

<原 著>

一酸化炭素가 血液 및 循環器系統에 미치는 影響

晉州農大 獸醫學科 生理學教室

鄭 淳 東

Effects of Carbon monoxide on the Blood and the Cardio-vascular System.

Department of Veterindry Physiology Chinjoo Agricultural College

Chung, soontong

Abstract

The work reported herein was undertaken to study the effects of carbon monoxide on the blood and cardio-vascular system in 21 mongrel dogs (Ranging 10 to 12 kgs. in weight, male, mature) anesthetized with Pentobarbital sodium. The animals used in this work were divided into 3 groups (7 animals each group), and each group was exposed to 0.1%, 0.3%, and 0.5% carbon monoxide diluted with air, respectively.

The following measurements were made in each group before and during the exposure to carbon monoxide diluted with air as the above mentioned.

1. Changes of the contents of carbon monoxide, oxygen, and carbon dioxide in the arterial blood.

2. Changes of erythrocyte counts and hemoglobin concentrations in the arterial blood, and hematocrit ratios of the arterial blood.

3. Changes of cardio-vascular functions such as heart rate, arterial mean blood pressure, cardiac output, stroke volums, and left ventricular work.

4. Changes of oxygen consumption and frequency of breathing.

The results obtained in this work may be summarized as follows:

1. During the exposure to carbon monoxide diluted in various concentrations with air, the increased carbon monoxide content in the arterial blood was observed, while the oxygen and carbon dioxide content were decreased significantly. The significant decrease in carbon dioxide content in the arterial blood may be thought to be caused by the hyperventilation which occurred in all cases during the exposure to air mixed with carbon

monoxide. Because of the increase in hydrogen ions in the arterial blood, caused by the increased lactic acid due to anaerobic glycolysis during the exposure to carbon monoxide which may cause anoxemia, and because of the accumulated hydrogen ions rising from the imidazol groups of hemoglobin in arterial blood when it combined with carbon monoxide, it may be considered that the hyperventilation would be induced by stimulating the chemoreceptors in the aortic and carotid bodies

2. The erythrocyte counts and hemoglobin contents in the arterial blood, and the hematocrit readings of the arterial blood were increased in parallel during the exposure to carbon monoxide diluted with air.

3. The oxygen consumption rate and the cardiac output were increased during the exposure to carbon monoxide.

4. The heart rate and the mean arterial blood pressure were somewhat increased at the very beginning, but were soon decreased to subnormal level. The reduced PH of the arterial blood brought about by carbon monoxide breathed may in turn give rise to the vasodilation of the arterial capillaries and the decrease in arterial blood pressure.

5. The frequency of breathing was elevated 2 to 3 times in all cases during the exposure to carbon monoxide.

韓國에서는 無煙炭이 家庭 燃料로 普及됨에 따라서 無煙炭 gas에 依한 中毒 事故가 頻繁하다. 뿐만 아니라 冬期에는 大部分의 家畜病院에서 無煙炭을 暖房에 利用하고 있으며 相當한 量의 gas가 누설되고 있음을

종종 發見할수 있다. 이러한 狀態에서 患畜의 診療가 施行되고 있음은 勿論 長期間 入院하고 있는 動物도 적지 않다. 無煙炭 gas 中에는 一酸化炭素 以外도 炭酸gas, 窒素, 酸素, 其他 酸性 gas 等이 包含되어 있으나 中毒의 危險성이 가장 높은 것이 一酸化 炭素임은 再言할 必要도 없다(1).

動物이 一酸化炭素를 吸入하면 血液中の 血色素은 急速히 一酸化炭素 hemoglobin(carboxyhemoglobin, carbon monoxide hemoglobin)을 形成하여 functioning hemoglobin의 量을 低下시킴으로서 anoxia를 일으킨다. 一酸化炭素가 血色素에 對한 親和力은 酸素가 血色素에 對한 親和力 보다 200倍 以上 強하며 酸素가 結合하는 것과 같이 heme의 鐵에 結合하여 血色素의 oxygenation을 妨害함은 勿論 이미 結合된 酸素를 몰아내는 한편 남아있는 酸素가 組織으로 移行하는 것까지도 妨害한다(2)(3). 뿐만 아니라 組織에 있는 呼吸 酵素의 一種인 ferrous cytochrome oxidase 도 結合하여 機能을 抑制하고(3)(4)(5) myoglobin과도 結合하여 carboxymyoglobin을 形成하여 myoglobin의 oxygenation을 저해한다(6).

一酸化炭素의 慢性中毒에 關한 報告는 많아도 急性中毒에 關한 文獻은 거의 없으므로 著者는 一酸化炭素 急性 中毒時에 일어나는 血液 및 循環 生理 領域의 機能의 變動을 時間적으로 觀察한 結果 몇 가지 成績을 얻었기에 여기에 報告하는 바이다.

實驗材料 및 方法

一酸化炭素는 stirring apparatus 內에서 100°C로 加熱한 濃黃酸에 蟻酸을 作用시켜서 얻었으며(7) 濃度の 測定을 iodine pentoxide法으로 測定하였다(8).

