



第二军医大学学报

Academic Journal of Second Military Medical University

ISSN 0258-879X, CN 31-1001/R

《第二军医大学学报》网络首发论文

题目： 高压氧治疗老年危重症气管插管新型冠状病毒肺炎患者 1 例临床效果
作者： 仲小玲, 陈锐勇, 牛香群, 陶晓岚, 梁奕, 唐艳超
收稿日期： 2020-03-20
网络首发日期： 2020-04-28
引用格式： 仲小玲, 陈锐勇, 牛香群, 陶晓岚, 梁奕, 唐艳超. 高压氧治疗老年危重症气管插管新型冠状病毒肺炎患者 1 例临床效果. 第二军医大学学报.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1001.R.20200428.1600.004.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

高压氧治疗老年危重症气管插管新型冠状病毒肺炎患者 1 例临床效果

仲小玲^{1Δ}, 陈锐勇^{2Δ}, 牛香群³, 陶晓岚¹, 梁奕⁴, 唐艳超^{5✉}

1. 长江航运总医院高压氧科, 武汉 430010

2. 海军军医大学(第二军医大学)海军特色医学中心潜水与高压医学研究室, 上海 200433

3. 长江航运总医院感染控制科, 武汉 430010

4. 长江航运总医院 CT 室, 武汉 430010

5. 空军杭州特勤疗养中心疗养三区, 杭州 310002

✉通信作者 Tel: 0571-87341698, E-mail: tycbent@163.com

摘要 报道 1 例危重症高龄气管插管新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 患者的高压氧治疗 (HBOT) 经验, 为拓展 HBOT 在 COVID-19 治疗中的应用提供参考依据。患者男, 87 岁, 2020 年 2 月 3 日出现昏迷症状, 行胸部 CT 检查示双肺多发小片状模糊影, 2 月 5 日肺泡灌洗液严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 型 (SARS-CoV-2) 核酸检测阳性, 确诊 COVID-19。经对症、支持治疗后患者病情逐渐稳定, 于 2 月 22 日拔除气管插管, 但因患者无咳嗽、排痰能力于 2 月 24 日再次气管插管、呼吸机辅助呼吸, 判断病情为危重级。2 月 29 日患者首次接受 HBOT, 医护人员经专用通道进入高压氧舱全程陪同。HBOT 治疗 4 次后, PaO₂ 与 PaCO₂ 趋向稳定, CO₂ 潴留现象缓解, 肝肾功能有所改善, 凝血功能恢复, 3 月 6 日查 SARS-CoV-2-IgM 阴性、SARS-CoV-2-IgG 阳性, 转入普通病房继续治疗。HBOT 有利于缓解危重症 COVID-19 患者的 CO₂ 潴留现象, 对降低机体缺氧损伤、保护重要脏器功能有积极作用。整体 HBOT 感染控制程序可行, 通过合理设计能够保障医务人员安全。

关键词 高压氧; 危重症; 气管插管; 新型冠状病毒肺炎

Hyperbaric oxygen therapy in first critically ill endotracheal intubation patient with COVID-19: a case report

ZHONG Xiao-ling^{1 Δ}, CHEN Rui-yong^{2 Δ}, NIU Xiang-qun³, TAO Xiao-lan¹, LIANG Yi⁴, TANG Yan-chao^{5 ✉}

1. Department of Hyperbaric Oxygen Therapy, General Hospital of the Yangtze River Shipping, Wuhan 430010, Hubei, China

2. Department of Diving Medical Research, Naval Special Medical Center, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

3. Department of Infection Control, General Hospital of the Yangtze River Shipping, Wuhan 430010, Hubei, China

4. CT Office, General Hospital of the Yangtze River Shipping, Wuhan 430010, Hubei, China

5. The Third District of Airforce Special Service Sanatorium, Hangzhou 310002, Zhejiang, China

✉Tel: 0571-87341698, E-mail: tycbent@163.com

收稿日期: 2020-03-20

基金项目: 海军特色医学中心科学战“疫”快速响应专项 (20M0201)

作者简介: 仲小玲, 主任医师. E-mail: 18971556652@189.cn; 陈锐勇, 博士, 副研究员. E-mail: chenruiyong_nmri@163.com

英文基金项目: Supported by Quick Response Special Program for COVID-19 Controlling of Naval Special Medical Center (20M0201).

