

코로나바이러스감염증-19 대유행 이후 응급실로 내원한 급성 일산화탄소 중독 환자의 특성 변화

심준보¹, 안태규¹, 김현²

¹인하대학교 의과대학 응급의학교실, ²연세대학교 원주의과대학 응급의학교실

Changes in the characteristics of acute carbon monoxide poisoning patients who visited the emergency department during the COVID-19 pandemic

Jun bo Sim, M.D.¹, Tae kyu Ahn, M.D.¹, Hyun Kim, M.D., Ph.D.²

¹Department of Emergency Medicine, Inha University School of Medicine, Incheon, ²Department of Emergency Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

Received: June 5, 2023

Revised: June 17, 2023

Accepted: August 23, 2023

Corresponding author:

Tae Kyu Ahn

Department of Emergency
Medicine, Inha University School
of Medicine, 27 Inhang-ro, Jung-
gu, Incheon 22332, Korea
Tel: +82-32-890-2302
Fax: +82-32-890-2588
E-mail: tkahn0115@inhauh.com

Purpose: This study investigated the differences between patients with acute carbon monoxide (CO) poisoning who visited the emergency department (ED) before and during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic.

Methods: This was a single-center retrospective observational study. Patients with CO poisoning who visited the ED during the period from February 2020 to January 2023 were classified as the COVID-19 pandemic group, and those from February 2019 to January 2020 were classified as the non-pandemic group. Patients' medical records were reviewed, their demographic and clinical characteristics were compared, and the length of stay in ED was checked. The time from admission to the ED to the start of hyperbaric oxygenation (HBO) was defined as the door-to-HBO time, and this parameter was compared between both groups.

Results: In total, 672 patients were included in this study. The proportion of intentional poisoning was significantly higher in the COVID-19 pandemic group than in the non-pandemic group ($p=0.028$). The proportion of intentional poisoning significantly increased in the 20- to 29-year-old age group during the COVID-19 pandemic ($p<0.001$). In addition, it took longer to initiate HBO in the COVID-19 pandemic group than in the non-pandemic group ($p=0.001$).

Conclusion: These findings suggest that pandemics of infectious diseases, such as COVID-19, increase the proportion of intentional CO poisoning, and it may take longer to initiate HBO after visiting the ED. Efforts will be needed to decrease intentional CO poisoning and length of stay in ED.

Keywords: COVID-19, Carbon monoxide poisoning, Hyperbaric oxygenation

서론

코로나바이러스감염증-19 (coronavirus disease 2019, COVID-19,

코로나-19)는 severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) 감염에 의해 발생하는 호흡기 전염성 질환으로 세계적인 대유행을 일으켰으며, 국제 보건의료에 많은 영향을 미쳤다¹⁾.

몇몇 선행연구에서는 코로나-19 대유행으로 인한 여러 질환 및 손상에 대한 영향을 조사한 바 있으며, 그 중에는 약물 중독을 포함한 중독성 손상에 대한 영향도 있었다²⁻⁶⁾.

중독성 손상에 대한 영향은 비의도적인 중독에 대한 영향과 의도적인 중독에 대한 영향 모두에서 다양하게 나타났으며, 국내의 한 선행연구에서는 의도적인 약물 중독의 비율이 약 4.4% 증가한 결과를 보였다³⁻⁵⁾. 또한 몇몇 문헌에서는 코로나-19 대유행에 따른 경제적 문제와 사회적 거리두기 등으로 인해 다양한 스트레스가 결합하여 자살을 증가로 이어질 수 있음을 우려한 바 있다^{7,8)}.

일산화탄소는 무색, 무취의 기체로 폐를 통해 인체 내로 흡입되며, 저산소증과 심근 허혈을 비롯한 다양한 기전을 통해 중독반응을 일으킨다^{9,10)}. 일산화탄소 중독은 의식장애, 심근 손상, 젖산증과 같은 즉각적인 문제를 일으키기도 하고, 급성기 이후 지연성 신경학적 후유증(delayed neurological sequelae)을 일으킬 수 있어 적절한 치료가 필요하다⁹⁾. 국내의 한 선행연구 결과, 일산화탄소 중독은 대한민국의 인구 만 명당 8.64명의 유병률을 보였으며, 2010년부터 10년간 점차 증가해 왔다¹¹⁾.

앞서 언급한 코로나-19 대유행의 영향을 조사한 선행연구들을 비추어 보면, 급성 일산화탄소 중독 또한 코로나-19 대유행의 영향을 받았을 것이라 생각된다. 또한 앞서 언급한 선행연구 결과 의도적인 약물 중독의 비율이 증가하였음을 비추어 볼 때, 의도적인 일산화탄소 중독 비율의 증가도 살펴볼 필요가 있다. 그러나 아직 급성 일산화탄소 중독 환자만을 대상으로 하여 코로나-19 대유행 전후의 임상적 차이에 대해 살펴본 국내 연구는 없다.

