

## 一酸化炭素危害에 關한 研究

### Studies on Carbon Monoxide Hazards

#### 第1編 呼氣分析에 依한 HbCO 飽和度의 實驗的推定

Part 1: Experimental Estimation of Carboxyhemoglobin by the Analysis of Expiration Air

서울大學 醫科大學 豫防醫學教室

<指導 金 仁 達 教授>

李 英 子

#### 目 次

- I. 緒論
- II. 實驗材料 및 方法
- 1. 實驗材料
- 2. 實驗
- III. 實驗成績
- IV. 考按
- V. 結論

#### I. 緒論

有毒깨스中 가장 頻發하는 一酸化炭素中毒本態에 對하여는 많은 業績이 報告되어 있다<sup>1,2,3)</sup>. 近者에 와서는 一酸化炭素에 對한 原因糾明 中毒의 程度 應急措置의 對策 및 一酸化炭素污染環境에 繼續的으로 曝露된 사람 들에 對한 集團検査等을 為하여 血中 HbCO 飽和度를 早速한 時間內에 正確히 測定할 수 있도록 簡便한 方法이 研究検討되고 있다.

從來 가장 正確한 方法으로서는 Van Slyke의 Manometric Method<sup>4)</sup>에 依한 血中 HbCO 飽和度測定이 널리 認定되고 있으나 이 方法은 裝置의 具備, 熟練의 技術 및 比較的 the長時間이 所要되는 難點이 있어 時間의 으로 急히 測定해야 될 때나 集團検査을 目的으로 할 때는 適合하지 못한 것 같다. 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 알려져 있고 일직이 Sjostrand<sup>5)</sup>等은 肺胞氣分析에 依한 血中 HbCO 飽和度推定計算이 企圖된 바 있다.

Lilienthal & Pine<sup>6</sup>는 N.B.S. 製 Carbon Monoxide Detector을 使用하여 實驗한 結果 이를 發展시킬 餘地가 많음을 示唆하고 있다. Chinn<sup>7)</sup>은 呼氣分析法을 改良 發展시켰으며, Sturrock<sup>8)</sup>는 Chinn의 實驗方法을若干

修正하여 重試한 結果 매우 良好한 成績을 報告하고 있다.

著者는 呼氣分析에 依한 血中 HbCO 飽和度 推定法이 매우 簡便하여 우리나라와 같이 無煉炭의 廣範한 使用以後 一酸化中毒의 急性 및 慢性例가 늘어가는 實情에 鑑하여迅速하고 正確한 血中 HbCO 推定法을 發展시키므로써 急性中毒例의 應急措置을 為한 對策 및 慢性中毒例에 對한 集團檢出로 하여금 健康管理의 必要性을 痛感하여 肺氣分析法에 쓰이는 CO Indicating Tube를 國產製品을 使用하여 美製品과 다른 特性에 따라 適切한 分析操作을 檢討한 結果 意義 있는 結果를 얻었기 級에 報告하는 바이다. 即 이 研究의 目的도 將次 할 一酸化炭素의 汚染處 및 中毒樣相을 集團調查에 依據하여 明確하게 하기 為하여 肺氣分析法에 優位性을 確認코 하는데 있다.

#### II. 實驗材料 및 方法

##### 1. 實驗材料

i) 一酸化炭素檢知管: 圖 1과 같이 內經 約 5 mm 길이 約 135 mm의 유리管內에 길이 約 40 mm의 Silica Gel(白色)粒을 充填한 다음 檢知劑層(黃色)을 10 mm 두께가 되게 넣은後 다시 15 mm 두께의 白色 Silica Gel粒子(40—60 mesh)을 充填하였다. 檢知層은 Silica Gel에 Palladium Metal 溶液 및 Ammonium Molybdate의 混合液을 吸着시켜 真空乾燥 시킨것을 使用하였다. (本製品은 生活科學研究院에서 製造한 것임)

ii) 標準濃度着色一酸化炭素檢知管: 黃酸斗 蟻酸을 105°C에서 反應시켜 얻은 96% CO를 100% 酸素로 稀釋하여 각각 100 ppm 및 10 ppm의 CO混合 gas를 만든後 이를 一酸化炭素檢知管에 50 cc를 50秒間 15°C環境에서 通過시킨後 檢知管兩端을 Paraffin-Wax로 密封하여 標準濃度着色檢知管을 각각 20 ppm, 40 ppm 50

ppm, 60 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 200 ppm 濃度의 것을 만들었다.



