

【資料】

# 静岡県東部ドクターヘリ基地である当院での 減圧障害に対する管理戦略 新型コロナウイルス感染症流行時の対応も含めて

柳川洋一, 鬼塚味佳, 長澤宏樹, 日域 佳, 大坂裕通, 石川浩平  
順天堂大学医学部附属静岡病院 救急診療科

【要旨】

目的並びに方法：当院における減圧障害症例に対する管理戦略と、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）流行時の対応を紹介する。

結果：1) 事故発生時の現場で初期対処や搬送を行うダイバーやインストラクター、海上保安庁、救急救命士、ドクターヘリスタッフが集まり、より適切な搬送や情報伝達方法の検討を行いつつ、顔の見える関係作りを目標に定期的開催を行っている。2) 当院では第1種高気圧酸素治療装置しかない。そのため、減圧障害症例はドクターヘリで搬送が可能であれば、第2種装置がある病院へ搬送を行っている。一方、社会復帰例の報告がない減圧障害による心停止症例や軽症例は当院で治療を行っている。3) 海難事故搬送件数はドクターヘリ総出動件数と同様、2018年の最多出動件数を境に減少傾向を示したが、減圧障害の搬送件数には著変が見られなかった。4) COVID-19疑いの減圧障害症例のドクターヘリ出動事例で、航空搬送や再圧治療を行わず、治療した症例を提示した。

結語：COVID-19流行時の対応も含めて静岡県東部ドクターヘリ基地である当院での減圧障害に対する管理戦略を紹介した。新たな管理戦略が示唆されている現在、これまでと異なるアプローチが定まっていく可能性がある。

キーワード 再圧、ドクターヘリ、SARS-CoV-2

【Original】

## Strategy for managing decompression illness at the Eastern Shizuoka doctor helicopter base hospital during the COVID-19 pandemic

Yoichi Yanagawa, Mika Onitsuka, Hiroki Nagasawa, Kei Jitsuiki, Hiromichi Osaka, Kohei Ishikawa  
Juntendo University Shizuoka Hospital Acute Critical Care Medicine

Abstract

Purpose and methods: We herein report our strategy for managing patients with decompression illness (DCI) in our hospital, including during the COVID-19 pandemic period

Results: We hold yearly meetings concerning how to manage patients with DCI in our hospital among members of the fire department and coast guard, diving shop staff, and staff on board physician-staffed emergency helicopters (HEMS) in eastern Shizuoka. This is a unique system that fosters cooperative medical preparation for managing patients with DCI with a mutual understanding of how to improve the outcomes of patients with DCI. Our hospital only has a monoplace chamber, so the HEMS sends patients with DCI to the receiving hospital for hyperbaric oxygen therapy (HBO), except for those with mild symptoms or in cardiac arrest. The occurrence of sea accidents has shown a decreasing trend since 2018, but the rate of DCI has not changed markedly, in during the COVID-19 pandemic. We herein report a case of DCI in a patient who carried a risk of being infected with COVID-19 and thus did not receive air

evacuation or recompression therapy.

Conclusion: Our approach to COVID-19 may change in the future because recent medical studies have described the usefulness of both carrying out air evacuation as well as performing HBO for patients with COVID-19 infections.

**keywords** recompression, doctor helicopter, SARS-CoV-2

## 1. 緒言

静岡県ドクターヘリは、2001年10月から聖隷三方原病院を基地病院として運航が開始され、2004年3月から順天堂大学医学部附属静岡病院を基地病院（静岡県東部ドクターヘリ）として運航が追加された。2機で県内全域を20分以内の到着時間でカバーしている。静岡県東部のドクターヘリは、富士山麓の南側から伊豆半島南端までの静岡県東部地域を中心とした重篤な患者（減圧症や高山病を含む）の病院前救護の一翼を担っている（図1）<sup>1-5</sup>。静岡県東部のドクターヘリのスタッフはパイロット1名、機関員1名、医師1名、看護師1名の4名で基本的には運用し、08:30から日没30分程度前までの運航時間中は要請から数分以内にドクターヘリの緊急出動が可能のように体制を整えている。2018年には1339件の飛行件数があり、これはドクターヘリ運航基地の中で上位から2番目に多い件数となった。一方、伊豆半島では数多くのダイビングスポットが存在し、ダイビングが盛んなため、一定数の減圧障害症例が発生する。この減圧障害例の航空搬送もドクターヘリの任務となる。そこで当院における減

