

急性一酸化炭素中毒에 있어서 呼氣分析에 의한 Carboxyhemoglobin飽和度の 推定*

Postexposure Relationship between Carboxyhemoglobin in Blood and Carbon Monoxide in Expired Air

서울大學校 醫科大學 豫防醫學教室

黃聖周 · 趙秀憲 · 尹德老

I. 緒 論

우리나라에서 1950年代以來 家庭의 暖房과 炊事用 燃料의 主宗으로 사용되기 시작한 煉炭은 燃燒時 發生하는 多量의 一酸化炭素로 말미암아 世界에서 그 類例를 찾아볼 수 없을 만큼 높은 一酸化炭素中毒(以下 CO中毒)의 發生率과 死亡率을 記錄케 하고 있다(尹과 趙, 1977).

1960年代末 以後 普及되기 시작한 高壓酸素療法은 1982年末 現在까지 全國的으로 170여대의 高壓酸素治療器가 各 病醫院에 設置되어(金等, 1983) 國民保健의 癌的 存在인 急性 CO中毒의 治療에 획기적인 成果를 거두고 있는 것은(趙等, 1981) 煉炭使用의 不可避性과 家屋構造의 不實 및 脆弱性때문에 CO中毒의 一次豫防이 어려운 점을 勘案한다면, 患者에 대한 最善의 應急措置라는 二次豫防의 次元에서 볼 때 가장 適切한 對應策이라 볼 수 있을 것이다(尹과 趙, 1982).

이러한 二次豫防의 應急措置를 效率的으로 遂行하기 위해서는 무엇보다도 CO中毒의 迅速하고도 正確한 診斷이 先決되어야 하는데 대부분의 醫療機關에 있어서 CO中毒을 定量的으로 正確히 測定할 수 있는 CO-Oximeter 등의 檢査裝備를 設置하지 못하고 있으며, 또 設置된 곳이라 할지라도 CO中毒發生의 特性上 患者來院時間이 한 밤중이거나 새벽인 경우가 많아 이 計器를 利用한 正確한 CO中毒의 診斷이 잘 이루어지지 못하고 있는 實情이다.

이러한 現實에서 急性 CO中毒의 臨床的 診斷뿐만 아니라 최근 大氣 및 室內汚染이 深刻해짐에 따라 CO汚染環境에 持續的으로 曝露된 사람들에 대한 集團檢査등을 위하여(尹과 趙, 1983) CO中毒與否 및 程度를

早速한 時間內에 簡便한 方法으로 測定해야 할 必要性이 높아지고 있다.

CO中毒程度를 定量的으로 測定하는 경우 흔히 利用되는 두 가지 方式이 있다. 하나는 血中 carboxyhemoglobin飽和度(以下 HbCO 飽和度)를 測定하는 方法이고 다른 하나는 呼氣中 CO濃度를 直接 測定하는 方法이다(尹과 趙, 1982). 前者에 속하는 方法으로는 Van Slyke (1924)의 manometric method와 spectrophotometry를 이용한 方法 등이 있는데 대체로 이러한 方法들은 複雜한 操作法과 試料로써 血液이 所要되는 短點이 있어 應急患者의 診斷用이나 集團檢査用으로는 不適合한 것으로 看做되고 있다. 이에 비해 呼氣中 CO濃度를 測定하는 것은 測定上의 精密度에 問題가 있으나 測定이 簡單하고 迅速하다는 長點이 있어 使用用途에 따라서는 適合한 方法이 될 수도 있다. 일찌기 肺胞氣內 CO濃度와 血中 HbCO飽和度와는 一定한 關係가 成立되어 있음이 理論的으로 알려져왔고 Sjostrand等은 肺胞氣分析에 依한 血中 HbCO飽和度推定計算을 試圖한 바 있다(李等, 1969). 이어서 呼氣分析方法的 改良等 여러차례의 實驗方法 改善이 있는 후 Jones等(1958)에 의해 停止呼吸後의 呼氣分析에 의한 HbCO飽和度推定이 報告되었으며 Ringold等(1962)은 이러한 方法들을 整理하여 發表하였다. 그러나 이때까지의 呼氣分析方法是 infra-red analyzer를 利用한 方法이었고 Goldsmith等 (1968)에 이르러서야 M.S.A. 製檢知管을 使用한 HbCO飽和度推定法이 試圖되었고 이어 Ramsey(1967)가 potassium palladosulfite檢知管을 利用한 呼氣分析法으로 血中 HbCO飽和度를 推定하므로써 檢知管을 使用한 迅速한 CO中毒診斷의 可能性을 提示한 바 있다. 특히 Peterson(1970)은 呼氣中 CO濃度와 血中 HbCO飽和度사이의 回歸方程式을 求하고 相關係數를 計算하