网络首发时间: 2020-04-28 16:04:36 网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1001.R.20200428.1600.004.html>

Abstract This paper reports the experience of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in a endotracheal intubation patient with COVID-19. The patient was 87 years old, male, had coma symptoms, with multiple small flake fuzzy shadows in both lungs under chest CT examination on February 3, 2020, and was positive for the nucleic acid test of SARS-CoV-2 in BALF and was diagnosed as covid-19 on February 5. After symptomatic and supportive treatment, the patient's condition became stable gradually, and the tracheal intubation was removed on February 22. However, the patient was intubated again on February 24 because of no coughing and sputum expelling ability, and the patient's condition was judged to be critical. On February 29, the patient received HBOT for the first time, and the medical staff were escorted into the hyperbaric oxygen cabin through the special channel. After HBOT treatment for 4 times, PaO₂ and PaCO₂ tended to be stable, CO₂ retention was alleviated, liver and kidney function improved, and coagulation function recovered. In March 6th, SARS-CoV-2-IgM test showed negative and SARS-CoV-2-IgG was positive. The patient was transferred to general wards for treatment. HBOT is beneficial to alleviate CO₂ retention in critically ill patients with COVID-19, and has a positive effect on reducing hypoxia and protecting important organs. The overall HBOT infection control procedure is feasible, and the safety of medical staff can be guaranteed by reasonable design.

Key words hyperbaric oxygen; critically ill; endotracheal intubation; COVID-19

随着我国新型冠状病毒肺炎 (coronavirus disease 2019, COVID-19) 疫情逐步控制、治疗手段逐步改进, 轻症 COVID-19 患者的治愈率较高^[1], 但是危重症患者的治疗现状仍不容乐观, 救治压力很高。截至 3 月 9 日, 我国尚有 17 000 余例确诊 COVID-19 患者, 其中 5 000 余例为重症患者^[2]。

严重低氧血症是危重症 COVID-19 的一大特征, 目前尚无针对病因治疗的特异性药物, 支持性治疗仍是主要方式^[3]。针对这类 COVID-19 患者临床采取了常压给氧方式^[4], 但对重症、危重症患者病情发展的控制效果不理想。高压氧治疗 (hyperbaric oxygen therapy, HBOT) 是在高于 1 个大气压的环境里吸入纯氧治疗疾病的医疗技术^[5], 是目前最强效的氧疗手段, 低氧血症是其绝对适应证。之前我们报道了 1 例重症 COVID-19 患者的 HBOT 治疗效果^[6], 但带气管插管危重症 COVID-19 患者由于病情复杂, 在 HBOT 治疗时需医护人员进高压氧舱看护。武汉长江航运总医院高压氧科针对 1 例老年危重症 COVID-19 患者, 在机械通气效果不理想的情况下, 尝试加用 HBOT 治疗, 效果良好, 现将治疗程序、感染控制方法及效果分析予以报告。

1 对象与方法

1.1 病例资料

患者男, 87 岁, 因“反复咳嗽、咳痰 20 年, 活动后喘气 5 年, 再发半个月”于 2020 年 1 月 28 日入住武汉长江航运总医院, 2 月 1 日喘气加重。体格检查: 体温 36.6 °C, 血压 138/80 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 呼吸 24/min, 心律 87/min, 律齐; 神质清楚, 桶状胸, 双肺少许湿啰音, 腹部无明显异常, 四肢无明显水肿。入院诊断: 慢性阻塞性肺疾病 (急性期)、冠状动脉粥样硬化性心脏病、慢性肾功能衰竭 CKD4 期。给予抗感染、对症、支持治疗, 患者病情稳定。因同病房陪护发热, 肺部 CT 检查示存在典型 COVID-19 表现, 2 月 3 日患者出现发热、昏迷症状, 行胸部 CT 检查示双肺多发小片状模糊影, 考虑 COVID-19, 转 ICU 治疗。转入 ICU 当天 11:00 呼吸停止, 予尼可刹米注射液 375 mg、洛贝林注射液 3 mg 各 1 支静脉推注, 同时紧急气管插管、呼吸机辅助呼吸治疗, 并予去甲肾上腺素静脉泵入维持血压, 头孢哌酮舒巴坦、莫西沙星静脉滴注抗感染, 多次纤维支气管镜下吸痰。2 月 5 日肺泡灌洗液严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 型 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2) 核酸检测阳性, 确诊为 COVID-19。沿用前述方案治疗后病情逐渐稳定, 生命体征平稳, 于 2 月 22 日拔除气管插管、停用呼吸机, 但因患者无咳嗽、排痰能力于 2 月 24 日再次气管插管、呼吸机辅助呼吸, 同时予对症、支持治疗。根据 WHO 重症 COVID-19 临床管理临时指南^[7] 分级标准, 判断该患者为危重症。

