

원 저

일개 병원에서의 일산화탄소 중독증으로 내원한 환자에 대한 분석

인제대학교 의과대학 일산백병원 응급의학교실

김경환 · 김아진 · 신동운 · 노준영

Analysis of Patients with Acute Carbon Monoxide Poisoning in one Hospital

Kyung Hwan Kim, M.D., Ah Jin Kim, M.D., Dong Wun Shin, M.D., Jun Young Rho, M.D.

Department of Emergency Medicine, Inje University Ilsan Paik Hospital, Koyang, Kyeonggi-do, Korea

Purpose: The frequency of carbon monoxide poisoning has been decreased in the interior of the Korea. But occasionally it is occurred and the risk of exposure is high in working place so far. Because of the characteristics of gas, the detection of exposure and poisoning could be delayed and fatality is high. We should apprehend of carbon monoxide poisoning. So we would report analysis of patients with carbon monoxide poisoning.

Methods: A retrospective review of CO poisoned patients visited emergency department from January 2000 to December 2004 was conducted.

Results: 24 patients were enrolled. Their average of age was 37.6 ± 20.9 years old and COHb was $19.4 \pm 13.32\%$. The blood level of initial COHb and mental status on arrival were not correlated each other. The blood level of initial COHb and loss of consciousness were not correlated, too. Initial electrocardiography (EKG) was not correlated with cardiac enzymes such as CK-MB and troponin I. But base excess was correlated with mental status on arrival and complication such as rhabdomyolysis. Hyperbaric oxygen therapy was correlated with base excess and mental status on arrival.

Conclusion: The clinical features of carbon monoxide poisoning are nonspecific. For proper diagnosis, it is important that we should consider patient's environment and take patient's history carefully. The blood level of initial COHb does not reflect severity of poisoning accurately. So We should determine the treatment of choice depending on patient's status.

Key Words: Carbon monoxide poisoning, Diagnosis, Hyperbaric oxygenation

서 론

신경전달물질 중의 하나이고 마취효과가 있는 일산화탄소는 체내에서 생성되기도 하지만 탄소를 포함하는 화석 연료의 불완전 연소에 의해 발생하며 무미, 무색, 무취의

특성을 가지고 있고 생명을 위협하는 가장 흔한 독성 물질로 알려져 있다¹⁾. 미국에서는 아직도 매년 40,000명의 환자가 일산화탄소 중독으로 응급의료센터를 방문하고 있으며, 세계적인 보고에 따르면 일산화탄소 중독증 환자의 절반이 사망한다고 보고되고 있다²⁾. 국내에서는 90년대 중반까지도 일산화탄소 중독증 발생환자에 대한 임상보고가 다수 발표되었으나, 최근에 연탄을 난방연료로 사용하는 비율이 낮아지면서 이에 대한 보고의 빈도가 감소하고 있다. 미국에서의 Census of fatal occupational injuries에 따르면 1992년부터 1998년 작업장 유해가스에

책임저자: 김 아 진

경기도 고양시 일산서구 대화동 2240번지

인제대학교 일산백병원 응급의학과

Tel: 031) 910-7123, Fax: 031) 910-7188

E-mail: emjin23@ilsanpaik.ac.kr

의한 사망환자 523명의 가장 흔한 원인은 일산화탄소 중독증이었다. 이 보고서에 따르면 연료와 관련된 작업 및 이동을 위해 탈 것, 돌, 나무, 가구의 작업 등 매우 다양한 작업과 관련되어 어디에서나 중독증이 발생하며, 여름보다는 겨울에 더 빈번한 것으로 나타났다^{3,4)}. 국내에서도 가정에서의 일산화탄소 중독증에 대한 임상보고가 감소하고 있으나 작업장에서의 일산화탄소 중독증은 간혹 보고가 되고 있다. 기체의 특징상 신속한 발견이 어려워면서도 치명적인 성질을 가지고 있어서 이에 대한 이해 및 예방에 대한 주의가 항상 필요할 것으로 생각되어, 저자들이 본원에서 접했던 일산화탄소 중독증 환자에 대한 임상양상을 보고하고자 한다.

대상과 방법

2000년 1월부터 2004년 12월까지 일산화탄소 중독증으로 본원 응급의료센터를 내원한 환자들 중에서 증상이 있으면서 중독 발견 및 증상 발생이 24시간 이내인 소아 및 성인을 포함한 환자 24명을 대상으로 하여 이들의 의무기록을 후향적으로 분석하였다.