접수일자 : 1984년 9월 24일

* 本 研究論文은 1984年度 서울大學校病院 臨床研究費의 補助로 이루어진 것임.

어 相關關係를 糾明함으로써 그 文獻이 널리 引用되고 있다.

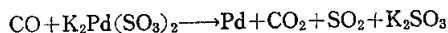
그러나 이러한 研究들은 對象選定에 있어서 被檢者가 患者가 아닌 健康한 自願者라는 점, 대부분 低濃度의 CO에 曝露된 점, 그리고 被檢者의 積極인 協調가 可能했다는 점에서 대부분의 患者가 迅速한 應急治療를 요하는 우리나라의 CO中毒患者에게는 直接 適用할 수 없다는 制限點이 있다.

이에 著者들은 急性 CO中毒으로 應急室에 來院한 患者의 呼氣中 CO濃度와 血中 HbCO飽和度를 測定하여 相關關係를 糾明하였고 이에 따라 呼氣中 CO濃度로 血中 HbCO飽和度를 推定 算出할 수 있는 回歸方程式을 구하고 各 媒介變數別로 相關關係를 分析하였기에 그 結果를 報告하는 바이다.

II. 材料 및 研究方法

1. 材料

1) CO檢知管 : 이 檢知管은 silica gel粒자에 potassium palladosulfite를 吸着시켜 眞空乾燥시킨 것으로서 CO와 反應하면 靑갈색을 나타낸다. 이 檢知管은 25 ppm에서 500ppm까지 눈금이 表示되어 있으나 實際로는 8ppm에서 1,000ppm까지 測定可能하다. 이 着色의 長이가 곧 CO의 濃度가 되는 데 그 反應式은 아래와 같다.



本 研究에서는 Gastec社의 1 La型 檢知管을 使用하였다(Figure 1).

Silica Gel + Potassium Palladosulfite

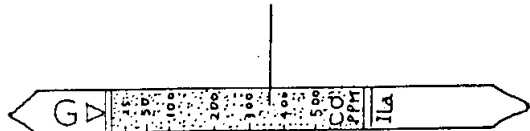


Fig. 1. CO detector

2) 試料가스採取器 : 이 採取器는 眞空式가스펌프로 내부에는 吸入速度調節瓣이 붙어있어 피스톤을 한번 잡아당기면 自動的으로 試料가스 100cc가 吸入된다. (Gastec 製品)

3) CO-Oximeter: Spectrophotometer 原理를 利用한 血中 HbCO測定器로 HbCO뿐만 아니라 HbO₂, MetHb 및 reduced Hb를 동시에 測定할 수 있으며 α, β-band 위치에 따른 吸光度차이를 利用하여 各 項目을 定量的으로 分析하는 計器이다. (Mini Kem 製品)

2. 研究方法

1) 研究對象 : 1984年 1月 1일부터 3月 31일까지 3個

月間 서울衛生病院 應急室에 來院한 47名의 急性 CO中毒患者를 研究對象으로 하였다.