이에 저자들은 응급실로 내원한 급성 일산화탄소 중독 환자들을 대상으로 코로나-19 유행 전후의 임상양상을 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법

1. 대상 환자

본 연구는 의무기록 검토를 통한 후향적 관찰연구로, 인하대학교 의과대학 부속병원에서 진행되었다. 해당 병원은 연간 약 65,000명이 응급의료센터로 내원하는 일개 권역응급의료센터로, 1인용 고압산소치료(hyperbaric oxygen treatment) 챔버와 함께 2019년부터 다인용 고압산소치료 챔버를 운용하여 중증 환자에게도 치료를 시행하고 있다. 대한민국은 2020년 1월 20일에 첫 코로나-19 확진자가 발생하여, 본격적인 대유행의 영향에 접어들었다¹²⁾. 이에 우리는 2020년 2월부터 2023년 1월까지 응급실로 내원한 급성 일산화탄소 중독 환자들을 대유행군으로 분류하였으며, 2019년 2월부터 2020년 1월까지 내원한 급성 일산화탄소 중독 환자들을 비유행군으로 분류하여 두 군을 비교하였다. 본 연구는 연구윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받아 진행하였으며(IRB no., 2023-

05-027), 후향적 관찰연구로 연구대상자 동의 면제를 승인받았다.

2. 자료 수집

대상 환자들의 전자의무기록을 검토하여 인구학적 특성 및 임상적 특성을 조사하였다. 내원 당시의 응급실 입실기록을 통해, 내원 수단, 한국형 응급환자 분류도구(Korean Triage and Acuity Scale, KTAS) 등급, 타병원에서의 전입 여부, 내원 당시의 의식상태, 내원 당시의 활력징후를 확인하였다. KTAS 등급은 중증도에 따라 1-5등급으로 나누었다¹³⁾. 또한 환자의 진술내용을 통해 급성 일산화탄소 중독의 의도성 여부, 약물 동반 복용 여부 및 음주 여부를 확인하였으며, 의무기록상 환자의 진술내용을 확인할 수 없는 경우에는 보호자의 진술내용을 적용하였다. 또한 코로나-19 대유행 전후로 대상 환자들의 연령 및 성별에 따른 의도적인 일산화탄소 중독의 비율이 차이가 있는지 관찰하였으며 비유행군과 대유행군 간의 차이를 비교하였다. 두 군 간의 임상적 비교를 위해 내원 당시 혈액검사상 동맥혈 산소분압(partial pressure of oxygen, PaO₂), 동맥혈 이산화탄소 분압(partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂), 중탄산염(HCO₃⁻), 젖산(lactic acid), 혈액요소질소(blood urea nitrogen, BUN), 혈청 크레아티닌(serum creatinine), 크레아틴 키나아제(creatin kinase, CK), 크레아틴 키나아제-MB (creatin kinase-MB, CK-MB), 트로포닌(troponin) 수치를 확인하였다. 트로포닌 수치는 트로포닌-I (troponin-I)와 트로포닌-T (troponin-T)를 혼용하여 검사하였기에, 각각 본원의 정상 상한치(트로포닌-I: 0.16 ng/mL, 트로포닌-T: 14 pg/mL)와 비교하여 상승하였는지 여부를 적용하였다. 또한 응급실 치료결과, 응급실 재실시간을 확인하였으며, 응급실 치료결과는 퇴원, 자의 퇴원, 일반병실 입원, 중환자실 입원, 타병원으로 전원, 응급실 내 사망으로 분류하였다. 환자의 중증도와 합병증 여부를 관찰하기 위해 재원기간 중 승압제 사용 여부, 인공호흡기 적용 여부, 폐렴, 횡문근융해증, 급성 신손상(acute kidney injury) 발생 여부와 병원 내 사망률을 확인하였다. 폐렴은 임상적 소견(발열, 화농성 분비물)과 함께 영상검사상 폐 침윤소견이 확인된 경우로 정의하였다¹⁴⁾. 횡문근융해증은 CK 수치가 1,000 U/L 이상 상승한 경우로 정의하였고, 급성 신손상은 48시간 이내에 혈청 크레아티닌(serum creatinine) 수치가 0.3 mg/dL 이상 증가한 경우 혹은 기존 수치에서 1.5배 이상 증가한 경우로 정의하였다^{15,16)}.

본원은 응급실로 내원한 모든 급성 일산화탄소 중독 환자에게 비재호흡 마스크를 통한 정상압의 100% 산소요법을 적용하며, 임상증상 및 검사결과를 확인하여 고압산소치료의 적응증에 해당되는 경우에는 고압산소치료(2.8기압 120분)를 적용하고 있다. 본원의 고압산소치료 적응증은 (1) 일산화탄소혈색소(carboxyhemoglobin) 수치 25% 이상, (2) 경련 혹은 의식변화, (3) 트로포닌 수치 상승, (4) 심전도상 연속된 두 개 이상의 ST 분절의 변화(1 mm 이상, V2-3는 2

mm 이상)로 정하고 있다. 이에 따라 급성 일산화탄소 중독으로 응급의료센터 내원 후 고압산소치료를 시행한 경우와 시행하지 않은 경우를 확인하였고, 해당되는 적응증을 조사하였다. 두 가지 이상의 적응증이 해당되는 경우는 다중 선택을 허용하였다. 또한 고압산소치료를 시작하기까지 소요된 시간을 비교하고자 응급의료센터 내원 시간과 고압산소치료를 시작한 시간을 검토하였으며, 2시간의 차를 계산하여 응급실 내원부터 고압산소치료까지의 시간(door-to-hyperbaric oxygenation time, door-to-HBO time)을 구하였다.

