

一酸化炭素中毒時 肺로 부터의 一酸化炭素 放散에 關하여

慶北大學校 醫科大學 生理學敎室

姜 班·金 根 周·呂 雄 淵

=Abstract=

Elimination of CO through the Lung in CO Poisoned Dog

Bann Kang, M.D., Kun Joo Kim, M.D. and Ung Yun Ryo, M.D.

Department of Physiology, School of Medicine, Kyungpook National University

In order to evaluate the elimination of CO through the lung comparing with the decrease of CO content in the blood, authors had induced acute CO poisoning on 9 dogs. Arterial CO-Hb saturation, CO concentration, %, in expired gas and eliminated CO amount through the lung were measured at 1, 5, 10, 30, 60, and 120 minutes after acute CO poisoning in 6 dogs breathing room air and 3 dogs breathing room air and oxygen alternately.

Results obtained are summarized as follows.

In room air breathing group, arterial CO-Hb saturation averaged 50.8%, and 53.67 ml of CO was blew off through the lung during 120 minutes and in alternately air and oxygen breathing group, the arterial CO-Hb saturation averaged 65.6% and 95.6 ml of CO was blew off through the lung.

The amount of CO eliminated in expired gas for 120 minute was much less than the amount of decreased CO in arterial blood which was calculated with the decreased CO-Hb content in the estimated circulating blood volume. Such difference between the amount of eliminated CO in expired gas and the decreased CO in blood might be attributed to the oxidation of CO to CO₂ in the tissues.

Concentration of CO in expired gas was markedly increased and the rate of decrease in arterial CO-Hb saturation is enhanced by oxygen breathing.

In early period of recovery from acute CO poisoning, neither the CO concentration in expired gas, nor, the rate of CO elimination (until 2 minutes after CO poisoning) showed close correlation with the blood CO-Hb saturation level. The reason seemed to be due to irregularly depressed or unevenly stimulated respiration which were induced by acute CO poisoning.

緒 論

血色素와의 親和性이 酸素보다 210 倍乃至 300 倍까지 나(Guyton, 1966, Joels, et al., 1958, Henderson, et al., 1943) 더 강한 一酸化炭素(CO)는 血色素(Hb)와 結合되어 쉽게 解離되지 않는 것이나 이미 形成된 CO-Hb 에서도 CO 分壓이 아주 낮은 環境에 露出되면 CO가 解離될 것은 當然하며 Joels 等(1958)은 사람血液의 CO-解離曲線에 關한 實驗에서 CO의 分壓이 0.05 mmHg

以下일 때 CO-Hb 飽和度는 10%以下로 떨어짐을 보여 주고 있다. 實際로 CO에 中毒된 患者에서 血液內 CO-Hb 量은 CO 汚染이 없는 大氣下에서 大略 40 分만에 (Beeson, et al., 1963) 그리고 O₂呼吸時에는 20分以內에 (賓, 朱, 1964) 半減될 수 있는 것으로 알려져 있으며 본 敎室에서도 血液의 CO 飽和度가 77%로 된 CO 中毒實驗 犬群에서 大氣呼吸時에 CO-Hb 量은 60 分만에 그리고 O₂呼吸時에는 20 分만에 半減됨을 觀察한바(張, 1965)이다.

이와 같이 CO에 中毒된 患者나 實驗犬에서 血液中の CO 含量이 漸次 低下, CO 中毒에서 恢復되는 것은

*本 論本의 所旨는 第19次 大韓生理學會에서 發表하였음.

主로 CO分壓이 零인 大氣 또는 O₂呼吸에 依하여 Hb와 結合한 CO가 다시 解離되어 肺胞에서 放散(blow off)되어 나가기 때문일 것으로 生覺될 수 있을 것이며 CO에 中毒된 實驗動物에서 CO가 呼氣中에 含되어 放散된다는 것은 이미 몇사람의 研究者들에 依하여 確認된 바 있다(Killick, 1948; Wilks, 1959; Wilks, et al., 1959). 그러나 生體內에서 (Clark, 1951) 또는 摘出된 數種組織(Clark, et al., 1951) 및 赤血球에 依하여(Allen, et al., 1957) CO는 CO₂로 酸化될 수 있음을 證明한 業績들도 있으며, 지금까지 CO에 中毒된 사람이나 實驗動物의 恢復過程에서 肺로부터 放散될 수 있는 CO의 量이 體內에 吸入되어 Hb와 結合한 CO의 總量에 比하여 얼마만한 比率이 될 수 있는 것인지를 究明하여본 報告는 없다.