2) 呼氣分析 : 急性 CO中毒患者가 應急室에 到着하면 一酸化炭素檢知器를 患者의 鼻孔에 接近시켜 3分間 100cc의 檢氣가 檢知管을 通過하도록 한 後, 色の 變化를 觀察하고 着色된 長이로써 CO濃度를 判讀하였다(Figure 2). 判讀의 基準은 眞하게 着色된 部分의 下限線과 着色限界線의 中間點을 判讀點으로 삼았다.

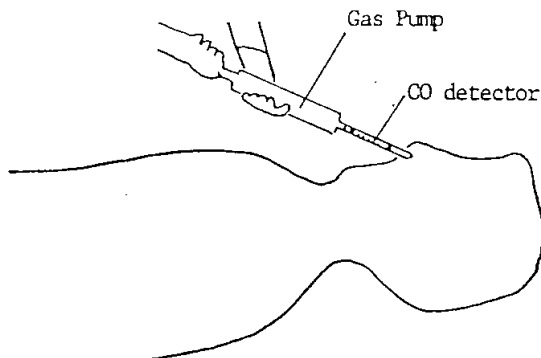


Fig. 2. Breath collection method

3) 血中 HbCO飽和度 測定 : 呼氣採取와 同時에 10cc의 靜脈血을 氣密 syringe로 採血하여 CO-Oximeter로써 血中 HbCO飽和度를 測定하였다.

4) 資料分析 : CO檢知管을 利用하여 測定한 各 患者의 呼氣中 CO濃度 및 CO-Oximeter로 測定한 血中 HbCO飽和度의 資料를 Pearson's Correlation Program에 入力하여 資料處理 및 統計的 分析을 施行하였는데, 두 測定值사이의 相關係數와 回歸方程式 및 標準誤差를 求하였으며 年齡, 性, 來院時意識狀態의 各 媒介變數別로 相關係數를 比較分析하였다.

III. 研究 結果

1. 研究對象者의 特性 (Table 1 參照)

研究對象者의 性別分布는 男女의 比가 1 : 1.94로 女子患者가 많았고 年齡別分布는 10~29歲群이 全體의 68.1%를 차지했는데, 이는 李(1983), 朴等(1984), 趙等(1981)의 報告와 一致하는 所見이다. 이러한 樣相은 急性 CO中毒의 疫學的 特性을 反映해주는 結果로써 그 原因을 社會環境의 側面에서 說明하고 있다(金等, 1980).

研究對象者의 CO曝露時間은 就寢時刻부터 中毒狀態로 發見된 時刻까지의 間隔을 曝露된 時間으로 看做하였는데, 2時間以下가 17.0%, 2~8時間이 44.6%, 8時間以上이 27.7%이었다. 來院時 意識狀態別로는 昏睡

Table 1. Characteristics of the Subjects Studied

Characteristics	No. of Subjects	percent
Total	47	100.0
Sex		
Male	16	34.0
Female	31	66.0
Age		
10~19	10	21.3
20~29	22	46.8
30~39	6	12.8
40~49	5	10.6
50~	4	8.5
Exposure Duration to CO		
2	8	17.0
2~3.9	1	2.1
4~5.9	8	17.0
6~7.9	12	25.5
8~9.9	7	14.9
10	6	12.8
Unknown	5	10.6
Consciousness Level at Emergency Room		
Coma	1	2.1
Semicoma	5	10.6
Stupor	7	14.9
Drowsiness	21	44.7
Alertness	11	23.4
Unknown	2	4.3

昏迷狀態에 비해 嗜眠覺醒狀態의 患者가 훨씬 많음을 나타내고 있는데, 이는 發見時에 비해 病院으로 運搬途中 患者의 意識狀態가 回復되었기 때문이라고 思料된다.

2. 呼氣中 CO濃도와 血中 HbCO飽和度와의 比較 (Table 2, Figure 3)

第2表, 第3圖에서 呼氣中 CO濃도와 血中 HbCO飽和度와의 回歸方程式은 $(\% \text{HbCO}) = 10.315 + 0.203 (\text{ppm CO})$ 로 算出되었으며 標準誤差는 5.6이었다. 相關係數는 0.835로 높은 相關性을 보였다.

