

원 저

## 일산화탄소 중독 환자에서 고유속 비강 캐놀라 산소치료 효과에 대한 예비 연구

충북대학교 의과대학 충북대학교병원 응급의학과

김영민 · 김상철 · 박관진 · 이석우 · 이지한 · 김 훈

### A Preliminary Study for Effect of High Flow Oxygen through Nasal Cannula Therapy in Carbon Monoxide Poisoning

Young-Min Kim, M.D., Sang-Chul Kim, M.D., Kwan-Jin Park, M.D.,  
Seok-Woo Lee, M.D., Ji-Han Lee, M.D., Hoon Kim, M.D.,

*Department of Emergency Medicine, Chungbuk National University, School of Medicine,  
Chungbuk National University Hospital, Cheongju, Korea*

**Purpose:** Acute carbon monoxide (CO) poisoning is one of the most common types of poisoning and a major health problem worldwide. Treatment options are limited to normobaric oxygen therapy, administered using a non-rebreather face mask or hyperbaric oxygen. Compared to conventional oxygen therapy, high-flow nasal cannula oxygen (HFNC) creates a positive pressure effect through high-flow rates. The purpose of this human pilot study is to determine the effects of HFNC on the rate of CO clearance from the blood, in patients with mild to moderate CO poisoning.

**Methods:** CO-poisoned patients were administered 100% oxygen from HFNC (flow of 60 L/min). The fraction of COHb (fCOHb) was measured at 30-min intervals until it decreased to under 10%, and the half-life time of fCOHb (fCOHb  $t_{1/2}$ ) was subsequently determined.

**Results:** At the time of ED arrival, a total of 10 patients had fCOHb levels  $\geq 10\%$ , with 4 patients ranging between 10% and 50%. The mean rate of fCOHb elimination patterns exhibits logarithmic growth curves that initially increase quickly with time (HFNC equation,  $Y=0.3388 \cdot X+11.67$ ). The mean fCOHb $t_{1/2}$  in the HFNC group was determined to be  $48.5 \pm 12.4$  minutes.

**Conclusion:** In patients with mild to moderate CO poisoning, oxygen delivered via high flow nasal cannula is a safe and comfortable method to treat acute CO toxicity, and is effective in reducing the COHb half-life. Our results indicate HFNC to be a promising alternative method of delivering oxygen for CO toxicity. Validating the effectiveness of this method will require larger studies with clinical outcomes.

**Key Words:** Carbon monoxide, Carboxyhemoglobin, Half-life time

## 서 론

일산화탄소(Carbon monoxide; CO)는 목재, 석탄, 기름, 알코올, 가스 등의 연소 과정에서 생성되는 무색, 무취의 기체인데 일상 생활에서 흔히 노출되며 진단이 늦어 지거나 오진 되어 적절한 치료가 이루어지지 못하는 경우에는 후유증을 남기거나 사망에 이를 수 있다. 일산화탄소

책임저자: 김 훈  
충청북도 청주시 서원구 충대로 1  
충북대학교병원 응급의학과  
Tel: 043) 261-2847 Fax: 043) 269-7396  
E-mail: nichekh2000@chungbuk.ac.kr

투고일: 2019년 6월 28일 1차 심사일: 2019년 6월 29일  
게재 승인일: 2019년 7월 30일

중독은 전세계에서 가장 흔한 중독 및 중대한 건강 문제 중 하나이며 미국에서 매년 5만명의 중독 환자가 발생하며 사망률이 1-3%를 차지하고 있다<sup>1)</sup>. 일산화탄소 중독은 난방 및 취사 등에 의해 비의도적으로 노출이 일어나던 과거와 달리 최근 자살목적으로 숯이나 연탄을 폐쇄된 공간에서 태우는 등의 방법으로 의도적인 노출이 발생하는 경우가 증가하고 있어 중요한 사회적 문제가 되고 있다.