本實驗에서는 實驗犬들에게 任意의 程度로 CO를 吸入, 中毒시킨 後 大氣 또는 酸素를 呼吸시키면서 呼氣를 採取하고 그중 CO의 量을 分析하여 時間經過에 따른 變化를 觀察하고 同時에 血液內 CO含量을 各時間에 測定, 循環血液의 CO飽和度變化相과 肺를 통하여 放散되는 CO의 量을 서로 比較, 考察하였다.

實驗材料 및 方法

實驗動物 : 體重 13~18 kg의 韓國雜種 成犬을 使用하였으며 sodium pentobarbital을 體重 kg當 35 mg씩 靜脈內 注入, 麻醉하여 實驗臺에 仰臥位로 固定하고 氣管을 切開, 插管하여 3方 valve를 連結하여 呼氣와 吸氣가 各各 다른 管을 通하게 하였다. 吸氣管에는 다시 三方管을 連結하여 Krog's spirometer 內의 O₂ 또는 大氣 吸入을 容易하게 交代할 수 있게 하였으며 呼氣管을 Douglas bag에 連結함으로써 呼氣를 採取하였다.

一酸化炭素 中毒 : 濃黃酸에 蟻酸을 加하면서 加溫, 攪拌하여 發生시킨 CO를 spirometer 內에서 大氣로 稀釋約 4% CO混合 gas로 만든 後 spirometer를 吸氣管에 連結하여 1~2分間 吸入케 하므로써 實驗犬이 急性으로 CO에 中毒되게 하였다. CO混合 gas呼吸 後에는 汚染이 되지않은 大氣呼吸을 1分間 시키어 死腔內에 殘留할 수 있는 CO를 完全히 排除되게 한 後 곧 第2分 때부터 呼氣를 Douglas bag에 採集하였으며 呼氣採集 第1, 5, 10, 30, 60 및 120分에 呼氣管의 側枝로부터 1分間씩 呼氣를 別途로 取하여 容積을 測定하고 CO濃度を 分析하였다. 또한 第30分과 60分에서는 30分間 Douglas bag에 모인 總 呼氣容積과 CO濃度を 測定하고 60分에서 120分까지 60分間의 呼氣容積 및 CO濃度を 測定하여 各 期間에 呼出된 CO量을 計算하였다.

實驗群 : 本 實驗에 使用한 實驗犬 總 9匹은 第1群

6匹과 第2群 3匹로 나누고 第1群은 CO中毒後 120分間 大氣만을 呼吸시킨면서 呼氣를 採取하였고 第2群은 大氣呼吸 途中 第10分에서 30分까지 20分間 그리고 第60分에서 120分까지 60分間 純酸素를 呼吸시키면서 呼氣, 血液 등 試料를 採取 分析하였다.

呼氣中 CO濃度の 分析은 Hilger I.R.D. Ltd.의 Infra-red Gas Analyzer Type-SC/LC로 하였고 呼氣容積의 測定은 Thomas Co.의 W-75型 gas meter로 하였다.

血液中 CO含量的 分析 : 大腿動脈에서 急性 CO中毒直後와 呼氣採集 第1, 10, 30, 60 및 120分에 採血한 試料에서 Thomas Co.의 Van-Slyke Manometric Apparatus, Magne-Matic Model을 利用, Van Slyke-Neill의 方法(Peters, et al., 1951)으로 CO含量을 測定하고 正常狀態에서 採血한 CO結合能을 別度로 測定, CO飽和度를 計算하였다.