實驗動物은 體重이 10~12kg인 雜種 牡犬 21마리를 使用하였다. pentobarbital sodium(30mg./kg. B. w. t)로 麻醉시킨 後에 股動脈을 露出시켜 動脈血液을 sampling할 수 있게 하고 다시 頸靜脈을 露出시켜 여기서부터 polyethylene tube를 右心房 까지 通하여 混合 靜脈血液을 sampling할 수 있게 하였다. 氣管 cannula를 氣管에 挿入하고 cannula에 附着되어 있는 balloon에 空氣를 注入하여 氣管과 cannula外部와의 間隙을 完全히 막았다 이 狀態로서 室溫(26±2°C)에 30分間 靜置한 後 生體內의 血液을 heparinization (0.3mg./100ml. blood)시키고 一酸化炭素를 吸入시키기 前에 必要한 sampling, 酸素 消費量 其他 測定을

마치고 one way valve를 氣管 cannula에 連結하여 미리 準備된 一酸化炭素를 吸收시키면서 時間적으로 觀察하였다. 動脈血液은 股動脈에서 混合 靜脈血液은 右心房에서 各各 嫌氣의 으로 採取하여 Van Slyke의 manometric blood gas apparatus(Fisher improved model)로 酸素, 炭酸 gas 및 一酸化炭素의 含有量을 測定하였다. 血色素 含有量은 sahli's hemometer로 赤血球數는 Spancer's hemocytometer로 測定하였다. hematocrit ratio는 heparinized capillary tube에 血液을 採取하여 International model MB hematocrit centrifuge를 使用하여 測定하였다. 酸素 消費量은 氣管 cannula에 spirometer를 連結하여 測定하였고 心搏出量은 Fick procedure에 依해서 算出하였다.

$$\text{心搏出量(ml./min)} = \frac{100 \times \text{酸素消費量(ml./min)}}{A_{O_2} - V_{O_2}}$$

A_{O_2} = 動脈血의 酸素 含有量(Vols. %)

V_{O_2} = 混合 靜脈血의 酸素 含有量(Vols. %)

左心室 作業量은 다음 公式에 依하여 計算하였다(10)

左心室 作業量

$$\frac{\text{中間血壓(mm. Hg)} \times 13.6 \times \text{心搏出量(l./min)}}{1000}$$

實驗動物은 3群(各 7마리)으로 나누어 0.1%의 一酸化炭素, 0.3%의 一酸化炭素, 0.5%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키면서 時間적으로 觀察하였다.

0.1%의 一酸化炭素를 吸入시킨 動物群은 全例(7마리)가 一酸化炭素를 吸入하기 시작하여 240分以上 生存하였으나 其後 室溫에 放置한 結果 5마리는 얼마 못 가서 죽었으며 2마리는 24時間 以上 生存하여 飼料도 먹고 혼자서 걸어도 다니기도 하였다. 其後는 觀察하지 않았음. 0.3%의 一酸化炭素를 吸入시킨 動物群은 全例(7마리)가 一酸化炭素를 吸入하기 시작해서 부터 120分~150分 사이에 그리고 0.5%의 一酸化炭素를 吸入시킨 動物群에 있어서는 全例(7마리)가 一酸化炭素를 吸入하기 시작한 때부터 90分~120分 사이에 죽었다.

實驗 成績

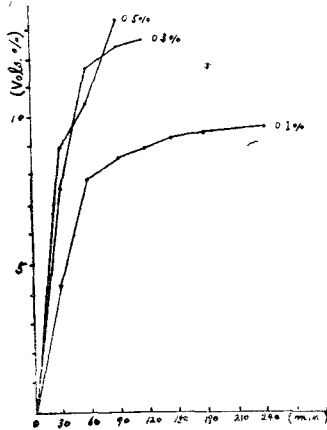
1. 動脈血液中的 氣體 含有量의 變動

各種 濃度の 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量은 全例에 있어서 急激한 增加를 나타내었다(第1表). 0.3%와 0.5%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시킨 動物群의 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量의 時間的 變動은 거의 비슷하였으며 0.1%群에 있어서도 처음 60分

第1表 一酸化炭素에 폭로한後
動脈血中の 一酸化炭素含有量(Vols. %)

폭로時間(分)	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)								7 마리의 平均値
0.1	4.2	7.8	8.5	8.8	9.1	9.3	9.5	
0.3	7.5	11.6	12.3	12.5	—	—	—	
0.5	8.9	10.4	13.2	—	—	—	—	

동안은 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量이 比較的 急速히 增加하였으나 그 後는 계속적인 增加를 보이 고는 있으나 大端히 緩慢하였다(第1圖).

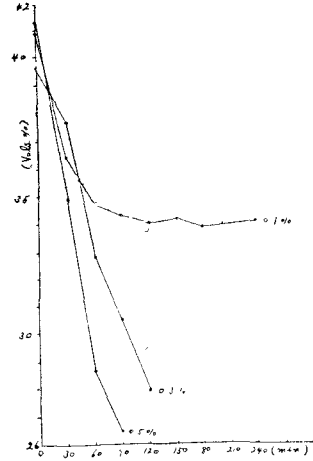


[第1圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키 는 동안 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量의 變動. 各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰 을 때의 動脈血液 中の 酸素 含有量은 一酸化炭素 含有量과는 正反對로 全例에 있어서 急速히 減少하였다 (第2表).

第2表 一酸化炭素에 폭로한後
動脈血液中の 酸素 含有量(Vols. %)

폭로時間(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 마리의 平均値
0.1	14.1	12.3	8.2	8.1	7.9	8.0	7.8	7.9	
0.3	13.8	6.5	4.3	3.8	2.7	—	—	—	
0.5	14.3	6.8	2.5	2.6	—	—	—	—	

0.3%와 0.5%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸 시킨 動物群에 있어서는 動脈血液 中の 酸素 含有量 의 時間的인 變動이 거의 비슷하였으며 0.1%群에 있 어서도 처음 60分間은 急速히 減少하였으나 그 後 부 터는 거의 一定하였다(第2圖).



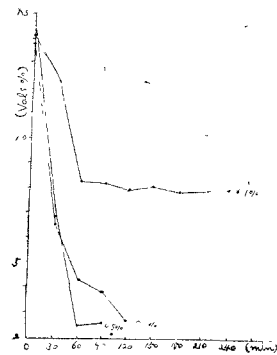
[第2圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안 動脈血液 中の 酸素 含有量의 變動.

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰 을 때의 動脈血液 中の 炭酸gas 含有量도 全例에 있 어서 急速히 減少하였다(第3表).