일산화탄소는 산소의 210-250배 친화력으로 헤모로빈의 포르피린 링과 결합하여 일산화탄소헤모글로빈(carboxyhemoglobin, COHb)을 형성하고, 그 결과 산소 소비에 민감한 뇌, 심장, 신장 등의 기관조직 내에서 저산소증으로 인한 손상을 유발한다<sup>2)</sup>. 따라서 일산화탄소 중독 환자들은 초기에 적절한 산소요법을 시작하는 것이 매우 중요하며, 그렇지 못하는 경우 급성기에 발생한 신경학적 부작용이 적절히 개선되지 못해 경도 또는 중등도의 인지 장애를 동반한 파킨슨 증후군, 치매, 보행장애, 운동 및 감각 장애 등의 후유증을 남기거나 사망에 이를 수도 있으며, 급 성기치료 후 신경학적 이상 소견을 보이지 않고 퇴원하더라도 일부에서는 지연성 신경-정신 후유 장애(delayed neuropsychiatric sequelae)를 겪게 되기도 한다<sup>3-6)</sup>. 급성기치료를 적용되는 산소요법은 정상압의 100% 산소요법(normobaric oxygen therapy)과 고압산소치료기(hyperbaric oxygen chamber)를 사용하여 2-3 atmosphere absolute (ATA)의 압력으로 45분-2시간 동안 시행하는 고압산소치료(hyperbaric oxygen therapy)로 나눌 수 있다. 비재호흡 마스크를 통한 고전적인 정상압의 100% 산소요법 최대 유속 6-15 L/min의 산소 공급할 수 있으며 낮은 습기, 일정하지 않은 흡기산소분율(FiO<sub>2</sub>) 등의 단점이 있다. 고유속 비강 캐놀라 산소치료(high flow oxygen through a nasal canula, HFNC)는 고전적인 산소 공급방법의 대안으로 100% 가열 및 가습된 산소를 넓은 구멍의 산소 비강 캐놀라를 통해 최대 유속 60 L/min으로 공급할 수 있으며 일정한 흡기산소분율의 산소 및 양압을 공급하고 사감을 줄여주어 고전적인 산소 공급 방법에 비해 이점이 있다<sup>7)</sup>. 또한 어디에서나 적용이 쉽고 사용이 용이하다<sup>8)</sup>. 현재 고유속 비강 캐놀라 산소치료는 심부전, 폐렴 등의 다양한 질환에서 신생아와 성인에게 적용이 되며, 만성 폐쇄성 폐질환과 특발성 폐섬유화증 등 고이산화탄소혈증 호흡부전 환자에서 호흡의 효율성을 높이고 호흡의 부하를 줄이고 증상 완화에 도움을 준다<sup>9,10)</sup>.

고유속 비강 캐놀라 산소치료는 고전적인 산소요법과 비교하면 산소분압(partial pressure of oxygen)을 증가시켜 고압의 유속으로 산소를 공급할 수 있어 혈액내에서 일산화탄소를 더 빠르게 제거할 수 있을 것으로 가정할 수

있다. 이번 선행연구 목적은 일산화탄소 중독환자에서 고 유속 비강 캐놀라 산소치료가 효율적으로 일산화탄소 제거 가능한지 확인하고자 한다.

## 대상과 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2018년 1월부터 2019년 6월까지 일개 권역 응급의료센터에 급성 일산화탄소중독으로 내원한 환자를 대상으로 충북대병원 Institutional Review Board (cbnuh No. 201906013)의 승인을 받아 진행된 연구이다. 일산화탄소 중독은 임상적으로 일산화탄소 중독이 흡연자인 경우 10%, 비흡연자인 경우 5% 이상일 때로 진단하였다.

### 2. 고유속 비강 캐놀라 산소치료 시행 방법

고유속 비강 캐놀라 산소치료를 위한 기기(AirvoTM2; Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, New Zealand)를 통해 환자에게 산소를 투여했다. 이 기기는 air-entrainment 기기(MaxVenturi; Maxtec, Utah, USA), 가열가습 시스템 및 chamber (MR850 heated humidifier; MR290 autofeed chamber; Fisher & Paykel Healthcare), 고성능 호흡회로(RT 202 single-limb adult breathing circuits kit; Fisher & Paykel Healthcare)와 넓은 구멍의 nasal cannula (OPT 844 Optiflow nasal cannula; Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, New Zealand)로 구성



Fig. 1. Oxygen therapy via high flow nasal cannula device.

