

## 급성 일산화탄소 중독시의 소장운동과 흡수기능

### Intestinal Motility and Absorption in Acute Carbon Monoxide Poisoning

서울대학교 의과대학 생리학교실

#### 이 방 제 · 신 동 훈

#### 篇 論

一酸化炭素는 炭素含有物이 不完全燃焼될때에 생겨나는 가스로 密閉된 機關室이나 交通手段의 排氣속에 人體에 害로운 濃度로 存在할 수 있어 여러 나라에서 産業醫學的見地로서 問題視되고 있으나 특히 우리나라에서는 上記要因의 加重과 더불어 暖房燃料로 無煙炭을 쓰는 관례로 이 가스 發生으로 인한 被害는 莫大한 것이 있다. 이의 豫防이나 患者治療에 적지않은 進展을 보이고는 있으나 一酸化炭素의 威脅은 우리들의 生活樣式에 너무나 密接해 있는 까닭으로 이 有害가스에 曝露될 機會가 점점 增加하고 있다.

暖房關係로 居室은 大體로 換氣가 나쁘고 그 속에서 담배를 태울때에 생겨나는 一酸化炭素의 影響도 경우에 따라서는 無視할 것이 못되며 低濃度라 할지라도 身體虛弱者가 長時間曝露될 때에는 心身의 健康을 害칠 수도 있는 일이다<sup>1)</sup>.

一酸化炭素는 人體赤血球의 血色素에 대한 親和性이 酸素의 그것에 比하여 210倍<sup>15)</sup>이므로 血液의 酸素運搬能을 크게 阻害함과 아울러 또한 血液의 酸素解離曲線을 左側으로 移動시켜서<sup>16)</sup> 組織에 대한 酸素供給을 二重으로 줄이는 結果를 나타낸다. 한편 高濃度로 있을 때에는 各種酵素의 活性을 抑制하여 機能上 또는 身體發育에 影響을 미칠 可能性이 指摘되어 胎生學的 見地로 본 警告도 이루어지는 形편이다<sup>17)</sup>. 一酸化炭素는 酸素運搬能力을 低下시키므로 이때에 低酸素症의 여러가지 現象이 나타날 것이나 酸素分壓이 낮은 空氣를 吸入한 때나 或은 貧血時와는 달라 呼吸增進이나 血液循環促進등

여러가지 補償現象이 隨伴되는 것은 아니다<sup>6), 10)</sup>. 이들 系統의 機能亢進은 各處에 있는 化學的 感受體(chemoreceptor)에 血漿酸素張力低下가 作用하여 이들을 刺戟함으로써 이루어지는 것이나 一酸化炭素中毒時에는 血液의 酸素張力이 낮아지는 것은 아니고 단지 酸素含量이 줄어들 뿐이다. 그러므로 直接的으로 呼吸·循環器系를 刺戟할 要因은 없다고 하겠다. 이는 한편으로 보면 오히려 中毒症狀의 發現을 遲延시키는 防衛的 구실을 한다고도 말할 수 있다. 그 까닭은 呼吸 및 血液循環이 促進될수록 大氣中에 있는 一酸化炭素의 體內侵入이 많아져서 그만큼 有害作用이 急激하게 올 것이기 때문이다.

一酸化炭素의 存在가 身體組織에서의 酸素利用을 크게 阻害하는 까닭으로 그의 作用은 廣範圍하지 않을 수 없으며 神經系에 관한 것이나 循環器系등에 관한 研究는 많으나 消化器系統에 대하여 觀察한 것은 찾기 힘들다.

實際로 이 가스의 中毒症狀에는 嘔吐나 설사등 消化器의 機能障害가 눈에 띄기는 하나 이를 莫然히 中樞神經系統 低酸素症의 發現이라고 安易하게 處理하기 쉽다. 또 低濃度에 長期間 曝露되어 慢性中毒으로 되었을 때에 消化作用이나 食慾不振이 있는등을 觀察할 機會가 많으므로 이 研究에서는 一酸化炭素含有空氣를 吸入할 때에 창자의 吸收能力이나 運動성에 어떠한 變化가 오는가를 보려고 하였다.

吸收機轉에는 被動的(物理的)의 吸收와 能動的의 吸收가 區別되는바 특히 後者は 局所에서의 代謝過程과 密接한 關聯이 있는 것이며 前者는 主로 局所에 대한 血液灌流量이 有關한 것으로 본다. 運動性에 關한 觀察은 蠕動

의發生頻度와收縮波의 크기를觀察한 것이나, 이 兩者가 小腸의 運動性增減을 말해주는 것으로 보아도 無妨할 것이다. 運動性에 變化가 있다고 하더라도 그 自體로는 中樞神經系統의 刺戟現象인지 腸壁 平滑筋의 性質變化인지는 分間할 수 없을 것이며 다만 現象自體를 論할 수 있을 따름일 것이다. 실사동 胃腸의 機能亢進 狀態는 또 그의 內容物의 容積에도 關係되는 일이며 例컨대 吸收되지 않은 鹽類가 消化管內에 高濃度로 있을 때에는 體液을 消化管內로 轉시켜서 容積이 增加하는 까닭으로 실사가 일어난다. 가스中毒時에도 消化管의 容積變化가 일어난다면 이것도 그의 機能과 어떠한 關聯이 있음직하다.

急性가스 中毒으로 機能的障害가 온다면 이의 回復에 是時에 新鮮한 空氣나 高壓酸素<sup>1)</sup>를 吸入시켜 體內의 一酸化炭素를 驅출할 것이 急先務인바 그의 回復速度는 損傷의 程度와 가스 分離速度에 關係되는 일이라 하겠다. 大氣呼吸으로 말미암아 血中 一酸化炭素 濃度가 減少하는 速度는 느린편으로 半減期가 4時間을 넘는다고 한다<sup>12)</sup>.

그런고로 가스含有空氣대신에 新鮮한 空氣를 代置시켜도 機能回復이 即時에 이루어질 것은 期待되지 않으며 오히려 機能損傷이 當分間 繼續될 것이 豫想되어 失血으로 因한 低酸素症 症狀이 輸血으로 卽 回復過程에 들어갈 수 있는 것과<sup>2)</sup>는 判異할 것이다.