Fig. 1. Carbon Monoxide Detecting Tube

AA' : 白色 Silica Gel 層    B : 檢知剤層    CC' : 綿栓

## 2. 實驗方法

i) 人體內 血中 HbCO の 人爲的造成 : 100 l 的 一般清淨空氣에 96% CO gas 416 cc 를 混合하여 4,000 ppm 의 CO 混合 gas 를 만들어 160 l 容量의 Douglas bag에 送入한後 複檢者에게 10~15 分間에 걸쳐 吸入케하여 血中에 HbCO 가 生成되도록 하였다.

ii) 呼氣分析 : CO 混合 gas 100 l 를 被檢者가 全部吸入한後 一分間 正常呼吸를 계속케한 後 15 秒間 呼吸을 停止케하고 나서 1,500 cc 容量의 譚性고무球에 1,000 cc 程度의 呼氣를 吹入케 한後 一酸化炭素檢知管과 고무球를 連結하여 50 秒間 50 cc 的 檢氣가 檢知管을 通過케하여 CO 的 濃度를 ppm 으로 判讀하였다.

iii) 血中 HbCO 鮑和度測定 : 呼氣採取와 同時に 6 cc 的 靜脈血을 氣密 Syringe 로 採血하여 Van Slyke Manometrie Apparatus 를 使用하여 Van Slyke & Neil 法에 依하여 血中 HbCO 的 量을 Vol%로 測定한 後 Sahli 法에 依하여 血中 Hemoglobin 을 定量하여 血中 HbCO 鮑和度를 다음 式에 依하여 計算하였다.

$$\text{CO Vol\%} \times 5 \times \frac{14.5}{\text{Hb}/100\text{cc}} = \% \text{ 血中 HbCO 鮑和度}$$

iv) 本實驗에는 20~35 歲의 成人男子 12 名을 被檢者로 삼았으며 實驗에 앞서 呼氣 CO 分析 및 血中 HbCO 度를 測定하여 對照로 使用하였으며 4000 ppm 的 CO 混合 gas 吸入後 測定한 呼氣中 CO濃度와 血中 HbCO 鮑和度의 相關關係 및 一酸化炭素檢知管을 使用한 呼氣中 CO濃度測定에 依한 血中 HbCO 鮑和度推定의 正確度를 檢討하였다.

## III. 實驗成績

### 1. 呼氣分析과 Van Slyke 法에 依한 血中 HbCO 量의 比較成績 (第1表 第2圖)

第1表 第2圖에 表示된 바와 같이 呼氣中 CO 的 濃度와 血中 HbCO 的 鮑和度와의 關係에 있어서  $(\text{PCO}) = \frac{\% \text{ HbCO} \times (\text{PO}_2)}{K(100 - \% \text{ HbCO})}$  的 公式에 依한 理論的 計算值와 잘 符合되는 傾向을 보이고 있으며 이때

$K = \frac{(\text{HbCO})(\text{PO}_2)}{(\text{HbO}_2)(\text{PCO})}$  는 280 程度를 나타내고 있다. 成績中 理論的 鮑和度計算曲線에서 가장 큰 偏差를

Table 1. Correlation of Expiration CO with Van Slyke Blood-CO Analysis

Subject No	Age	Blood-HbCO (Vol %)	Breath-CO (ppm)	Blood-HbCO Saturation (%)	Hemoglobin (gm/100cc)
1	21	2.5	76	12.5	14.5
2	26	2.1	78	11.7	13.0
3	31	3.2	98	16.5	14.0
4	35	2.4	95	14.0	12.5
5	31	2.8	88	14.0	14.5
6	34	3.0	100	16.2	13.5
7	26	1.6	54	9.6	12.0
8	30	2.9	96	16.5	13.0
9	28	3.4	102	17.0	14.5
10	22	2.1	76	10.1	15.0
11	21	1.8	42	8.1	16.0
12	27	2.7	86	13.1	15.0

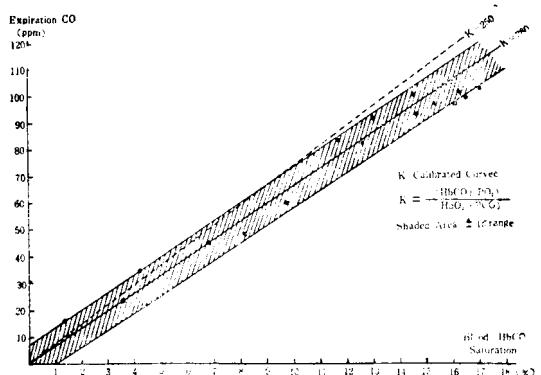


Fig. 2. Corelation of Expiration-CO with Van Slyke Blood-CO Analysis.

