと思われる。

本邦では今回の事故のような報告はないが、1996年にPaoらが報告²⁾し、その後Mitchellら、Tretiakらの報告^{3, 4)}の3例同様報告が認められる。われわれも当初は疑診であったが、再圧治療の効果で確診し、これらの文献にたどり着いた。発症に関しては、この患児に心エコー含め精査を行い右左シャントないことから、肺胞への圧外傷で肺静脈を介して左心系のガス塞栓で、大動脈から脳へのガス塞栓をきたしたと考えている。解剖学上右頸動脈の方が優位に損傷されるとされているが、今回は視野障害著明で後大脳動脈領域も広範囲に障害されているところから椎骨脳底動脈にもガスがかなり存在したと思われる。これは第2病日の頭部MRIで拡散の低下などがなかったが、MRAで脳全体の血流低下が推測され (Fig2b)、特に後大脳動脈の描出不良が認められた。その後当院でのMRAを見ると明らかに描出の改善が認められている (Fig4c)。

脳の虚血においてMRI拡散強調画像での評価が最も重要である。脳の微小塞栓などでは、発症3時間では確実に拡散低下が認められるが、脳動脈ガス塞栓症での明確な報告はない。前述した欧米の報告例もMRI所見には触れていない²⁻⁴⁾。したがって、脳動脈ガス塞栓症の場合、臨床経過および発症形式での判断が重要となる。また潜水の減圧過程で生じた空気塞栓症でもairが検出されないことが多い。つまり減圧症において想定される小さな気泡はCT上検出されないくらい微量な気泡が多い。しかし経過中MRI

拡散強調画像で高信号は認めることがある。このことから脳動脈ガス塞栓症を疑った場合、1回のCT,MRIだけで判断するのではなく、臨床症状が継続する場合再検も重要となる。

発症機序に関して、自分が吸う分だけのガスを能動的に吸入した場合には過膨張は発生せず、ノズルを咥えながらスプレー缶のボタンを押し続けて、肺活量を超えても受動的に吸入した場合には肺過膨張が起こるのではないかと思われた。またMalhotraらにより、わずかに気道内圧差が60-80mmHg (8.0-10.7kPa)程度でも肺組織に障害を起こすことがありうると報告されている⁵⁾。したがって今回のヘリウムガス入りスプレー缶の事故は小児において危険であると、小児科学会で報告はあったが、成人でも十分にありうる状況と示唆された。

肺胞のbarotraumaに関して空気の吸入ではなく今回ヘリウムガス80%が重要な素因ではないかと推察もし、文献にあたったが、そのような報告は認められなかった。したがって圧縮した気体を含有するスプレー缶を今回のような使用によって同様の現象が起こることも推測された。しかし空気の80%を占める窒素に比しヘリウムは分子量が小さく膜の透過性が高いことから、今回の脳内のガスが空気のみではなくヘリウムも存在していることが推測され、脳動脈空気塞栓症ではなく脳動脈ガス塞栓症とした。

治療に関しては減圧症での脳空気塞栓症として高気圧酸素治療が重要であることが知られているが、この治療が通常の高気圧酸素治療ではなく、TT6を中心とした再圧治療である²⁻⁵⁾。しかし本邦での救急医療領域では浸透していない現実があり、今回の報告に至ったという次第である。また補助療法としてはリドカイン併用による脳保護作用の報告もあり^{7, 8)}、今回も使用した。一方今回同様に肺胞への圧外傷から発症した場合、再圧治療では禁忌とされる気胸を併発している場合は胸部外科との連携が重要で、場合によりドレーン留置が必要になる症例もあることは念頭に置かなければならないことは言うまでもない。

当院で加療したSuzukiらが報告しているCT下肺生検での脳空気塞栓症も、脳MRI拡散強調画像でわかり、CT上当然airは検出されていない⁹⁾。また再度の

記載になるが、MRI拡散強調画像でも検出されないこともあるという事実があり、病歴から脳動脈ガス塞栓症を疑った場合、できるだけ早期に再圧治療装置のある施設と連携をとることが重要である。この件に関しては警察関与となっており、同様の条件で吸入した場合4気圧に相当するという事実も確認されている。なお今回のような症例ではなく、CT下肺生検や、血管撮影、心臓血管外科手術でも同様に医原性の脳動脈空気塞栓症を呈する場合もあり、今後のガス塞栓の治療に関しても適確かつ迅速な処置が必要なことは言うまでもない。

【結語】

安易に変声のためのヘリウムガス入りスプレー缶の使用は危険であることの警鐘が必要と思われた。さらに脳動脈ガス塞栓症に関して、通常の高気圧酸素治療ではなく米海軍TT6を中心とした再圧治療が重要であることの認識が拡がることを強調したい。

参考文献

- 1) Injury Alert. 日本小児科学会雑誌. 2015;119:934-935
- 2) Pao BS, Hayden SR. Cerebral gas embolism resulting from inhalation of pressurized helium. *Ann Emerg Med.* 1996 ;28:363-6.
- 3) Mitchell SJ, Benson M, Vadlamudi L, Miller P. Cerebral arterial gas embolism by helium: an unusual case successfully treated with hyperbaric oxygen and lidocaine. *Ann Emerg Med.* 2000 ;35:300-3.
- 4) Tretjak M, Gorjup V, Mozina H, Horvat M, Noc M. Cerebral and coronary gas embolism from the inhalation of pressurized helium. *Crit Care Med.* 2002;30:1156-7.
- 5) Dutka AJ. Air or gas embolism. In: Camporesi EM, Barker AC, eds, *Hyperbaric Oxygen Therapy: critical review*, Bethesda MD; Undersea and Hyperbaric Medical Society. 1991, pp1-10
- 6) Malhotra MS, Wright HC: The effects of a raised intrapulmonary pressure on the lungs of fresh unchilled cadavers. *J Pathol Bacteriol.* 1961;82:198-202.
- 7) Evans DE, Kobrine AI, LeGrys DC, Bradley ME. Protective effect of lidocaine in acute cerebral ischemia induced by air embolism. *J Neurosurg.* 1984 ;60:257-63.
- 8) Dutka AJ, Mink R, McDermott J, Clark JB, Hallenbeck JM. Effect of lidocaine on somatosensory evoked response and cerebral blood flow after canine cerebral air embolism. *Stroke.* 1992 ;23:1515-20
- 9) Suzuki K, Ueda M, Muraga K, et al. An unusual cerebral air embolism developing within the posterior circulation territory after a needle lung biopsy. *Intern Med.* 2013;52:115-7.