1.2 HBOT 过程

2 月 29 日, 患者神志昏迷, 体温 36.2 °C, 持续有创机械辅助呼吸, 呼吸 23/min, 血压 110/65 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 心率 82/min, 双肺少许湿啰音, 予带气管插管 HBOT。使用设备为烟

台宏远氧业有限公司医用空气加压氧舱（型号：GY2800D-A，改造编号：15-GZ-002，最高工作压力：0.2 MPa，加压介质：压缩空气）。医护人员全程陪舱。首次治疗 1.6 ATA（0.06 MPa），稳压吸氧 100 min，治疗期间无特殊异常。第 2 天采用同样方法再次进舱治疗。3 月 3 日、4 日 2 d 分别进舱治疗 1 次。HBOT 期间，为方便吸痰仍气管插管，未使用呼吸机。继续常规对症、支持治疗：头孢哌酮舒巴坦 3 g 每天 2 次、莫西沙星 0.4 g 每天 1 次、比阿培南 0.3 g 每天 2 次、利巴韦林 0.5 g 每天 1 次、伏立康唑 0.3 g、多素茶碱 0.2 g 每天 1 次静脉滴注，低分子肝素钙 4 100 U 每天 1 次皮下注射，去甲肾上腺素 18 mg 微量泵入，胺碘酮 0.3 g 微量泵入。

1.3 工作区划分

按照《医院隔离技术规范》（WS /T311-2009）^[8]和《经空气传播疾病医院感染预防与控制规范》（WS /T 511-2016）^[9]要求，用板材将整个工作区分隔成污染区（红区）、半污染区（黄区）和清洁区（绿区），区分患者通道与工作人员通道，区域划分和着装防护要求见图 1。患者通过患者专用通道进出红区，工作人员 2 级防护后进入黄区开展工作，工作完毕消毒后进入绿区。