機能低下나 回復樣相을 急性失血時와 一酸化炭素中毒時를 比較하여 檢討해 보려는 것도 이 研究의 目的의 하나이다.

## 實驗方法

### 1. 動物操作

健康한 成熟토끼를 nembutal (35mg/kg I.V.)로 마취하고 開腹한 다음에 小腸 20cm의 두 끝과 中間을 실로 매어 2部分으로 나누었다. 上端끝에 맨 실을 통하여 창자의 縱軸方向으로 發生한 張力이 transducer에 傳達되도록 하였다.

下位에 위치한 loop에는 10ml의 시험용액을 넣은 直後와 30분이 經過한 後에 3ml 씩을 뽑아내어 內容物을 分析 測定하였다.

上記操作이 끝난후에 氣管카늘을 통하여 1,000 ppm 혹은 3,000 ppm의 CO含有空氣를 吸入시켜서 90분이 지난 후에 다시 loop內에 試驗溶液을 넣고 直後것과 30分後의 것을 採取하여 分析함으로써 兩者에서의 差異로 吸收樣相을 判斷하였다.

그 후에 氣管카늘에 連結하였던 가스容器를 分離하여 新鮮한 空氣를 吸入시키면서 다시 90분이 지난後에 loop內에 試驗溶液을 넣고 吸收試驗을 되풀이 하였다.

간간히 動脈血을 採取하여 血液의 酸素含量을 測定하였으며 最後로 動物을 犧牲시켜 loop의 위치를 보고 그 部位가 廻腸인 것을 確認하였다.

### 2. 一酸化炭素發生法

100°C에서 濃黃酸에 蟻酸을 點滴시키는 方法<sup>1)</sup>으로 얻었으며 이를 使用目的에 맞도록 空氣로 稀釋하여 氣密한 주머니속에 넣었다가 使用하였다.

實驗條件을 더욱 鮮明하게 規定하기 위하여 上記한 바와같이 一酸化炭素를 吸入시키기 前, 吸入시키는 經過中 및 다시 新鮮한 空氣로 代置한 것 外에 同一조작을 一酸化炭素를 全然 주지않은 動物群에서도 施行하여 이를 對照群으로 하였다. 그러므로 有害가스를 吸入시켰을때의 影響은 對照群에서의 同一時期값과 比較하여 論하는 것이 좋을 것이다.

### 3. 腸運動記錄

吸收를 보기위한 loop의 上部(口側)에 位置한 腸의 토막에 달린 실을 통하여 myograph B(Narco)에 張力이 傳達되었으며, 그의 繼續의인 描記에는 physiograph PMP-4-A(Narco)를 使用하였다. 記錄紙의 速度는 必要에 따라서 0.5cm/sec의 速度로하여 心搏數와 呼吸數를 셈할 수 있었다. 裝置의 連結樣式은 黃<sup>2)</sup>의 論文에서와 같게 하였으며 感度는 1gm의 무게가 1cm의 偏位를 가져오게끔 하였다.

### 4. 試驗溶液

被動的으로 移動되는 尿素와 能動的의 移動이 이루어지는 Na<sup>+</sup>를 包含하는 溶液을 만들었으며 이에 吸收되지 않는 物質인 polyethylene glycol (PEG)를<sup>3)</sup> 添加시켜서 處方은 다음과 같았다. 즉,

Urea 200 mg%

NaCl 218 mEq/l

Polyethyleneglycol, No. 4,000 150 mg%

이었다. PEG를 添加한 것은 loop의 容積을 算出할 目的에서 이었다.

### 4. 化學的 測定法 및 가스 測定法

尿素는 Conway의 microdiffusion法<sup>4)</sup>으로 測定하였으며 이때에 使用한 urease는 Matheson Coleman & Bell 會社 製品으로 不純物을 可能한한 除去하기 爲하

**Table 1.** Motility of the intestine and heart rate in the period before, during and after administration of carbon monoxide.

Experimental Number	Intestine Motility						Heart Rate (min <sup>-1</sup> ) period			Blood Pressure
	Frequency (min <sup>-1</sup> ) Period			Amplitude (mm) Period			I	II	III	
Control	I	II	III	I	II	III				
No. 1	12 (1.00)	12 (1.00)	12 (1.00)	9 (1.00)	10.3 (1.14)	18 (2.00)	219	231	216	R
2	15 (1.00)	18.90 (1.26)	21.3 (1.42)	10 (1.00)	12.2 (1.22)	7.8 (0.78)	240	276	285	O
3	6 (1.00)	5.8 (0.96)	5.22 (0.87)	14 (1.00)	22.96 (1.04)	19.6 (1.00)	222	270	276	R
4	8.5 (1.00)	8.08 (0.95)	6.80 (0.80)	18 (1.00)	21.24 (1.18)	16.74 (0.93)	213	210	180	O
5	10 (1.00)	10 (1.00)	11 (1.00)	14 (1.00)	17.08 (1.22)	17.08 (1.22)	222	240	243	R
6	10 (1.00)	9.60 (0.96)	9.21 (0.92)	28 (1.00)	28 (1.00)	28 (1.00)	258	223	210	O
Mean	10.3 (1.00)	10.51 (1.02)	10.51 (1.02)	15.5 (1.00)	19.07 (1.23)	19.10 (1.26)	229	241	235	
1,000ppm										
No. 7	11 (1.00)	12.76 (1.16)	12.21 (1.11)	16 (1.00)	16 (1.00)	10.72 (0.67)				L
8	11 (1.00)	15.4 (1.40)	14.74 (1.34)	13 (1.00)	65 (0.50)	7.93 (0.61)				O
9	11 (1.00)	12.65 (1.15)	12.65 (1.15)	11 (1.00)	11 (1.00)	8.58 (0.78)	300	309	294	L
10	11 (1.00)	10.01 (0.91)	11 (1.00)	11 (1.00)	5.94 (0.54)	10.12 (0.92)	225	180	174	O
11	11.4 (1.00)	13.0 (1.14)	11.97 (1.65)	25 (1.00)	10.75 (0.43)	18.5 (0.74)	270	306	282	L
12	13 (1.00)	9.23 (0.71)	9.23 (0.71)	22 (1.00)	9.02 (0.41)	22 (1.00)	282	258	192	L
Mean	11.4 (1.00)	12.31 (1.08)	12.08 (1.06)	16.3 (1.00)	10.62 (0.65)	12.88 (0.79)	269	263	236	
3,000ppm										
No. 13	12 (1.00)	13.56 (1.13)	15.72 (1.31)	12 (1.00)	15.96 (1.33)	15.0 (1.25)	294	288	300	L
14	12 (1.00)	12 (1.00)	14.16 (1.18)	14 (1.00)	11.03 (0.79)	14.98 (1.07)	246	234	228	L
15	12 (1.00)	10.08 (0.84)	16.2 (1.35)	12 (1.00)	15.0 (12.5)	9.0 (0.75)	258	237	216	L
16	12 (1.00)	12.60 (1.05)	13.92 (1.16)	12 (1.00)	6.0 (0.50)	12.06 (1.08)	240	213	212	L
17	11 (1.00)	10.45 (0.95)	11 (1.00)	9 (1.00)	23.94 (2.66)	14.04 (1.56)	264	264	240	R
18	8 (1.00)	9.20 (1.15)	9.76 (1.22)	21 (1.00)	31.08 (1.48)	21.47 (1.07)	210	204	198	O
Mean	11.16 (1.00)	11.38 (1.02)	13.30 (1.20)	13.33 (1.00)	17.86 (1.33)	15.06 (1.13)	254	240	232	