3. 연구기관의 특징

본원의 응급실은 총 9개의 격리실을 구비하고 있으며, 코로나-19 대유행 이후 응급실로 내원한 환자들 중 발열, 호흡기 증상과 같은 코로나-19 의심증상이 있거나 역학적 연관성이 있는 환자의 경우에는 격리실에서 진료를 시행하였다. 또한 의식기능 저하 등의 문제로 인해 역학적 연관성을 확인할 수 없는 경우에도 코로나-19 의심환자에 준해 격리실에서 진료를 시행하였다. 입실 가능한 격리실이 없는 경우에는 구급차 혹은 선별진료소에서 대기 후 입실 가능할 때 입실하였으며, 상태가 위중하여 대기할 수 없는 경우에는 중증 진료구역에서 코호트 격리하여 진료를 시행하였다. 이와 같이 격리 진료를 시행하는 경우에는 모든 의료진이 개인 보호구 6종(KF 94 등급의 마스크, 일회용 가운, 안면 보호구, 모자, 덧신, 장갑)을 착용하고 진료를 하였다.

고압산소치료의 경우, 응급실 내원 당일의 첫 치료는 챔버 내에 다른 환자와 동시에 들어가지 않고, 기관삽관 및 인공호흡기가 적용된 환자의 경우엔 다인용 챔버 내에 비치된 전용 인공호흡기를 사용하고 시행하였다. 또한 치료 종료 후 환기와 소독을 시행하기 때문에, 챔버를 통한 감염전파의 위험성이 낮다고 판단하였다. 이에 따라 코로나-19 대유행 시기에도, 급성 일산화탄소 중독으로 내원한 환자들 중 고압산소요법의 적응증이 되는 경우에는 코로나-19 핵산증폭검사(polymerase chain reaction, PCR) 결과를 기다리지 않고, 기존과 같이 고압산소요법을 시행하였다.

4. 통계 분석

포함된 변수들 중 명목형 변수에 대해서는 Pearson’s chi-square test를 통해 분석하고 빈도와 백분율로 표현하였다. 연속형 변수들은 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 시행하여, 정규분포를 따르는 변수는 Student *t*-test를 시행하였고, 평균과 표준편차로 표현하였다. 정규성 검정상 정규분포를 따르지 않는 변수는 Mann-Whitney *U* test를 시행하였고, 중앙값과 사분위로 표현하였다. 분석결과 *p*-value가 0.05 미만인 경우 통계적 유의성이 있다고 판단하였다. 데이터 분석은 IBM SPSS statistics ver. 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였다.

결과

연구기간에 총 732명의 환자가 일산화탄소 중독으로 응급실에 내원하였다. 이 중 급성 일산화탄소 중독이 아닌 지연성 신경학적 후유증으로 내원한 5명과 의무기록이 불충분한 55명을 제외하고, 총 672명이 연구대상에 포함되었다. 이 중 비유행군에는 171명, 대유행군에는 501명이 각각 속하였다(Fig. 1).

1. 인구학적 및 임상적 특성

비유행군과 대유행군 사이의 인구학적 특성 및 임상적 특성을 비교하였다(Table 1). 연령, 성별, 내원수단, KTAS 등급, 전입 환자 비율에서 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이점은 관찰되지 않았다. 비유행군과 대유행군 간의 의도성을 비교한 결과, 의도적인 중독의 비율이 대유행군(63.3%)에서 비유행군(53.8%)에 비해 통계적으로 유의하게 높았다(*p*=0.028). 동반된 약물 중독 여부와 음주 동반 여부, 내원 당시 의식 상태 및 활력징후는 두 군 간의 유의한 통계적 차이를 보이지 않았다.

2. 연령 및 성별 그룹별 의도적인 중독의 비율

연령과 성별에 따라 대상환자를 나누어 의도적인 중독의 비율을 비교해 보았다(Table 2). 그 결과, 20-29세의 연령층 그룹의 의도적인 중독 비율이 비유행군과 대유행군 각각 39.6%와 73.3%로, 대유행군의 비율이 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였다(*p*<0.001). 성별 그룹별 의도적인 중독의 비율을 비교한 결과는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 임상적 결과

두 군 간의 임상적 결과 비교는 Table 3에 기술되었다. 내원 당시 측

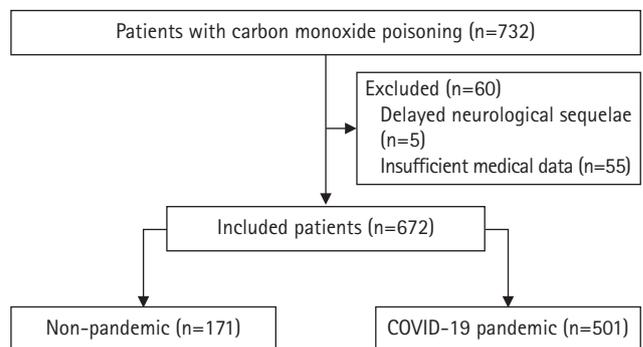


Fig. 1. Diagram of included patients in this study. COVID-19: coronavirus 2019.

Table 1. Comparison of demographic and clinical characteristics between the two groups

Characteristic	Non-pandemic (n=171)	COVID-19 pandemic (n=501)	p-value
Age (yr)	41.0±16.6	41.9±16.7	1.000
Sex			0.482
Male	102 (59.6)	314 (62.7)	
Female	69 (40.4)	187 (37.3)	
Means of visit			0.232
119 ambulances	90 (52.6)	301 (60.1)	
Other ambulances	29 (17.0)	73 (14.6)	
On foot	52 (30.4)	127 (25.3)	
KTAS			0.264
1	8 (4.7)	14 (2.8)	
2	18 (10.5)	78 (15.6)	
3	142 (83.0)	398 (79.4)	
4	3 (1.8)	11 (2.2)	
Transfer-in	53 (31.0)	127 (25.3)	0.150
Intentional poisoning	92 (53.8)	317 (63.3)	0.028*
Drug intoxication	27 (15.8)	86 (17.2)	0.678
Alcohol co-ingestion	62 (36.3)	159 (31.7)	0.277
Mental status			0.457
Alert	120 (70.2)	320 (63.9)	
Verbal	27 (15.8)	96 (19.2)	
Painful	20 (11.7)	75 (15.0)	
Unresponsive	4 (2.3)	10 (2.0)	
Vital sign			
Systolic blood pressure (mm Hg)	129.8±25.0	131.9±25.5	0.366
Diastolic blood pressure (mm Hg)	78.1±16.8	80.8±18.4	0.091
Heart rate (beats per minute)	92.6±20.7	93.5±20.1	0.621
Respiratory rate (breaths per minute)	19.9±3.7	19.7±3.1	0.493
Body temperature (°C)	36.8±0.6	36.6±0.6	0.160