이들 환자의 인구학적 특성, 발생원인 및 장소, 내원까지의 시간, 내원 당시 의식상태, 증상, 초기 COHb 및 동맥혈 가스 분석, 심전도, 치료 및 경과 등을 조사하였으며, 각 요인들 간의 상관관계를 구하였다.

통계는 Medcalc 7.6을 이용하였다. 자료는 평균±표준편차로 표시하였고 및 각 요인들간의 상관관계는 Spearman 상관계수를 구하여 조사하였다. 이때 통계적 유의성은 95% 유의구간 과 P값이 <0.05인 경우로 하였다.

결 과

1. 환자의 연령 및 성별분포

대상 기간 동안 증상이 있는 일산화탄소 중독은 24례였으며 남자는 17명, 여자는 7명이었다. 소아 환자까지 포함하여 평균연령은 37.6±20.9 세였다(Table 1).

2. 원인 및 장소

중독의 원인으로는 무연탄 및 갈탄 등의 석탄 난로에 의

Table 1. The epidemiologic characteristics of patients with carbon monoxide poisoning

Patient	Age	Gender	Cause	Place	HBOT*	Complication
1	30	M	briquette stove	work place	+	-
2	77	M	LNG gas	home	-	-
3	74	F	briquette boiler	home	+	-
4	28	M	car heater	car	+	+
5	41	M	briquette stove	work place	+	+
6	36	F	LNG gas	home	+	+
7	41	F	petroleum stove	home	+	-
8	35	F	gas boiler	home	+	-
9	4	M	gas boiler	home	+	-
10	40	M	gas boiler	home	-	-
11	1	M	gas boiler	home	-	-
12	82	F	briquette boiler	home	+	-
13	21	M	briquette stove	home	-	-
14	20	F	LNG gas	home	-	-
15	24	F	fire	home	-	-
16	65	M	brown coal stove	work place	+	-
17	57	M	brown coal stove	work place	-	-
18	32	M	briquette	home	+	+
19	25	M	work in manhole	work place	-	-
20	29	M	work in manhole	work place	-	-
21	32	F	petroleum stove	work place	-	-
22	52	M	briquette stove	work place	+	-
23	23	M	briquette stove	work place	-	-
24	30	M	work in water tank	work place	-	-

*: HBOT=Hyperbaric oxygen therapy

한 경우가 8례로 가장 많았으며, 가스보일러는 4례였지만 한 가족이 일시에 노출된 경우였다. 그 외 LNG gas와 물탱크, 수도 등에서의 공사가 3례였다. 발생 장소는 가정집 10례, 작업장과 관련된 장소 13례, 자동차 실내공간이 1례였다. 중독의 원인과 장소와의 상관관계는 없었다(Table 1)($r=-0.064$, $P=0.765$, 95% CI= $-0.4559\sim 0.3481$).

3. 월별분포

5월과 8월 사이에는 일산화탄소 중독증으로 내원하는 환자가 없었다.

4. 전원 및 내원까지 시간

타병원을 경유하여 온 환자 9례, 직접 방문한 환자 15례였다. 증상 발생 및 발견 이후 본원 내원까지의 시간은 평균 3.2시간(범위: 0~14시간)이었다.

5. 내원시 의식상태

의식이 명료한 환자 16명, 기면상태 3명, 혼미 4명, 혼수상태 1명이었다.

Table 2. Clinical features of carbon monoxide poisoning

Symptoms	Frequency
Nausea and/or Vomiting	5
Headache	4
Dizziness	8
Loss of consciousness	14
Chest pain	1
Others	3

Table 3. EKG findings of carbon monoxide poisoning

EKG* findings	Frequency
Normal	8
Sinus tachycardia	6
Sinus bradycardia	1
Sinus arrhythmia	2
VPB [†]	2
Nonspecific ST change	4
ST depression	1
Af [‡]	1

*: EKG = Electrocardiography

†: VPB = Ventricular premature beat

‡: Af = Atrial fibrillation

6. 초기 COHb

COHb의 평균은 $19.4\pm 13.3\%$ 이었다(Fig. 1).

7. 초기 COHb과 의식상태, 초기 COHb과 의식소실과의 관계

초기 COHb과 내원시 의식 상태와의 상관관계는 없는 것으로 나타났다($r=0.1821$, $P=0.3943$, 95%CI= $-0.2388\sim 0.5455$). 또한 초기 COHb과 의식소실과의 관계도 상관관계가 없는 것으로 나타났다($r=0.3854$, $P=0.0629$, 95%CI= $-0.0213\sim 0.6827$).