第3表 一酸化炭素에 폭로한後
動脈血中の 炭酸gas 含有量(Vols. %)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 마리의 平均値
0.1	40.8	36.4	34.7	34.3	34.0	34.2	33.9	34.1	
0.3	39.6	37.7	32.8	30.5	27.9	—	—	—	
0.5	41.3	34.9	28.6	26.4	—	—	—	—	

0.5%와 0.3%의 一酸化炭素를 呼吸시킨 動物群에 있어서는 거의 비슷한 時間的 變動을 나타내었으며 0.1%群에 있어서도 처음 60分間은 急速히 減少하였



[第3圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 動脈血液 中の 炭酸gas 含有量의 變動.

으나 그 후 부터는 極히 徐徐히 그러나 持續的인 減少를 보이고 있다(第3圖).

이와 같이 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 動脈血液中에 炭酸 gas의 含有量이 減少하는 것은 一酸化炭素로 因한 低酸素症 때문에 動脈血液의 PH가 低下된 때문이라고 생각된다.

以上과 같이 動脈血液中의 一酸化炭素, 酸素, 炭酸 gas 含有量의 時間的 變動은 一酸化炭素의 含有量이 增加하면 이와는 對照的으로 酸素는 減少하였다. 同時에 炭酸 gas의 含有量도 一酸化炭素의 含有量과는 對照的으로 減少하였음을 알 수 있다.

2. 赤血球數, hematocrit ratio 및 血色素含有量의 變動

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 赤血球數, Hematocrit ratio 및 血色素含有量의 增加는 各各 第4表, 第5表 및 第6表와 같다.

第4表 一酸化炭素에 曝露한後 赤血球數의 變動(萬/mm³)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	520	609	627	636	641	647	673	695	7 마리의 平均值
0.3	548	632	643	648	651	—	—	—	
0.5	536	638	647	657	—	—	—	—	

第5表 一酸化炭素에 曝露한後 Hematocrit ratio의 變動(%)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	45.2	52.3	53.8	53.6	54.1	54.7	55.0	56.8	7 마리의 平均值
0.3	46.9	53.5	54.3	55.8	58.3	—	—	—	
0.5	46.2	52.3	54.3	57.4	—	—	—	—	

第6表 一酸化炭素에 曝露한後 血色素量의 變動(gm./100ml. Blood)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	13.7	15.1	15.3	15.4	15.4	15.6	15.9	16.7	7 마리의 平均值
0.3	13.8	16.1	16.3	16.5	16.4	—	—	—	
0.5	14.1	16.8	16.7	16.9	—	—	—	—	

一酸化炭素를 吸入시키기 前의 數値에 對한 各時間

別 增加率은 各各 第7表, 第8表 및 第9表와 같다.

第7表 一酸化炭素에 曝露한後 赤血球數의 增加率(%)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	0	17.1	20.6	22.3	23.3	24.4	29.4	33.7	7 마리의 平均值
0.3	0	15.3	17.3	18.2	18.8	—	—	—	
0.5	0	19.0	20.7	22.6	—	—	—	—	

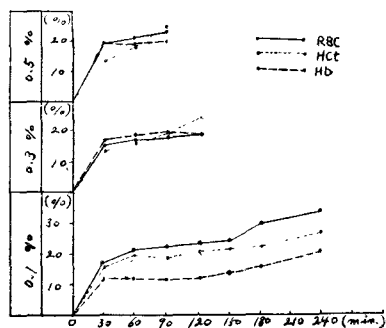
第8表 一酸化炭素에 曝露한後 Hematocrit值의 增加率(%)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	0	15.7	19.0	18.6	19.5	21.0	21.7	25.7	7 마리의 平均值
0.3	0	14.1	15.8	18.9	24.3	—	—	—	
0.5	0	13.2	17.5	24.2	—	—	—	—	

第9表 一酸化炭素에 曝露한後 血色素量의 增加率(%)

Co의 농도 (%)	曝露시간(分)								備考
	0	30	60	90	120	150	180	240	
0.1	0	10.2	11.7	11.7	11.7	13.8	16.0	21.1	7 마리의 平均值
0.3	0	16.6	18.1	19.6	18.8	—	—	—	
0.5	0	19.1	18.4	19.9	—	—	—	—	

赤血球數, hematocrit ratio 및 血色素含有量은 全例에 있어서 增加하였는데 相互間에 併行하여 增加하



[第4圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 動脈血液中의 赤血球數, hematocrit ratio 및 血色素含有量의 增加率.

였음은 大端히 興味있는 現象이다. 各 群別 增加率을 時間的으로 分析해 보면 0.1%群은 처음 30분만에 急增加하여 그 後 부터는 緩慢하지만 꾸준한 增加를 계속 보이고 있다. 그러나 0.3%群과 0.5%群은 처음 30분만에 急增加하였지만 그 後는 別로 上昇하지 않고 거의 一定하였다(第4圖).

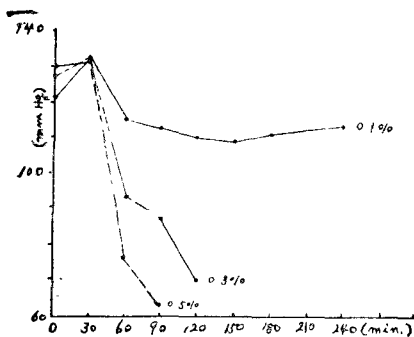
3. 動脈血液의 變動

各種 濃度の 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 動脈 血壓의 中間血壓의 變動은 第10表와 같다.

第10表 一酸化炭素에 曝露한後 動脈血壓의 變動(mm/Hg)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 마리의 平均値
0.1	121	132	115	113	110	109	111	113	中間 血壓의 平均値
0.3	130	131	93	87	70	—	—	—	
0.5	127	132	76	63	—	—	—	—	

0.3%와 0.5%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때에는 죽을 때 까지 계속해서 血壓이 下降하였으나 0.1%群은 처음 60분만에 多少 急速히 下降하고 그 後는 徐徐히 下降을 계속하였으나 150분부터는 다시 上昇하려는 傾向을 보이고 있다(第5圖)



[第5圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 動脈 血壓(中間 血壓)의 變動.