Period I : Before CO.

Period II : During CO.

Period III : After CO.

Blood pressure: R: rise, O: stationary, L: lowering  
( ) ; relative values

여 물 添加液을 充分히 攪拌한 後에 遠沈하여 上澄液만을 使用하였다.

Na<sup>+</sup>와 K<sup>+</sup>의 測定은 Baird Flame Photometer 로 하였고 滲透質濃度測定에는 Fiske Osmometer 를 使用하였다.

Polyethylene glycol 是 黃<sup>2)</sup>의 論文에서와 같이 除蛋白후에 650m $\mu$  波長으로 optical density 를 測定하여 셈하였다.

動脈血의 酸素分壓測定은 Van Slyke 의 manometric method 로 하였다.

### 實驗結果

一酸化炭素含有 空氣를 吸入시킨 實驗群에서 가스들 주기前的 처음 約 1時間을 便宜上 第一時期, 가스를 주는 2時間을 第二時期, 新鮮한 空氣로 代置한 2時間을 第三時期라 呼稱하겠고 對照群에서도 이와 相符하는 時期를 같은 名稱으로 부르겠다.

第1表에 各實驗에서의 心搏數 및 血壓動向을 볼 수 있는 바 순환기 系統에는 變化傾向이 一定하지 않으나 많은 例에서 가스吸入時에 心搏數減少傾向이 있었고 血壓下降이 보이었다. 呼吸頻度는 第2 및 第3時期에 顯著히 增加하였다. 그러나 一酸化炭素를 주지않는 對照群에서도 呼吸數가 增加한 것으로 보아 이는 有害가스 以外の 要因가 담이라 보겠고 이 期間中에 마취상태가 고르지 못하거나 實驗裝置 自體에 呼吸增進을 가져오게끔 하는 原因이 있었을런지 모를 일이다.

血液의 酸素含有量은 90分間의 一酸化炭素의 吸入으로 감소를 나타내고 있어 吸入前에 17.5 vol% 이던것에 比하여 1,000 ppm 가스로 10.6 vol%까지 내려갔고 3,000 ppm 가스로는 8.8 vol%까지 내려갔다. 다시 新鮮한 가스로 90分間 代置吸入시켰을 때에는 前者에서 14.8 vol%까지 또 後者の 境遇에는 13.5 vol%까지 回復된 것을 보이고 있으나 新鮮한 空氣로도 血中 一酸化炭素 배출에는 時間이 걸리는 것과 第3時期의 끝에 가서도 아직 中毒狀態에 있을 것을 示唆하고 있다.

腸運動의 모습을 보면 蠕動의 發生頻度에는 一酸化炭素吸入으로 큰 差異가 없으나 收縮波의 크기에는 變化가 있어 第1表와 같이 1,000ppm 吸入에서 顯著하게 減少하였고 高濃度인 3,000 ppm 에서 오히려 그렇지 않았다. 이로 보아서 腸運動의 크기에 미치는 影響은 그것이 있다 하더라도 吸入가스에서의 一酸化炭素 濃度와 비례적인 것이 아님을 示唆한다. 對照群 즉 新鮮한 空氣단을 吸入시킨 動物에서도 그의 收縮高를 比較할때에

5時間의 관찰에서 時間經過에 따르는 漸增傾向을 보이는 것은 動物의 進진적인 狀態가 腸運動에 複雜하게 作用할 것과 一酸化炭素의 影響을 分離해서 判定하기 어려울 것을 보인다.

腸內容液의 試驗物質濃度나 物質量이 30分間에 減少한 정도를 보고 吸收能을 推論할 수 있는 바 第1圖 및 第2圖에 尿素에 대한것을 나타내었다.

第1圖에서 尿素濃度로 보아서는 第1時期, 第2時期, 및 第3時期에 實驗群에서 多少 차가 있으나 對照群에서의 各期間變遷과 다른 모습을 보이지않고 있다. 濃度 대신에 濃度和 容積을 곱한 物質量을 比較해 보면 第2圖에서와 같이 實驗群 즉 一酸化炭素를 吸入시킨 群에서 가스吸入中이나 그의 直後에 腸內殘存量이 높아져서 마치 吸收率이 低下한 印象을 주나 對照群에서도 時間이 經過함에 따라서 腸內殘存量이 많아짐을 보이고 있어 各群사이에 뚜렷한 差異를 指摘할 수 없다. 各群에서 第3時期 즉 實驗시작후 5時間이 經過하면 腸管內로 體液이 나와서 容積이 增加하기 때문에 보인다.