보인것이 2.2% 鮑和度이며 標準偏差는 ±0.83% 鮑和度였다. ±1σ range 에는 12例中 8例가 包含되어 있어 即 그 結果의 66%가 ±1σ range 의 probability 를 가지고 있음을 表示하고 있다.

### II. 呼氣分析 및 Van slyke 法에 依한 血中 HbCO 鮑和度測定時間의 比較

肺氣中 CO 分析을 一酸化炭素檢知管을 使用하여 實施한 경우는 平均 5 分 以內 所要되며 Van Slyke 法에 依한 血中 HbCO 鮑和度測定은 平均 40 分이 所要된다.

## IV. 考 按

呼氣中에 存在하는 CO 的 濃度를 測定 하므로써 肺胞內에 있어 肺胞氣와 gas 分壓 平衡을 維持하고 있는 血液

내 CO의 濃度를 推定할 수 있다 함은 理論的으로도妥當하며 여러 사람의 業績에 依하여 確認되어 있는 바이다<sup>9)</sup>. 다만 肺氣의 適切한 採取 正確한 CO濃度測定法等이 問題되고 있으며 CO의 微量測定 特히 100 ppm 以下の 测定은 매우 困難하고 正確한 結果가 얻기 힘들다. National Bureau of Standards(U.S.A)가 發展시킨 CO Indicating Tube<sup>10)</sup>은 特히 CO의 微量測定에 있어 매우 敏感하고 正確함이 알려져 있다.

本實驗에 있어서는 12名의 人體實驗을 通하여 被檢者가 4,000 ppm 假量의 CO混合 gas를 吸入한 後 呼氣內 CO濃度를 测定함에 있어 50 cc 檢氣를 50秒間 通過시켜 結果를 判讀하였다. 그런데 Chinn<sup>11)</sup>는 20 cc 檢氣를 10回까지 通過시켜 標準着色管과 比較하였고 Sturrock<sup>8)</sup>는 檢氣 60 cc 를 30秒間 通過시켜 結果를 判讀하고 있다. 著者は 上記 兩人の 法을 追試한 結果 檢知管의 着色度가 같지 아니함을 確認하고 國產 一酸化炭素檢知管이 美製의 性能이 一致안함을勘案하여 50 cc 50秒間 通過로써 着色度가 美製와 같아지며 따라서 通過時間은 달리하여 實驗하게 된 것이다. 實驗成績에 있어 肺氣分析과 Van Slyk法에 依한 血中 HbCO量과의 關係를 보면  $K=280$  ( $K=\frac{HbCO}{HbCO_2} \cdot \frac{PO_2}{PCO_2}$ )<sup>11)</sup>의 理論的 飽和度曲線에 符合되어 나타남을 보았다. Sturrock<sup>8)</sup>는  $K=250$ 의 理論的飽和度曲線에 符合된 成績을 報告하고 있는데 이는 單純히 K值의 差가 hemoglobin에 起因하였다기보다는 檢氣採取, 檢知管의 性能, 測定方法등의 差에서 오는 것이라고. 解釋하는 것이妥當할것 같다. 統計적으로 보아서 最大偏差, 標準偏差, 理論的曲線을 中心으로 한 分布狀態의 分析에 依하여 매우 密接한 相關關係가 있음을 알 수 있다.

本成績에 있어 最大偏差 2.2% 飽和度 標準偏差  $\pm 0.83\%$  飽和度에 比하여 Sturrock<sup>8)</sup>는 각각 1.4% 飽和度 및  $\pm 0.94\%$  飽和度를 報告하고 있다.

그러나 本呼氣分析에 依한 血中 HbCO饱和의 推定法은 簡便하고도 正確한 結果를 보일뿐 아니라 測定所要時間이 Van Slyk法 平均 40分에 比하여 平均 5分 以內로써 集團検査에 有用함을 알 수 있다.

## V. 結論

著者は 一酸化炭素中毒例에 있어 中毒當時의 血中 HbCO饱和度를 簡便하고 正確한 方法으로 測定하기 为하여 呼氣分析에 依한 推定法을 國產 一酸化炭素檢知管을 使用하고 適合한 操作方法을 가지고 12名의 成人男子를 被檢者로 하여 實驗을 實施하여 그 正確度 및 公衆保健學의 集團検査에 있어서의 有用性을 檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

### 1. 呼氣分析에 依하여 測定된 一酸化炭素의 濃度와

Van Slyke法에 依하여 測定한 血中 HbCO饱和度의 相關關係는 gas分壓의 法則과 잘一致된다.