Values are presented as mean±standard deviation for continuous variables or number (%) for categorical variables.

COVID-19: coronavirus disease 2019, KTAS: Korean Triage and Acuity Scale.

* $p < 0.05$.

정한 혈액검사 결과, 대유행군의 PaCO₂가 비유행군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였으며($p = 0.006$), 그 외 일산화탄소 혈색소, PaO₂, 중탄산염, 젓산염, BUN, 혈청 크레아티닌, CK, CK-MB 수치와 트로포닌 수치 상승 여부는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 두 군 간의 고압산소치료 적용 여부와 응급실 진료결과는 통계적 차이를 보이지 않았으나, 응급실 재실시간은 비유행군에 비해 대유행군에서 증가된 결과를 보였다($p = 0.001$). 입원 환자의 재원기간, 중환자실 입원기간, 재원기간 중 승압제 및 인공호흡기 적용 여부, 폐렴, 횡문근용해증, 급성 신손상 발생 여부와, 병원 내 사망률은 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

4. 고압산소치료를 시행한 환자에서 두 군 간의 비교

대상 환자들 중 고압산소치료를 시행한 439명을 대상으로 비유행군과 대유행군을 비교하였다(Table 4). 그 결과 고압산소치료의 적용증

과 의도적인 중독의 비율, 입원환자의 재원기간, 중환자실 입원기간, 승압제와 인공호흡기 사용 여부, 폐렴, 횡문근용해증, 급성 신손상 발생 여부, 병원 내 사망률은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, door-to-HBO time이 대유행군에서 비유행군에 비해 유의하게 증가하였으며($p = 0.001$), 응급실 재실시간 또한 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$).

고찰

본 연구는 급성 일산화탄소 중독으로 응급실에 내원한 환자들을 대상으로 하여, 코로나-19 대유행 전후의 차이와 변화를 비교해 본 연구이다. 본 연구결과, 연령, 성별 등의 인구학적 특성의 차이는 관찰되지 않았으나, 코로나-19 대유행 이후 의도적인 일산화탄소 중독 환자의 비율이 유의하게 증가하였다. 연령 및 성별에 따라 대상환자를 나누어 비교한 결과, 20-29세 연령층 그룹의 의도적인 중독 비율

Table 2. Proportion of intentional poisoning by age and sex group

	Non-pandemic	COVID-19 pandemic	p-value
Age group (yr)			
<20	3 (37.5)	10 (43.5)	0.768
20-29	19 (39.6)	88 (73.3)	<0.001*
30-39	25 (69.4)	78 (69.6)	0.982
40-49	17 (73.9)	60 (72.3)	0.877
50-59	21 (63.6)	45 (67.2)	0.726
60-69	6 (40.0)	26 (38.2)	0.899
>70	1 (12.5)	10 (35.7)	0.209
Sex group			
Male	56 (54.9)	202 (64.3)	0.088
Female	36 (52.2)	115 (61.5)	0.178

Values are presented as number (%).

COVID-19: coronavirus disease 2019.

* $p < 0.05$.

Table 3. Comparison of clinical findings and outcomes between the two groups

Variable	Non-pandemic (n=171)	COVID-19 pandemic (n=501)	p-value
Carboxyhemoglobin (%)	11.1 (IQR, 23.2)	9.9 (IQR, 19.8)	0.146
PaO ₂ (mm Hg)	214.0 (IQR, 208.7)	171.0 (IQR, 208.1)	0.091
PaCO ₂ (mm Hg)	37.5 (IQR, 7.8)	38.9 (IQR, 7.0)	0.006*
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	24.1 (IQR, 4.7)	24.3 (IQR, 4.2)	0.500
Lactic acid (mmol/L)	2.0 (IQR, 2.3)	1.9 (IQR, 2.4)	0.662
BUN (mg/dL)	12.0 (IQR, 5.6)	12.3 (IQR, 5.5)	0.517
Serum creatinine (mg/dL)	0.8 (IQR, 0.3)	0.8 (IQR, 0.3)	0.216
Creatine kinase (U/L)	114.0 (IQR, 113.0)	117.0 (IQR, 152.5)	0.102
Creatine kinase-MB (ng/mL)	1.5 (IQR, 2.2)	1.7 (IQR, 2.6)	0.451
Troponin elevation [†]	23 (13.5)	82 (16.4)	0.443
Hyperbaric oxygenation	104 (60.8)	335 (66.9)	0.151
Outcome of ED			0.323
Discharge	48 (28.1)	173 (34.5)	
Discharge against medical advice	15 (8.8)	49 (9.8)	
Admission to ward	76 (44.4)	193 (38.5)	
Admission to ICU	25 (14.6)	76 (15.2)	
Transfer-out	6 (3.5)	7 (1.4)	
Death in ED	1 (0.6)	3 (0.6)	
Length of stay in ED (min)	262.0 (IQR, 180.0)	307.0 (IQR, 233.0)	0.001*
Hospital day (day) [‡]	6.0 (IQR, 4.0)	5.0 (IQR, 6.0)	0.522
Duration of ICU stay (day) [§]	3.0 (IQR, 6.0)	4.0 (IQR, 6.0)	0.523
Medical support			
Vasoactive agents	8 (4.7)	30 (6.0)	0.522
Mechanical ventilation	11 (6.4)	44 (8.8)	0.333
Complication			
Pneumonia	28 (16.4)	63 (12.6)	0.210
Rhabdomyolysis	19 (11.1)	80 (16.0)	0.122
Acute kidney injury	16 (9.4)	34 (6.8)	0.269
In-hospital mortality	3 (1.8)	11 (2.2)	0.727