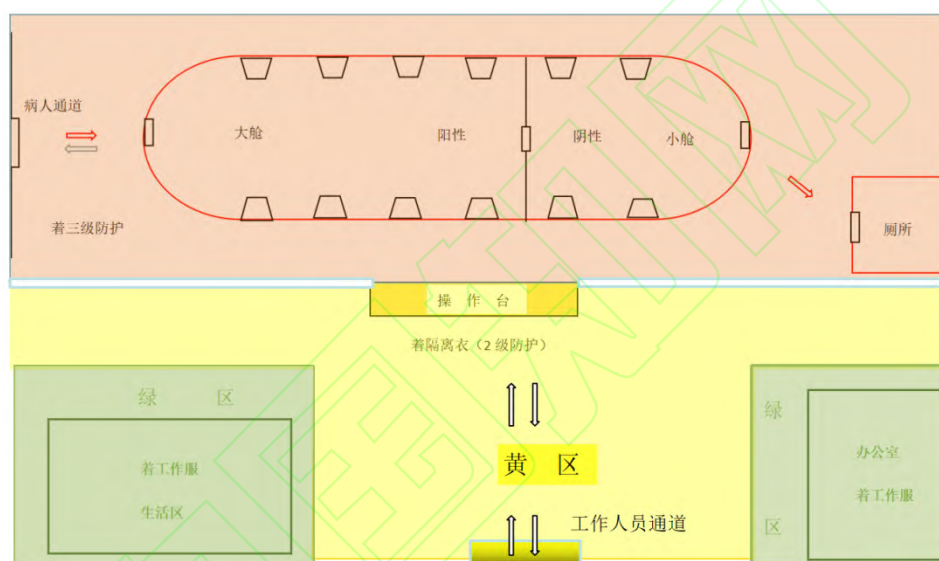


图 1 高压氧科工作区划分示意图

1.4 舱室准备

首先开舱通风，75%乙醇仔细擦拭吸氧面罩，排气管与排氧管经消毒准备，75%乙醇擦拭三通接阀，踏鞋垫消毒准备。

1.5 治疗流程

为减少患者舱外停留时间，所有医疗文书、会诊记录、知情同意书的签字等由医师着 3 级防护在隔离病房完成。患者由专用通道入高压氧舱，于专用座位戴面罩 1 级吸氧；升压至 1.6 ATA（0.06 MPa）持续换气，开空调通风系统 10 min；首次稳压吸氧 100 min，之后每次 70 min，持续换气，开空调通风；减压 20 min（开空调通风）；取下面罩停止吸氧；观察和评估患者状况，嘱患者戴口罩，由通道出舱并离开。医护人员全程陪舱，陪舱流程见图 2。

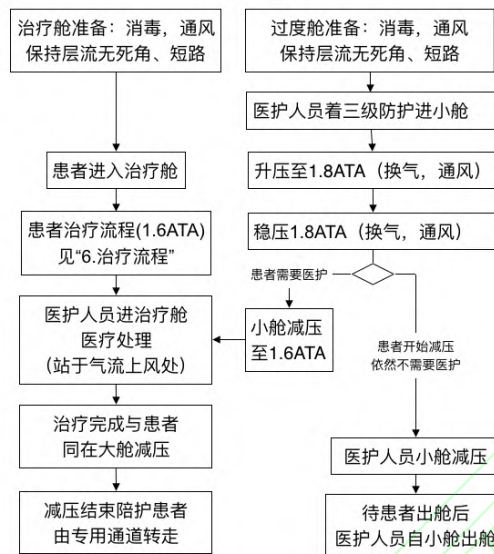


图2 危重症气管插管美型冠状病毒肺炎患者高压氧治疗医护陪舱流程

1.6 排气口及排氧口消毒

将高压氧舱排气口及排氧口用管道连接至装有 1:1 000 的 84 消毒液桶, 排气口及排氧口排出的气体经消毒液过滤后排入空气。在氧舱排气口附近予以标识, 并安排人员监管, 在操舱过程中, 排气口附近 10 m 内禁止通行。

1.7 HBOT 结束后消毒

HBOT 结束后, 患者使用的吸氧面罩及管流舱内由护士进行专业消毒后留置舱内继续等离子消毒。治疗期间每天上下午室内消毒, 用消毒液擦拭操作台、门把手和舱内外桌椅, 用 84 消毒液湿式拖扫地面, 采用紫外线照射操作台和办公室。

2 结果

2.1 动脉血气分析结果

患者 HBOT 前后桡动脉血气分析结果见图 3。患者在机械通气给氧期间, 动脉氧分压 (arterial oxygen partial pressure, PaO₂) 呈波动状态, 最高为 120 mmHg, 最低为 70 mmHg; 动脉二氧化碳分压 (arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂) 呈明显起伏状态, 最高为 66 mmHg, 最低为 38 mmHg, 存在较明显的 CO₂ 潴留现象。2 月 29 日接受 HBOT 后, PaO₂ 与 PaCO₂ 趋向稳定, PaO₂ 维持在最低 73~102 mmHg, PaCO₂ 维持在 38~46 mmHg。