呼吸運動 描記 : 每 實驗 時間에서 呼氣中の CO濃度 測定時에 大氣 또는 O₂로 채워진 Krog's spirometer를 呼氣管에 連結하여 單回 呼吸量 및 呼吸 回數가 正確히 記錄되게 하였다.

實驗成績

急性으로 CO中毒이 되게한 6匹의 實驗犬에서 氣道內 殘留 可能 CO를 씻어 낸後 CO汚染이 없는 大氣呼吸 始作後 第1分에서 120分까지 動脈血의 CO-Hb飽和度, 呼氣中の CO濃度 및 每 時間에 있어서 1分間에 肺로 放散한 CO의 量과 120分間에 放散한 CO全量에 對한 每分 排氣量의 百分率을 測定 또는 計算한 結果는 第1表와 같다.

即 大氣呼吸 第1分에서 動脈血內 CO-Hb飽和度는 平均 50.8%였고 이때 呼氣中 CO濃도는 0.041%까지 되어 1分間 1.66 ml의 CO를 肺로부터 放散하였으며 이는 第120分까지에 放散한 CO總量 53.67 ml의 2.73%에 該當하였다. 이들 血液 및 呼氣中 CO量은 時間經過에 따라 比較의 初期에는 急激히, 後期에는 徐徐히 低下하여 第120分에는 動脈血의 CO-Hb이 16.3%, 呼氣中の CO濃도가 0.006%까지 減少되었으며 1分間에 放散된 CO量은 0.32 ml로서 第1分에서 보다 5分之 1로 放散 速度가 低下되었다.

第1圖는 實驗犬 6匹에서 各各 時間經過에 따른 動脈血內 CO-Hb飽和度 및 呼氣中 CO濃度 變化를 보인 것이며 第1分에서 CO-Hb飽和도가 最下 30%에서 最高 74%까지였고 呼氣中 CO濃도는 最低가 0.011%, 最高가 0.087%였으며 血中 CO-Hb飽和도가 제일 높은 例에서 반드시 呼氣中 CO濃도가 가장 큰 것은 아니었다.