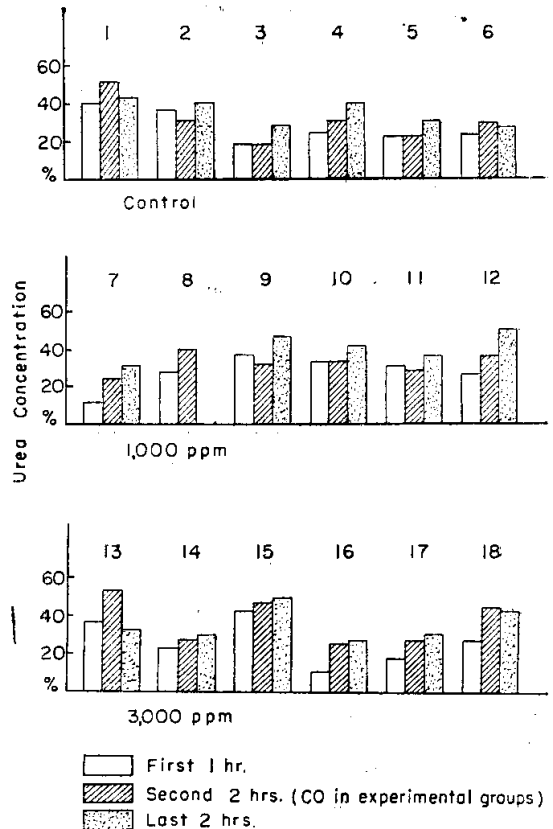


Fig. 1. Concentration of urea in the luminal fluid after 30 minutes period. Figures are expressed as the percentage of the initial concentration.

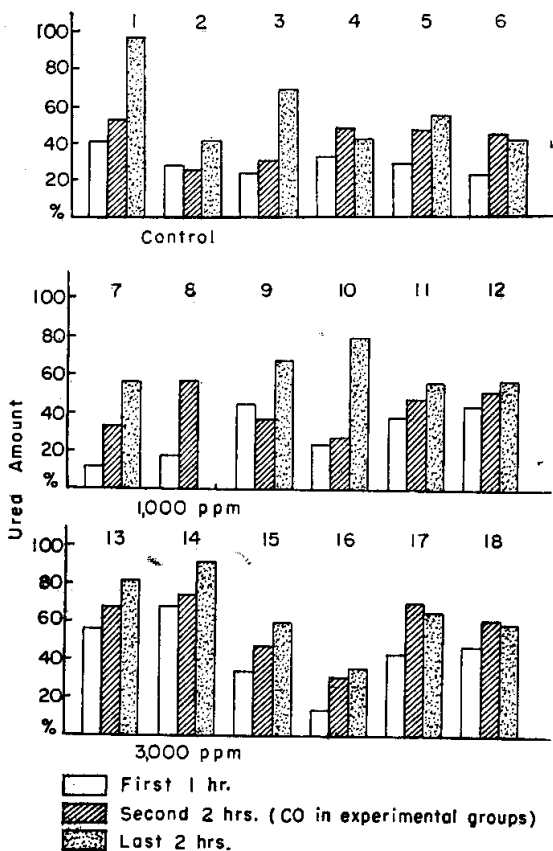


Fig. 2. Amount of urea remaining in the luminal fluid after 30 minutes period. Figures are expressed as the percentage of the initial amount placed in the loop.

腸内容物이  $\text{Na}^+$  濃度を 나타낸 것이 第2表 및 第3圖이다. 2時間의 가스 吸入으로 말미암아 腸内容에  $\text{Na}^+$  가 높은 濃度로 殘存하여 腸内能動的 物質移動이 低下하였음을 보이고 있다.

實驗群에서 第3時期 즉 一酸化炭素의 吸入을 中斷하고 新鮮한 空氣로 代置하였을 때에는 大體로 腸内濃度は 도로 줄어들어 能動的 吸收가 어느정도 回復되었음을 나타낸다. 이와같은 일은 第3表에서 腸内容物の 滲透質濃度の 추이로는 알 수 없다.

$\text{Na}^+$  뿐 아니라  $\text{Cl}^-$ , 尿素 등 모든 溶質이 影響을 미치는 까닭으로  $\text{Na}^+$  濃度の 변천과 반드시 一致하는 것은 아니며 혹시 體液으로 부터 排出되는  $\text{K}^+$  때문이 아닌가 하여 이를 測定하였던바 第4表에서와 같이 이 이온의 濃도가 試驗液을 넣고 30分이 지나면 增加하기는 하나 血漿濃度에 接近해 갈 뿐이고  $3\text{mEq/l}$  를 넘는 일은 드물었다. 이로 미루어 보더라도 觀察期間 5時間이 지난

Table 2. Final concentration of sodium ion after 30 minutes period, divided by the initial concentration. The test solution, containing  $218\text{mEq/l}$  of sodium ion was placed in the loop. Period I: Before CO. Period II: During CO. Period III: After CO.

Experimental Number	period			
	I	II	III	
Control	1	0.77	0.77	0.72
	2	0.71	0.72	0.72
	3	0.72	0.73	0.79
	4	0.69	0.74	0.74
	5	0.80	0.86	0.78
	6	0.88	0.90	0.90
Mean	0.76	0.79	0.78	
1000 p.p.m	7	0.79	0.79	0.79
	8	0.68	0.70	
	9	0.78	0.88	0.90
	10	0.76	0.84	0.76
	11	0.81	0.85	0.83
	12	0.67	0.75	0.72
Mean	0.75	0.80	0.80	
3000 p.p.m	13	0.68	0.83	0.68
	14	0.67	0.75	0.72
	15	0.74	0.76	0.77
	16	0.71	0.82	0.73
	17	0.64	0.74	0.69
	18	0.68	0.77	0.73
Mean	0.69	0.78	0.72	

후에도  $\text{K}^+$ 의 分泌增加나 腸管上皮細胞의 파괴등이 광범위한 것이 아님을 보여주고 있다.

루프内容의 容積을 PEG 濃度の 逆數로 표시하여 그의 相對的인 크기를 나타낸 것이 第5表이다.