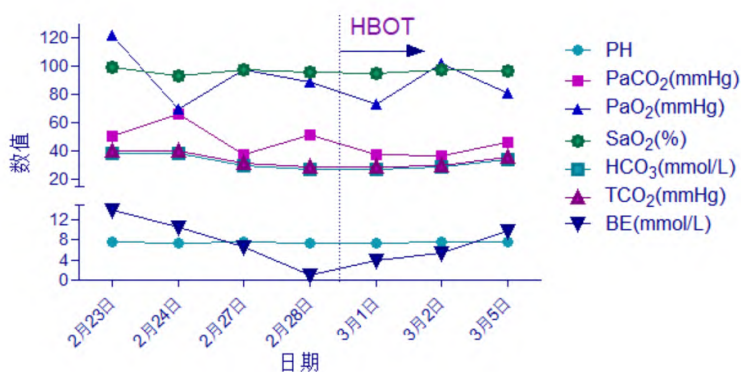


图3 1例危重症气管插管美型冠状病毒肺炎患者高压氧治疗前后动脉血气分析结果

HBOT: 高压氧治疗; PaCO₂: 动脉二氧化碳分压; PaO₂: 动脉氧分压; SaO₂: 氧饱和度; HCO₃: 碳酸氢; TCO₂: 二氧化碳总量; BE: 剩余碱

2.2 血常规检查结果

如图4所示,患者于2月3日诊断COVID-19前后淋巴细胞计数与淋巴细胞百分比下降,分别为 $0.26 \times 10^9/L$ 与0.015,常规治疗后该2项指标均有所上升,HBOT治疗前(2月28日)淋巴细胞计数为 $1.49 \times 10^9/L$,淋巴细胞百分比为0.070,HBOT后略有下降并趋于稳定,治疗4次(3月5日)淋巴细胞计数为 $0.94 \times 10^9/L$,淋巴细胞百分比为0.041。

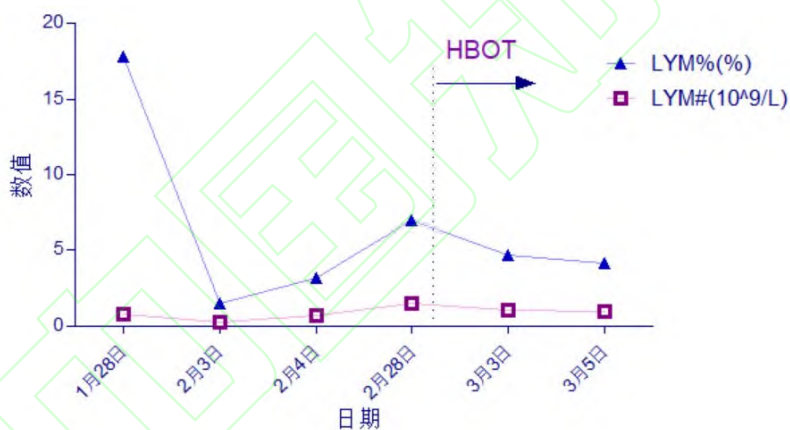


图4 1例危重症气管插管美型冠状病毒肺炎患者高压氧治疗前后淋巴细胞变化

HBOT: 高压氧治疗; LYM%: 淋巴细胞百分数; LYM#: 淋巴细胞计数

2.3 肝、肾功能检查结果

由表1可见,2月3日胆碱酯酶为2526 U/L,2月28日为2757 U/L,HBOT治疗3次后明显升高,3月3日为3417 U/L;HBOT后患者肾功能有所改善,其中血肌酐从 $375 \mu\text{mol/L}$ 降至 $336 \mu\text{mol/L}$,尿酸从 $585 \mu\text{mol/L}$ 下降至 $503 \mu\text{mol/L}$ 。

表1 1例危重症气管插管美型冠状病毒肺炎患者高压氧治疗前后肝、肾功能检查结果

日期	TP (g·L ⁻¹)	ALB (g·L ⁻¹)	GLB (g·L ⁻¹)	TBil (μmol·L ⁻¹)	DBil (μmol·L ⁻¹)	IBil (μmol·L ⁻¹)	AST (U·L ⁻¹)	ALT (U·L ⁻¹)	ALP (U·L ⁻¹)	ChE (U·L ⁻¹)	BUN (mmol·L ⁻¹)	CRE (μmol·L ⁻¹)	UA (μmol·L ⁻¹)
02-03	67	23.1	43.9	6.18	3.57	2.61	54	18	62	2526	27.74	401	682
02-28	64	25	39	5.29	2.29	3.00	14	1	96	2757	35.21	375	585
02-29 ^a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
03-01 ^a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
03-02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
03-03 ^a	68	29.3	38.7	6.22	3.08	3.14	16	9	101	3417	32.86	336	503