8. 증상별 빈도

일산화탄소 중독증과 관련해 호소하는 증상은 Table 2와 같으며 한 가지 증상을 나타낸 환자는 16례, 두 가지 이상의 증상을 호소한 환자는 8례였다.

9. 심전도 및 심근 표지자 소견, 심전도와 심근 표지자와의 상관관계

12유도 심전도를 확인한 경우는 23례로 심전도 소견은 Table 3과 같으며 2례에서 두 가지 이상의 심전도 이상 소견을 보였다. 심근 표지자 CK-MB 상승을 보이는 경우는 7례, troponin I의 상승을 보이는 경우는 5례였다. 심전도와 CK-MB, troponin I는 각각 상관관계가 없었다($r=-0.2854$, $P=0.4567$, 95%CI= $-0.7982\sim 0.4673$ 와 $r=-0.2885$, $P=0.4516$, 95%CI= $-0.7994\sim 0.4647$).

10. 동맥혈가스분석

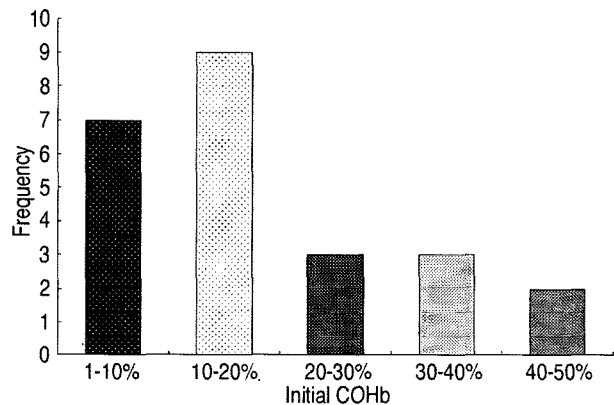


Fig. 1. Distribution of blood level of initial COHb.

23례에서 동맥혈가스분석을 시행하였으며, 평균 pH는 7.35 ± 0.09 , 평균 염기 과잉의 평균은 -3.610 ± 5.287 mmol/L(95%CI=-5.899~-1.3268)이었다. 염기 과잉은 내원 시 의식상태($r=-0.508$, $P=0.013$, 95%CI=-0.7608~-0.1210), 합병증 발생($r=-0.7086$, $P=0.0031$, 95%CI=-0.8957~-0.3082)과 상관관계가 있었다. 그러나 의식소실과 염기 과잉과는 상관관계가 없었다($r=-0.1140$, $P=0.6040$, 95%CI=-0.5026~0.3129).

11. 고압산소치료

고압산소 치료를 시행한 환자 및 고농도 산소 치료를 받은 환자는 각각 12명이었다. 고압산소치료에서 나이($r=0.2752$, $P=0.1931$, 95%CI=-0.1442~0.6108), 심전도 변화($r=0.0498$, $P=0.8214$, 95%CI=-0.3700~0.4527), 초기 일산화탄소혈색소치($r=0.3658$, $P=0.0788$, 95%CI=-0.0441~0.6703)는 고압산소 치료와 상관관계가 없었으며, 의식소실($r=0.5071$, $P=0.0114$, 95%CI=0.1304~0.8559), 염기 과잉치($r=-0.5177$, $P=0.0114$, 95%CI=-0.7664~-0.1341), 초기 의식상태($r=0.4583$, $P=0.0243$, 95%CI=0.0674~0.7273)는 고압산소치료와 관련이 있었다.

12. 입원 및 퇴원, 합병증

13명이 입원하였으며, 8명은 응급실에서 관찰 후 퇴원하였다. 3명은 자의퇴원 하였다. 입원환자 13명 중 8명은 중환자실에서 치료를 받았으며, 입원환자 중 4명에서 횡문근융해증의 합병증이 있었고, 횡문근융해증이 발생한 환자 4명 중 3명은 퇴원시기까지 의식이 명료한 상태로 회복되지 않았다.