되었다. 고유속 비강 캐놀라 산소치료 설정은 흡기 산소분율은 0.95-1.0, 유속 60 L/min으로 하였다. 응급의료센터에서 일산화탄소헤모글로빈 수치가 10% 이하로 떨어질 때까지 30분 간격으로 일산화탄소헤모글로빈 수치를 측정하였다(Fig. 1).

### 3. 데이터 수집 및 일산화탄소헤모글로빈 제거 반감기 측정

의무기록을 바탕으로 환자의 연령, 성별, 임상증상, 혈액 검사 결과, 의식 수준, 신경학적 결손 여부, 의도성, 흡연력, 노출 장소를 조사하였다. 일반혈액 검사, 일반화학 검사, 동맥혈 검사는 내원 당시 채혈한 혈액으로 조사하였다. 혈청 일산화탄소헤모글로빈의 감소 반감기를 계산하기 위해 전에 제시한 공식( $Ct=C0 \times e^{-kt}$  [Ct, the concentration at any time t; C0, the initial concentration at time zero; k, the decay constant] and  $t_{1/2} = \Delta t \times \log 2 / \log (Ct1/Ct2)$  [ $\Delta t$ , interval between  $t_2$  and  $t_1$ ])을 활용하여 계산하였다<sup>11)</sup>.

## 결 과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특징

연구 기간 동안 급성 일산화탄소 중독으로 내원한 환자는 49명이었고 이 중 고압산소치료가 필요하여 전원 간 경우 5명, 초기 일산화탄소헤모글로빈 수치가 10% 미만인 경우 11명, 자의 퇴원 2명을 제외하고 이 중 고유속 비강 캐놀라 산소치료에 동의한 10명에 대해서 시행하였다.

대상 환자들 중 남자는 6명, 여자는 4명이었으며, 대상 환자의 평균 나이는 43.5세였다.

### 2. 임상적 특징

흡연률은 33.3%였으며 노출 장소 중 거주지가 가장 많았고(70.0%), 원인은 연탄가스가 60%를 차지하였다. 노출 의도성은 50%였으며 내원시 의식상태는 70%가 명료하였다. 동맥혈 검사상 약간의 적산 이상소견외에는 특이 소견 없었다. 일반혈액검사 및 일반화학검사상은 평균적으로 정상범위내 있었다(Table 1). 도착당시 일산화탄소헤모글로빈 수치는 23.5%로 증가되어 있었고, 4명은 25%에서 50% 사이의 중등도 일산화탄소헤모글로빈 수치를 보였다. 이 중에서 1명(Case 2)은 고압산소요법을 위해 전원 하였고, 3명은 전원을 원하지 않아 고유속 비강 캐놀라

산소치료를 진행하였다(Table 2).

### 3. 일산화탄소헤모글로빈 제거율 및 제거 반감기

내원시 일산화탄소헤모글로빈 수치를 기준으로 30분마다 일산화탄소제거율을 계산한 경과 대수성장곡선(logarithmic growth curve)을 보이면서 초기에 급격한 제거