Values are presented as median (IQR) for continuous variables or number (%) for categorical variables.

COVID-19: coronavirus disease 2019, IQR: interquartile range, PaO₂: partial pressure of oxygen, PaCO₂: partial pressure of carbon dioxide, BUN: blood urea nitrogen, ED: emergency department, ICU: intensive care unit.

* $p < 0.05$. [†]Cases in which troponin levels are higher than upper normal limit (troponin-I: 0.16 ng/mL, troponin-T: 14 pg/mL). [‡]Including only hospitalized patients. [§]Including only patients admitted to the intensive care unit.

Table 4. Comparison of characteristics among patients receiving Hyperbaric oxygenation

Variable	Non-pandemic (n=104)	COVID-19 pandemic (n=335)	p-value
Indication			
Carboxyhemoglobin $\geq 25\%$	47 (45.2)	127 (37.9)	0.185
Seizure or mental change	39 (37.5)	154 (46.0)	0.128
Troponin elevation	23 (22.1)	82 (24.5)	0.622
ST change on EKG	26 (25.0)	87 (26.0)	0.843
Intentional poisoning	76 (73.1)	259 (77.3)	0.375
Hospital day (day) [†]	6.0 (IQR, 3.0)	5.0 (IQR, 7.0)	0.772
Duration of ICU stay (day) [‡]	2.5 (IQR, 4.0)	4.0 (IQR, 6.0)	0.814
Medical support			
Vasoactive agent	6 (5.8)	23 (6.9)	0.694
Mechanical ventilation	7 (6.7)	36 (10.7)	0.229
Complication			
Pneumonia	23 (22.1)	57 (17.0)	0.239
Rhabdomyolysis	17 (16.3)	69 (20.6)	0.340
Acute kidney injury	10 (9.6)	31 (9.3)	0.912
In-hospital mortality	1 (1.0)	6 (1.8)	0.555
Door to HBO time (min)	82.5 (IQR, 97.5)	107.0 (IQR, 92.0)	0.001*
Length of stay in ED (min)	304.0 (IQR, 172.0)	362.0 (IQR, 247.0)	<0.001*

Values are presented as number (%) for categorical variables or median (IQR) for continuous variables.

COVID-19: coronavirus disease 2019, IQR: interquartile range, EKG: electrocardiogram, ICU: intensive care unit, HBO: hyperbaric oxygenation, ED: emergency department.

* $p < 0.05$. [†]Including only hospitalized patients. [‡]Including only patients admitted to the intensive care unit.

이 유의하게 증가했음을 확인하였다. 또한 코로나-19 대유행 이후 급성 일산화탄소 중독 환자에게 고압산소치료를 적용하였던 경우, door-to-HBO time이 상대적으로 오래 걸렸으며, 응급실 재실시간 또한 증가하였다.

본 연구에 앞서서 일산화탄소 중독 환자를 대상으로 하여 코로나-19 대유행 전후의 차이를 비교한 선행연구가 있었다. Prost 등⁶⁾은 2019년 4월부터 2021년 3월까지 일산화탄소 중독으로 고압산소치료를 받은 환자를 대상으로 하여 일산화탄소 중독의 원인을 비교한 연구결과를 발표한 바 있다. 그 결과 코로나-19 대유행 이후로 고압산소치료를 시행한 일산화탄소 중독 환자의 절대수가 감소하였으며, 물담배 흡연, 가스 난로, 주택 화재로 인한 일산화탄소 중독의 비율은 감소한 반면, 바비큐, 석탄 난로, 그리고 자살시도로 인한 일산화탄소 중독의 비율은 증가하였다. 이 중 자살시도로 인한 일산화탄소 중독의 비율은 코로나-19 대유행 이전 12.2%에서 코로나-19 대유행 이후 15.8%로 증가하였다. 이러한 변화에 대한 원인으로, 코로나-19 대유행으로 인한 실내활동의 증가를 들었으며, 인구의 정신건강에 대해 불안 및 우울과 같은 부정적 영향을 미쳤다는 증거로 보았다. 이 선행연구는 고압산소요법을 시행한 일산화탄소 중독 환자만을 대상으로 하였으며, 일산화탄소 중독의 원인에 대한 분석만을 하였다는 점에서 우리의 연구와는 차이가 있다. 하지만 자살시도로 인한 일산화탄소 중독의 비율이 증가를 보였다는 점에서는 본 연구와 같은 맥락의 결과를 보였다.