圧障害症例に対する治療戦略と、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）流行時の対応を紹介する。

## 2. 当院での減圧障害の取り組み

### (1) 院内勉強会

静岡県東部ドクターヘリではフライトナースを中心に、2011年より傷病者の搬送等に携わる静岡県東部各地区の消防本部、レジャーダイバー等を受け入れているダイブサイト運営事業者、海上保安庁に呼びかけ、減圧障害に関わる「勉強会」を開催してきた。この勉強会では、事故発生時の現場で初期対処や搬送を行うダイバーやインストラクター、海上保安庁、救急救命士、ドクターヘリスタッフが集まり、より適切な搬送や情報伝達方法の検討を行いつつ、顔の見える関係作りを目標に定期的開催を行ってきた（図2）<sup>6,7</sup>。その結果、「ダイビング事故チェックリスト」が完成した<sup>8</sup>。その後はこのダイビング事故チェックリストの運用方法等の協議がなされたが、COVID-19流行が始まった2019年から開催は一時中止となっている。

### (2) 当院での減圧障害対応



図1：静岡県東部のドクターヘリの主な活動範囲

静岡県東部のドクターヘリは、富士山麓の南側から伊豆半島南端までの静岡県東部地域を中心とした重篤な患者（減圧症や高山病を含む）の病院前救護の一翼を担っている。



図2：当院で開催される減圧障害管理に関する勉強会風景  
事故発生時の現場で初期対処や搬送を行うダイバーやインストラクター、海上保安庁、救急救命士、ドクターヘリスタッフが集まり、より適切な搬送や情報伝達方法の検討を行いつつ、顔の見える関係作りを目標に定期的開催を行っている。

当院では第1種高気圧酸素治療装置しかない。そのため、生命徴候のある減圧障害症例はドクターヘリで搬送が可能であれば、第2種装置がある東海大学医学部付属病院や静岡済生会総合病院へ搬送を行っている(図3)。一方、減圧障害による心停止症例は社会復帰例の報告が文献的にないため、最近では当院に収容している。また、ドクターヘリ搬送ができない場合の軽症例は当院で第1種高気圧酸素治療装置を用いた再圧治療を行っている<sup>7)</sup>。再圧治療方法は酸素吸入を行いながら加圧を開始してから15~20分で治療圧力2ATAに到達し、60分間その圧力を保持した後再び15~20分かけて大気圧まで減圧している。当院が管理する減圧障害症例のフローチャートを図4に示す。

(3) COVID-19 流行時の減圧障害対応

COVID-19 流行時に、日本高気圧環境・潜水医学会からCOVID-19感染症疑いの症例に対して高気圧酸素治療装置内入室を行わないとする指針が示された<sup>9)</sup>。一方、同指針では新型コロナウイルス感染症が判明している場合、治療の有益性が勝る場合を除き高気圧酸素治療は実施しないという記載も付記されている。しかし、現在までのところ減圧障害症例に対してCOVID-19感染が判明していても再圧治療を行ったとする報告はない。従ってCOVID-19流行後、当院ではフローチャートを改編して、疑い症例に対して実

施しないこととした。静岡県東部ドクターヘリの発足以来の出動件数を図5に示す。2016年に神奈川県ドクターヘリが墜落した事案が発生したこと、全国的にドクターヘリ出動件数が増加傾向あったことを受けて、厚生労働省はドクターヘリの安全運航のための取組に関する通達を2018年に発した<sup>10)</sup>。これを受けて当院のドクターヘリ出動件数も2018年に最大数を達成した後、翌年減少した。更にCOVID-19流行期に入った2020年は、日本航空医療学会がCOVID-19確定例はもとより疑い症例も搬送を行わないようにする見解を発表した<sup>11)</sup>。これを受けて、2020年は更にドクターヘリ出動件数が減少した<sup>12)</sup>。一方、2011年からのドク