고 찰

일산화탄소 중독에 대한 연구는 19세기 의학자인 Bernard로부터 시작되었으며 현재까지도 많은 임상보고 및 실험실적 연구가 진행되어 오고 있다⁹⁾. 일산화탄소 발생의 원인으로는 체내생성과 외부생성으로 구분할 수 있으며, 체내에서 신경전달물질로 생성되는 경우는 혈중 농도가 1%이상으로 상승하지 않는다. 외부생성 원인으로는 탄소물질의 불완전연소, 화재, 자동차 연소, 흡연 등이 있다. 일산화탄소에 의한 병태생리학적 기전은 여러 가지가 밝혀져 있지만 그 중 저산소증을 일으키는 기전은 크게 네 가지로 나누어 설명할 수 있다. 첫 번째로 혈액의 산소운반능이 감소하는 것이고, 두 번째로는 산화혈색소의 해리

특성의 변화, 세 번째로는 시토크롬 a_3 과 일산화탄소의 결합으로 인한 세포호흡의 감소, 네 번째로는 미오글로빈과의 결합으로 심근 및 골격근의 기능이상에 의한 것으로 구분할 수 있다. 그 외의 손상기전으로는 허혈 및 재관류에 의한 것들도 실험에 의해서 증명되고 있다⁶⁾.

일산화탄소 중독증이 주로 발생하는 시기는 주로 겨울철로 보고되어 있으며^{3,4,7)}, 본 연구에서도 봄과 여름철인 5월부터 8월 사이에 일산화탄소 중독으로 응급의료센터를 방문한 환자는 없었다. 미국에서는 작업장 등에서의 사고에 의한 일산화탄소 중독증이 상당 부분을 차지하고 있으나, 호주에서는 자살로 인한 중독증이 더 많다고 보고되고 있다⁸⁾. 본 연구에서의 23례는 사고에 의한 것이었으나, 1례에서는 예전에 자살 시도력이 있는 환자에서 자살을 목적으로 중독이 된 경우가 있었다.

가정에서는 난방연료로 연탄의 사용이 감소하고 있으나 가게나 작업장과 관련한 장소에서는 아직 많이 사용되고 있으며, 본 연구에서는 가정집에서는 LNG가스와 관련한 중독증 발생이 있어 도처에 일산화탄소 중독의 위험성이 존재하고 있음을 알 수 있었다.

일산화탄소 중독증의 임상양상은 급성인 경우 바이러스 감염과 비슷한 증상, 양성 두통, 다양한 심장 및 신경계 증상을 보인다. 혈중 일산화탄소혈색소의 농도가 20%이하 라면 두통, 무력감 및 피로감, 졸리움 등의 비특이적 증상을 보이고, 25% 이상이 되면 일산화탄소 중독증에 특이한 신경계 및 심혈관 증상들을 보이게 되며 매우 심한 증상을 보이는 경우는 부정맥, 저혈압, 심근허혈 및 심장마비, 경련, 의식불명 등에 이르게 된다. 소아에서는 급성 바이러스 감염과 같은 비특이적 증상이나 경련만을 보이는 경우도 있다⁹⁾. Hampson 등은 일산화탄소 중독환자 100명을 대상으로 하여 두통의 양상에 대하여 알아보았는데, 통증 위치 및 양상 등으로 일산화탄소에 특이한 두통의 양상은 없다고 보고하였다¹⁰⁾.

일산화탄소 중독증에 대한 증상은 무엇보다도 중독의 가능성을 염두에 두고 장소, 활동 상태, 사용한 기구 등에 대한 병력상의 정보를 얻어야 한다. 진단에 도움을 주는 검사로는 우선 혈중 일산화탄소혈색소의 농도인데, 이는 일반 혈액분석기로는 측정할 수 없다. 비교적 낮은 농도와 아주 높은 농도는 임상 양상과 비교적 일치하지만 그 사이의 농도는 일치하지 않는 편이다. 본 연구에서도 혈중 일산화탄소혈색소의 농도와 초기 의식상태 및 의식소실과는 관련이 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 고압산소 치료결정에 기준이 되고 있다⁶⁾.