Zalsman 등⁸⁾은 코로나-19 대유행에 따라서 자살 위험요인과 사

회적 변화가 결합하여 자살률 증가로 이어질 수 있음을 발표하였고, 특히 사회적으로 고립된 노인과, 정신적으로 미성숙하고 취약한 아동, 청소년의 위험성이 높다고 언급한 바 있다. 실제로, 중독 환자를 대상으로 코로나-19 대유행 전후 변화를 조사한 몇몇 선행연구에서는 의도적인 중독 환자의 비율이 증가하였음을 나타낸 바 있었고, 이는 젊은 세대에서 더욱 뚜렷하게 나타났다^{5,17,18)}. Park 등¹⁷⁾의 연구에서는, 코로나-19 대유행 이후 응급센터를 방문하는 소아청소년 중독 환자의 발생률이 증가하였으며, 특히 청소년기의 의도적인 중독 환자가 증가했음을 나타낸 바 있다. 이는 마스크 착용의 일상화, 사회적 거리두기, 휴교, 원격교육 등의 방역정책으로 인해 아동, 청소년의 생활패턴에 적지 않은 영향을 주었기 때문으로 생각된다¹⁷⁾. 또한 Kee 등⁵⁾은 국가응급환자진료정보망(National Emergency Department Information System)의 전국 데이터를 이용하여, 코로나-19 대유행 이후 20대 연령과 여성, 그리고 의도적인 중독 환자의 비율의 증가하였음을 밝혀낸 바 있다. 본 연구결과에서도 응급실로 내원한 급성 일산화탄소 중독 환자들 중 의도적인 중독의 비율이 높다는 것은 이와 같은 맥락으로 해석할 수 있다. 그러나 연령에 따른 의도적인 일산화탄소 중독의 비율을 살펴본 결과에서 20-29세의 연령층의 증가를 보였으며, 앞서 언급한 선행연구 결과와는 달리 20세 미만의 아동, 청소년기의 연령층에서는 코로나-19 대유행 전후로 의도적인 중독의 비율의 증가를 관찰할 수 없었다. 또한 성별에 따른 의도적인 중독의 비율을 비교하였을 때, 남녀 간의 유의한 차이를 보이지 않아, 코로나-19 대유행 시기에 여성 자살시도자의 비율이 높

آمد는 국내의 한 선행연구와는 상이한 결과를 보였다¹⁹. 이와 같이 연령, 성별에 따른 의도적인 중독의 비율이 선행연구들과 다른 결과를 보인 것에는 자살 시도 수단에 따른 영향이 있을 것이라 생각된다. 의도적인 급성 일산화탄소 중독은 번개탄 혹은 연탄 등의 발화용 숯을 이용한 시도가 대다수로, 국내외 선행연구를 살펴보면 이러한 수단이 자살 시도로 사용되는 것은 20대 미만의 연령층에서는 상대적으로 경미한 비율을 보였으며, 여성보다는 남성의 비율이 높음을 확인할 수 있다²⁰⁻²². 본 연구는 급성 일산화탄소 중독 환자만을 대상으로 하였기에, 특정 자살 시도 수단만을 조사했다는 점에 따라 선행연구들과 다른 결과를 나타낸 것으로 생각된다. 코로나-19 대유행은 코로나-19 감염에 대한 우려와 더불어 경제적 어려움과 미래에 대한 불확실성, 사회적 거리두기에 따른 고립, 외로움 등의 다양한 스트레스를 야기하며, 특히 젊은 세대에게 더욱 큰 부정적 영향을 미치는 것으로 생각된다^{5,7,17-19}. 이에 따라 일산화탄소 중독에서 20-29세의 연령층의 의도적인 중독 비율이 증가하는 결과를 관찰할 수 있었다.

응급실 재실시간은 응급실 과밀화와 밀접하게 관련된 요인으로, 환자의 예후에도 영향을 끼칠 수 있다^{23,24}. 코로나-19 대유행 이후 응급실 재실시간의 변화에 대한 여러 연구가 있어왔다. Sung 등²⁵의 연구에서는 응급실로 내원한 급성 심근경색 환자들의 재실시간이 코로나-19 대유행 이후 감소하였음을 발표하였다. 이는 코로나-19 대유행 이후 응급실 내원 환자 수의 전반적인 감소에 따라 신속한 치료와 입원이 가능하였음을 원인으로 생각하였다. 반면, Ha 등²³의 연구에서는 코로나-19 대유행 이후 중증 폐렴환자의 응급실 재실시간이 증가하였음을 보고한 바 있다. 이는 궁극적으로 중증 폐렴환자의 사망률 증가와 연관이 있었으며, 재실시간 증가의 주요 원인으로 격리 중환자실의 부족을 고려하였다. 중증 폐렴의 경우, 코로나-19 감염증의 가능성을 고려하여 격리 중환자실의 유무에 따라 응급실 재실시간이 크게 좌우됨을 고려할 때, 이 두 선행연구가 상반된 결과를 나타낸 것은 대상 환자군의 차이로 인한 것으로 생각된다. 본 연구에서, 급성 일산화탄소 중독 환자의 응급실 재실시간은 코로나-19 대유행 이후 유의하게 증가하였다. 또한 door-to-HBO time도 코로나-19 대유행 이후 유의하게 증가한 결과를 나타내었다. 앞서 언급하였듯, 본원에서는 코로나-19 유행 후에도 코로나-19 PCR 검사결과를 기다리지 않고 기존과 같은 절차로 고압산소요법을 진행하였음을 감안할 때, 이는 다소 예상 밖의 결과이다. 이에 대한 원인으로서는 코로나-19 대유행 이후 응급실을 비롯한 의료시설의 운영에 여러 변화가 있었기 때문으로 생각된다²⁶. 코로나-19 대유행 이후 의심증상 환자를 격리 진료하기 위한 여러 노력들과 어려움이 있었으며, 의료진 개개인 또한 개인보호구를 착용하고 진료를 시행하였다^{27,28}. 이는 코로나-19의 전파를 예방하기 위한 방침이지만, 격리공간 부족으로 인한 진료 대기과 의료진의 개인보호구 착·탈의 과정에서 시간이 소요되는 것은 불가피한 단점이었다. 번개탄 및 화재 등의 연기 흡입을 동반한 급성 일산화탄소 중독 환자의 경우 기침과 같은 호흡기 증상