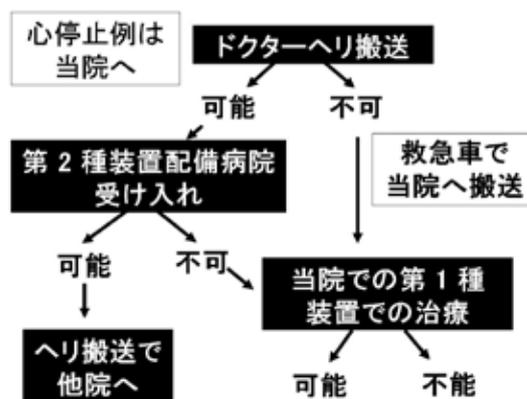


図4：当院が管理する減圧障害症例のフローチャート

心停止例は当院へ搬送を行う。ドクターヘリ搬送ができない場合の軽症例も当院に陸路搬送を行い、第1種高気圧酸素治療装置を用いた再圧治療を行っている。その後、第2種高気圧酸素治療装置での治療と転送の可否を再検討している。いずれの場合も、当院が管理下にある場合の急性期は、高濃度酸素投与と輸液負荷を行っている。COVID-19流行期を迎えて、COVID-19疑いの症例に対しては、再圧治療を行わないという改編を行った。



図3：伊豆半島における減圧障害発生時のドクターヘリ搬送対応

伊豆半島東海岸で発生した減圧症は第2種装置がある東海大学医学部付属病院へ、西海岸は静岡済生会総合病院へ搬送を行っている。伊豆半島横断は減圧障害の悪化の可能性があり、実施していない。

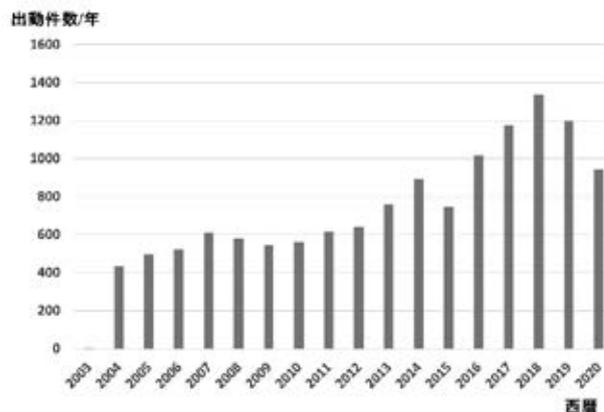


図5：静岡県東部ドクターヘリの発足以来の出動件数 右肩上がり傾向であったが、厚生労働省の指導と更に COVID-19 流行で、2018年から出動件数は減少傾向にある。

ターヘリによる減圧障害と海難事故症例（減圧障害＋溺水と若干の船上負傷者）の搬送件数の推移を図6に示す。海難事故搬送件数はドクターヘリ総出動件数と同様、2018年の最多出動件数を境に減少傾向を示したが、減圧障害の搬送件数には著変が見られなかった。

#### (4) COVID-19 感染症疑いの減圧障害症例のドクターヘリ出動事例呈示

本事例はWilderness Environ Med. 2021;32:70-73に掲載された症例報告の概要である<sup>3)</sup>。

症例 26歳，男性

主訴：頭痛，全身倦怠感，肩，肘痛

現病歴：最大深度26m 潜水時間 59分後ダイビング後に、閃輝暗点が出現した。喫煙後、閃輝暗点は消失したが、主訴が出現した。症状改善なく、減圧障害を自ら疑い、119コールを実施した。その結果、ドクターヘリ出動を消防から要請された。患者本人は、緊急事態宣言が解除されていない特定警戒都道府県の一つ、東京から静岡への旅行者であった。

既往歴：花粉症，中耳炎

ダイビング歴：400本以上参考文献

ランデブーポイントでドクターヘリスタッフが症例接触時の現症：意識清明，血圧 120/82mmHg，脈拍数 89回/分，呼吸数18回/分，酸素10L/分マスク下 SPO<sub>2</sub> 100%，体温37.8度であった。微熱があることは、患者接触時に初めて分かった情報であった。理学的所見上、患者の主訴以外、異常を認めなかった。