**Table 1.** The clinical characteristics

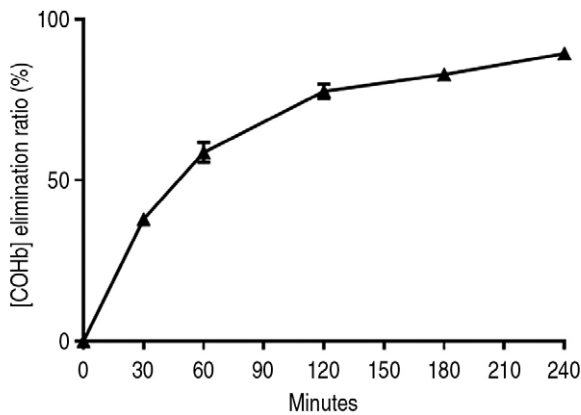
Characteristics	HFNC group
Patients, n (%)	10 (45.5)
Age, year, median, (IQR)	43.5 (26.0, 82.0)
Sex, male, n (%)	6 (60.0)
Smoking, n (%)	3/9 (33.3)
Exposure Site	
Place of residence, n (%)	7 (70.0)
Public place, n (%)	3 (30.0)
Others, n (%)	0 ( 0.0)
Sources of Carbon Monoxide	
Fire, n (%)	4 (40.0)
Briquet gas, n (%)	6 (60.0)
Others, n (%)	0 ( 0.0)
Reason	
Intentional-Suspected suicide	5 (20.0)
Unintentional	5 (20.0)
Unknown	0 ( 0.0)
Consciousness	
Normal, n (%)	7 (70.0)
Confusion, n (%)	3 (30.0)
Coma, n (%)	0 ( 0.0)
Other symptoms	
Headaches, n (%)	5 (50.0)
Gastroenteric dysfunction, n (%)	3 (30.0)
Seizures, n (%)	0 ( 0.0)
ABGA, median, (IQR)	
pH	7.4 (7.4, 7.5)
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	35.8 (28.4, 39.0)
pO <sub>2</sub> (mmHg)	92.8 (66.4, 109.8)
bicarbonate (mmol/L)	22.0 (18.6, 24.4)
Lactic acid (mmol/L)	2.6 (2.1, 4.0)
CBC & Chemistry, median, (IQR)	
Ammonia (ug/dL)	36.0 (30.5, 40.5)
CRP (mg/dL)	0.1 (0.1, 0.3)
WBC ( $\times 10^3/uL$ )	10.2 (9.6, 11.8)
CK (IU/L)	200.5 (158.8, 303.3)
CK-MB (ng/mL)	2.3 (1.1, 6.1)
Troponin T (pg/mL)	0.0 (0.0, 0.0)
Hb-CO % on ED arrival	23.5 (19.5, 31.2)

HFNC group, group receiving 100% oxygen from High-flow nasal cannula; ED: emergency department, CBC: complete blood count, CRP: C-reactive Protein, CPK: creatine phosphokinase, CK-MB: creatine kinase-muscle/brain

**Table 2.** Changes of blood carboxyhemoglobin value

	Age, year	Gender	Smoking	Initial	Blood carboxyhemoglobin value (%)*				
					30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
Case 1	23	Male	X	22.9	16.6	12.4	7.0	4.3	
Case 2	47	Male	O	50.4	28.0	9.6	Transfer		
Case 3	19	Female	X	19.7	10.9	6.4	2.4		
Case 4	27	Male	X	24.0	14.3	9.7	5.2		
Case 5	46	Male	O	46.0	29.8	19.8	10.1	5.8	3.5
Case 6	82	Female	X	18.8	10.9	7.7	3.6		
Case 7	33	Female	O	15.4	9.3	6.2	2.6		
Case 8	41	Male		26.3	16.3	12.2	refuse		
Case 9	77	Male	X	25.3	18.0	12.9	7.9	5.1	3.2
Case 10	76	Female	X	20.9	12.8	9.4	5.1	3.5	2.4

\* Blood carboxyhemoglobin levels were measured every 30 minutes after initial measurement.

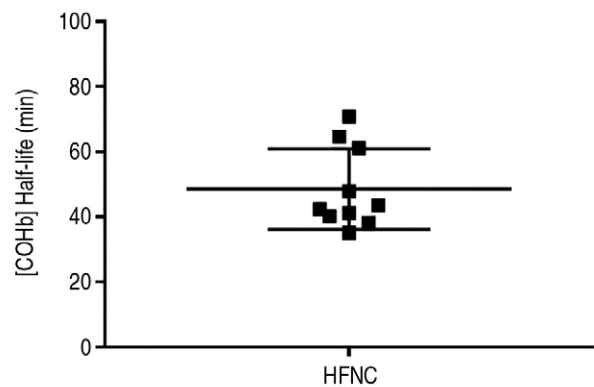


**Fig. 2.** fCOHb elimination ratio over time based on initial fCOHb for CO intoxicated patients with HFNC oxygen therapy.

