

日本高気圧潜水医学会 第9回近畿地方会学術集会

日時 2025年12月14日(日)
会場 藤井会 石切生喜病院
本部棟5階 さくらホール

参加型討論1 高気圧酸素治療装置の老朽化とその対応

懸崎祐貴¹⁾ 品川みき¹⁾ 濱本 稔¹⁾ 西銘智也¹⁾
秋月克彦²⁾

- 1) 医療法人藤井会 石切生喜病院 臨床工学室
- 2) 医療法人藤井会 石切生喜病院 救急医療センター

当院は関西で数少ない第2種高気圧酸素治療装置を保有している。しかし運用開始から20年以上経過している為設備の劣化が進み、不具合や故障が発生することもある。そのような中で海上保安庁からの依頼で耐圧検査と純酸素耐圧検査を実施し、安全を確保しながら工夫をして運用をしている。この経験について報告する。

参加型討論2 当院高気圧酸素治療室において災害対策の検討

品川みき¹⁾ 懸崎祐貴¹⁾ 濱本 稔¹⁾ 西銘智也¹⁾
秋月克彦²⁾

- 1) 医療法人藤井会 石切生喜病院 臨床工学室
- 2) 医療法人藤井会 石切生喜病院 救急医療センター

【背景】

2024年4月25日9時48分、当院を含む東大阪市の狭い範囲で停電が発生した。復旧は10時24分で、36分間の短い停電ではあったが当院高気圧酸素治療室では患者2名を治療中だった。

停電時の高気圧酸素治療室の状況としては非常電源がないため室内・装置内が暗転し、操作盤上の非常照明が点灯、操作盤・スピーカー以外の機器が停止、送排気弁は遮断された。当日高気圧酸素治療室を担当していたスタッフはCE2名で、手動操作にて減圧と油圧ユニットを操作したところ、油圧ユニットの故障のため内室扉が解放できなかった。

【目的】

停電を経験し、対応において不十分だった点を反省し対策する。また、停電以外の災害においても対策を改める。

【方法】

反省点・改善点として、手動油圧ユニットの点検が出来ていなかった点、停電時及びその他災害の対応方法を把握しているスタッフが少ない点が上げられた。これらにおける対策方法を検討した。

【結果】

まず、HBOに携わっているスタッフに対しアンケートを行った。災害対応の訓練を行ってほしいという意見と、対応や操作方法についてのマニュアルが欲しいという意見が多かった。

次に、停電・地震・火災・水害時の対応マニュアルと、緊急時即座に確認ができる簡易減圧マニュアルを作成した。

最後に、油圧ユニットの点検計画を立て、点検を兼ねた操作訓練を行った。また、消火散水バルブの位置を確認し操作マニュアルを作成、バルブを操作した際のタンクの給水方法を確認した。

【結語】

近年南海トラフ地震などリスクが高まっているため、いつでも対応できるよう日頃から業務環境づくりを心掛けたい。患者の命を預かっている者として責任を持ち、災害時でも迅速に対応できる力を身に付けられるよう理解を深めたい。

参加型討論3 高気圧酸素治療における外国人受入れに伴う留意点

西銘智也¹⁾ 品川みき¹⁾ 懸崎祐貴¹⁾ 濱本 稔¹⁾
秋月克彦²⁾

- 1) 医療法人藤井会 石切生喜病院 臨床工学室
- 2) 医療法人藤井会 石切生喜病院 救急医療センター

【背景】

当院は高気圧酸素治療装置(2種)を保有し、365日24時間体制で救急、非救急疾患の治療に対応している。国籍は問わず減圧症やスポーツ外傷などに対する治療も積極的に受入れている。一方で近年、外国人旅行者や在留外国人などの人数が増加傾向にある。当院へ来院される外国人の数も多くなってきている印象を受ける。そこで今回、当院に来院された外国人に対する実際の対応について報告する。

【内容】

2015年～2025年に治療を行った外国人のうち、減圧症2例、スポーツ外傷9例であった。外国人を受入れるにあたり、「日本語が通じない」、「治療費の支払い方法」、「トイ

レの問題」などに対して検討を行った。

【結果】

外国人の受入れ体制が整っていない病院では、外国語を聞き取り理解して答える事が困難であり、翻訳アプリ、図や写真を用いて説明する必要性があった。治療費の支払い方法に関して、海外旅行保険を用いる方法があり、その中でもいろいろな種類がある事が分かった。また、特に減圧症に対する再圧治療では、288分間治療を行う為、トイレが必要になった際の方法を、どのように説明するのか困難であった。