第3表에서와 같이 100ppm을 基準으로 呼氣中 CO濃도에 따라 相關係數를 求한 結果 100ppm미만에서는 0.827, 100ppm 以上에서는 0.573으로 낮은 濃度일수록 더 密接한 相關關係가 있음을 보여 주고 있다.

3. 媒介變數別로 觀察한 相關係數 (Table 4)

第4表에서와 같이 媒介變數別로 觀察한 相關係數에서 性別로는 男子가 0.850, 女子가 0.839로써 有意한

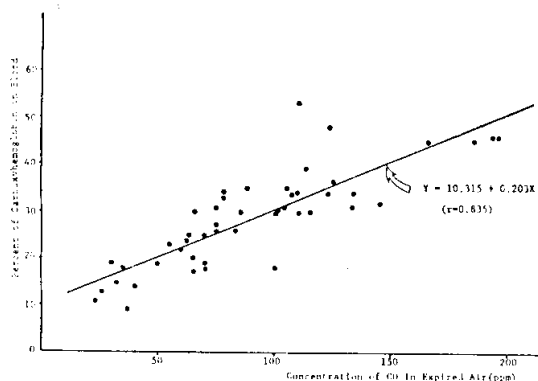


Fig. 3. Concentration of Carbon Monoxide in Expired Air versus Percent Saturation of Carboxyhemoglobin in Blood.

Table 2. Correlation of CO Concentration in Expired Air with blood HbCO Level

Subject No.	Sex	Age	CO(ppm)	HbCO(%)
1	F	17	100	30
2	M	25	30	19
3	M	18	60	22
4	M	24	88	35
5	M	27	185	45
6	F	39	66	30
7	F	61	62	24
8	M	48	55	23
9	M	16	110	53
10	M	21	100	30
11	F	50	107	34
12	M	27	26	13
13	F	16	104	31
14	F	53	23	11
15	M	57	78	34
16	M	35	165	45
17	M	33	105	35
18	M	27	125	36
19	M	12	63	25
20	F	25	75	26
21	F	15	75	27
22	F	28	70	19
23	F	18	70	25
24	M	21	133	34
25	F	29	108	34
26	F	28	37	9
27	F	17	100	18
28	F	21	50	19

29	F	11	65	20
30	F	37	65	17
31	F	75	32	15
32	F	21	35	18
33	F	21	78	34
34	F	66	70	18
35	M	20	83	26
36	F	15	110	30
37	F	22	133	31
38	M	36	40	14
39	M	28	75	31
40	F	29	85	30
41	F	26	145	32
42	F	21	115	30
43	F	40	122	34
44	F	22	113	39
45	F	28	193	46
46	F	35	123	48
47	F	62	195	46

Table 3. Correlation Coefficient of high and low Concentration of CO

CO Con- centration (ppm)	Regression equation	Standard error	Corre- lation Coeffi- cient	P- value
<100	$Y=4.089+0.307X$	3.990	0.827	$p<0.01$
$100 \leq$	$Y=16.632+0.153X$	6.578	0.573	$p<0.01$
Total	$Y=10.315+0.203X$	5.600	0.835	$p<0.01$

Table 4. Correlation Coefficients by Intervening Variables.

Variables	Correlation Coefficient	P-value
Total	0.835	$p<0.01$
Sex		
Male	0.850	$p<0.01$
Female	0.839	$p<0.01$
Age		
10~19	0.570	$p>0.05$
20~29	0.883	$p<0.01$
30~39	0.894	$p<0.05$
40~49	0.912	$p<0.05$
50+	0.975	$p<0.05$
Consciousness Level at Emergency Room		
Semicoma	0.982	$p<0.01$
Stupor	0.971	$p<0.01$
Drowsiness	0.858	$p<0.01$
Alertness	0.687	$p<0.05$

차이를 보이지 않은 반면, 年齡別로는 20세미만의 年齡群에서 相關關係의 有意性이 없었으며 年齡이 增加할수록 相關係數가 높아지는 傾向을 보이고 있다. 來院時意識狀態別로는 意識이 나뉠수록 相關係數가 높아지는 傾向을 보이고 있다.