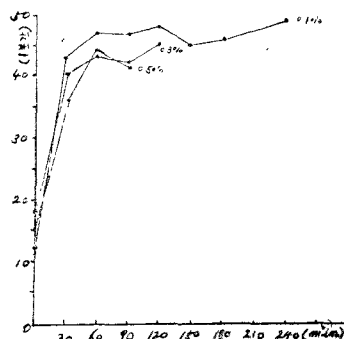
4. 呼吸數의 變動

各種 濃度の 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 呼吸數의 變動은 第11表와 같다.

第11表 一酸化炭素에 曝露한後 呼吸數의 變動(1分間)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 마리의 平均値
0.1	12	43	47	47	48	45	46	49	7 마리의 平均値
0.3	18	40	43	42	45	—	—	—	
0.5	15	36	44	41	—	—	—	—	

全例에 있어서 처음 30分 동안은 急激하게 上昇하여 그 後는 거의 一定한 呼吸數(上昇된 呼吸數)를 維持하는 傾向을 보였다.(第6圖).



[第6圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 呼吸數의 變動.

5. 酸素 消費量의 變動

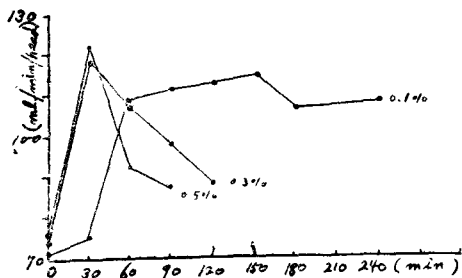
各種 濃度の 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 酸素 消費量은 第12表와 같다.

第12表 一酸化炭素에 曝露한後의 酸素 消費量(ml./min/head)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 마리의 平均値
0.1	71	75	109	112	113	115	107	109	7 마리의 平均値
0.3	73	118	107	97	88	—	—	—	
0.5	74	122	92	87	—	—	—	—	

0.1%群에 있어서는 150분까지 계속해서 酸素 消費量이 增加하였으나(平均 71ml./min./head에서 平均 115ml./min/head로) 그 後는 減少하였고 0.3%群에 있어서는 60분만에 最高點(平均 73ml./min.head에서 平均 107ml./min/head로)에 達했다가 그 後는

88ml./min./head까지 減少하였다. 0.5%群에 있어서는 30분만에 最高點(平均 74ml./min./head에서 平均 122ml./min./head로)에 達했다가 그後는 87ml./min./head까지 減少하였다(第7圖).



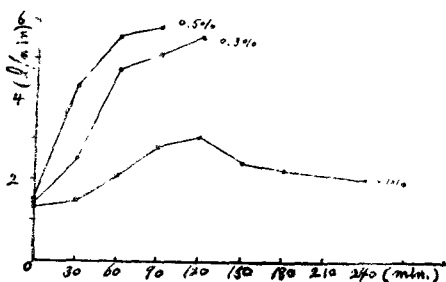
[第7圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 酸素 消費量의 變動

6. 心搏出量의 變動

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 心搏出量의 變動은 第13表와 같다.

第13表 一酸化炭素에 曝露한後의 心搏出量(l/min)

曝露時間(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 濃度 (%)									
0.1	1.3	1.5	2.1	2.8	3.0	2.4	2.2	1.95	7 마리의 平均値
0.3	1.4	2.5	4.7	5.1	5.6	—	—	—	
0.5	1.5	4.3	5.6	5.8	—	—	—	—	



[第8圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 心搏出量의 變動.

0.3%와 0.5%의 一酸化炭素를 呼吸시킨 動物群에 있어서는 60분까지는 急速히 增加하였으며 그後는 죽을 때까지 계속해서 增加하였다. 그러나 0.1%群에 있어서는 120분만에 最高點에 達했다가(平均 1.3l./min./head에서 平均 3.0l./min./head로) 그 後는 오히려 減少해서 正常値로 돌아가려는 傾向을 보였다(第8圖)

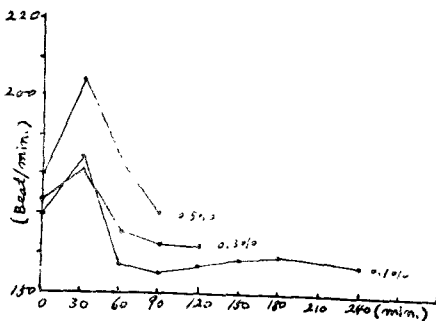
7. 心搏動數의 變動

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 心搏動數의 變動은 第14表와 같다.

第14表 一酸化炭素에 曝露한後의 心搏動數의 變動(beat/min)

曝露時間(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 濃度 (%)									
0.1	170	184	157	155	156	158	159	157	7 마리의 平均値
0.3	173	181	165	162	162	—	—	—	
0.5	180	204	183	170	—	—	—	—	

全例에 있어서 初期에는 心搏動數가 增加하였으나 그後부터는 正常 以下로 急激히 減少하기 시작하였다. 0.1%群에 있어서는 90분에 最低値를 보이고 그 後는 多少 上昇하는 傾向을 보였으나 그래도 正常値보다는 훨씬 낮았다(第9圖).



[第9圖] 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 心搏動數의 變動

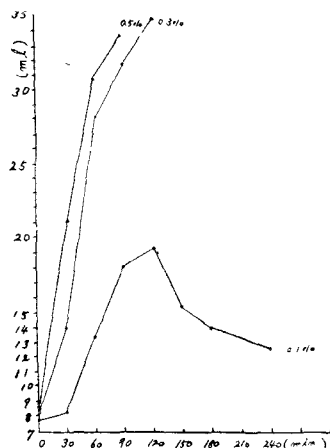
8. Stroke Volume의 變動

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 stroke volume의 變動은 第15表와 같다.