血中 CO-Hb 및 呼氣中 CO濃度の 時間에 따른 變化

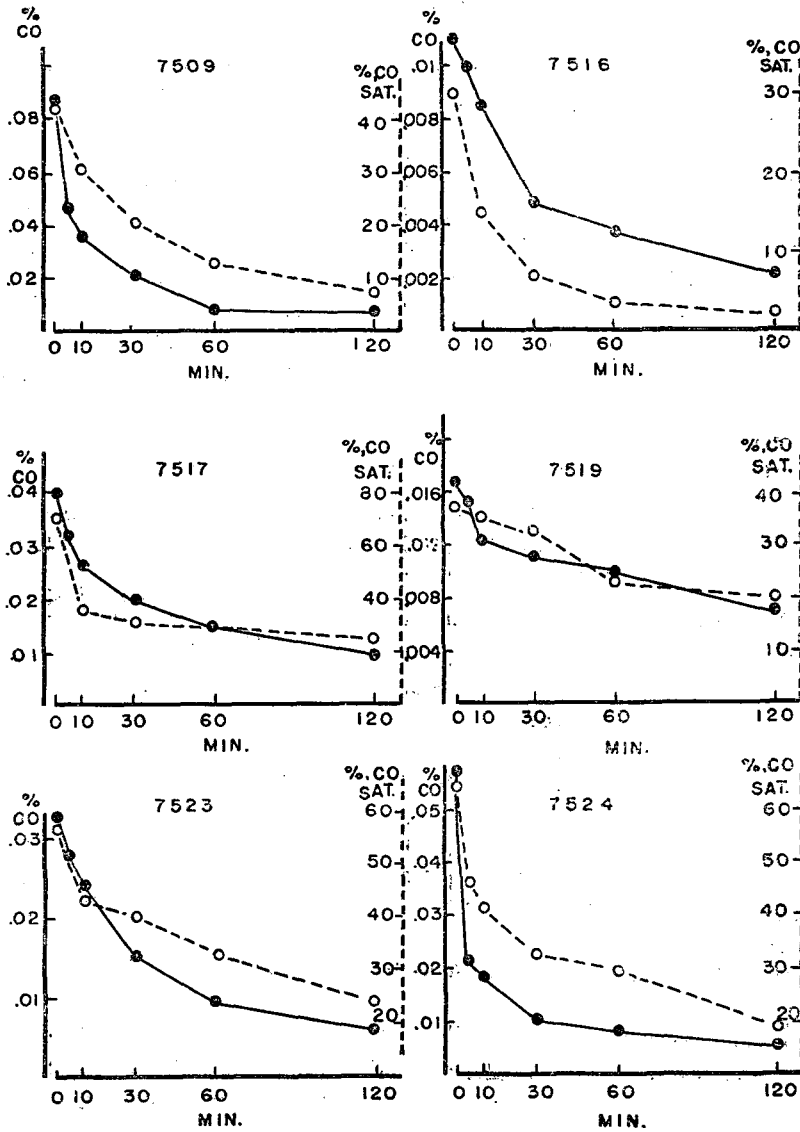


Fig. 1. Changes of CO concentration, %, in expired gas and blood CO saturation % in acutely CO poisoned 6 dogs following air breathing.

Numbers on the top of each figure are particular number of the dog. Height of unit in CO % and CO saturation % on ordinate is drawn arbitrarily in each case.

相은 個體에 따른 變異가 큰 것이나 同一 例 內에서는 大體로 一致되는 것이었다.

別個의 實驗犬 3匹에서 大氣呼吸 途中 第10分에서 30分까지 그리고 第60分에서 120分까지에 酸素呼吸을 시킨 第2群의 動脈血中 CO-Hb 飽和度와 呼氣中 CO 濃度 그리고 1分間에 放散된 CO量의 時間에 따른 變化는 第2表에서 보는 바와 같다. 여기서 CO中毒後 大氣呼吸 第1分에서의 血中 CO-Hb 飽和度 平均은 65.6%로서 第1群의 그것 보다 더 높으나 實驗中 80分間의

酸素呼吸에 依하여 時間經過에 따른 血中 CO-Hb 飽和度 低下가 더욱 急激하여 저서 120分에서는 5%로 되어 第1群에서의 值 16.3%의 3分之1로 低下되었다. 呼氣中 CO濃度は 第1分에서 0.034%였고 第10分에는 0.019%로 되었다가 酸素呼吸에 依하여 急激히 增加되어 第30分에 0.03%였고 그後 第60分과 120分에는 아주 微量만이 呼氣中에 含有되어 있었다. 한편 第2群의 血中 CO-Hb 飽和度가 第1群에서 보다 顯著히 더 높은데도 呼氣中 CO濃도가 더 낮게 나타나 있는 것은

Table 1. Changes of blood CO saturation, CO concentration in expired gas and blowing off CO quantity in acutely CO poisoned dogs following air breathing

Time min.	Blood CO Sat. %		CO% in expired gas		Blew off CO			
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	ml/min.		%*	
1st	50.8	17.1	0.041	0.028	1.66	1.52	2.73	1.47
5th	—	—	0.025	0.013	1.30	1.03	2.24	0.55
10th	33.6	10.3	0.021	0.010	1.06	0.59	1.89	0.42
30th	28.0	11.7	0.014	0.007	0.73	0.46	1.31	0.03
60th	22.0	11.2	0.009	0.003	0.46	0.15	0.89	0.18
120th	16.3	9.6	0.006	0.003	0.32	0.15	0.58	0.12

Number of cases: 6

S.D.: Standard deviation

*: Per cent of CO ml per min./total blew off CO in 2 hrs. (53.67ml.)