양상을 보였다(Fig. 2 HFNC equation,  $Y=0.3388 \cdot X+11.67$ ). 내원시 일산화탄소헤모글로빈 수치가 50%로 감소되는 시간을 계산하였을 때 고유속 비강 캐놀라 산소치료 받은 후  $48.5 \pm 12.4$  분이 필요하였다(Fig. 3). 또한 대상군 모두가 일산화탄소헤모글로빈 제거율 및 제거 반감기 평균에 크게 벗어나지 않는 소견을 보였다.

## 고 찰

이번 예비 연구는 경증에서 중등도의 일산화탄소 중독에 노출된 환자에서 고유속 비강 캐놀라 산소치료가 혈액 내 일산화탄소 제거에 어느정도 효과가 있는지를 확인하고자 시행되었다. 현재 급성 일산화탄소 중독환자에서 적시에 비재호흡 마스크를 통한 100% 산소치료를 시행이 표준 치료이다. 하지만 심한 독성 증상을 보이는 경우에는 고압산소치료를 고려하여야 한다. 기존 연구 들에서 제시된 일산화탄소헤모글로빈의 반감기는 실내공기에서는



**Fig. 3.** The Elimination half-time life for fCOHb in HFNC oxygen therapy.

249-320분, 비재호흡산소로는 74-100분, 고압산소로는 24-53분으로 보고되고 있었고<sup>11,12)</sup>. 본 연구에서 고유속 비강 캐놀라 산소치료가 평균적으로 48분으로 기존의 비재호흡산소 치료보다 더 짧은 일산화탄소헤모글로빈 제거 반감기를 보였다. 또한, 비재호흡마스크를 통한 고전적 산소치료의 일산화탄소헤모글로빈 반감기 관련 기존 연구 들에서 반감기의 범위가 상당히 넓게 분포하는 양상을 보여 환자마다 큰 폭의 반감기 차이를 보여주고 있다<sup>11,13-15)</sup>(Table 3). 하지만 본 연구에서 고유속 비강 캐놀라 산소치료는 반감기가 36.1분에서 60.9분 사이에 있어 상대적으로 환자간 반감기 차이가 줄어드는 모습을 보였다.

일산화탄소중독 환자에서 고압산소요법은 25% 이상의 일산화탄소헤모글로빈 수치(임신중인 경우는 20% 이상), 의식 소실, 심한 대사성 산증(pH < 7.1), 주요 장기의 허혈 손상 증거(예시; 심전도 변화, 흉통, 경련, 의식저하 등)에서 추천되고 있다<sup>12,16)</sup>. 현재 고압산소요법은 가능한 빨리 시행하는 것이 효과적이며 지연성 신경학적 손상을 막기 위해 노출 후 6시간이내 시행하는 것을 권고하고 있다. 고

**Table 3.** Literature summary of fCOHbt<sub>1/2</sub> in conventional oxygen therapy

Reference	Condition	Year	Patients, n	O <sub>2</sub> delivery Sources	Average Age, year	fCOHbt <sub>1/2</sub> , min	fCOHbt <sub>1/2</sub> , Range, min
Burney RE <sup>13)</sup>	Retrospective	1982	33	Rebreathing mask	No description	137	No description
Jay GD <sup>14)</sup>	Prospective	1987	12	Nonrebreathing mask	33.9	90.1 ± 18.1	No description
Weaver LK <sup>11)</sup>	Retrospective	2000	60	Nonrebreathing mask	37 ± 15	77 ± 25	26-148
Li CK <sup>15)</sup>	Retrospective	2006	43	Nonrebreathing mask	36	78 ± 9	21-154

압산소요법은 비재호흡산소요법에서 90분정도 걸리는 것을 30분으로 줄이는 효과가 있다.