第15表 一酸化炭素에 폭로한後の stroke volume(ml.)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 다 리 의 平 均 值
0.1	7.7	8.2	13.4	18.1	19.2	15.2	13.8	12.4	
0.3	8.1	13.8	27.9	31.5	34.6	—	—	—	
0.5	8.3	21.1	30.6	33.5	—	—	—	—	

0.5%와 0.3%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때에는 거의 비슷한 上昇 curve를 나타내고 있으나 0.1%群에 있어서는 30分에서 부터 90分 사이에 急激히 增加하고 120分만에 最高點(19.2ml/beat)에 達하고 그 後부터는 徐徐히 減少하였다(第10圖).



〔第10圖〕 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, stroke volume의 變動

9. 左心室 作業量

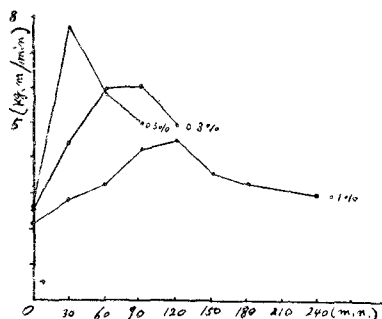
各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때의 左心室 作業量은 第16表와 같다.

第16表 一酸化炭素에 폭로한後の 左心室 作業量(kg. m./min.)

폭로시간(分)	0	30	60	90	120	150	180	240	備考
Co의 농도 (%)									7 다 리 의 平 均 值
0.1	2.13	2.89	3.28	4.30	4.49	3.56	3.32	2.99	
0.3	2.48	4.45	5.94	6.03	5.33	—	—	—	
0.5	2.59	7.72	5.79	4.97	—	—	—	—	

0.1%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시킨 動物群에 있어서는 120分만에 最高點(4.49kg. m./min.)에 達하고 그 後부터는 徐徐히 減少하였다. 0.3%群

은 60分까지 急速한 上昇率을 보이고 90分만에 最高點(6.03kg. m./min.)에 達했으며 0.5%群에 있어서는 30分동안에 急速히 上昇하여 最高點(7.72kg. m./min.)에 達했다가 그 後부터는 兩群(0.5%群과 0.3%群)이다 急激히 減少하였다(第11圖). 左心室 作業量은 一酸化炭素의 濃度가 높아질수록 最高點에 到達하는 時間이 짧을 뿐만 아니라 最高點에 表示된 作業量도 一酸化炭素의 濃度에 比해서 增加하고 있음을 알 수 있다(第11圖 參照).



〔第11圖〕 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키는 동안, 左心室 作業量의 變動.

考 察

正常 動物에 一酸化炭素를 吸入시키면 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量이 增加하고 反面에 酸素에 含有量이 減少함은 잘 알려져 있는 事實이다. 一酸化炭素의 血色素에 對한 親和力은 酸素의 血色素에 對한 親和力보다 200倍 以上이나 強하므로 많은 血色素가 carboxyhemoglobin으로 轉換된다(2)(3). 따라서 動脈 血液 中에는 oxyhemoglobin의 含有量이 줄어들 것이므로 一酸化炭素의 含有量이 增加하면 그만큼 酸炭 含有量이 줄어지는 것은 當然하다(第1表, 第2表, 第1圖 第2圖 參照). 그러나 0.3%와 0.5%의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 吸入시켰을 때에 이 兩群의 一酸化炭素 含有量의 增加率은 서로 비슷하였으며 0.1%群에 있어서는 吸入을 시작한 때부터 60分 동안은 一酸化炭素의 含有量이 急速히 增加하였지만 그 後부터는 繼續的으로 增加되되 增加率은 아주 緩和하였다. 그리고 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量도 前者에 比해서 훨씬 낮았다. 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量의 變動은 吸入한 氣體의 一酸化炭素 濃度에 依해서만 左

右되는 것이 아니고 혼합된 다른氣體成分의 含有量一酸化炭素를 吸入할 때의 環境溫度 및 濕度(11) 그리고 個體의 生理的 條件等에 따라서 差가 있을 것이나 本實驗에서는 一酸化炭素를 空氣에 稀釋하였고 其他 實驗條件이 一定하였으므로 實驗 期間中의 實驗室의 環境溫度 및 濕도에 큰 差가 없었다고 하면(實驗 期間中 實驗室이 溫도와 濕도를 일일히 測定하지 못했으니 이러한 條件이 本實驗成績에 나타난 바와 같이 뚜렷한 差를 가져올만큼 影響을 미쳤다고는 생각할 수 없으므로) 낮은 濃度(0.1%)의 一酸化炭素를 吸入시켰을 때와 高濃度(0.3%와 0.5%)의 一酸化炭素를 吸入시켰을 때의 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量의 差는 呼吸한 空氣中에 含有된 一酸化炭素의 濃度 때문임을 充分히 짐작할 수 있다. 卽 0.1%群에 있어서는 吸入을 시작해서 60분까지는 動脈血液의 一酸化炭素 含有量은 急激히 增加하고 그 後는 徐徐히 增加하였지만은 0.3%群에 있어서는 30분만에 벌써 0.1%群에 있어서 60분만에 測定한 數値와 아주 近似하였고 0.5%群에 있어서는 30분만에 0.1%群에 있어서 60분만에 測定한 數値를 훨씬 超過하여 120分—150분만에 測定한 數値와 비슷함을 보이고 있다(第1表 및 第1圖 參照). 그러나 0.3%群과 0.5%群과의 사이에는 큰 差가 없는 것으로 보아 一定한 濃度 以上의 高濃度에서는 濃도에 依한 有義意한 差는 없을 것이라는 것을 推測할 수 있다.