을 동반한 경우가 많다²⁹. 이 때문에 코로나-19 대유행 이후 급성 일산화탄소 중독으로 응급실에 내원한 많은 경우에서 환자의 격리 상태를 유지하며 검사 및 진료를 시행했고, 의료진의 개인보호구 착·탈의 등에서 상당한 시간 소모가 있었다. 특히 고압산소치료를 시행하는 환자에게는 기흉과 같은 급기증에 대한 검사와, 동 의서 작성, 그리고 챔버에 들어가기 위한 준비과정(환복, 소지품 확인 등)이 필요하므로, 의료진과의 잦은 접촉이 필수적이다. 또한 응급실에서 고압산소치료실로 이동하는 동안 동선을 관리하며 주변 환자와의 접촉을 최소화할 필요가 있으며, 이러한 절차들은 시간 소모를 초래하는 불가피한 요인들이다. 결과적으로 코로나-19 대유행 이후, 급성 일산화탄소 중독 환자의 응급실 재실시간이 증가하였으며, 특히 고압산소치료를 시행하는 경우엔 치료를 시작하기까지 기존보다 많은 시간이 소요되었다. 향후 코로나-19와 같은 감염병의 대유행이 있을 경우, 급성 일산화탄소 중독 환자에게 보다 빠른 고압산소치료를 제공하고, 응급실 재실시간을 감축할 수 있는 노력이 필요할 것으로 생각된다. 더불어 이는 감염병 대유행 상황에서 응급실 과밀화를 예방하는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 일개 권역응급의료센터에서 시행한 단일 기관 연구로, 지역적인 특성과 차이점이 있을 수 있다. 둘째, 후향적 연구여서 기록이 미흡하거나 추적관찰에 실패한 경우가 많아, 일산화탄소의 최대 노출시간, 기저질환, 급성 일산화탄소 중독 이후 발생한 지연성 신경학적 후유증 발생 여부를 변수를 포함하지 못하였다. 또한 대상 환자 중 사망환자 수가 적어 사망률에 대한 로지스틱 회귀분석을 시행할 수 없었다. 향후 다기관 연구로 보다 많은 환자군을 대상으로 추적관찰을 한다면, 이후 이를 보완한 연구가 진행될 수 있을 것이다. 셋째, 코로나-19 자가검사키트의 상용화, 코로나-19 백신 접종의 유무 등이 연구결과에 미친 영향에 대해서는 반영하지 못하였다. 향후 이에 따른 변화와 차이점을 관찰하는 것 또한 흥미로운 연구가 될 수 있을 것이다.

결론

코로나-19 대유행 이후 응급실로 내원한 일산화탄소 중독 환자의 경우, 의도적인 중독의 비율이 증가하였으며, 특히 20-29세의 연령층에서 유의한 차이를 보였다. 또한 응급실 재실시간과 고압산소치료를 시작하기까지의 시간이 증가하였다. 코로나-19뿐만 아니라 향후 다른 감염병의 대유행이 발생할 수 있다는 점을 감안할 때, 의도적인 일산화탄소 중독의 증가와 응급실 내 소요시간 증가를 완화하기 위한 다각적인 노력이 필요할 것이다.

이해상충

이 연구에 영향을 미칠 수 있는 기관이나 이해당사자로부터 재정적,

인적 지원을 포함한 일체의 지원을 받은 바 없으며, 연구윤리와 관련된 제반 이해상충이 없음을 선언한다. 이 논문은 대한임상독성학회지와 다른 학회지에 동시 투고되지 않았으며 이전에 다른 학회지에 게재된 적이 없다.

감사의 글

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 범부처전주기료기기연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제고유번호: RS-2020-KD000247).