IV. 考 察

呼氣中 CO濃度를 測定함으로써 肺胞氣와 가스平衡을 維持하고 있는 血液內 CO濃度를 推定할 수 있음은 理論의으로도 妥當하며 여러 研究에 의해 確認된 바 있다. (Ringold等, 1962; Ramsey等, 1967; Peterson等, 1970). 다만 肺胞氣內的 가스濃度를 正確하게 反映해 주는 適切한 呼氣採取方法과 正確한 CO濃度の 測定이 問題되고 있다.

本 研究에 있어서는 47명의 急性 CO 中毒患者에게 呼氣分析을 施行하였는 바 呼氣中 CO濃度の 範圍는 23~195ppm이었고 回歸方程式은 $Y=10.315+0.203X$ 로, 相關係數는 0.835로 나타났는데 比較를 위해 지금까지 報告된 他 研究結果를 보면 第5表, 第4圖과 같다.

Table 5. Other Results of Experimental Study

Author	Range of CO Concentration in ppm	Regression equation	Correlation coefficient
Lingold(1962)	3~102	$Y=0.5+0.2X$	
Ramsey(1967)	6~ 90	$Y=0.5+0.2X$	
Lee (1969)	42~102	$Y=1.02+0.15X$	
Peterson(1970)	4~240	$Y=1.4+0.15X$	0.98
Cohen (1971)	3~ 56	$Y=0.43+0.17X$	0.99
Perkins (1973)	2~ 47	$Y=0.6+0.3X$	0.94

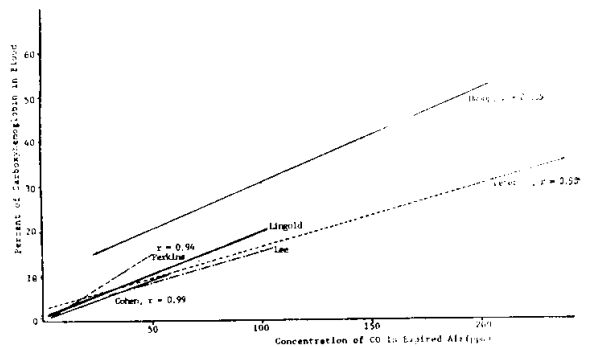


Fig. 4. Concentration of Carbon Monoxide in Expired Air versus Percent Saturation of Carboxyhemoglobin in Blood.

本 研究結果와 比較할 때 回歸方程式과 相關係數 모두 차이를 보이고 있고 특히 相關係數 0.835는 Cohen等(1971)의 0.99, Perkins等(1971)의 0.94, Peterson(1970)의 0.98에 비해 낮은 結果를 보이고 있는데 이는 呼氣採取方法의 차이에 起因한 것으로 思料된다. 즉 他 研究에서는 被檢者의 대부분이 患者가 아닌 健康한 自願者라는 점에서 (Ramsey, 1967; Peterson, 1970; Cohen等, 1971) 이들의 積極的인 協調가 可能했던 까닭에 檢査前 15~20秒間 呼吸停止後 내쉬는 呼氣中 첫부분을 버리고 나머지부분을 彈性고무球나 polyethylene bag에 採取해 dead space에서 나온 呼氣의 混合을 줄임으로써 正確한 肺胞內의 가스濃度を 反映시킬 수 있었다. 이에 비해 本 研究에서는 被檢者의 대부분이 應急治療를 요하는 重患者로 協調가 不可能한 물론 多樣한 呼吸狀態에서 呼氣分析을 했기 때문에 呼氣採取過程에서 dead space 空氣의 混合이나 周邊空氣에 의한 稀釋이 不可避하였던 것에 그 原因이 있는 것으로 思料된다. 또 本 研究에서 測定된 CO濃度の 85.1%가 50ppm 以上の 값을 勘案한다면 檢知管에 의한 50ppm 以上, 또는 20% HbCO 以上の 測定値는 信賴度가 떨어진다는 Ramsey(1967), Stewart等(1976)의 報告도 한 原因으로 考慮할 수 있겠다(Myers等, 1979). 이는 本 研究結果에서 100ppm을 基準으로 낮은 濃度の 測定値에서 더 높은 相關係數를 보이고 있는 것과 一致된 結果라 할 수 있다.