一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量이 增加하면 反對로 酸素 含有量이 減少할 뿐만 아니라 炭酸 gas의 含有量도 減少하였다(第3表 및 第3圖). 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 動脈血液 中の 炭酸gas 含有量이 減少하는 理由는 hyperventilation 때문이라고 생각된다(第11表 및 第6圖 參照). 本實驗에 있어서 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 全例에 있어서 hyperventilation을 나타내었다. 더욱이 呼吸數의 變動을 보면 吸入한 空氣 中の 一酸化炭素 濃度에는 關係없이 初期에 急激히 增加하며 그 後는 繼續的으로 큰 變動없이 初期에 增加된 呼吸數를 꾸준히 維持하고 있었다. 이와 같이 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 呼吸數가 增加하는 理由로서는 다음과 같은 몇 가지를 생각할 수 있다. 卽 一酸化炭素를 吸入하였을 때는 血液의 PH가 低下할 것이다. 그 理由는 一酸化炭素가 血色素의 酸素 運搬 作用을 抑制할 뿐만 아니라 一部分 남아있는 oxyhemoglobin이 組織에서 酸素를 遊離시키는 것까지도 妨害하므로

(2)(3) 結局 低酸素症에 걸리게 된다. 뿐만 아니라 一酸化炭素는 組織에 있는 呼吸 酵素의 一種인 ferrous cytochrome oxidase와도 結合하여 機能을 抑制하고 (3)(4)(5) 筋肉에 있는 myoglobin과도 結合하여 carboxymyoglobin을 形成하기 때문에(6)甚한 酸素 缺乏에 빠지게 된다. christensen and Hasting(2)이 쥐에 對한 實驗 成績을 報告한 바에 依하면 27,000ft 高度에서 anaerobic glycolysis가 일어나기 시작한다고 報告한바 있다. 따라서 一酸化炭素를 吸入하였을 때에 일어나는 isotonic anoxia에 있어서도 anaerobic glycolysis가 일어나서 血液中에 乳酸 濃도가 增加할 것이며 따라서 血液의 PH는 低下할 것으로 推測된다. 한편 血色素가 一酸化炭素와 結合할 때에 imidazol기에서 遊離된 水素ion이 血液의 PH를 低下시킬 것이다. 卽 一酸化炭素는 酸素와는 달리 一段 血色素와 結合하면 血液 中에선 容易하게 分離되지 않기 때문에 一酸化炭素가 血色素와 結合할 때에 生成된 水素 ion은 그러로 血液 속에 남아있을 뿐만 아니라 組織에서 形成된 炭酸gas를 適切히 緩衝시키지 못할 것이므로 結局 水素 ion의 蓄積을 가져오게 될것이다(13). 이와 같이 動脈血液의 PH가 低下하면 chemoreceptor를 계속해서 刺戟하고 있음을 알수있다. 한편 動脈血液의 炭酸gas 含有量의 低下하는 傾向이 酸素의 含有量이 低下하는 傾向과 비슷하게 動脈血液中の 一酸化炭素 含有量에 따라서 反對로 減少하고 있으며 吸入한 一酸化炭素의 濃도가 低濃度(0.1%)일 때와 高濃度(0.3%와 0.5%)일 때와는 相當한 差를 보이고 있고 더욱이 高濃度(0.3%와 0.5%)일 때는 兩者가 서로 비슷한 傾向을 보이고 있어 動脈血液 中에 含有된 一酸化炭素 含有量의 影響을 받고 있음이 분명하다. 動脈血液 中の 一酸化炭素 含有量이 많으면 그만큼 動脈血液의 PH가 低下될 것이고 動脈血液의 PH가 低下되면 이것을 調節하기 위해서 이에 相當하는 炭酸gas의 減少가 일어나야함은 明白한 事實이다.

急性으로 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에는 呼吸數가 增加하지 않는다는 報告가 있는가 하면(16)(17)(18)(19)(20)(21), 一酸化炭素를 계속적으로 吸入하면 오히려 減少할 것이라는 主張도 있다(22). 그러나 Haldane(23)과 Hagar and Henderson(24)은 急性으로 一酸化炭素를 吸入하면 hyperventilation이 일어난다고 報告하였다. 金岡도 急性으로 各種 濃度の 一酸化炭素를 생쥐에 呼吸시킨 結果 呼吸數가 增加하였다고 報告한 바 있으며 이 實驗에 있어서도 全例에 있어서 呼吸數가 正常보

다 2—3倍 以上(0.1%群은 正常值인 平均 12/min.에서 最高 49/min.까지, 0.3%群은 正常值인 平均 18/min에서 最高 45/min까지, 0.5%群에서는 正常值인 平均 15/min에서 最高 44/min까지) 增加하였음을 觀察하였다(第11表 및 第6圖 參照).

各種 濃度의 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 赤血球數가 增加하였고(第4表 參照) 이에 수반하여 hematocrit ratio 및 血色素 濃度가 併行하여 增加하였다(第5表 및 第6表 參照). 金(25)은 생쥐를 各種 濃度의 一酸化炭素에 曝露시켰을 때에 赤血球數 및 hematocrit ratio가 增加한다고 報告하였으며 一酸化炭素를 吸入하였을 때에 일어나는 赤血球 增多症은 一酸化炭素에 對한 耐力을 높인다고 하는 報告도 있다(18)(21). 低酸素症에 있어서 骨髓를 制敎하여 赤血球의 生産 能力을 增進시키려던 48~90時間을 要한다고 하는데(26) 이 實驗에 있어서는 初期에 急速한 增加率을 보이고 그 後는 大端히 緩慢한 增加率을 보이고 있는 것으로 보아(第7表, 第8表, 第9表 및 第4圖 參照) 急性으로 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 일어나는 赤血球 增多症은 functioning hemoglobin의 量이 減少하였기 때문에 일어난 低酸素症으로 因해서 adrenaline 이 遊離되고 이것이 脾臟을 收縮시키기 때문에 저장되었던 赤血球가 循環 血液 中으로 動員된 때문이라고 생각된다(26).