Table 2. Changes of blood CO saturation, CO concentration in expired gas and blowing off CO quantity in acutely CO poisoned dogs following alternative air and O₂ breathing

Time min.	Blood CO Sat. %		CO % in expired gas		Blew off CO			
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	ml/min.		%*	
1st	65.6	3.5	0.034	0.054	2.32	0.99	2.36	0.74
5th	—	—	0.027	0.042	2.06	0.91	2.09	0.71
10th	50.6	4.8	0.019	0.027	1.56	0.62	1.59	0.39
30th	28.0	5.6	0.030	0.040	1.70	0.48	1.73	0.34
60th	21.3	3.2	0.008	0.013	0.50	0.23	0.51	0.18
120th	5.0	2.0	0.005	0.008	0.22	0.06	0.24	0.09

Number of cases: 3

S.D.: Standard deviation

*: Per cent of CO ml per min./total blew off CO in 2 hrs. (95.60 ml.)

더욱甚한 CO中毒의 結果로 第2群에서는 呼吸 增強이 더甚하여 換氣量이 많았기 때문이며 이는 第2表에서 每分 放散된 CO의 量을 보면 알 수 있다. 即 第1分에서 放散 CO 量이 2.32ml로서 第1群에서 보다 훨씬 많으며 第120分値를 除外하면 各 實驗時間에서 모두 第1群에서 보다 높고 120分間 肺로 放散된 CO總量에 對한 每分에 放散된 CO 量의 百分率은 兩群에서 모두 近似한 값을 보였다.

第2圖는 第2群의 實驗犬 3匹에서 各各 血中 CO-Hb 飽和度와 呼氣中 CO濃度의 時間에 따른 變化를 보인 것이며 大氣呼吸途中 第10分에서 30分까지 그리고 第60分에서 120分까지의 酸素呼吸에 依하여 呼氣中 CO濃度는 比較的 甚히 增加되고 血中 CO-Hb 飽和度는 더 急히 低下됨을 볼 수 있다.

考 察

血色素(Hb)는 CO와의 親和力이 강한 것이나 CO分

壓이 0.05 mmHg에서는 血中 CO-Hb 飽和度가 10%以下로 떨어지게 되며(Guyton, 1966; Joels, et al., 1958.) 또한 O₂分壓의 增加는 Hb의 CO結合能을 低下시킨다는 것이 잘 알려져 있다.(Oppelt, et al., 1966; Rough-ton, et al., 1957; Ruch, et al., 1965). 따라서 CO中毒患者가 CO汚染이 없는 空氣나 純酸素를 呼吸하면 體內 CO는 Hb으로부터 解離되어 體外로 排出될 것이며 排出經路는 當然히 肺가 될 것으로 생각할 수 있다.

한편 CO에 中毒된 個體에서 CO는 血液에 뿐 아니라 全身組織에도 擴散될 것이며 血管外 組織內에 20% 이상의 CO가 分布된다는 報告도 있다(Coburn, et al., 1966). 또한 緒論에서 言及된 바와 같이 生體內에서, 摘出된 組織에서 또는 血液에 依하여 CO가 CO₂로 酸化된다는 說들도 있어 CO에 中毒된 動物에서 循環血液內에 含有되어 있는 CO 量을 測定하면서 呼氣中의 CO濃度와 排出되는 CO 量을 觀察, 比較하는 것이 興味있는 일일 것이다.