2. 國產 一酸化炭素檢知管은 美製에 比하여 그 着色度가 若干 낮으므로 檢氣通過時間은 延長해야 正確한 結果를 얻을 수 있다.

3. 그러나 急性 一酸化炭素中毒例의 應急措置를 為한迅速検査나 慢性으로 一酸化炭素로 汚染된 環境에 曝露되어 있는 사람들에 對한 集團検査에 매우 有用하다고 생각된다.

## ABSTRACT

### Studies on Carbon Monoxide Hazards.

Part I : Experimental estimation of carboxyhemoglobin by the analysis of expiration air.

Lee, Yung Ja. M.D.

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Seoul National University,  
Seoul, Korea

(Director: Prof. In Dal Kim. M.D.)

## Resume

The deleterious effects of carbon monoxide on the human body have long been known. Recently increasing incidences of carbon monoxide poisoning since the wide-spread uses of the briquette have been a serious problems on the view point of the public health in this country. The necessity of the development of a rapid, accurate method of screening human subjects for possible carbon monoxide poisoning can't too overevaluated. The author undertook the confirmative experiment on the method of estimating bloodHb-CO contents by expired air analysis and discussed the applicability of this method for the large scale survey work.

For the CO analysis of expired air the carbon monoxide detecting tube (made in Korea) was used. 12 subjects were asked to breathe a mixture of CO to build up a measurable CO concentration. Consumption of the gas mixture (approximately 400 ppm) ranged from 95 to 100 liters. The collection of the expired air was made by such a way in which each subject was asked to hold his inhaled breath for 15 seconds before inflating the soft rubber balloon. Then the open end of the CO indicating tube inserted into the rubber stopper attached to syringe which drawed 50

cc of the expired air for 50 seconds. After 30 seconds, the tube was matched against standard color tubes.

It was found that the data obtained gave excellent agreement with the equation,  $(\text{PCO}) = \frac{\% \text{HbCO} \times (\text{PO}_2)}{K(100 - \% \text{HbCO})}$  assuming K equals 280 ( $K = \frac{(\text{HbCO})(\text{PO}_2)}{(\text{HbO}_2)(\text{PCO})}$ ).

The greatest deviation was 2.2% blood CO saturation and the standard deviation from the theoretical curve was 0.83% saturation.

It could be concluded that the estimation of blood HbCO contents by expired air analysis is a very rapid, simple and accurate method and which is suitable for the large-scale survey work.

## REFERENCES

- 1) Wiks, SS.J.F: *Physiological effects of chronic exposure to carbon monoxide*, J. APPL. physiol. 14, 305, 1959.
- 2) 原島進: 一酸化炭素中毒の研究, 日新醫學 31, 42, 昭和 17.
- 3) Forbes, W.H etc: *The rate of Carbon Monoxide intake by normal man*, Ameri. J. physiol 143, 594, 1945.
- 4) Van Slyke, D. Donald,: *The determination of gases in blood and other solutions by Vacuum extraction and manometric measurement*. J. Biol Chem 61, 523, 1924.
- 5) Siosteen, S.M., and Sjostrand, *Acta physiologica Scandinavia* 22:129, 1951.
- 6) Lilenthal and pine, *U.S. Navy School of Aviation Medicine project No X-129(AJ-R 9-1)* 1943.
- 7) Chinn, H., Pawel N., and Redmond, R,: *A simple micromethod for blood carbon monoxide determination* J. Clin. & Lab Med Vol. 946:905. 1955
- 8) Sturrock, P.E. *An estimation of exposure to Carbon Monoxide by breath analysis* W.A.D.C. Tech Report 57-29I, 1958.
- 9) Roaghton, F.J.W.: *The auerage time spent by the blood in the human capillary and its relation to the rate of CO-uptake and eliminaetion in man* Amer, J. physiol 143, 621, 1945.
- 10) Shepherd, M. *Rapid determination of small Amounts of CO: preliminary report on the N.B.S. Colorimetric indicating gel*, Indust.. & Eng. Chem. Analy. Ed. 19:77-81(1947).
- 11) Fulton J.F. *Textbook of physiol 16 th ed.* W.B. Saunders. Co. 1950.