腸内容의 一部를 두 끝에서 매고 腸管長軸으로의 移動을 막았을때에 그 内容의 容積을 決定하는 것은 腸管

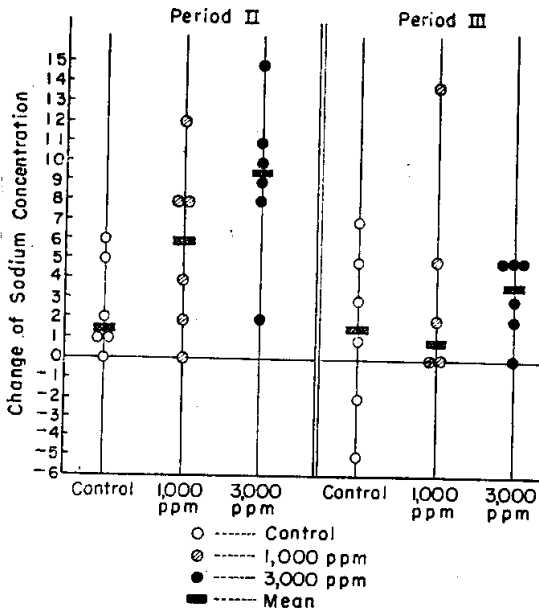


Fig. 3. Comparison of sodium concentration after 30 minutes. Fractional expression were obtained by dividing with the initial concentration as in Table 2. The fractions obtained in the period II and period III were subtracted by the fraction of the period I. Ordinates were expressed in percentile figures. Larger fraction of sodium remained unabsorbed during the inhalation of carbon monoxide containing air. Impairment seemed to persist after the replacement of fresh air (period III)

벽을 통한 體液出入의 均衡이라 하겠다. 이때에 能動的 吸收가 低下하여 이에 뒤따를 溶媒 혹은 被動的 移動成分이 吸收되지 못하는 狀態가 持續되면 容積增加가 增加하지 않을 수 없겠다. 對照群에서도 第3時期에는 容積增加가 뚜렷하나 가스吸入時를 보면 3,000 ppm 를 吸入시켰을 때에 44%의 增加를 보이며 他2群의 2倍以上의 增加를 보이고 있다.

### 考 察

一酸化炭素에 폭로되었을때에 動物體에 害로운 가담은 血液의 酸素運搬能力을 低下시킬뿐이 아니라 組織에서 血液으로부터 酸素를 遊離하는 것을 방해하며 組織低酸素症을 誘發시키는 것 외에 酵素系에 抑制作用을 하기 때문이다<sup>7)</sup>. 그러나 이때에 動脈血의 酸素張力(oxygen tension)이 내려가는 것은 아니므로 呼吸器의

Table 3. Excess osmolarity of the luminal fluid over the plasma value. Test solution, 460m Osmol/l in osmolarity, was put in the intestinal loop. Samples were taken after 30 minutes. No consistent differences were observed among groups

Exp. Number	Period			
	I	II	III	
Control	1	34	46	62
	2	52	51	49
	3	26	46	50
	4	15	37	71
	5	24	32	43
	6	33	32	64
Mean	30.7	44.0	56.5	
1000 p.p.m	7	10	40	58
	8	22	56	
	9	0	7	68
	10	20	51	46
	11	39	41	40
	12	6	44	62
Mean	16.2	39.8	54.8	
3000 p.p.m	13	29	52	52
	14	29	39	20
	15	24	36	45
	16	29	54	55
	17	37	47	58
	18	26	45	33
Mean	29.0	45.5	43.8	

機能을 促進시키거나 血液循環을 助長시키지는 않는다. 그리하여 이로 인한 症狀은 失血時나 高地에서의 動脈血 低酸素症에 비하면, 같은 酸素分壓일지라도 一酸化炭素中毒時에 더 甚한 것이다<sup>13)</sup>. 즉 低酸素症때에 發現하는 化學的 感受體(chemoreceptor)의 補償作用의 圈外에 있다고 할 수 있다.

**Table 4.** Final concentration of potassium ion in the loop solution (mEq/l). Initially the test solution was free of potassium ion. Final sampling was performed after 30 minutes period.

Experimental Number		Period		
		I (Before CO)	II (CO)	III (Fresh air)
Control	1	1.2	2.3	1.6
	2	1.8	1.8	2.0
	3	2.2	2.8	3.0
	4	2.0	2.6	2.2
	5	2.6	2.2	2.7
	6	2.7	3.2	1.0
Mean		2.1	2.5	2.1
3000 p. p. m	13	1.6	2.6	2.6
	14	1.8	2.8	2.0
	15	2.2	2.6	1.4
	16	3.2	2.1	1.8
	17	2.8	3.0	3.4
	18	2.7	2.4	3.0
Mean		2.4	2.6	2.4

이 實驗結果에서도 一酸化炭素 吸入時에 對照群에 比하여 循環器나 呼吸器系統의 機能에 一貫된 刺戟現象이 나타났다고 보기 어렵고 오히려 어떠한 경우에도 脈搏이 느려지고 血壓이 低下하여 血液循環의 攔阻이 일어날 징조조차 보인다. Breckenridge<sup>9)</sup>에 依하면 動物의 種屬에 따라서는 心臟筋이 特히 一酸化炭素에 對하여 弱하여 中毒時에 損傷을 입는다고 하였다. 一般적으로 交感神經—副腎髓質系의 機能亢進은 없고<sup>9)</sup> 心搏數나 換氣量은 輕微하게 增加하더라도 動脈血壓에는 이렇다 할 變化는 일어나지 아니한다고 한다<sup>11)</sup>. 이 實驗에서는 實驗群에서 一酸化炭素를 吸入시킨 第2時期나 이에 後續하는 期間에 呼吸頻度가 크게 늘어난 것이 보이었으나 對照群에서도 같은 氣管카늘을 挿入하고 一酸化炭素탄을 주지 않았을뿐 其他操作을 同一하게 하였을 때에는 對應되는 期間에 비슷한 呼吸增加를 나타낸 것으로 보아서 이는 麻醉狀態등 動物의 全身의 條件에 影響을 받