【結語】

今後、突然の外国人受入れに対しても対応できるよう、日頃から備えておく事が重要であることが分かった。

一般演題 1

心房細動と高血圧があるダイバーが潜水後に意識消失して心肺停止となった死亡事故例

○鈴木信哉¹⁾ 大橋正樹¹⁾ 和田孝次郎²⁾ 望月 徹³⁾

- 1) 亀田総合病院 救命救急科
- 2) 防衛医科大学校 脳神経外科学講座
- 3) 東京慈恵会医科大学 医学部環境保健医学講座

浮上前後に意識障害を起こす動脈ガス塞栓症以外に潜水で致死性となる病態として浸漬性肺水腫 (immersion pulmonary edema: IPE) が近年明らかになってきている。身体が水に浸かることで反射的に末梢の血管が収縮することから、心臓にもどる血液が増え、更には心臓から末梢組織に血液を送る負荷がかかる生理的現象に加えて、心機能、心理的ストレス、気道内圧、水温などがIPEの発症に関わり、最初の症状として換気量が増えてくる。心房細動と高血圧で治療中のダイバーが浮上後に意識消失して心肺停止した一例を報告する。症例は60歳女性で281本の潜水経験があった。10ヶ月ぶりの潜水を海外で行い事故が発生した。事故から3ヶ月前の検査ではそれまで指摘されていなかった心房細動と胸部X線で心陰影拡大および高血圧の悪化があり非閉塞性肥大型心筋症が疑われ内服治療していた。事故当日は海水温27℃、最大潜水深度22.8m、滞底時間39分、安全停止3分間を含む総潜水時間54分の潜水であったが、いつもより、また他の者よりも空気の消費が早かったため別のダイバーからのオクトパスを貰って浮上した。ボートに上がった直後に「気持ちが悪く」に引き続き「胸が苦しい」、「横になりたい」の後に「胸が痛い」、「左腕が痛い」という訴えが5～6分の間にあった後に横になってから意識が消失した。直ちに船上で心肺蘇生処置がなされ、その後車で直近の病院へ搬送されたが十分な処置が

困難なため別の病院に転送され、ICUに収容されたものの意識が戻らず、事故発生から13時間後に死亡が確認され、担当医師により直接の死因を急性心筋梗塞と診断された。本症例における呼吸ガス消費量の増大は潜水中にIPEの病態となり相当の低酸素状態になっていることを示すものであり、浮上とともに低酸素血症が増悪して急性冠症候群を引き起こしたと考えられる。

一般演題 2

ダイビングでパニックとなり一過性の意識障害と低酸素血症を呈する場合の再圧治療

○鈴木信哉¹⁾ 大橋正樹¹⁾ 松軒あづさ²⁾ 和田孝次郎³⁾

- 1) 亀田総合病院 救命救急科
- 2) 亀田総合病院 看護部 救命救急科
- 3) 防衛医科大学校 脳神経外科学講座

ダイビング中にパニックになると気道に強い陰圧がかかり、肺毛細血管と肺胞腔の圧較差が増大して血漿が肺胞の間質に漏出し、肺胞-毛細血管関門が肥厚して酸素の拡散低下による低酸素血症として浸漬性肺水腫 (immersion pulmonary edema) が発症する。同時に正常な呼吸ができないままの浮上では肺胞は過伸展され動脈ガス塞栓を併発する。パニックでの意識消失には浸漬性肺水腫による低酸素血症と動脈ガス塞栓が関与すると考えられる。パニックで浮上したダイバーに一過性の意識障害と低酸素血症がみられドクターヘリ搬送後に再圧治療を行った2症例を紹介する。

【症例 1】

20歳代女性。最大潜水深度23.1m 滞底時間46分のスクーバ潜水を行い深度10mでレギュレータ交換時に海水吸入してパニックとなり急浮上した。浮上中に意識消失し浮上直後から呼び掛けに回答しなかった。浮上して3分後に救急要請されドクターヘリ搬送にて発症1時間17分後に病院到着した。来院時呼吸困難と頭痛の訴えあり、GCS E4V5M6, BP 102/71mmHg, PR 92bpm, RR 25bpm, SpO2 93% (O2 10L/m mask), 水泡音が軽度聴取され、動脈血液ガス分析では1型呼吸不全、代謝性アシドーシス、胸部X線では心陰影拡大と両肺野にすりガラス影を認めた。発症後1時間52分で再圧治療を行い、経過良好にて第3病日に退院となった。

【症例 2】

60歳代女性。最大潜水深度20.6m 滞底時間25分のスクーバ潜水を行い、浮上中の10m深度レギュレータのマウスピースが外れてパニックになり意識が消失し、ボートに引き上げ1時間17分後に救急要請され、ドクターヘリ搬送に

