

# 肺空気栓塞症の救急蘇生に関する実験的研究

## 第二編 肺空気栓塞症の救急蘇生に関する実験的研究 および臨床例

昭和41年12月22日 受付

信州大学医学部星子外科教室

(主任：星子直行教授)

石 曾 根 滋 雄

### Experimental Studies on Emergency Treatment of Pulmonary Air Embolism

#### Part 2. Experimental Studies on Emergency Treatment of Pulmonary Air Embolism and Clinical Cases

Masuo Ishizone

Department of Surgery, Faculty of Medicine,  
Shinshu University

(Director : Prof. N. Hoshiko)

#### 第1章 緒 言

偶発事故によつて発生する肺気体栓塞症に関する救急蘇生の問題は昔から多くの人々により検討されている。近年麻酔の進歩と共に各種蘇生法が考えられ、また蘇生器も発明されて多方面に応用されるようになったが、肺空気栓塞症に対する呼吸管理はいかにあるべきかという問題に関してはまだ十分な検討がされていない。特に多くの蘇生器が使用されるようになった今日、時に誤つた蘇生法を行なつていのではないかと考えられる報告もある<sup>⑥</sup>。著者はこのような疑問を解明するために、あらかじめ第一編において報告した実験成績に基づき空気注入速度を2.0cc/kg/minの一定条件にした各種実験操作を行ない、動物を多方面から観察して総合的判断のもとに各蘇生法の効果を判定した。更に著者は卵管通気を受けた27才女子に発生した空気栓塞症と、膀胱腔瘻根治手術に先だち膀胱内に注入された空気による空気栓塞症と思われる48才女子の2例を経験したので合わせて報告する<sup>⑩</sup>。

#### 第2章 実験方法

##### 第1節 実験動物および麻酔

実験動物は予備実験で使用した成犬と同じ条件の8.0～12.9kg 雑種成犬を使用し麻酔方法も第一編に準じて行なつた。

##### 第2節 実験装置

###### a) 脳波、心電図および動静脈圧測定装置

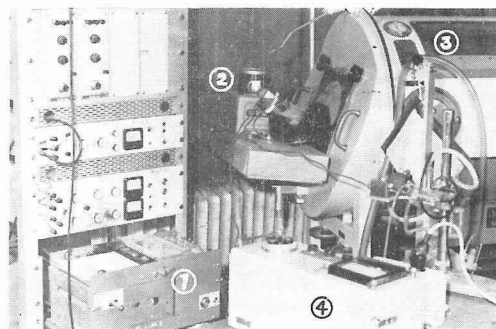
本実験装置も第一編に使用したのと同じ装置を同一条件で使用した。静脈圧の測定は、ポリエチレンカテーテルを大腿静脈より挿入しその先端が腹部大静脈上部に開口する位置で固定後、電気血圧計のトランスジューサーにそれぞれ連結し測定した。

###### b) 換気量測定装置

換気量の測定には比較的簡便な Monaghan-Ventilation Meter を使用した。

麻酔深度がⅢ期Ⅰ相またはⅡ相に達した実験犬にカフ付気管内チューブを挿入し、Monaghan-Ventilation Meter に連結し連続的に示される指針の目盛を読んでその時間の分時換気量を記録し、これを1分間の呼吸数で除して1回換気量とした(図1の②)。

図1 鉄の肺使用時の各監視装置



- ① 多用途監視記録装置
- ② Monaghan-Ventilation Meter
- ③ 鉄の肺
- ④ Oximeter

## c) 動脈血中酸素飽和度および含有量測定装置

## i) Oximeter

著者は肺機能検査の一環として、Elma 社製 Ear-oximeter を用い動脈血酸素飽和度の連続観察を行ない、同時に次項で述べるガス分析装置による測定結果をグラフに描く場合 Oximeter 測定値を参考にして描いた。使用法は犬の耳介で Oximeter の感度を上げてほとんどその変化が現われないので、舌に Ear Piece を取りつけ測定した(図1の④)。

## ii) 微量血液中ガス分析装置

Oximeter では血液酸素飽和度の絶対値が得られないので一部の実験例では、比較的簡便に測定できる Natelson の微量ガス分析装置を使用した<sup>20)21)22)23)</sup>。採血方法はポリエチレン管を動脈圧測定側とは反対側の大腿動脈より挿入し、任意の時間に採血した。サンプルはできるだけ早期に微量血液ガス分析装置で酸素含有量を測定した。測定方法は斎藤<sup>24)</sup>の方法を用いた。測定結果は Vol% で表わし Oximeter の指針の読みを参考にしながらグラフを作った。