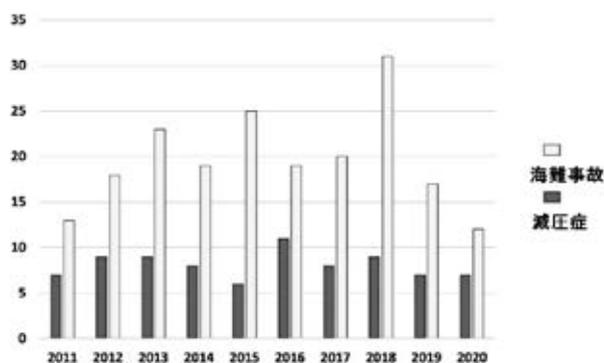


図6：2011年からのドクターヘリによる減圧障害と海難事故症例（減圧障害＋溺水と若干の船上負傷者）の搬送件数の推移

海難事故搬送件数はドクターヘリ総出動件数と同様、2018年の最多出動件数を境に減少傾向を示したが、減圧障害の搬送件数には著変が見られなかった。

超音波検査：下大静脈は呼吸性変動が著明で、拡張時に気泡を認めた。

病院前経過：当初、減圧障害の受け入れ表明していた静岡済生会総合病院へドクターヘリで搬送する予定であった。現場から空路で15分、陸路では2時間要する病院であった。しかし、COVID-19流行が確認されている地域からの旅行者で、微熱、頭痛、全身倦怠感などのCOVID-19の可能性が示唆されたため、再圧治療目的のドクターヘリ搬送は中止とした。輸液路確保、乳酸加リンゲル液急速輸液、高濃度酸素投与を行いつつ、救急車のスタッフのみで患者搬送を当院まで40分ほどかけて行うことになった。症状は改善した状態で当院到着となった。

来院後検査所見：胸部レントゲン、12誘導心電図は異常なし。採血結果で白血球14500/ $\mu$ L以外の異常は認めなかった。全身CT撮影で、大関節内、骨盤腔内の血管内、上腕骨髄内にガス像を認めた<sup>3)</sup>。

入院後経過：減圧症の軽症例と判断した。当院でも第1種装置を用いた高気圧酸素療法は可能であったが、COVID-19疑いの症例には同治療は実施しないとの原則に則り、高濃度酸素投与、輸液投与のみを継続し、経過観察目的で個室に隔離入院となった。翌日、症状改善し、車で東京まで帰宅した。COVID-19 polymerase chain reaction検査陰性が後日判明した。

### 3. 考察

救急医療が取り扱う急性疾患の多くは発症後の早期治療開始が転帰改善に繋がることが多い。そのためには疾患の早期認知、早期通報、適切な治療施設への早期搬送という病院前の要素が転帰改善に大きく関わる<sup>13)</sup>。このためには一般人への啓発活動と共に、疾患発生時の初期対応に関わる多職種の知識・技能向上と多職種間の連携も非常に重要な点となる<sup>14)</sup>。減圧障害も同様で、早期認識、早期搬送、早期再圧治療が転帰改善に寄与する<sup>15)</sup>。伊豆半島で始まった減圧障害に関する多職種における先駆的な連携システムは、今は千葉県や和歌山県でも同様な取り組みが始まっている<sup>16,17)</sup>。伊豆半島で行っている減圧障害症例に対する再圧治療目的にヘリコプターを用いて早期搬

送を試みる取り組みも世界では稀なシステムであるが、多職種連携による取り組み強化により、伊豆半島モデルが減圧障害発症から再圧治療施設まで最も早期に患者搬送を行っている<sup>7,18,19)</sup>。尚、減圧障害症例を航空搬送する際、高度上昇に伴う更なる減圧で症状の悪化が危惧される。しかし、高度300m以下を保ち、窒素ガス洗い出しのための高濃度酸素投与、減圧障害に伴う脱水補正目的の輸液を行いつつ、航空搬送を行えば、症状の悪化なく安全に搬送可能なことが、伊豆半島での実症例を基に示されている<sup>5,20)</sup>。

重症減圧障害の再圧治療では、患者の容態急変への対応が非常に困難であるため、主室・副室の2室構造で複数の人員を収容できる第2種装置(多人数用高気圧酸素治療装置)を使用するのが基本である。しかし、第2種装置は本邦において運用コストの問題から保有している施設に限られており、減圧障害に対して速やかに第2種装置による再圧治療が提供可能な地域は限られている。そのため、やむを得ないと判断された場合や、軽症の減圧障害に対して、第1種装置を用いた治療も容認されている<sup>21,22)</sup>。当院でもこの考えに基づき、減圧症対応のフローチャートを作成して減圧障害症例の対応を行っている。