て発症2時間28分後に病院到着した。来院時乾性咳嗽あり GCS E3V4M6, BP 120/68mmHg, PR 86bpm, RR 20bpm, SpO₂ 85% (O₂ 10L/m mask), 両側胸部に crackle 聴取され、動脈血液ガス分析では1型呼吸不全、胸部X線では心陰影拡大を認めた。胸部CTでは両肺背側優位に小葉間隔壁肥厚を伴うすりガラス影を認めた。発症後4時間10分で再圧治療を行い、翌日追加の再圧治療後経過良好にて第6病日に退院となった。

一般演題3

スモークを用いた高気圧環境の換気調査方法の確立

○福田純平¹⁾ 堀江正樹¹⁾ 高橋凜汰朗²⁾ 星野将輝²⁾
柳幸泰成²⁾ 川島久宜²⁾

〔1) オリエンタル白石株式会社
2) 群馬大学〕

【背景】

ニューマチックケーソン工法の掘削作業は高気圧環境での有人作業を伴う。高気圧空間の換気については、自動圧力調整装置のバルブ解放率から、コンプレッサーから送気されているか確認しており、函内環境については、計測器を使って濃度等を監視している。よって、空間内部の換気状況は未解析であり、空間内部の滞留の有無についても不明である。

【既往研究】

我々は先行研究において、流体の断面を可視化するために用いられるスモークとレーザーライトシートを用いて大気圧環境下の再圧室で実験を行い、撮影したカメラ画像の輝度解析が室内の換気状況の解析に有効であることを確認している。

【目的】

本研究では、高気圧環境下におけるスモークを用いた画像解析手法の確立を目的とした。

【方法】

高圧下でのスモーク粒子の凝集や落下といった物性変化の有無を検証し、大気圧下と同様の画像解析手法の適用可能性を評価する要素実験として、透明な圧力容器内でスモークを加圧し、レーザー照射した様子を撮影・画像解析した。

【結果】

ゲージ圧0.1MPaおよび0.4MPaの高気圧環境下で実験した結果、スモーク粒子の凝集・落下は観察されず、大気圧下と同様にスモークとレーザーを用いた画像解析で流体の可視化が可能であることを確認した。

画像解析の結果、容器内の平均輝度は時間経過に伴い減少した。デジタル画像の各画素の輝度は0～255の256段階で示されており、最小二乗法による平均輝度の減少勾配は、0.1MPaで $-0.0371 \sim -0.0325$ (/秒)、0.4MPaで $-0.0281 \sim -0.0202$ (/秒)であった。実験後に容器壁面へのスモーク粒子の付着が確認されたことから、浮遊するスモークの減少が輝度低下の原因と考えられる。

【考察】

この結果は、実スケールの高気圧空間で実験を行う際、カメラレンズへのスモーク粒子付着が撮影の障害となる可能性を示唆している。本実験により、高気圧環境下でもスモークとレーザーを用いた画像解析による流体の可視化が可能であることが示された。

一般演題4

円筒アクリル製高圧容器を用いた気泡の膨張運動の可視化

○星野将輝¹⁾ 高橋凜汰朗¹⁾ 柳幸泰成¹⁾ 福田純平²⁾
堀江正樹²⁾ 川島久宜¹⁾

〔1) 群馬大学
2) オリエンタル白石株式会社〕

スキューバダイビングや建設現場での土木作業など、高圧環境下から常圧に復圧した際に、頭痛、関節痛、腹痛などを引き起こす減圧症が生じる場合がある。減圧症発症の要因は、体内の血中で溶解している窒素などの不凝縮性ガスが減圧により血管内に析出するものであると考えられている。

本研究は、減圧症で引き起こされる体内の気泡運動を調査するため、高圧容器を用いたモデル実験を実施し、高圧状態から減圧した場合の気泡の運動について可視化実験を行ってきた。しかし、高圧容器内に気泡を発生することは容易ではなく、過去の実験では高圧容器の上蓋壁面に接した気泡に対し減圧実験を行い、その気泡の膨張挙動に対し可視化実験を行ってきた。しかし、この実験方法では気泡が壁面に接触しているため、減圧した際の気泡の膨張運動が表面張力により阻害されることが懸念される。そこで、本研究では円筒形アクリル製高圧容器内に単一の気泡を発生させ、その気泡が高圧容器内を浮上する途中で減圧を行い、そのときの膨張挙動に対して可視化計測を行う。壁面に接触した気泡、水中を浮上する気泡の膨張運動を比較することで、対象とする高圧容器内の気泡運動に対する壁面接触影響について調べた。