## 第3節 実験操作および手技

著者は肺空気栓塞症の救急蘇生に関する実験的研究を行なうに際し特に呼吸管理の面に重点を置き次の如き2群の実験を行なった。

- a) 自然呼吸運動下の動物に肺空気栓塞症を起し、これに各種救急蘇生法を施したときの効果について、
- b) 筋弛緩剤注射により呼吸運動を停止させ、調節呼吸を行なっている動物に肺空気栓塞症を起し、各種救急蘇生法を施したときの効果について、

## 第1項 自然呼吸時における肺空気栓塞症

自然呼吸時の肺空気栓塞症に対する救急蘇生については体位の問題が比較的多数報告されている。著者はこの体位による救急蘇生法と他の多くの救急蘇生法とを比較検討するために本実験を行なった。

1. 背位
2. 右側臥位
3. 左側臥位
4. トレンデレンブルグ体位 (20°)

これらはいずれも体位例で麻酔後上記の位置に固定し、各監視装置をセット後、2cc/kg/min の注入速度で下大静脈内へ空気を注入した。この場合死亡と判定されるまで(第一編の死亡判定と同じ条件)常に連続的に一定速度で空気を注入し、注入開始より死亡までに要した時間を生存時間とし、この時間的差を比較検討しながら蘇生法の延命効果を判定した。

## 5. 100%酸素吸入

この実験は肺空気栓塞症によっておこってくる各臓器、特に脳の低酸素症に対し本法がどの位有効であるかを知る目的で行なった。

背位にした実験犬の気管内チューブに Monaghan-Ventilation Meter を連結し、これを閉鎖循環式麻酔器につなぎ、100%酸素で満たされたバックが適度にふくらんでいる状態に酸素の流量を調節し Ventilation Meter に装置されている弁によつて呼吸は全部外部へ呼出されるようにした。

## 6. 腹部大動脈駆血

肺空気栓塞症発生直後、肺循環障害のため動脈圧が下降し二次的に各臓器に低酸素症をおこす。このような状態に対し腹部大動脈を駆血するとどの程度効果が期待できるか、またトレンデレンブルグ体位と比較した場合どうかなどを知る目的で本実験を試みた。

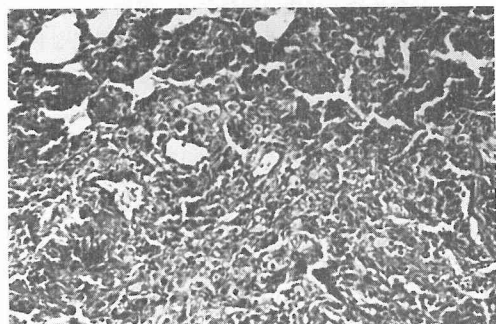
すなわち麻酔犬を背位に固定後開腹し、上腹部の腹部大動脈に駆血用テープをかけ、空気注入開始と同時に駆血を行ない、死亡するまで続けた。

## 7. レ線障害による病的肺

肺実質になんらかの病的変化がある場合、それが肺空気栓塞症に対しどのような反応態度を示すかを知る目的でレ線照射障害による病的肺を使用した。

すなわち右胸部に照射野 7×9 cm、管電圧 180 KV 管電流 15 mA、濾過板 0.5 mm Cu + 0.5 mm Al、空中線量 毎分 230 r の照射条件で 1 回に 4000 r の大量照射を行なった。照射後 12~13 週目の犬の肺は図 2 に示す如く無気肺や線維化など比較的著明なレ線障害を残すと言われているが<sup>25)</sup>、著者はこの時期を利用して前記背位例と同じ方法で実験した。

図 2 レ線障害を伴った肺組織像 (No.65)



(H, E×200)

細葉大、亜細葉大の無気肺巣が多数に認められ、ところにより線維芽細胞を伴い、肺胞道、肺胞嚢はほとんど閉塞して線維化への道程がうかがわれる。

## 第2項 調節呼吸時における肺空気栓塞症

この実験群ではそれぞれ異つた調節呼吸を行ないその効果を調べた。すなわち

1. 用手人工呼吸
2. 間歇的陽圧呼吸
3. 陽陰圧呼吸
4. 鉄の肺による人工呼吸

実験犬の自発呼吸は筋弛緩剤 Succinylcholine Chloride を静脈注射して停止させ必要に応じて追加した。

#### 1) 用手人工呼吸

動物は背位に固定し、胸壁圧縮による Howard 法<sup>29</sup>を用いて人工呼吸を行なつた。この場合人工呼吸は40回/分の速さで行ない、空気注入は人工呼吸開始と同時に進めた。