일산화탄소에 의한 저혈압은 저산소증에 의한 심근의 손상, 미오글로빈에 일산화탄소가 결합하면서 생기는 직

접적인 심근기능 저하 효과, 말초 혈관의 확장 등에 의해 생긴다. 원래 심혈관 질환이 있는 환자에서는 혈중 일산화탄소혈색소의 농도가 낮다고 하더라도 부정맥, 심근 허혈 등을 보일 수 있다. 심근기능의 이상 및 손상이 의심되는 경우 심전도는 상당히 민감한 진단 방법이다. 이¹¹⁾ 등의 연구에 의하면 일산화탄소 중독증으로 입원한 환자 149명의 심전도를 분석하였는데, 정상소견이 아닌 경우는 91.3%에 달했으며, 가장 흔한 심전도 이상은 동성부정맥으로 24.9%에 달하였다. 그 외의 심전도 이상소견으로는 일과성 심실세동, QT 구간 연장, T파의 저하, T파 진폭의 증가, ST 분절 하강 및 상승 등이 있었으며 ST 분절의 변화가 있었던 군에서는 GOT가 유의하게 증가한 것을 관찰하였다. Gurtan은 일산화탄소와 관련한 심전도 변화 중 비중독군에 비하여 중독 군이 QT구간이 유의하게 연장된 것을 발견하였으며, 이 환자들이 치료를 받고 퇴원하는 시점에서는 QT구간이 정상으로 회복된 것을 알아냈다¹²⁾. 본 연구에서는 8명은 심전도가 정상이었고, 심전도 이상으로는 동성 빈맥 6례 및 ST분절의 변화 4례 등이 있었다. 또한 본 연구에서는 CK-MB와 troponin I에 대한 검사를 10명에서 시행하였고, CK-MB의 상승은 7명에서, troponin I의 상승은 5명에서 관찰되었다. ST분절의 변화가 있었던 4명 모두에서는 CK-MB 또는 troponin I의 상승을 볼 수 있었다. Tomassen이 정상인을 대상으로 한 실험에서 보면 혈중 일산화탄소혈색소의 농도가 상승할수록 심박동수가 증가하는 것을 보았는데, 이러한 동성빈맥의 발생은 저산소증 및 고이산화탄소증에 의한 반응이라고 추정하였다¹³⁾. 일산화탄소 중독으로 인한 심근의 병리학적 변화에 대해서 확실히 알려진 것은 없으나 Fineschi는 일산화탄소 중독으로 사망한 환자의 심근 연구에서 일산화탄소의 직접적인 작용이나 저산소증과 관련되기 보다는 아드레날린성 스트레스에 의한 것으로 추정된다고 보고하였다¹⁴⁾.

본 연구에서는 1명을 제외한 환자에서 동맥혈가스분석을 시행하였다. 급성 일산화탄소 중독에 의한 동맥혈가스소견은 대사성 산증을 보일 수 있는데, 이는 저산소증, 세포호흡억제, 대사요구도의 증가 등에 의한 것으로 보인다. 본 연구에서도 평균 pH는 정상범위였으나 염기과잉은 약간 부족한 것으로 나타났으며, 초기 의식상태 및 합병증 발생은 염기과잉과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 최¹⁵⁾ 등의 의식장애 정도에 따른 동맥혈가스변화의 차이에 대한 보고를 보면 의식상태가 나쁠수록 일산화탄소혈색소의 혈중 농도가 증가했고, 의식상태에 따라 pH 및 염기결핍이 유의하게 나타났으며, 이산화탄소 분압은 의식장애 정도와는 관계없이 과환기 상태로 나타났다. 일산화탄소 중독증에서 pH감소는 대사성 산증에 의한 것이라고

추정하였다.

일산화탄소와 관련한 합병증의 하나는 골격근에 대한 일산화탄소의 독성작용이다. 미오글로빈은 헤모글로빈보다 산소에 비해 일산화탄소에 대한 친화력은 낮으나 일단 결합을 하면 해리되려는 성질은 약해서 골격근 내에 축적되는 경향이 있다. 이로 인해서 골격근의 괴사가 일어날 수 있으며 급성신부전등으로 발전할 수도 있다⁹⁾. 본 연구에서도 4명에서 횡문근융해증이 진단되었으나 신부전의 증거는 없었다. 또한 이들 중 3명은 응급의료센터에서 치료 후 입원 중에도 의식이 명료한 상태로 회복되지 않았고, 이들을 대상으로 뇌파검사를 시행하였는데 비정상 뇌파 소견을 보였다. 이들 중 1명에서는 자기공명영상 T2조영증강상 창백핵, 해마, 백색질에서 고신호 강도를 보여 다른 문헌의 예와 비슷한 양상을 보였다^{16,17)}.

여러 문헌보고 및 본 연구에서 고압산소 치료는 주로 의식상태와 관련하여 결정이 된 것으로 사료된다. Hampson 등은 고압산소치료를 결정하는 요인을 설문조사를 통해 알아보았는데, 이들의 연구에서도 혼수, 의식소실, 심전도상 허혈성 변화 등이 있는 경우 초기 일산화탄소혈색소 농도와는 관계없이 고압산소치료를 고려하는 것으로 보고하였다¹⁸⁾. 본 연구에서는 심전도의 변화는 고압산소치료와 큰 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 고압산소치료에 대한 유용성에 대해서는 많은 연구가 있었지만 일치된 결과를 보인 것이 없으며, 장기 신경학적 예후에 관한 연구는 거의 없는 상태이다¹⁹⁾.