매년 미국에서는 약 1,500명 정도의 일산화탄소 중독 환자가 고압산소 치료를 받는다<sup>14,16)</sup>. 일산화중독 치료에 있어서 고압산소요법의 광범위한 적용의 가장 큰 장애물은 고압산소장비의 제한된 이용률이다. 미국에서는 약 250 개의 단챔버 또는 다챔버 고압산소장비가 있다. 하지만 한국에서는 고가와 낮은 의료수가로 인해 제한된 고압산소장비가 비치되어 있다. 본원도 대학병원임에도 고압산소 치료장비가 없어서 필요한 경우 1시간 이상 떨어진 타 병원으로 전원을 해야 하는 상황이다. 그러므로 중등도의 일산화탄소중독 환자인 경우 고압산소장비가 없는 병원에서는 전원 전 처치 또는 전원 중에 고유속 비강 캐놀라 산소치료가 대안이 될 수 있는지 확인하는 것은 매우 중요한 연구 결과가 될 수 있을 것으로 사료된다.

고유속 비강 캐놀라 장비를 활용한 산소 치료는 비침습적 기계 환기나 침습적 환기 장치의 대안으로 사용될 수 있다. 고유속 비강 캐놀라 산소 치료는 성인과 소아 모두에서 적용 가능하며, 사용 방법이 단순하고, 환자의 불편감이 적을 뿐만 아니라 특별한 금기증이 없고, 가슴 뻐근 산소를 최대 60 L/min의 유속으로 공급할 수 있다는 장점이 있다<sup>17)</sup>. 현재 고유속 비강 캐놀라 산소 치료는 폐질환, 심부전, 신부전, 패혈증 등 여러 질환에서 나타나는 호흡 부전에서 사용되고 있고, 수술 후 호흡 부전, 기관 삽관 발관 후 호흡 곤란 등에도 활용되고 있다<sup>18)</sup>. 하지만 일산화탄소 중독 환자에서 혈청내 신속한 일산화탄소 제거를 위한 유용성에 대한 연구는 전무한 상태이다.

본 연구대상 들도 고유속 비강 캐놀라 장비를 활용한 산소 치료에 심각한 거부감을 호소한 경우는 없었고 10명 모두 일산화탄소헤모글로빈 제거 반감기가 비슷한 범위 내에 있고 제거율 편차도 거의 없다는 점은 기존의 비재호흡 마스크를 통한 산소치료에서 환자마다 차이가 많은 일산화탄소헤모글로빈 제거 반감기 및 제거율보다 더 유용한 치료 방법이 될 수 있을 것이다. 일산화탄소헤모글로빈 제거 반감기 감소는 고유속 비강 캐놀라 장비가 비재호흡 마스크를 통한 고전적 산소 공급보다 더 높은 산소분압을

만들고, 고유속을 통한 해부학적 사강 감소, 폐 부피 증가, 그리고 무기폐 감소를 통해 폐포환기를 향상시킴으로서 가능할 것으로 사료된다<sup>19)</sup>.

본 연구의 주요 제한점으로는 첫째, 한 병원에서만 시행되었다는 점과 샘플 수가 적었다. 둘째 50% 이상의 중증 일산화탄소 중독 환자는 고압산소치료 등을 위해 전원하였기에 시행하지 못하였기에 중증 일산화탄소 중독에서 고유속 비강 캐놀라 산소 치료의 효과를 확인할 수 없었다. 셋째 비재호흡 마스크를 통한 산소치료와의 직접적 비교를 하지 못하였고 기존연구결과와 비교하였기에 향후 추가적인 연구가 필요하다. 넷째, 환자를 추적관찰하지 않아서 지연성 신경학적 손상 등의 장기 예후를 알 수 없었다.