媒介變數別로 본 相關係數中 20세미만의 年齡群에서 統計的 有意성이 없는 相關關係를 나타낸 것은 다른 研究에서 研究對象者를 成人에 局限하고 있는 점에 비추어 興味있는 結果이나 이 結果가 年齡이 HbCO飽和度에 미치는 影響의 反映인지 呼氣分析에 있어서의 呼吸代謝의 차이와 關聯된 要因때문인지는 앞으로의 研究가 必要할 것 같다(McIlvaine 等, 1969; Francis等, 1977). 來院時意識狀態別로 觀察할 때 患者의 意識이 나뉠수록 相關係數가 높아지는 現象은 呼吸의 安定性과 關聯된 要因으로 患者의 意識이 覺醒狀態에 가까울수록 多樣한 呼吸反應을 보인다는 점을 考慮할 수 있겠으나 역시 앞으로의 研究가 必要할 것으로 보인다.

V. 結 論

急性一酸化炭素中毒에 있어서 呼氣分析에 의한 HbCO飽和度を 推定하기 위해 1984年 1月 1일부터 3月 31일까지 3個月間 서울衛生病院 應急室에 來院한 47名の 急性 CO中毒患者를 對象으로 本 研究를 施行하여 다음과 같은 所見을 얻었다.

1. 呼氣中 CO濃도와 血中 HbCO飽和度와의 回歸方程式은

$$(\% \text{ HbCO}) = 10.315 + 0.203(\text{ppm CO})$$

로 算出되었으며 標準誤差는 5.6, 相關係數는 0.835로 높은 相關性을 보였다.

2. 100ppm을 基準으로 呼氣中 CO濃도에 따라 相關係數를 求한 結果 100ppm 미만에서는 0.827, 100ppm 以上에서는 0.573으로 낮은 濃度일수록 더 密接한 相關性을 보였다.

3. 媒介變數別로 觀察한 相關係數에서 性別로는 男女의 차이가 없었고 年齡別로는 年齡이 增加할수록 相關係數가 높아지는 傾向을 보였으며 來院時意識狀態別로는 氣識이 나뉠수록 相關係數가 높아지는 傾向을 보였다.

4. 以上の 所見으로 急性 CO中毒에 있어서 呼氣分析에 依한 血中 HbCO飽和度の 推定은 迅速하고 正確한 診斷에 매우 實用性있는 方法임을 알 수 있었다.

-ABSTRACT-

Postexposure Relationship between Carboxyhemoglobin in Blood and Carbon Monoxide in Expired Air.

Sung Joo Hwang, Soo Hun Cho and Dork Ro Yun.

Department of Preventive Medicine
College of Medicine, Seoul National University

A study was done to estimate the blood HbCO level by measuring the CO concentration in expired air of 47 acute CO poisoning patients at emergency room of Seoul Adventist Hospital.

The results are summarized as follows;

1. The correlation between CO concentration in expired air and blood HbCO level is shown by the regression equation of

$$(\% \text{ HbCO}) = 10.315 + 0.203 (\text{ppm CO})$$

with its correlation coefficient 0.835 and standard error 5.6.

2. The correlation coefficient in the cases having CO concentration below 100 ppm is 0.827 and that above 100 ppm, 0.573. It shows the higher correlation coefficient in lower CO concentration cases.

3. Difference by sex is statistically insignificant. Close correlation is observed as age is increased. Another close correlation is observed as consciousness level at emergency room is poor.