**Table 5.** Relative volume of the loop at the end of 30 minutes period. Initial volume 1.00

Experimental Number		Period		
		I (Before CO)	II (CO)	III (Fresh air)
Control	1	1.13	1.00	1.12
	2	0.78	0.72	1.42
	3	1.35	1.57	2.41
	4	1.31	1.43	1.08
	5	1.32	1.55	1.73
	6	0.91	1.48	1.45
Mean		1.13	1.29	1.54
1000 p. p. m	7	1.47	1.64	1.69
	8	0.66	1.33	
	9	1.05	1.06	1.09
	10	0.67	0.75	1.91
	11	1.19	1.53	1.95
	12	1.75	1.31	1.42
Mean		1.13	1.27	1.61
3000 p. p. m	13	1.13	1.91	1.54
	13	1.46	1.50	1.85
	15	0.55	1.61	1.58
	16	1.10	1.20	1.30
	17	0.88	1.30	1.15
	18	0.89	1.13	1.15
Mean		1.00	1.44	1.43

은것이나 實驗裝置가 토끼와 같은 小動物에 대하여 不合理한 點이 있지 않았는가 하는 念慮도 있다. 그러므로 이때에 나타난 呼吸促進은 一酸化炭素吸入에 緣由한 것은 아니라고 보아야 할 것이다.

血壓에는 큰 變化가 없었다 하더라도 一酸化炭素吸入으로 大部分의 例에서 약간의 下降을 보였으며 新鮮한 空氣로 代置한 후에도 좀처럼 회복하지 않았다. 헤모글로빈에 대한 一酸化炭素의 親和性이 극히 큰 까닭으로 이 가스가 體内に 들어가는 것은 短時間이면 足하더라

도 體外로 排出되는 데에는 長期間이 걸리며 血液濃度の 半減期가 人體에서는 250分이고 每時間當 15%만이 低下할 뿐이다. 토끼 色素의 一酸化炭素에 대한 親和性은 人體에서 보다는 적다고 해도 體外로의 排出이 여전히 느린고로 이 實驗에서와 같이 가스를 吸入시키고 난 후에 新鮮한 空氣를 吸入시키더라도 몇時間 동안은 여전히 가스 中毒狀態에 있을 것이어서 여러가지의 機能이 屢사리 中毒前의 狀態로 되돌아가지 못하는 것은 當然한 일이라 하겠다. 高壓酸素를 吸入시키는 有効한 治療手段만이 機能損傷으로부터 早期에 恢復시킬 수 있으리라 믿어진다.

小腸의 運動性에 關하여는 蠕動波의 發生頻度와 振幅(amplitude)을 觀察한 것인바 振幅은 小腸의 長軸方向으로 發生한 張力の 크기를 나타낸 것이기는 하나 記錄裝置의 排列로 보아 動物이 움직이거나 臟器의 相對的位置가 조금만 달라져도 記錄圖上에 動搖가 있어 振幅의 比較는 곤란할 때가 있었다. 蠕動의 發生頻度は 腸壁 平滑筋에서의 脫分極頻度を 나타낸다. 小腸의 어느 部位에서나 收縮을 시작할 수 있는 自動能을 가지고 있으나 小腸의 上部에 位置할 수록 脫分極頻도가 커서 그 部位에서 起始된 蠕動은 臟器에 널리 傳導되는 것이다. 창자가 靜止하고 있을 때에 筋細胞內外에 膜電壓이 形成되어 있으나 이 電壓이 줄어들어서 閾値에 到達하면 興奮을 發射하여 收縮케 한다. 그러므로 局所에서 생기는 電氣的 變化的 速度가 급하거나 또는 膜電壓이 낮을수록 興奮發射가 쉽게되어 蠕動의 發生頻도가 커진다. 이러한 일은 細胞內外의  $K^+$  濃度比가 작을 때에, 즉 細胞外液  $K^+$  濃도가 클 때에 볼 수 있는 것이다.

이 實驗期間中에 細胞外液의  $K^+$  濃도가 어떻게 變하였는가는 알 수 없으나 小腸一部에 만들어진 루프(loop) 內液의  $K^+$  濃도를 보면 各群에서 第2 및 第3時期에 多少 높은 傾向이 있다. 이는 반드시 細胞外液의  $K^+$  濃도가 上昇하였다는 것을 뜻하는 것은 아닐지라도 그를 推論하는 한 根據는 될 것이다. 實驗群에서 蠕動의 發生頻도가 약간 커진 것 같으나 큰 差異는 없었다.

蠕動의 振幅은 1,000 ppm 吸入時에 確實히 줄어들었으나 3,000 ppm 吸入時에 比例적으로 더욱 減少한 것은 아니었고 오히려 크게 增大한 것이 있었다. 그와같이 진폭이 增大한 實驗例에서 經過를 仔細히 보면 3,000 ppm 收入時에 처음 數分間은 1,000 ppm 吸入時와 같게 蠕動의 振幅이 줄었다가 나중에 커지는 것을 보았다. 이는 사람에서 一酸化炭素 中毒의 重症에서 往往히 泄瀉를 하게 되는 등의 症狀와 符合되는 所見이기는 하나 그의 發生機轉은 알 수 없고 局所的인 筋原性으로는 說

明할 도리가 없다.

黃<sup>2)</sup>이 토끼에 急性失血을 일으켜서 動脈低酸素症일 때에 腸運動이 약간 低下한 것을 報告한 바 있으나 一酸化炭素吸入으로 組織低酸素症을 초래하였을 때에도 類似한 變化를 보이고 있다. 다만 前者에서 輸血으로써 어느 程度의 恢復을 본데 반하여 本實驗에서는 新鮮한 空氣의 대치만으로는 中毒症狀로부터 速히 벗어나지 못하는 差異가 있을 뿐이다.

一酸化炭素中毒時에 小腸에서의 吸收機能도 急性失血으로 인한 低酸素症에서와 類似한 影響을 받을 것이나 被動的吸收가 크게 달라질 理由는 없겠다. 尿素 등의 被動的移動은 局所의 代謝過程과 直結되는 것이 아니며 局所를 灌流하는 血液量의 多寡는 被動的吸收를 左右할 수 있다. 그러나 一酸化炭素中毒時에는 뇌순환이 增加하는<sup>13)</sup> 外에 局所의 血液流通에는 變化가 없을 것이므로 이 實驗結果에서와 같이 實驗群과 대조군에 別한 差異가 없는 것도 이러한 사정을 말할 것이다.