伊豆半島におけるCOVID-19流行時の減圧障害症例は減少しなかった。これは飛行機で移動が基本となる沖縄県と異なり、著者の推測となるが、伊豆半島へは関東から閉鎖された個人空間が保てる自家用車で訪れることが可能という点、長期間の緊急事態宣言に対する精神的疲労、自然の開放空間であればCOVID-19感染の危険が少ないと思われたこと、更にレクリエーションダイバーは、自由を好み、大胆な行動を呈する傾向があるという性格分析結果もあり<sup>23)</sup>、伊豆半島におけるダイビング人口は一定数保たれ、減圧障害症例は低下しなかったことが考えられた。

COVID-19流行時の対応として当院における具体例を呈示した。COVID-19流行時にCOVID-19を疑った減圧障害症例に対して、再圧治療のためのドクターヘリ搬送や再圧治療も行わなかったのは当院では本症例のみであった。この症例を対応していた時は、COVID-19に対しての適切な防護方法、早期診断方法、標準治療方法、ワクチンなどが無い状態であった。

また、日本航空医療学会や日本高気圧環境・潜水医学学会は、感染防御の観点からCOVID-19疑い症例に対して基本的には航空搬送や再圧治療を行わないとする見解が示されていた。過去の報告では、本事例と同様、減圧障害以外の高気圧酸素治療適応疾患に対する同治療の手控えも報告されており<sup>24)</sup>、現時点ではCOVID-19の感染拡大予防の観点からCOVID-19疑いのある場合は症状の軽い減圧障害症例への再圧治療は困難と考える。一方、現在はCOVID-19に対する標準防護策が確立し、ワクチン接種が本邦でも普及し、迅速な抗原・PCR検査で感染が早期に確認可能となり、標準的な治療方法を患者に提供可能となり、しかも、デルタ変異種による第5波が急速に収束に向かっている<sup>25)</sup>。米軍では果敢にもCOVID-19確定患者の空輸を行い、海外では高気圧酸素治療がCOVID-19確定患者の予後改善への寄与が示唆されているため、COVID-19疑いや確定患者の症例に対して、今後はこれまでと異なるアプローチが行われていく可能性がある<sup>26,27)</sup>。従って、減圧障害症例がCOVID-19感染疑いや確定が判明しても、将来的には再圧治療が行われる可能性はある。

## 結語

静岡県東部ドクターヘリ基地である当院での減圧障害に対する治療戦略とCOVID-19対応も含めての現状を呈示した。

COVID-19に対する新たなアプローチが模索されており、今後新たな対応が実施される可能性を示唆した。

## 謝辞

「この論文は、日本私立学校振興・共済事業団から私立大学等経常費補助金の特別研究のための補助によって一部援助を受けた。」

## 参考文献

- 1) Omori K, Ohsaka H, Ishikawa K, et al: Introduction of a physician-staffed helicopter emergency medical service in eastern shizuoka prefecture in Japan. *Air Med J* 2014;33:6:292-5.