各種 濃度의 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시켰을 때에 酸素 消費量이 增加하는 傾向을 보였다(第12表 및 第7圖). 低酸素症에 있어서는 酸素 消費量이 減少한다는 報告가 있지만(27) emotional stress 下에서는 酸素 消費量이 增加하였다는 報告도 있다(28). 事實上 急性으로 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에도 一種의 stress 反應이 일어나므로 이때문에 酸素 消費量이 增加한 것으로 생각된다. 0.1%群에 있어서는 初期엔 큰 差가 없으나 60分만에 約 0.5倍 程度 增加하여 240分까지 大差없이 비슷한 數值를 보이고 있으며 高濃度群(0.3%과 0.5%群)에 있어서는 30分만에 約 0.6倍 程度 酸素 消費量이 增加하고 그 後는 減少하여 측기 前 最終 測定値는 이 兩群이 서로 비슷한 數值를(平均 87ml./min/head와 平均 88ml./min./head) 보이고 있다. 高濃度群에 있어서 初期에 酸素 消費量이 增加한 것은 stress 反應도 作用한 것으로 생각되며 그 後 酸素 消費量이 減少하는 것은 一酸化炭素에 依해서 組織의 機能이 低下된 때문에 酸素 消費量도 따라서 低下된 것으로 생각된다. 反面에 240分 以上 生存한 0.1%群에 있어서는 增加된 酸素 消費量의 數值를

60分 부터 240分까지 계속해서 維持한 것으로 보아(平均 107~115ml./min./head) 더욱 그러하다(第12表 및 第7圖 參照). 한편 clark et al.(29)가 報告한 바에 依하면 實驗管內에서 組織이 一酸化炭素를 炭酸gas로 酸化하는 傾向이 있다고 한다. 萬一 이러한 現象이 生體 內에서도 일어날 수 있다면 相當한 量의 一酸化炭素가 炭酸gas로 變할 수 있을 것이고 實驗動物이 消費한 酸素의 一部는 一酸化炭素를 炭酸gas로 酸化하는데 쓰였을 것이다.

各種 濃度의 一酸化炭素를 吸入시켰을 때에 全例에 있어서 心搏出量이 增加하였다(第13表 및 第8圖 參照). 0.1%群에 있어서는 120分만에 最高點(平均 1.3 l./min.에서 平均 3.0 l./min.로)에 到達했다가 그 後는 漸次로 減少하여 正常으로 돌아가려는 傾向을 보였으나 0.3%群과 0.5%群에 있어서는 계속해서 增加하여 측기 前 最終 測定値는 各各 平均 5.6 l./min.와 平均 5.8 l./min.로서 正常值의 4배나 된다. 이와 같이 心搏出量이 增加하는 것은 酸素의 消費量은 增加되었는데 動脈血液中的 酸素 含有量은 低下되었고 더욱이 一部 남아있는 oxyhemoglobin이 酸素를 遊離시키는 것까지도 抑制되고 있어 이를 補償하기 위한 生體의 反應 現象이라고 생각된다. stroke volume은 心搏出量이 增加함에 따라서 增加하였으나 0.3%群과 0.5%群에 있어서 一酸化炭素를 吸入하였을 때에 動脈 血壓(中間 血壓)이 현저하게 낮아졌기 때문에 左心室 作業量의 增加率이 心搏出量에 比例하지 않는 것은 當然하다.

心搏動數도 初期에는 增加하였으나 곧 減少하여 正常보다 조금 낮은 測定値를 계속해서 維持하였다(第14表 및 第9圖 參照). 心搏動數의 減少率은 그다지 크지 않고 心搏出量은 增加되어 單位 時間에 搏出되는 血液量도 增加하였는데 動脈 血壓(中間 血壓)이 一時 높아졌다가 곧 下降하기 시작한 것은(第10表 및 第5圖 參照) 動脈血液의 PH가 下降하여 末梢血管을 擴張시켰기 때문이라고 생각되며(30) 初期에 一時 높아진 것은 亦是 stress 反應이라고 생각된다.

이 實驗에서 左心室 作業量을 除外한 나머지 成績에 있어서 高濃度(0.3%와 0.5%)의 一酸化炭素를 吸入시킨 結果는 0.3%群과 0.5%群이 서로 비슷하지만 比較的 低濃度(0.1%)의 一酸化炭素를 吸入시킨 結果는 高濃度의 그것과 현저한 差가 있다. Chung(31)과 金(25) 등에 依하면 stressor가 一定한 強度 以上이면 生體에 나타나는 反應 現象에는 差가 없음을 報告한

實驗에 있어서 0.3%群과 0.5%群과의 모든成績이 서로 비슷하면서도 0.1%群과는 현저하게 差가 있음은 stressor에 對한 生體의 反應 現象과 符合되는 點이 있는 것같은 推測을 갖게 한다.

이 實驗에 있어서 一酸化炭素를 吸入시키기 前에 pentobarbital sodium으로 麻醉를 시켰기 때문에 麻醉劑가 이 實驗에 미치는 影響에 對해서 考察해 볼 것 같으면 다음과 같다. 권(32)에 依하면 pentobarbital의 麻醉 用量을 投與하고 6時間 동안 觀察한 結果 赤血球數와 hematocrit ratio는 若干 減少하였다고 報告하였다. 李와 鄭(33)에 依하면 pentobarbital의 麻醉 用量을 投與하고 4時間 觀察한 結果 心搏動數는 增加하고 心搏出量, 左心室 作業量은 漸次로 減少하지만 動脈血壓(中間 血壓)과 hematocrit ratio는 初期에만 若干 減少하였다가 곧 回復하였다고 報告하였다. Gruber(34)는 多量의 Barbiturate는 myocardium의 運動을 抑制한다고 報告하였고, Roth(35)는 쥐의 灌流 心臟에 0.05M의 Pentobarbital溶液을 通過시키면 暫時 동안 心搏動數와 constriction의 振幅을 抑制한다고 報告하였다. Johnson(36)의 報告에 依하면 거북의 心臟에 0.002M의 Pentobarbital 溶液을 溶流하면 constriction의 振幅을 顯著하게 減少시킨다고 한다. 그런데 이 實驗에서는 Pentobarbital sodium으로 麻醉시켰음에도 一酸化炭素를 吸入시킨 結果 一般적으로 赤血球數, hematocrit ratio, 心搏出量, 左心室 作業量은 反對로 增加하였고 心搏動數와 動脈血壓(中間 血壓)도 反對로 減少하였으므로 이 實驗의 모든 變動은 一酸化炭素에 基因함을 確信할 수 있다.