これまで使用していた高圧容器はステンレス製であり、側面、上面、下面に直径40mmの観測用窓が設置されてい

る。本装置を用いて容器内を浮上する気泡を観察しようとした場合、観測可能時間は30ms程度であり、動的に浮上する気泡の挙動を十分には測定出来ないと言う難点があった。そこで全面が透明アクリル製とした高圧容器を作成することで、浮上中の気泡の減圧時の様子を撮影することが可能となった。

測定した減圧時の気泡の体積膨張率から時間に対する半径比を算出し、壁面に接触した減圧時の気泡の半径比と比較した結果、概ね差異が小さいことが判明した。

一般演題 5

咳嗽制御困難な陽子線治療後気管支壊死に高圧酸素療法 90 回が奏功した 1 例

○朴 成哲^{1,2)} 大江与喜子³⁾ 松田健太郎³⁾ 丹羽康江¹⁾

- | |
|------------------------------|
| 1) 医療法人財団樹徳会 上ヶ原病院 放射線障害専門外来 |
| 2) 神戸陽子線センター 放射線治療科 |
| 3) 医療法人財団樹徳会 上ヶ原病院 高気圧酸素治療室 |

【背景】

放射線治療後の晩期障害として気管支壊死は稀であるが、発症すると難治性であり、致命的な経過をたどることもある。今回、陽子線治療 (proton beam therapy : PBT) 後の気管支壊死に対し、計 90 回の高気圧酸素療法 (hyperbaric oxygen therapy : HBO) を施行し、著明な改善を得た 1 例を経験したため報告する。

【症例】

67 歳女性。2008 年に右肺癌に対し手術、化学療法を施行。2016 年に右肺上葉の新規病変に対し PBT (66GyE/10fr) を施行した。その後、分子標的薬による治療を継続していたが、2022 年頃より難治性の咳嗽が出現した。2024 年の気管支鏡検査にて右主気管支に全周性の壊死物質の付着を認め、PBT 後の気管支壊死と診断された。

【経過】

保存的加療で改善乏しく、2024 年 10 月より当院にて HBO を開始した。併用していた分子標的薬は晩期障害増悪の懸念から休薬とした。第 1 クール (30 回) 終了時点で気管支鏡所見の改善傾向を認めたが完治には至らず、保険診療上の規定により休止期間を設けた後、第 2 クール (30 回)、第 3 クール (30 回) を追加した。計 90 回の HBO 終了後の 2025 年 10 月の評価では、気管支鏡所見で壊死物質は大部分が消失し粘膜は治癒傾向であった。自覚症状の咳嗽は開始前より改善したが、第 2 クール終了時と比較して横ばいであった。

【考察】

放射線障害に対する HBO は本邦の保険診療では原則 30

回までとされているが、重篤な晩期障害、特に血流障害を伴う組織壊死に対しては、30 回では不十分な場合がある。本症例では、休止期間を挟みつつも計 90 回の治療を行うことで、難治性の気管支壊死を改善させることができた。一方で、休止期間中の再増悪リスクや治療期間の長期化は課題であり、重症例においては連続した長期治療を可能とする制度的柔軟性が望まれる。

【結語】

陽子線治療後の難治性気管支壊死に対し、90 回の HBO が奏功した。重篤な放射線障害に対しては、規定回数を超えた粘り強い治療が有効である可能性が示唆された。

一般演題 6

当院における突発性難聴に対する高圧酸素療法の治療効果について

○栞谷彩耶 金村信明 山本大地

石切生喜病院耳鼻咽喉科

当院耳鼻咽喉科では突発性難聴に対して積極的に高圧酸素療法を実施している。突発性難聴は突然発症する急性感音難聴であり、ストレスやウイルス感染、また循環障害による影響が考えられるが原因は未だ解明されていない。高圧酸素療法は突発性難聴に対する治療法として以前から提唱されており、ステロイド治療と併用することで治療効果の上乗せ効果が期待される。機序としては、内耳循環障害に対して血液中の溶存酸素を増やし循環障害を改善することで難聴を緩和する効果があるとされる。高圧酸素療法に用いる装置は大阪府内でも限られた施設にしか配置されておらず、遠方から紹介されて来られる患者様も多い。

今回、2023 年 4 月 1 日から 2025 年 3 月 31 日までの間に発症した突発性難聴患者に対して当院で高圧酸素療法を実施した 110 例に対して検討を行い、高圧酸素療法の治療効果に関して報告する。