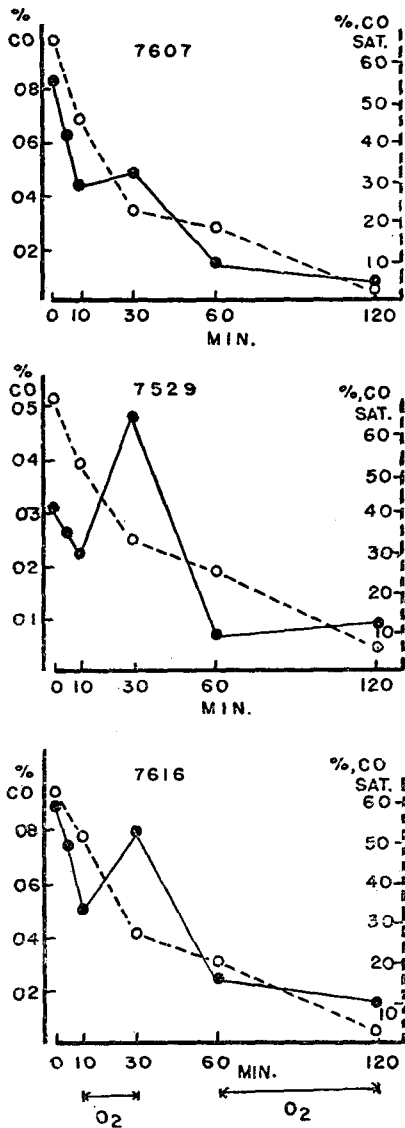


Fig. 2. Changes of CO concentration, %, in expired gas and blood CO saturation %, in acutely CO poisoned 3 dogs following alternative air and O₂ breathing.

Numbers on the top of each figure are particular number of the dog. Height of unit in CO % and CO saturation % on ordinate is drawn arbitrarily in each case.

本實驗의 結果에서 CO 中毒後 大氣만을 呼吸한 第 1 群의 CO-Hb 飽和度는 120 分間에 平均 34.5% 減少되였으며 各各의 實驗犬에서 體重比로 計算한 (8.9:1, 賈, 1965) 循環血量으로 推算한 總血液內的 CO 減少量은 120 分間에 76.6 ml 이며 이는 같은 期間에 呼氣中으로 放散된 CO 量보다 훨씬 큰 것이다(第 3 表). 또한 第 2 群에서도 2 時間 동안에 肺로부터 放散된 CO 는 95.6 ml

로서 推算된 血液內 CO 減少量 135.9 ml 보다 훨씬 적은 것이었다.

體內에 吸入된 CO 는 血管外 組織內로도 擴散, 分布 되어지는 것이기 때문에(Coburn, et al., 1966; Longo, et al., 1966) 이들이 다시 體外로 肺를 通하여 放散되는 것이면 一定時間 동안에 Hb 에서 遊離되어 排出된 CO 量, 即 血液內 CO 의 減少量보다 呼氣中에 放散된 CO 量이 더 많을 것이라 期待될 수 있는 것이나 本實驗에서 2 時間 동안에 肺를 通하여 放散된 CO 量은 推算된 血液內 CO 減少量보다 훨씬 적었다. 本實驗의 結果로서 明確한 結論을 내릴 수는 없는 것이나 體內에서 CO 가 各 組織들에 依하여 相當量이 CO₂로 酸化되는(Clark, 1951; Clark, et al., 1951; Allen, et al., 1957) 것이라면 減少된 血中 CO 量에 比하여 呼氣中으로 放散된 CO 量이 더 적을 수 있을 것이다.

CO 에 中毒된 患者의 治療에 있어서 O₂의 呼吸이 또는 高壓下의 O₂呼吸이 더욱 效果的이란 事實들이 證明되어 있다(Medical council, 1958; Douglas, et al., 1962; Coburn, et al., 1965).

本實驗의 第 2 群에서 大氣呼吸途中 20 分間과 60 分

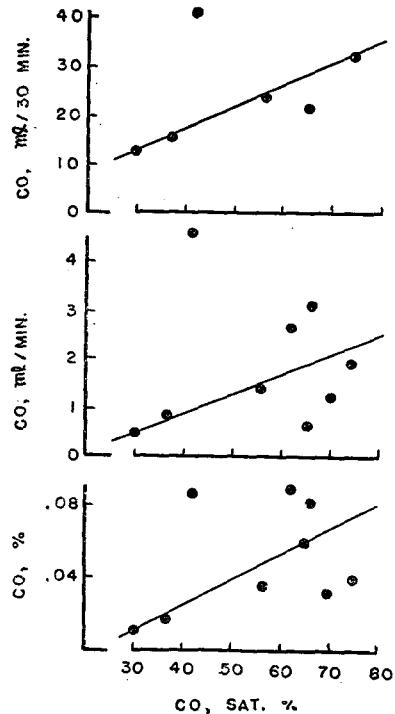


Fig. 3. Correlation of blood CO saturation % and CO concentration, %, in expired gas, blew off CO quantity, ml. per minute and ml. per 30 minutes.