#### 2) 間歇的陽圧呼吸

換気条件をなるべく一定にするため動物を背位にし、半閉鎖循環式麻酔器を使用して12cm H<sub>2</sub>O 圧の間歇的陽圧呼吸を行なつた。また呼吸数は毎分20回とし、分時換気量の測定は各時間毎に Monaghan-Ventilation Meter を回路に直結し、その一回呼吸量より算定した。

本群を更に次の3つに分けて実験した。

- a) 非開胸
- b) 両側開胸
- c) 胸部大動脈駆血

このうち b) は両側の第5肋間を開胸し、c) は左第5肋間を開胸して胸部大動脈にテープをかけ、採血用カテーテルおよび動脈圧測定用カテーテルは駆血部より中心側に開口するよう挿入し、空気注入により動脈圧が50mmHg 前後に下降するのを待つて駆血した。

#### 3) Jefferson Ventilator による陽陰圧呼吸

肺空気栓塞症の場合陽陰圧呼吸がどの程度有効なものであるかを知る目的で Jefferson Ventilator を使用し換気条件を次の如く分けて検討した。

a) 陽圧相対陰圧相が1対1でそれぞれの圧を12cm H<sub>2</sub>O とした場合

b) 陽圧相対陰圧相の割合が3対1で陽圧12cm H<sub>2</sub>O、陰圧4cm H<sub>2</sub>O とした場合とに分けて実験した。

#### 4) 鉄の肺使用による人工呼吸

換気条件はなるべく正常の換気量が得られるように調節し、9~10cm H<sub>2</sub>O の陰圧、8cm H<sub>2</sub>O の陽圧を加え呼吸数は36~40回/分として実験を行なつた。空気注入は図4に示す如く各監視装置をセットし、SCCを静脈内注射後鉄の肺の運転を開始し動物が安定した状態になるのを待つて注入した。

### 第3章 実験成績

#### 第1節 生存時間よりの検討

著者は自然呼吸34例、調節呼吸32例、計66例の成犬を使用して、各種実験を試みた。その実験成績は、表1、2に示す如くである。

表1 自然呼吸例

(背位例)

動物番号 No.	体重 kg	注入時間 (生存時間) 分-秒	全注入量 cc	術前分時換気量 cc	最大分時換気量 cc
3	11.6	10. 40	248	1690	6010
4	10.4	9.	187	2090	5300
5	9.1	9.	164	2000	4910
62	10.2	8. 30	173	2900	7100
64	10.6	8.	170	2850	5400

平均生存時間 9分2秒—平均注入量 188cc

(右側臥位例)

12	8.8	4. 50	85	2090	5450
28	8.0	3. 30	56	1150	4440
37	9.1	7. 30	137	2100	9600
39	9.5	3. 50	72	2400	4800
50	9.9	6. 30	129	1800	8500

平均生存時間 5分15秒—平均注入量 96cc

(左側臥位例)

6	10.7	10.	214	1700	3500
7	10.0	12. 20	247	2850	5200
8	10.3	11. 45	242	1320	5500
51	9.3	7.	130	1350	5600

平均生存時間10分16秒—平均注入量 208cc

(トレンデレンブルグ体位例(20°))

16	12.6	7.	176	1575	5200
17	9.7	7.	136	1050	3200
18	8.0	16. 30	264	1950	4400
19	12.8	29.	742	1325	12000
20	11.3	10. 30	237	1500	8100

平均生存時間14分—平均注入量 311cc

(100%酸素吸入例)

46	10.2	28.	571	3000	12400
48	8.4	21.	353	2000	8200
70	11.8	81.	1912	2300	14800
71	9.2	9.	166	2700	4200
73	12.3	10.	246	4400	8000
47	8.0	16.	256	1900	7100
75	8.5	82.	1394	4200	16000

平均生存時間35分17秒—平均注入量 700cc

## (腹部大動脈駆血例)

動物番号 No.	体重 kg	注入時間 (生存時間) 一分-秒	全注入量 cc	術前分 時換気 量 cc	最大分 時換気 量 cc
14	12.6	14.	353	2520	7800
15	9.9	18.	356	1700	5120
30	8.3	14. 10	236	1025	6100
35	12.9	14.	361	195	10800

平均生存時間15分2秒-平均注入量 327cc

## (レ線障害を伴う病的肺例)

65	12.9	5.	129	3000	7200
76	9.5	3. 50	73	1900	3600
77	8.8	4. 50	85	1800	3300
78	8.0	3. 40	59	850	2900

平均生存時間 4分20秒-平均注入量 87cc

## 表 2 調 節 呼 吸 例

## (用手工呼吸例)

動物番号 No.	体重 kg	注入時間 (生存時間) 一分-秒	全注入量 cc
26	10.0	7.	140
27	9.3	6.	112
52	10.0	8.	160
66	9.8	6. 30	127