^a: 当天有高压氧治疗. TP: 血清总蛋白; ALB: 白蛋白; GLB: 球蛋白; TBil: 总胆红素; DBil: 直接胆红素; IBil: 间接胆红素; AST: 天冬氨酸转氨酶; ALT: 丙氨酸转氨酶; ALP: 碱性磷酸酶; ChE: 胆碱酯酶; BUN: 尿素氮; CRE: 肌酐; UA: 尿酸. “—”表示当天未测

2.4 凝血功能检查结果

由表 2 可见, 患者 HBOT 后 FIB 从 4.78 g/L 降至 2.96 g/L, D-二聚体从 1.94 mg/L 下降至 1.26 mg/L。

表2 1例危重症气管插管美型冠状病毒肺炎患者高压氧治疗前后凝血功能检查结果

日期	PT (s)	APTT (s)	FIB (g·L ⁻¹)	TT (s)	D-二聚体 (mg·L ⁻¹)	PT-INR	FDP (μg·nL ⁻¹)	AT-III (%)
02-04	12	39.4	4.78	16.2	1.94	1.05	8.2	59.4
02-29 ^a	—	—	—	—	—	—	—	—
03-01 ^a	—	—	—	—	—	—	—	—
03-02	—	—	—	—	—	—	—	—
03-03 ^a	14.7	40.1	2.96	16.2	1.26	1.3	—	—

^a: 当天有高压氧治疗. PT: 凝血酶原时间; APTT: 活化部分凝血酶原时间; FIB: 纤维蛋白原含量; TT: 凝血酶时间; PT-INR: 凝血酶原时间-国际标准化比值; FDP: 血浆纤维蛋白(原)降解产物; AT-III: 抗凝血酶III. “—”表示当天未测

2.5 SARS-CoV-2 Ig 检测结果

3月6日查 SARS-CoV-2 Ig, 结果显示患者 SARS-CoV-2-IgM 阴性, SARS-CoV-2-IgG 阳性。

3 讨论

危重症 COVID-19 患者的救治是一个难点, Yang 等^[3]对金银潭医院 52 例死亡危重症 COVID-19 患者资料的进行分析发现, 40% 患有慢性基础疾病, 61.5% 入院后 28 d 内死亡。进行性低氧血症是救治瓶颈, 因此临床采用多种给氧方式, 该 52 例患者中, 63.5% 使用鼻导管高流量治疗, 71% 采用机械通气, 11.5% 采用俯卧位通气, 11.5% 采用体外膜肺 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)。但是给氧治疗效果不理想, 与存活病例相比, 死亡病例接受机械通气比例更高 [94% vs 35%]; 37 例接受机械通气的患者中 30 例于入院 28 d 内死亡^[3]。因此, 如何更科学、有效地给氧, 以更好地提供支持治疗效果、提高患者全身机能状态, 是当前危重症 COVID-19 救治的难题。

COVID-19 以肺部炎性病变为主, 主要表现为广泛性实变、灶性出血和坏死。镜下表现为肺泡内充满脱落的肺上皮细胞、纤维蛋白性渗出物, 渗出物含有大量单核细胞、淋巴细胞和浆细胞, 肺泡壁透明膜 (hyalinemembrane) 广泛形成。肺部病变严重影响肺泡的气体交换功能, 导致血氧饱和度下降。并且 COVID-19 患者多合并严重的呼吸系统基础疾病, 因此, 合适的呼吸治疗策略选择至关重要。前期临床研究^[1]和流行病学调查结果^[11]均显示老年、存在基础性疾病的感染者死亡率高。本例患者为 87 岁老年男性, 具有严重的心血管系统与呼吸系统基础疾病, 入院后经历呼吸停止, 是危重症患者中死亡率最高的一种。本例患者病程长且一般状态差, 各项指标均显示预后不良。从 2 月 3 日