Height of unit on each ordinate is drawn arbitrarily.

Table 3. Comparison of blew off CO quantity, per cent of total blew off CO in 2 hrs, in each time period

			Duration, min.			Total blew off CO in 2hrs. (ml)
			1~30	30~60	60~120	
Air breathing group	Measured	Mean**	44.55	21.33	34.12	53.67
		S.D.	4.17	3.74	1.97	20.28
	Estimated*	Mean**	62.53	20.08	17.38	76.60
Alternative air & O ₂ breathing group	Measured	Mean	53.17	10.87	35.97	95.60
		S.D.	1.76	1.71	0.88	11.84
	Estimated*	Mean	61.3	10.9	27.77	135.90

S.D.: Standard deviation

*: Change in blood CO volume was calculated with measured CO volume % in each blood sample at the time and estimated (10% of B.W.) total circulating blood volume.

** Mean: Per cent of the blew off CO volume during the time period to the total blew off CO in 2 hrs.

間 O₂呼吸을 시킨 結果 처음 CO中毒의 程度(CO-Hb飽和度)가 第1群에서 보다 더 甚했으나 2時間後의 恢復은 第1群에서 보다 더 빨랐으며 또한 O₂呼吸期間중간의 呼氣中 CO濃度나 排出된 CO量이 大氣呼吸時에 比하여 顯著히 增加되었으리 이는 當然히 期待되는 結果인 것이다.

本實驗에 使用된 實驗犬 全例에서 CO中毒後 第1分에서의 血中 CO-Hb飽和度와 第1分에서의 呼氣中 CO濃度, 1分間에 排出된 CO量 및 처음 30分間에 排出된 CO量과의 相關性은 第3圖에서 볼 수 있는 바와 같다. 即 CO中毒의 程度와 呼氣中の CO濃도와는 가장 相關성이 적은 것으로 생각되며 이 理由로는 CO中毒의 程度에 따라서 呼吸運動의 深度와 回數가 달라져 換氣量에 變異가 커지기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 30分間에 放散된 總CO量은 CO-Hb飽和度와 大體로 比例되는 것이었으며 어느程度 以上 CO에 中毒된 例들에서 처음 얼마동안 抑制 또는 不規則하여졌던 呼吸이 漸次 規則的으로 되면서 더 甚하게 中毒된 例에서 30分間에 더 많은 CO를 排出시킬 수 있게 된 것이라 생각된다.

結 論

急性 CO中毒의 恢復過程에서 時間經過에 따른 CO-Hb飽和度低下와 呼氣中으로 放散되는 CO의 濃度 및 量을 서로 比較, 觀察하여 보기 爲하여 急性으로 CO中毒을 일으킨 9匹의 實驗犬中 6匹에서는 中毒後 120分間 大氣呼吸만을 시키면서 그리고 3匹에서는 大氣呼吸途中 80分間 酸素呼吸을 시키면서 各時間에서 CO-Hb飽和度, 呼氣中の CO濃度 및 每分에 排出된 CO量을 測定하여 보았던 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. CO-Hb飽和度 平均이 50.8%로 된 大氣呼吸群에서 第1分에 있어서의 呼氣中 CO濃度平均은 0.041%였으며 1分間 1.66 ml의 速度로 CO가 排出되었고 120

分間的 平均 CO排出速度는 每分 0.447 ml로서 2時間 동안에 總 53.67 ml의 CO가 呼氣中으로 排出되었다.

2. 大氣呼吸과 O₂呼吸의 兩群에서 모두 呼氣中으로 放散된 CO의 量은 推算한 血液內的 CO減少量 보다 훨씬 적은 것이었으며 이는 體內에서 相當量의 CO가 CO₂로 酸化, 消失되는 때문이라 생각되었다.

3. 大氣呼吸途中 交代로 酸素呼吸을 시킨 群에서 O₂呼吸에 依하여 呼氣中の CO濃도와 CO排出速度는 顯著히 增加되었고 CO-Hb飽和度低下가 더 急激하여졌다.