能動的吸收에는 細胞의 代謝過程이 제대로 이루어질 것이 必須條件으로 되어 있으므로 一酸化炭素의 中毒時에 影響을 받는다.  $Na^+$  吸收에 대하여는 被動的인 것과 能動的인 두 經路는 제시되어 있기도 하나<sup>17)</sup> 能動的吸收에 依한다는 것이 定說이다.<sup>12), 14), 18)</sup>  $Na^+$ 가 能動的으로 吸收됨에 따라서 물吸收가 뒤따르게 되므로 溶質의 能動的吸收는 또한 루프의 容積을 決定짓는 요인이 된다고 할 수 있다. 一酸化炭素 1,000 ppm 를 吸入시켰을 때에도  $Na^+$  吸收가 低下되었으며 3,000 ppm 의 濃도로 주었을 때에는 더욱 심한 下落을 보이었다. 어느 경우에도 新鮮한 空氣로 代置하더라도 觀察期間中에 正常으로 회복하지는 못하였다. 즉 機能회복에는 더욱 效率的인 治療方法을 써야 할 것을 보여주었다.

루프內液의 滲透質濃度(osmolarity)도 上述한 吸收機能과 密接한 關聯이 있는 것으로 吸收機能이 低下되었을 때에는 血漿과의 平衡을 이루는데 더 긴 時間이 걸릴 것같이 보이나 滲透質濃度の 경사로 말미암아 體液을 腸管쪽으로 移動시켜 容積增加로 泄瀉를 일으킬 가능성이 있을 것이다.

위에서 본 바와같이 一酸化炭素中毒時에 呼吸 순환기 系統에는 外見上의 어떠한 變化가 없을지라도 腸機能, 특히 그의 吸收機能에는 적지않은 影響을 미쳐서 이를 低下시키며 急性曝露實驗뿐이 아니라 低濃度로 慢性的으로 曝露되었을 때의 變化도 究明한 必要가 있다. 그 까닭은 우리들의 生活樣式이 一酸化炭素發生의 危險과 너무나도 가까이 있으며 이러한 狀況에서 馴化現象<sup>11), 19)</sup> 등 또 다른 요인이 隨伴되기 때문이다.



## 總括 및 結論

一酸化炭素 1,000ppm 혹은 3,000ppm 를 포함한 空氣를 마취된 成熟토끼에 吸入시키고 廻腸의 運動性과 吸收機能에 미치는 影響을 研究하였다.

運動性은 蠕動의 發生頻도와 發生張力の 크기를 기록함으로써 관찰되었고 吸收機能은 廻腸에 만들어진 루푸內에 試驗溶液을 넣고 30分間에 內液에 있는 試驗物質의 減少를 봄으로써 檢査되었다.

被動的 吸收의 對象은 尿素이었고 또 能動的 吸收의 對象으로는 食鹽이 넣어졌으며 容積變化를 알기 위하여 非吸收性인 polyethylene glycol 이 添加되었다.

動物에 氣管切開를 하고 카늘을 挿入한 후에 1時間 동안 放置하였다가 처음 觀察을 한 것을 第1時期, 이에 後續하여 90分間 一酸化炭素를 吸入시킨뒤에 30分間 吸收實驗과 運動性을 본 것을 第2時期라 하였고, 混合가스의 吸入을 中止하고 新鮮한 空氣를 代치한 後 90分이 지나서 다시 30分間 實驗한 것을 第3時期라 稱하였다.

對照實驗으로는 모든 조작을 實驗群에서의 同一하게 하되 단지 一酸化炭素만을 吸入氣中에 섞지 않은 것이었고 各其 該當하는 期間의 時間的 區分은 實驗群과 同一하게 하였다.

對照實驗에서도 時間經過에 따라 여러 機能이 동요가 있어 一酸化炭素의 吸入여부와 關係없이 小腸機能에 變化가 있었고 大體로 機能이 低下되었다. 이는 實驗期間中에 動物의 全身狀態에 關係되는 現象으로 보여지므로 實驗群에서 얻은 여러 成績은 對照群의 對應期間值와 비교하여 評價되었다.

一酸化炭素中毒으로 오는 組織低酸素症때의 所見을 急性失血으로 오는 動脈血低酸素症때의 結果와 比較考察하였다. 얻은 結論은 다음과 같다.

1. 一酸化炭素를 1,000ppm 或은 3,000ppm 의 濃度로 포함한 空氣를 90分間 吸入시켰을 때의 動脈血의 酸素含量은 各各, 10.6vol% 및 8.8vol% 이었고 新鮮한 空氣로 代置한 後 90分이 지나면 14.8vol% 및 13.5vol% 로 되었다.

2. 循環器系統의 機能에 큰 變化는 없었으나 中毒時에 大體로 脈搏數가 減少하였고 血壓이 輕微하게 떨어지는 傾向이 있었다.

3. 小腸에서의 蠕動發生頻度에는 큰 變化가 없었으나 一酸化炭素中毒時에 若干 增加하는 傾向이 나타났고 發生張力은 1,000ppm 때에는 줄었으나 3,000ppm 때에는 가끔 強力한 收縮이 와서 發生張力이 크게 增加한 例도 있었다.

4. 小腸의 被動的 吸收機能보다 能動的 吸收機能이 一酸化炭素의 吸入으로 損傷을 입었으며 新鮮한 空氣의 吸入으로도 그의 恢復이 느리었다.

5. 小腸에 設置한 루푸의 容積은 가스吸入時에, 特히 그것이 높은 濃度일때에 增加하여 腸吸收를 先導하는 能動的 吸收機能에 障害가 있음을 間接的으로 보여주었다.

6. 이들 所見은 임상에서 보는 가스中毒時의 消化器系統의 症狀과 對比하여 考察되었고 中毒時의 治療手段으로 新鮮한 空氣吸入만으로는 미흡함이 指摘되었다.

(끝으로 안승운·김중수·김명순 등 여러분의 도움에 대하여 감사한다)

## ABSTRACT

### Intestinal Motility and Absorption in Acute Carbon Monoxide Poisoning

Lee, Bong Jae, Dong Hoon Shin, M. D.