入住 ICU 至 2 月 29 日 HBOT 前, 采取常规治疗与有创机械通气相结合的方法进行治疗。HBOT 前, 患者氧饱和度维持在 95% 以上, 但 PaO_2 、 PaCO_2 不稳定, HBOT 治疗后患者 CO_2 潴留现象缓解, PaO_2 趋于稳定, PaCO_2 明显下降且保持稳定。

由于严重急性呼吸道综合征冠状病毒 2 型 (severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2, SARS-CoV-2) 颗粒的靶向侵袭, 超过 80% 的 COVID-19 危重患者淋巴细胞减少^[3], 而非危重患者中 35% 仅有轻度淋巴细胞减少^[12], 因此可认为, 淋巴细胞减少的程度反映了 SARS-CoV-2 感染的严重程度。本例患者一度出现淋巴细胞计数和百分比明显下降, 治疗过程中缓慢回升, HBOT 后呈现较稳定的状态。淋巴细胞的变化尚不能排除常规治疗的作用, 但说明针对危重症 COVID-19 采用 HBOT 或许存在临床获益。

COVID-19 患者在危重期存在严重的器官功能障碍, 一方面可能与病毒本身的致病能力相关, 另一方面机体进行性缺氧状态会导致有氧代谢不能恢复, 出现细胞死亡, 最终导致组织和器官功能障碍。胆碱酯酶是一类能灵敏且特异反映肝脏合成和代谢功能的糖蛋白。研究发现, 肺部感染患者血清胆碱酯酶水平显著下降^[13], 说明血清胆碱酯酶活性可能与炎症的严重程度有关。本例患者经过 HBOT 后, 胆碱酯酶上升, 可能与 CO_2 潴留现象得以缓解有关, 病毒活性受到一定抑制, 降低了胆碱酯酶的消耗与分解, 对其功能和活性维持起积极作用。本例患者合并慢性肾功能衰竭 CKD4 期, HBOT 前肌酐和尿酸严重升高, HBOT 治疗后两项指标均有所降低。凝血功能改变是 COVID-19 患者的特征性改变之一, 缺氧状态下内皮细胞功能发生变化抑制了凝血酶调节蛋白表达, 从而促进凝血系统激活。本例患者 FIB、D-二聚体下降, HBOT 后两者均有所上升。以上证据表明, HBOT 对缺氧状态的缓解有利于机体疾病抵抗力的恢复, 对重要器官功能有一定的保护和提升作用, 有利于疾病康复。经过 HBOT 治疗, 本例患者于 3 月 6 日 SARS-CoV-2 Ig 检测显示, SARS-CoV-2-IgM 阴性, SARS-CoV-2-IgG 阳性, 提示 COVID-19 治愈, 转入普通 ICU, 以非传染病患者继续治疗。

本例患者病情复杂, HBOT 与常规药物联合治疗, 无法完全区分哪些症状 (指标) 的改善是 HBOT 的效果还是常规药物治疗的效果。鉴于机械通气支持治疗效果不佳而行 HBOT 有效, 我们认为 HBOT 虽对原发病毒感染无直接治疗作用, 但通过提供间歇性充足的氧供, 缓解了全身组织器官的缺氧状态及其继发的重要器官损伤, 对维持机体功能状态起着重要的支持治疗作用。但如果 HBOT 介入时机过晚, 脏器已发生不可逆损伤, 支持治疗能否帮助患者渡过危险期? 尚需进一步明确。