總 括

21마리의 개에 對해서 Pentobarbital sodium으로 麻醉시킨 다음 各種 濃度の 一酸化炭素를 含有한 空氣를 呼吸시키면서 血液 및 循環器系統에 미치는 影響을 觀察한 結果 얻은 成績을 總括하면 다음과 같다.

1. 動脈血液中の 一酸化炭素 含有量은 增加하였고 酸素 및 炭酸gas의 含有量은 反對로 減少하였다.
2. 呼吸數는 初期부터 2-3倍로 增加하였다.
3. 赤血球數, hematocrit ratio, 血色素 含有量(動脈血液의)은 增加하였다. 初期에는 急激한 增加率을 나타내었지만 그 後는 極히 緩慢하였다.
4. 酸素 消費量과 心搏出量이 增加하였다.
5. 心搏動數와 動脈血壓(中間 血壓)은 初期에는 增加하였으나 곧 正常 以下로 低下되었다.

參 考 文 獻

- (1) 金玉在·崔炫·李義圭·航空醫學·8(1); 39-42, 1960.
- (2) Dukes, H.H. The Physiology of Domestic Animals. Ed.7. Comstock 1955, P.38.
- (3) West, E.S. and Todd, W. R. Textbook of Biochemistry. Ed.2. Macmillan. 1955, P.P. 572-573
- (4) Fruton, J S. General Biochemistry. John Willy & sons. Inc. Ed.2. 1959, P.349.
- (5) Hawk, P.S., Oser, B.L. and Summerson, P.S. Practical Physiological Chemistry. Ed.13. McGraw Hill. 1954, P.318.
- (6) Keilin, D. Proc. Roy. Soc (London), 109A, 292, 1925, Cit. West, E S., and Todd, W.R. Textbook of Biochemistry. Ed 2. Macmillan. 1955, P.572.
- (7) Fieser, L.F. and Fieser, M. Organic Chemistry. Ed.3. Reinhold. 1959, P.169.
- (8) 日本藥學會編. 衛生試驗法註解. 金原出版社. 1956, P.606.
- (9) Dukes, H.H. The Physiology of Domestic Animals. Ed.7. Comstock. 1955, P.113.
- (10) Dukes, H.H. The Physiology of Domestic Animals. Ed.7. Comstock. 1955, P.119.
- (11) 石川矢福. 環境衛生學. 第3版. 吐鳳堂. 昭17, P.223.
- (12) Christensen. W.R. et Hasting. A.B. Ibid.20; 221, 1949.
- (13) Davenport, W. The A B C of acid base Chemistry. Ed.3. The university of Chicago Press. 1960, P.15.
- (14) Dukes, H.H. The Physiology of Demestic Animals. Ed.7. Comstock. 1955, P.280.
- (15) West, E.S. and Todd, W.R. Textbook of Biochemistry. Ed.2. Macmillan, 1955, P.588.
- (16) Chiod, H.D, Consoalzio, D.E. and Hervath, S.M, Am. J. Physiol. 134; 683, 1941
- (17) Hahlstroem, H., Obreschkow, G. and Ziostrand, T. Acta Pharmacol et Toxicol. 3; 105, 1947.
- (18) Wilks. S S Tomashefski, J.F. and Chark, R. T. Jr. J. Appl. Physiol. 14; 305, 1959.
- (19) Comroe, J. and Schmidt, C. Am. J. Physiol. 121; 75, 1921.

(20) Roughton, J. and Darling, R. Am. J. Physiol. 141; 17, 1944.
 (21) Clark, R. T. Jr. and Otis, A. B. Am. J. Physiol. 166; 285, 1952.
 (22) Stoestrand, T. Acta Physiol. Scand. 15; 351, 1948.
 (23) Haldane. J. J. Physiol. 18; 201, 1895.
 (24) Hagard, H. and Henderson, Y. J. Biol. Chem. 47; 421, 1921.
 (25) 金在玉 · 航空醫學 · 8(1); 1, 1960.
 (26) Cook, S. F and Alafi, M. M. Am. J. Physiol. 186; 369, 1956.
 (27) Opitz, E. German Aviation Medicine World War II. 1; 146, 1959.
 (28) Bartlett, R. G. Jr. and Altland, P. D. J. Appl. Physiol. 14; 395, 1959.
 (29) Clark, R. T. Jr., Stannerd, J. N. and Fenn, W. O. AF Technical Report 6528, 1951, P. 529.
 (30) Dukes, H. H. The Physiology of Domestic Animals. Ed. 7. Comstock. 1955, P. 212.
 (31) Chung, S. J. National Academy of Science, R. O. K. 2; 115, 1950.
 (32) 권종국. 獸醫界. 6(3); 14, 1962.
 (33) 李昌業. 鄭淳東. 獸醫界. 6(1), 11, 1962.
 (34) Gruber, C. M. Am. J. Obst. & Gynec. 33; 729, 1937.
 (35) Roth, G. B. Arch. Internat. Pharmacodyn. 51. 170, 1935.
 (36) Johnson, R. L. J Pharmacol & Exp. Therap. 57; 353, 1936.

家畜無血去勢器

品目	대당가격
大家畜用	5,000원
中小家畜用	3,500원

◀ 安全 · 正確 ▶

◀ 농촌진흥청 성능 검정 합격품 ▶

京畿道水原市梅山路一街42

東 華 商 社

代表 丁 永 俊

電話水原 2 2 2 4

서울連絡處 ㉠ 9 2 5 1