## 결론

급성 일산화탄소 중독 치료에서 고유속 비강 캐놀라 장비를 활용한 산소 치료는 안전하고 편안한 방법으로 일산화탄소헤모글로빈 반감기를 감소하는데 고전적 산소 치료법을 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

## ORCID

Young-Min Kim (<https://orcid.org/0000-0002-1900-1850>)

Hoon Kim (<https://orcid.org/0000-0002-2133-0311>)

## 참고문헌

- Rose JJ, Wang L, Xu Q, et al. Carbon Monoxide Poisoning: Pathogenesis, Management, and Future Directions of Therapy. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;195:596-606.
- Broome JR, Sykes JJ, Francis TJ, et al. Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Lancet* 1989;2:1529.
- Garg J, Krishnamoorthy P, Palaniswamy C, et al. Cardiovascular Abnormalities in Carbon Monoxide Poisoning. *Am J Ther* 2018;25:e339-e48.
- Lin MS, Lin CC, Yang CC, et al. Myocardial injury was associated with neurological sequelae of acute carbon

- monoxide poisoning in Taiwan. *J Chin Med Assoc* 2018; 81:682-90.
5. Satran D, Henry CR, Adkinson C, et al. Cardiovascular manifestations of moderate to severe carbon monoxide poisoning. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1513-6.
  6. Oh S, Choi SC. Acute carbon monoxide poisoning and delayed neurological sequelae: a potential neuroprotection bundle therapy. *Neural Regen Res* 2015;10:36-8.
  7. Peters SG, Holets SR, Gay PC. High-flow nasal cannula therapy in do-not-intubate patients with hypoxemic respiratory distress. *Respir Care* 2013;58:597-600.
  8. Carratala Perales JM, Llorens P, Brouzet B, et al. High-Flow therapy via nasal cannula in acute heart failure. *Rev Esp Cardiol* 2011;64:723-5.
  9. Ciuffini F, Colnaghi M, Lavizzari A, et al. [Therapy with high-flow nasal prongs in preterm infants]. *Pediatr Med Chir* 2013;35:118-24.
  10. Marjanovic N, Mace J, Thille AW, et al. Reply to Understanding the benefits of early high-flow nasal cannula for adults with acute hypoxemic respiratory failure in the ED. *Am J Emerg Med* 2019;37:159-64.
  11. Weaver LK, Howe S, Hopkins R, et al. Carboxyhemoglobin half-life in carbon monoxide-poisoned patients treated with 100% oxygen at atmospheric pressure. *Chest*. 2000;117: 801-8.
  12. Kao LW, Nanagas KA. Carbon monoxide poisoning. *Emerg Med Clin North Am* 2004;22:985-1018.
  13. Burney RE, Wu SC, Nemiroff MJ. Mass carbon monoxide poisoning: clinical effects and results of treatment in 184 victims. *Ann Emerg Med* 1982;11:394-9.
  14. Jay GD, Tetz DJ, Hartigan CF, et al. Portable hyperbaric oxygen therapy in the emergency department with the modified Gamow bag. *Ann Emerg Med* 1995;26:707-11.
  15. Li CK, Tsui KL, Hung CY, et al. A retrospective study on carboxyhaemoglobin half-life in acute carbon monoxide poisoning in patients treated with normobaric high flow oxygen levels. *Hong Kong Journal of emergency medicine* 2006;13:205-11.
  16. Hampson NB, Little CE. Hyperbaric treatment of patients with carbon monoxide poisoning in the United States. *Undersea Hyperb Med* 2005;32:21-6.
  17. Kim EJ, Jung CY, Kim KC. Effectiveness and Safety of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Delivery during Bronchoalveolar Lavage in Acute Respiratory Failure Patients. *Tuberc Respir Dis (Seoul)* 2018;81:319-29.
  18. Sharma S, Chakraborty RK. High Flow Nasal Cannula, StatPearls, Ed. Treasure Island (FL); 2019.
  19. Sotello D, Rivas M, Mulkey Z, et al. High-flow nasal cannula oxygen in adult patients: a narrative review. *Am J Med Sci* 2015;349:179-85.