4. CO中毒後 第1分에서의 呼氣中 CO濃도와 CO放散速度는 CO中毒程度(CO-Hb飽和度)와 比較的 相關성이 적었으며 中毒後 30分間에 呼氣中으로 放散된 CO量은 거의 CO中毒程度와 比例되는 것이었다.

REFERENCES

- Allen, T.A. and W.S. Root: *Partition of carbon monoxide and oxygen between air and whole blood of rats, dogs and men as affected by plasma pH*, *J. Appl. Physiol.*, 10:186, 1957.
- Beeson, P.B. and W. McDermott: *Textbook of medicine* (Ed. Cecil-Loeb), 11th Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1963.
- 賓順德, 朱仁鎬: 一酸化炭素中毒에 關하여, *最新醫學*, 7:217, 1964.
- 賓南洙: 急性一酸化炭素中毒犬에 있어서의 循環血液量의 變化에 關하여, *대한의학협회지*, 8:1023, 1965.
- 張益柱: 急性一酸化炭素中毒에 對한 交換輸血의 效果에 關하여, *대한의학협회지*, 8:1127, 1965.
- Clark, R.T. Jr., J.N. Stannard and W.O. Fenn: *The burning of CO to CO₂ by isolated tissues as shown by the use of radioactive carbon*, *A.F.*

- Tech. Rep.*, 6528:529, W.A.D.C., 1951.
- Clark, R.T. Jr.: *Evidence for conversion of carbon monoxide to carbon dioxide by the intact animal*, *A.F. Tech. Rep.*, 6528:536, W.A.D.C. 1961.
- Coburn, R.F., R.E. Forster and P.B. Kane: *Considerations of the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglobin concentration in man*, *J. Clin. Invest.*, 44:1899, 1965,
- Coburn, R.F. and K. Luomanmaki: *Effect of CO production, distribution and metabolism on blood*, *The Physiologist*, 9:156, 1966.
- Douglas, T.A., D.D. Lawson, I. McA. Ledingham, J.N. Norman, G.R. Sharp and G. Smith: *Carbon monoxide poisoning*, *The Lancet*, 1:68, 1962.
- Guyton, A.C.: *Textbook of medical physiology*, 3rd Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1966.
- Henderson, Y., H.W. Haggard: *Noxious gases*, 2nd Ed., Reinhold, New York, 1943.
- Joels, N. and L.G.C.E. Puch: *The carbon monoxide dissociation curve of human blood*, *J. Physiol.*, 142:63, 1958.
- Killick, E.M.: *The nature of the acclimatization occurring during repeated exposure of the human subject to atmospheres containing low concentration of carbon monoxide*, *J. Physiol.*, 107: 27, 1948.
- Longo, L.D., G.G. Power and R.E. Forster, II: *Placental exchange of carbon monoxide in sheep at hyperbaric pressure*, *The Physiologist*, 9: 233, 1966.
- Medical Research Council: *Carbon-monoxide poisoning, use of carbon-dioxide oxygen mixture*, *Brit. Med. J.*, 2:1408, 1958.
- Oppelt, W.W., D.M. Travis and K.A. Berdick: *Peritoneal gas exchange*, *The Physiologist*, 9:258, 1966.
- Peters, R.L., D.D. Van-Slyke: *Quantitative clinical chemistry, vol II. Methods*, Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1951.
- Roughton, F.J.W., R.E. Forster and L. Cander: *Rate at which carbon monoxide replaces oxygen from combination with human hemoglobin in solution and in the red cell*, *J. Appl. Physiol.*, 11:269, 1957.
- Ruch, T.C. and Patton, H.D. Ed.: *Physiology and biophysics*, 19th Ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1965.
- Wilks, S. S., J. F. Tomashefski and T. Clark, Jr.: *Physiological effects of chronic exposure to carbon monoxide*, *J. Appl. Physiology*, 14: 305, 1959.
- Wilks, S.S.: *Effect of pure carbon monoxide injection into the peritoneal cavity of dogs*, *J. Appl. Physiol.*, 14:311, 1959.