4. It could be concluded that the estimation of blood HbCO level by measuring CO concentration in expired air is a suitable method for rapid and accurate assessment of CO poisoning.

REFERENCES

- Cohen, S.I., G. Dorin, J.R. Goldsmith, S. Permutt: *Carbon monoxide uptake by inspectors at a United States Mexico border station. Arch. Environ. Health, 22:47-54, 1971.*
- Francis W. Weir, David C. Viano: *Prediction of Carboxyhemoglobin concentration from transient carbon monoxide exposure. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1076-1080, 1977.*
- Goldsmith, J.R., F. Schuette, L. Novick: *Appraisal of carbon monoxide exposure from analysis of expired air. XIV th International Congress of Occupational Health, 3:948, 1968.*
- Jones, R.H., Ellicoh, M.F. Cadigan, J.B., Gaensler, E.A.: *The relationship between alveolar and blood carbon monoxide concentrations during breathholding. J. Lab. Clin. Med., 51:553-564, 1958.*
- McIlvaine, P.M., W.C. Nelson, D. Bartlett: *Temporal variation of carboxyhemoglobin concentration. Arch. Environ. Health, 19:83-91, 1969.*
- Myers, R.A., S.E. Linberg, R.A. Cowley: *Carbon monoxide poisoning. J. A. C. E. P. 8(11):479-484, 1979.*
- Perkins, N.M., Cohen, S.I. and Goldsmith, J.R. *Carbon monoxide uptake in cigarette smoking. Arch. Environ. Health, 22:55-60, 1971.*
- Peterson, J.E.: *Postexposure relationship of carbon monoxide in blood and expired air. Arch. Environ. Health, 21:172-173, 1970.*
- Ramsey, J.M.: *Potassium palladosulfite detection of carbon monoxide in exhaled air as an estimate of carboxyhemoglobin. Amer. Industr. Hyg. Assoc. J., 28:531-534, 1967.*
- Ringold A., J.R. Goldsmith, H.I. Helwig, R. Finn, F. S.: *Estimating recent carbon monoxide exposures. Arch. Environ. Health, 5:308-318, 1962.*
- Stewart, R.D., Stewart, R.S., Stamm W.: *Rapid estimation of carboxyhemoglobin level in fire fighters. J.A.M.A. 4:390-392, 1976.*
- Van Slyke, Neill, J. M.: *The determination of gases in blood and other solutions by vacuum extraction and manometric measurement. J. Biol. Chem., 61:523-573, 1924.*
- 김용익, 윤덕로, 신영수: 일산화탄소중독의 진료 대책 수립을 위한 추계학적 연구, 예방의학회지, 16(1): 135-152, 1983.
- 김용익, 조수현, 김정순, 윤덕로, 김인달: 도시영세민 지역의 연탄가스중독에 관한 역학적 실태조사. 대한 의학협회지, 23(10):879, 1980.
- 박병주, 조수현, 안윤옥, 신영수, 윤덕로: 급성일산화탄소중독의 신경학적 후유증에 관한 역학적 연구. 예방의학회지, 17(1):5-24, 1984.
- 윤덕로, 조수현: 연탄가스중독의 발생 및 진료실태에 관한 조사연구. 대한의학협회지, 20(8):705-714, 1977.
- 윤덕로, 조수현: 고압산소요법의 이론과 응용. 서울의 대학술지, 21(3):219-232, 1982.
- 윤덕로, 조수현: 일산화탄소중독의 현황과 대책. 대한 의학협회지, 26(2):1123-27, 1983.
- 이수동: 급성일산화탄소 중독에 관한 역학적 연구. 중앙의학, 45(1):7-12, 1983.
- 이영자, 윤덕로: 호기분석에 의한 HbCO 포화도의 실험적 추정. 일산화탄소중독, 서울, 신의학총서, 1969.
- 조수현, 유근영, 윤덕로: 급성일산화탄소중독환자의 내원시 의식상태 및 치료성공에 관한 조사연구. 서울의대학술지, 22(1):83-91, 1981.