퇴원 환자들은 장기적으로 추적관찰을 하지 않았다. 환자들의 장기 예후 및 신경학적 합병증에 대해서는 관찰이 불가능 하였다.

결 론

일산화탄소 중독의 증상 및 징후는 비특이적이며 진단을 위해서는 일산화탄소의 노출 가능성을 유추해 보는 것이 무엇보다도 중요하다. 초기 일산화탄소혈색소의 농도는 중독의 정도나 치료의 결정에 많은 도움을 주지 않으므로, 환자의 의식상태 등을 고려하여 중증도에 따라 고압산소치료 여부를 결정해야 한다. 일산화탄소로 인한 합병증은 매우 다양하며 때로는 치명적인 신경학적 손상 등이 나타날 수도 있으므로 빠른 진단 및 치료뿐 아니라 환자가 발생할 가능성이 있는 가정 및 작업환경의 개선 및 점검이 무엇보다도 강조되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Gorman D, Drewry A, Huang YL, Sames C. The clinical toxicology of carbon monoxide. *Toxicology* 2003;187:25-38.
2. Kao LW, Nanagas KA. Carbon monoxide poisoning. *Emerg Med Clin North Am* 2004;22:985-1018.
3. Kales SN, Christiani DC. Acute chemical emergency. *N Engl J Med* 2004;19:800-8.
4. Valent F, McGwin G Jr, Bovenzi M, Barbone F. Fatal work-related inhalation of harmful substances in the United States. *Chest* 2002;121:969-75.
5. Sternbach GL, Varon J. The Resuscitation greats. Claud Bernard: On the origin of carbon monoxide poisoning. *Resuscitation* 2003;58:127-130.
6. Varon J, Marik PE, Fromm RE Jr, Gueler A. Carbon monoxide poisoning: A review for clinicians. *J Emerg Med* 1999;17:87-93.
7. Gallagher F, Mason HJ. Carbon monoxide poisoning in two workers using an LPG forklift truck within a cold-store. *Occup Med(Lond)* 2004;54:483-8.
8. Scheinkestel CD, Bailey M, Myles PS, Jones K, Cooper DJ, Millar IL, Tuxen DV. Hyperbaric or normobaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning: a randomised controlled clinical trial. *Med J Aust* 1999;170:203-10.
9. Choi IS. Carbon monoxide poisoning: Systemic manifestation and complications. *J Korean Med Sci* 2001;16:253-61.
10. Hampson NB, Hampson LA. Characteristics of headache associated with acute carbon monoxide poisoning. *Headache* 2002;42:220-3.
11. Lee CK, Cho DK, Jung TH, Lee JB, Lee HW, Park HM. Electrocardiograms in Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Korean J Internal Med* 1976;19:672-9.
12. Gurkan Y, Canatay A, Toprak A, Urai E, Toker K. Carbon monoxide poisoning - a cause of increased QT dispersion. *Acta anaesthesiol scand* 2002;46:180-3.
13. Thomassen O, Brattebo G, Rostrup M. Carbon monoxide poisoning while using a small cooking stove in a tent. *Am J Emerg Med* 2004;22:204-6.
14. Fineschi V, Agricola E, Baroldi G, Bruni G, Cerretani D, Mondillo S, Parolini M, Turillazzi E. Myocardial findings in fatal carbon monoxide poisoning: a human and experimental morphometric study. *Int J Legal Med* 2000;113:276-82.
15. Choe JY, Cho YG, Kweon S, Lee WS, Jung TH. Arterial Blood Gas Analyses in Patients with Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Korean J Internal Med* 1989;36:247-53.
16. Devine SA, Kirkley SM, Palumbo CL, White RF. MRI and neuropsychological correlates of carbon monoxide exposure: a case report. *Environ Health Perspect* 2002;110:1051-5.
17. O'Donnell P, Buxton PJ, Pitkin A, Jarvis LJ. The magnetic resonance imaging appearances of the brain in acute carbon monoxide poisoning. *Clin Radiol* 2000;55:273-80.
18. Hampson NB, Dunford RG, Kramer CC, Norkool DM. Selection criteria utilized for hyperbaric oxygen treatment of carbon monoxide poisoning. *J Emerg Med* 1995;13:227-31.
19. Juurlink DN, Buckley NA, Stanbrook MB, Isbister GK, Bennett M, McGuigan MA. Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning (review). *Cochrane Database Syst Rev* 2005;25.