本例患者诊治过程中, 最为重要的是, 探索了气管插管条件下的危重症 COVID-19 患者的 HBOT 感控程序, 对后期引入 HBOT 提升危重症氧疗效果提供了可能。危重症患者需要医护人员全程陪舱以随时提供紧急救治, 如何在高压氧舱内避免陪舱医护的感染问题一直是行 HBOT 的顾虑。本例危重症 COVID-19 患者在 HBOT 过程, 陪舱医护人员采取感染病房 3 级防护, 不存在感染控制缺陷。(1) 高压氧舱内人员整体暴露于高压的微小环境。高压氧舱微小环境与感染病房微小环境的差异是大气压强。这与高原和海平面的感染病房之间的差异性质相同, 环境压强的差异不存在明确的感控要求差异。感染病房的感控要求和防护装备基本适用于高压氧舱内压力相对恒定后的感控管理。(2) 高压氧舱内是一个全新风系统。HBOT 过程中, 通常采取的“通风”措施为高压气源供气等于减压管路排气, 在保证舱内气体压强不变的同时使舱内气体不断更新。气体压强从气源到排出口逐渐降低, 压强梯度作用下气体不存在逆流。(3) 患者呼吸气体与舱内医护人员呼吸气体分离。患者入舱开始即采用内置式呼吸系统 (bulding in breathing system, BIBS) 的面罩呼吸纯氧, 患者呼出气污染主要存在于排氧管路, 并且是单向朝外的流动。医护人员呼吸舱内空气, 基本做到了患者与医护人员呼吸的气体不交叉。在这一方面高压氧舱优于感染病房。高压氧舱感染控制的重点在于: (1) 加压过程中, 存在舱内气体进入防护装备身体侧的可能, 对此我们采用了医护人员小舱独立加压程序, 完全解决该隐患。(2) 排氧口和排气口废气净化消毒。国内外未见专用于高压氧舱尾气消毒的产品。我们采用了废气排出时通过消毒液过滤, 并进一步采取区域管控措施, 以避免废气污染周围环境而导致病毒传播。

综上所述, HBOT 有利于缓解危重症 COVID-19 患者的 CO_2 潴留现象, 对降低机体缺氧损伤、保

护重要器官功能有积极作用,能够为机体抗病毒争取时间,提高危重症患者的生存率。HBOT 技术成熟,针对治疗特点改进程序、加强管控,整体上不存在不可逾越的病毒传播风险。针对本例患者治疗形成的感染控制措施,为今后烈性传染病患者 HBOT 治疗提供了很好的借鉴。

[参考文献]

- [1] HUANG C, WANG Y, LI X, REN L, ZHAO J, HU Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China [J]. *Lancet*, 2020, 395: 497-506.
- [2] 国家卫生健康委员会. 截至 3 月 9 日 24 时新型冠状病毒肺炎疫情最新情况 [EB/OL]. [2020-03-10]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/202003/948a03ad76f54d3583a018785efd7be9.shtml>.
- [3] Yang X, Yu Y, Xu J, Shu H, Xia J, Liu H, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study [J/OL]. *Lancet Respir Med*, 2020. pii: S2213-2600(20)30079-5. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30079-5.
- [4] WANG D, HU B, HU C, ZHU F, LIU X, ZHANG J, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China [J/OL]. *JAMA*, 2020 [2020-02-07]. doi: 10.1001/jama.2020.1585.
- [5] 龚锦涵. 潜水医学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 1985: 550-561.
- [6] 仲小玲, 陶晓岚, 唐艳超, 陈锐勇. 高压氧治疗对重症新型冠状病毒肺炎患者缺氧的纠治作用: 首例报道 [J/OL]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2020 [2020-02-24]. doi: 10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2020.0001.
- [7] World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected [EB/OL]. [2020-03-13]. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/clinical-management-of-novel-cov.pdf>.
- [8] 卫生部. 医院隔离技术规范 (WS/T311-2009) [EB/OL]. [2009-04-01]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/s9496/200904/40116/files/3f2c129ec8d74c1ab1d40e16c1ebd321.pdf>.
- [9] 国家卫生和计划生育委员会. 经空气传播疾病医院感染预防与控制规范 (WS/T 511-2016) [EB/OL]. [2016-12-27]. http://www.360doc.com/content/17/0108/12/11159824_620859744.shtml.
- [10] 王夏, 丁彦青. 从病原体、受体分布、病理改变和治疗原则分析严重急性呼吸综合征与新型冠状病毒感染疾病 [J/OL]. *中华病理学杂志*, 2020. [2020-04-02]. doi: 10.3760/cma.j.cn112151-20200318-00220.
- [11] Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382: 1199-1207.
- [12] Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study [J]. *Lancet*, 2020, 395: 507-513.
- [13] 牛占丛, 刘军肖, 杨圣俊, 王彦霞, 刘洪英. 老年肺部感染患者 C-反应蛋白及 B 型钠尿肽和胆碱酯酶水平对预后的影响 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2015, 22: 378-381.

[本文编辑] 杨亚红