REFERENCES

- Cascella M, Rajnik M, Aleem A, Dulebohn SC, Di Napoli R. Features, evaluation, and treatment of coronavirus (COVID-19) [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [cited 2023]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>
- Xiang D, Xiang X, Zhang W, Yi S, Zhang J, Gu X, et al. Management and outcomes of patients with STEMI during the COVID-19 pandemic in China. *J Am Coll Cardiol* 2020;76:1318-24. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.06.039>
- Raffee L, Daradkeh HM, Alawneh K, Al-Fwadleh AI, Darweesh M, Hammad NH, et al. Impact of COVID-19 lockdown on the incidence and patterns of toxic exposures and poisoning in Jordan: a retrospective descriptive study. *BMJ Open* 2021;11:e053028. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-053028>
- Sein Anand Ł, Sein Anand J. Self-poisonings before and during the initial year of the COVID-19 pandemic in northern Poland. *Int J Occup Med Environ Health* 2022;35:527-35. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01838>
- Kee SJ, Cho Y, Kang H, Lim TH, Oh J, Ko BS, et al. Characteristics of poisoning patients visiting emergency departments before and after the COVID-19 pandemic. *J Korean Soc Clin Toxicol* 2022;20:66-74. <https://doi.org/10.22537/jksct.2022.20.2.66>
- Prost M, Eichhorn D, Strelow H, Schnependahl J, Windolf J, Dreyer S. Influence of the COVID-19 pandemic on causes for the development of carbon monoxide intoxications. *Undersea Hyperb Med* 2022;49:479-83. <https://doi.org/10.22462/07.08.2022.7>
- Sher L. The impact of the COVID-19 pandemic on suicide rates. *QJM* 2020;113:707-12. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcaa202>
- Zalsman G, Stanley B, Szanto K, Clarke DE, Carli V, Mehlum L. Suicide in the time of COVID-19: review and recommendations. *Arch Suicide Res* 2020;24:477-82. <https://doi.org/10.1080/13811118.2020.1830242>
- Weaver LK. Clinical practice: carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2009;360:1217-25. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp0808891>
- Jung YS, Lee JS, Min YG, Park JS, Jeon WC, Park EJ, et al. Carbon monoxide-induced cardiomyopathy. *Circ J* 2014;78:1437-44. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-13-1282>
- Han E, Yu G, Lee HS, Park G, Chung SP. Prevalence of carbon monoxide poisoning and hyperbaric oxygen therapy in Korea: analysis of national claims data in 2010-2019. *J Korean Med Sci* 2023;38:e125. <https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e125>
- Choi H, Cho W, Kim MH, Hur JY. Public health emergency and crisis management: case study of SARS-CoV-2 outbreak. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:3984. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113984>
- Kwon H, Kim YJ, Jo YH, Lee JH, Lee JH, Kim J, et al. The Korean Triage and Acuity Scale: associations with admission, disposition, mortality and length of stay in the emergency department. *Int J Qual Health Care* 2019;31:449-55. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzy184>
- Sohn CH, Huh JW, Seo DW, Oh BJ, Lim KS, Kim WY. Aspiration pneumonia in carbon monoxide poisoning patients with loss of consciousness: prevalence, outcomes, and risk factors. *Am J Med* 2017;130:1465. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.06.038>
- Cabral BM, Edding SN, Portocarrero JP, Lerma EV. Rhabdomyolysis. *Dis Mon* 2020;66:101015. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2020.101015>
- Gameiro J, Agapito Fonseca J, Jorge S, Lopes JA. Acute kidney injury definition and diagnosis: a narrative review. *J Clin Med* 2018;7:307. <https://doi.org/10.3390/jcm7100307>
- Park J, Jeon W, Ko Y, Choi YJ, Yang H, Lee J. Comparison of the clinical characteristics of pediatric poisoning patients who visited emergency department before and during the COVID-19 pandemic. *J Korean Med Sci* 2022;37:e337. <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e337>
- Azkunaga B, Echarte P, Zumalde A, Mintegi S; Grupo de Trabajo de Intoxicaciones de la Sociedad Española de Urgencias

- de Pediatría. Intentional self-poisoning increase in the emergency department in Spain during the COVID-19 pandemic. *An Pediatr (Engl Ed)* 2023;98:67-9. <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2022.10.006>
19. Park ER, Kang JM, Chae H, Lim YS, Kang SG, Na KS, et al. Comparison of suicide attempt by generation during the COVID-19 pandemic: focusing on the younger generation. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2022;61:291-6. <https://doi.org/10.4306/jknpa.2022.61.4.291>
 20. Yeung CY, Men VY, Yip PS. The evolution of charcoal-burning suicide: a systematic scoping review. *Aust N Z J Psychiatry* 2023;57:344-61. <https://doi.org/10.1177/00048674221114605>
 21. Lee AR, Ahn MH, Lee TY, Park S, Hong JP. Rapid spread of suicide by charcoal burning from 2007 to 2011 in Korea. *Psychiatry Res* 2014;219:518-24. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.06.037>
 22. Pan YJ, Liao SC, Lee MB. Suicide by charcoal burning in Taiwan, 1995-2006. *J Affect Disord* 2010;120:254-7. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.04.003>
 23. Ha JY, Sung WY. Impact of COVID-19 pandemic on emergency department length of stay and clinical outcomes of patients with severe pneumonia: a single-center observational study. *Medicine (Baltimore)* 2022;101:e30633. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000030633>
 24. Hoot NR, Aronsky D. Systematic review of emergency department crowding: causes, effects, and solutions. *Ann Emerg Med* 2008;52:126-36. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2008.03.014>
 25. Sung HK, Paik JH, Lee YJ, Kang S. Impact of the COVID-19 outbreak on emergency care utilization in patients with acute myocardial infarction: a nationwide population-based study. *J Korean Med Sci* 2021;36:e111. <https://doi.org/10.3346/jkms.2021.36.e111>
 26. Boyle AA, Henderson K. COVID-19: resetting ED care. *Emerg Med J* 2020;37:458-9. <https://doi.org/10.1136/emergmed-2020-210282>
 27. O'Reilly GM, Mitchell RD, Mitra B, Noonan MP, Hiller R, Brichko L, et al. Impact of patient isolation on emergency department length of stay: a retrospective cohort study using the Registry for Emergency Care. *Emerg Med Australas* 2020;32:1034-9. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13607>
 28. Smereka J, Szarpak L. The use of personal protective equipment in the COVID-19 pandemic era. *Am J Emerg Med* 2020;38:1529-30. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.04.028>
 29. Gupta K, Mehrotra M, Kumar P, Gogia AR, Prasad A, Fisher JA. Smoke inhalation injury: etiopathogenesis, diagnosis, and management. *Indian J Crit Care Med* 2018;22:180-8. https://doi.org/10.4103/ijccm.IJCCM_460_17