- 2)Nagasawa H, Jitsuiki K, Mogami A, et al: A report concerning collaboration between a physician-staffed helicopter (doctor helicopter) and police helicopter. *Air Med J* in press
- 3)Jitsuiki K, Kushida Y, Nishio R, et al: Gas in joints after diving: computed tomography may be useful for diagnosing decompression sickness. *Wilderness Environ Med.* 2021;32:70-73.
- 4)Yanagawa Y, Takeuchi I, Ishiyama J: Ultrasound in the diagnosis of acute-phase decompression sickness. *Radiol Case Rep.* 2021;16:698-700
- 5)Oode Y, Yanagawa Y, Omori K, et al: Analysis of patients with decompression illness transported via physician-staffed emergency helicopters. *J Emerg Trauma Shock.* 2015;8:26-9.
- 6)Yanagawa Y, Onizuka M, Nozawa Y, et al: Introduction of a unique medical co-operative system for decompression sickness in Izu Peninsula. *Sch J App Med Sci* 2018; 6:1428-33.
- 7)Yanagawa Y, Onitsuka M, Nozawa Y, et al: The significance of a cooperative medical system for treating decompression illness on the Izu peninsula in Japan. *Wilderness Environ Med.* 2019;30:268-273.
- 8)鬼塚味佳, 野澤陽子: 減圧症等を含めたドクターヘリの緊急出動とその運用. *日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌* 2018; 1: 33-39.
- 9)柳下和慶, 高木元: 新型コロナウイルス対策高気圧酸素室運用指針. [https://www.jshn.net/file/covid19\\_1.pdf](https://www.jshn.net/file/covid19_1.pdf) accessed March 20, 2020
- 10)厚生労働省医政局地域医療計画課長. ドクターヘリの安全運航のための取組について. *医政地発* 0725 第3号. <https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000341603.pdf> accessed Jul 25, 2018
- 11)猪口貞樹, 北村伸哉. 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に対するドクターヘリの運用. 一般社団法人日本航空医療学会理事会見解 [https://square.umin.ac.jp/jsas/attachment/COVID-19\\_unyo0421.pdf](https://square.umin.ac.jp/jsas/attachment/COVID-19_unyo0421.pdf) accessed Apr 21, 2020
- 12)Ota S, Jitsuiki K, Muramatsu K, et al: Analysis of the dispatch of physician staffed-helicopters in the COVID-19 pandemic. *Am J Emerg Med.* 2021;S0735-6757(21)00401-0.
- 13)O' Hara R, Johnson M, Hirst E, et al: A qualitative study of decision-making and safety in ambulance service transitions. *Southampton (UK): NIHR Journals Library;* 2014 Dec.
- 14)Martin-Gill C, Gaither JB, Bigam BL, et al: National Prehospital Evidence-Based Guidelines Strategy: A Summary for EMS Stakeholders. *Prehosp Emerg Care.* 2016;20:175-83.
- 15)Hadanny A, Fishlev G, Bechor Y, et al: Delayed recompression for decompression sickness: retrospective analysis. *PLoS One.* 2015;10:e0124919.
- 16)鈴木信哉. 減圧障害対策委員会による診断・治療の補助を通じた治療ネットワーク構築への取り組み. *日本高気圧環境・潜水医学会雑誌* 2021;55: 105-112.
- 17)岩崎安博, 島 幸宏, 柴田尚明, 他. 和歌山県における減圧症患者の搬送と治療の問題点. *日本航空医療学会雑誌* 2020;2:26-32.
- 18)Steffensmeier D, Albrecht R, Wendling J, et al: Specialist advice may improve patient selection for decompression therapy following diving accidents: a retrospective observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25:101.
- 19)Corgie L, Huiban N, Pontier JM, et al: Diving Accident Evacuations by Helicopter and Immersion Pulmonary Edema. *Aerosp Med Hum Perform.* 2020;91:806-811.
- 20)Yanagawa Y, Omori K, Ishikawa K, et al: A second analysis of patients with decompression illness transported via physician-staffed emergency helicopters. *J Emerg Trauma Shock.* 2017;10:50-51.
- 21)鈴木信哉: 潜水による障害: 再圧治療. In 一般社団法人日本高気圧環境・潜水医学会教育委員会 (編) 高気圧酸素治療法入門第6版 東京 キタ・メディア 2019; pp147-174.
- 22)Clarke R: Monoplace chamber treatment of decompression illness: Review and commentary. *Diving Hyperb Med.* 2020;50:264-272.
- 23)Coetsee N: Personality profiles of recreational scuba divers. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance* 2010; 16:568-579.
- 24)Mitchell SJ: Diving and hyperbaric medicine in the SARS-CoV-2 pandemic. *Diving Hyperb Med.* 2020 ;50:90-91.
- 25)Muramatsu K, Ishikawa K, Komatsu A, et al: Severe COVID-19 pneumonia treated by intensive immune suppression therapy with a combination of steroid pulse and tocilizumab followed by a tapering dose of steroid therapy during the Delta (B.1.617.2) variant outbreak: A successfully treated case. *Cureus in press*
- 26)Stanila V, Wells N, Ziadeh C, et al: Air Evacuation of Service Members for COVID-19 in U.S. Central Command and U.S. European Command From 11 March 2020 Through 30 September 2020. *MSMR.*

2020;27:14-17.

27)Yanagawa Y: Current status of hyperbaric oxygen therapy for COVID-19. Acute Med & Surg2021;8:e678.