Department of Physiology, College of Medicine,  
Seoul National University

Adult rabbits were exposed to carbon monoxide, 1,000ppm or 3,000ppm, and the motility of the ileum and the absorptive function were studied.

The motility was expressed in terms of the frequency of the peristalsis and the amplitude of the peristaltic wave. A test solution was put in the intestinal loop made in the ileum, and the decreases in the components of the solution were measured in the samples taken after 30 minutes period. The test solution contained urea and sodium ion which were subjected to passive or active transport, respectively. As a marker substance for the volume measurement, polyethylene glycol was added in the solution, too. One hour after the insertion of the tracheal canule, the first trial was performed, that was the test solution was placed in the loop, leaving it for 30 minutes, after which the final sample was obtained for the purpose of analysis. It was the experiment of period I.

Following the period I, the animal was exposed to the carbon monoxide for 90minutes except in the control group, after which same trial was performed as in the period I. This period of inhalation of carbon monoxide was denoted as the period II. In the period III, carbon monoxide containing gas was

replaced by fresh air, otherwise the experimental procedure was same as in period I or II. The control experiments were composed of the same procedure as above, except using carbon monoxide in the period II. They followed the time schedule of the experiments in which carbon monoxide was used.

In the control experiments, deteriorations in the physiological parameters including the intestinal function were noticed as the time elapsed even in the absence of carbon monoxide. Animals faced long standing adverse conditions other than carbon monoxide inhalation would suffer from the impairment of functions. Therefore, the results obtained in the experimental groups were compared with those of the same period of the control group.

The results obtained were as follows;

1. The oxygen content of the arterial blood subjected to 1,000ppm or 3,000ppm carbon monoxide was 10.6 vol. % or 8.8 vol. %, respectively. They rose to 14.8 vol. % or 13.5 vol. % when the inhaled gas was replaced by fresh air.
2. Although slight degree of slowing in the heart rate and drop in the mean arterial blood pressure were revealed, there was little consistent influence upon the circulatory function.
3. Slight increase in the frequency of the peristaltic waves was noticed when the noxious gas was given. The tension developed in the longitudinal direction of the small intestine was markedly dropped by the 1,000 ppm of carbon monoxide. However, occasionally strong peristaltic waves predominated in the cases of 3,000ppm.
4. The absorption of sodium ion was impaired by the exposure to carbon monoxide, and the recovery was not completed in the course of fresh air inhalation up to 2 hours. On the contrary, the absorption of urea suffered little influences.
5. The volume of the intestinal loop increased in the case of high concentration of carbon monoxide, and it seemed to be related to the deterioration of the active absorption process.
6. The results were reviewed from the point of view of clinical signs, such as diarrhea, encountered not rarely in carbon monoxide poisoning.

## REFERENCES

1. 김인달, 윤덕노 : 일산화탄소중독, 신의학총서 제1

- 권, 1969
2. 황정운 : 급성실혈시의 소장운동과 흡수기능, 대한생리학회 7:127, 1973
  3. Bennett, S. and W.J. Simmonds: *Absorptive capacity and intestinal motility in unanesthetized rats during intraduodenal infusion of fat. Quarterly J. of Exp. physiol.* 47:32, 1962
  4. Breckenridge, B.: *Carbon monoxide oxidation by cytochrome oxidase in muscle. Am. J. Physiol.* 173:61, 1953
  5. Curran, P.F. and A.K. Solomon: *Ion and water fluxes in the ileum of rats. J.gen. Physiol.* 41: 143, 1957
  6. Duke, H.N., H.L. Green and E. Neil: *Carotid chemoreceptor impulse activity during inhalation of carbon monoxide mixture. J. Physiol. London* 118:520, 1952
  7. Haddon, W. Jr., Nesbitt, R.E.L., and R. Garcia: *Smoking and pregnancy: Carbon monoxide in blood during gestation and at term. Obstet. Gynecol.* 18:262, 1961.
  8. Hawk, P.B., Oser, B.L., and W.H. Summer-son: *Practical physiological chemistry, 13th Ed. Ed. p. 886, Microdiffusion method of Conway, Blakiston, New York & Toronto, 1954*
  9. Heistat, D.D. and R.C. Wheeler: *Effect of carbon monoxide on reflex vasoconstriction in man. J. Appl. Physiol.* 32:7, 1972
  10. Korner, P.I.: *The role of arterial chemoreceptors and baroreceptors in the circulatory response to hypoxia in the rabbit. J. Physiol., London* 180:279, 1965
  11. Lillehei, J.P., Walks, S.S. and E.T. Carter: *Circulatory responses of normal and of CO-acclimatized dogs during CO inhalation. Fed. Proc.* 13:89, 1954
  12. Reitemeier, R.J., Code, C.F. and A.L. Orvis: *Comparison of rate of absorption of labeled sodium and water from upper small intestine of healthy human beings. J. Appl. Physiol.* 10: 256, 1957
  13. Root, W.S.: *Handbook of physiology, Sect. 3, vol. II, p. 1087, Am. Physiol. Soc., Washington, D.C., 1965*
  14. Schanker, L.S. and D.J. Tocco: *Active transport of some pyrimidines across the rat intestinal epithelium. J. Pharmacol. & Exper. Therap.,* 128:115. 1960
  15. Sendroy, Jr. and J.D. O'Neal: *Relative affinity*

- constant for carbon monoxide and oxygen in blood. *Fed. Proc.* 14:137, 1955
16. Stadie, W.C., and K.A. Martin: *The elimination of carbon monoxide from the blood.* *J. Clin. Invest.* 2:77, 1925
  17. Vaughan, B.E.: *Intestinal electrolyte absorption by parallel determination of unidirectional sodium and water transfers.* *Am. J. Physiol.* 198:1235, 1960
  18. Visscher, M.B., Vago, R.H., Carr, C.W., Dean, R.B. and D.Erickson: *The permeability of the gut wall to sodium.* *Am. J. Physiol.* 141: 488, 1944, cited from *Medical Physiology and Biophysics.* p.946, *Ruch & Fulton 18th Ed. Saunders, 1960*
  19. Wilks, S.S., Tomashefski, J.F. and R.T. Clark: *Physiological effects of chronic exposure to carbon monoxide.* *J. Appl. Physiol.* 14:305, 1959
-