平均生存時間 6分53秒-平均注入量 135cc

## (間歇的陽圧呼吸例——非開胸例)

19	12.0	9.	216
23	10.7	4. 30	96
53	8.3	6. 30	108
59	9.3	3. 30	65
79	10.4	6.	125

平均生存時間 5分54秒-平均注入量 122cc

## (間歇的陽圧呼吸例——両側開胸例)

60	10.8	4.	86
61	9.8	3.	59
72	10.5	2. 20	49
80	8.0	4. 30	72

平均生存時間 3分28秒-平均注入量 67cc

## (間歇的陽圧呼吸例——胸部大動脈駆血例)

40	11.7	11.	257
41	12.8	10.	256
42	8.0	6. 30	104
43	11.8	6. 30	153

平均生存時間 8分30秒-平均注入量 218cc

## (陽陰圧呼吸例——陽圧相対陰圧相: 1対1)

動物番号 No.	体重 kg	注入時間 (生存時間) 一分-秒	全注入量 cc
18	10.2	17. 30	357
20	9.4	7.	132
21	12.8	6. 10	158
22	9.2	12. 50	237
31	12.7	10. 30	267
38	8.0	10.	160

平均生存時間10分40秒-平均注入量 219cc

## (陽陰圧呼吸例——陽圧相対陰圧相: 3対1)

10	9.5	5. 10	99
11	8.8	5. 20	94
23	10.7	4. 10	90
47	10.4	8. 45	182

平均生存時間 5分15秒-平均注入量 116cc

## (間歇的陰圧呼吸例(鉄の肺使用))

54	10.4	10.	208
55	12.3	13.	318
56	10.0	21.	420
57	10.1	15.	303
58	9.0	23. 30	423

平均生存時間18分30秒-平均注入量 334cc

7種類の自然呼吸例の各々に成犬4~7頭を使用して実験を行なった。その結果平均生存時間は表1の如くであり、この表から最も長く生存できたものは100%酸素吸入例の35分17秒で、次いで腹部大動脈駆血例となつている。最も短時間に死亡したものは病的肺例の4分20秒である。これらを順位別に列挙すると、

- 1) 100%酸素吸入例
- 2) 腹部大動脈駆血例
- 3) トレンデレンブルグ体位例 (20°)
- 4) 左側臥位例
- 5) 背位例
- 6) 右側臥位例
- 7) レ線障害による病的肺例

である。この結果より明らかなことは、酸素吸入や、大動脈駆血は単に背位にしておくより相当有効な手段であることが知れた。

更に体位別にみた場合の延命効果の順位は、

- 1) トレンデレンブルグ体位例
- 2) 左側臥位例
- 3) 背位例
- 4) 右側臥位例

である。トレンデレンブルグ体位は5〜10度頭を下げるのが一番よいと言われているが<sup>(20)</sup>、肺空気栓塞症時脈圧を維持するためにはこの程度では不足であるので20度以下げて行なつた。この体位の延命効果は4種の方法中最も有効で平均生存時間14分、左側臥位例の10分16秒に比べ明らかに効果が認められている。

調節呼吸についても4群に分けて実験した。

- 1) 用手人工呼吸例
- 2) 間歇的陽圧呼吸例
  - a) 非開胸例
  - b) 両側開胸例
  - c) 胸部大動脈駆血例
- 3) 陽陰圧呼吸例
  - a) 陽圧相対陰圧相比1対1
  - b) 陽圧相対陰圧相比3対1
- 4) 鉄の肺による人工呼吸例

本群の実験成績は表2に示す如くである。これを見ると最も有効と考えられるものは鉄の肺による人工呼吸例の18分30秒であり、次いで陽陰圧呼吸例（圧相比1対1）の順となつている。また最も成績の悪いものは間歇的陽圧呼吸例中両側開胸例の3分28秒である。

これを順位別に示すと、

- 1) 鉄の肺による人工呼吸
- 2) 陽陰圧呼吸（圧相比1対1）
- 3) 間歇的陽圧呼吸—胸部大動脈駆血
- 4) 用手人工呼吸
- 5) 間歇的陽圧呼吸—非開胸
- 6) 陽陰圧呼吸—圧相比3対1
- 7) 間歇的陽圧呼吸—両側開胸

となつている。

以上の実験成績の延命効果よりみた順位とその平均生存時間を表示すると、表3の如く100%酸素吸入例が一番有効な手段であり、次いで鉄の肺による人工呼吸例、腹部大動脈駆血例、トレンデレンブルグ体位例、陽陰圧呼吸例、左側臥位例の順となつている。

#### 小 括

肺空気栓塞症に対する救急蘇生の効果判定の一助として生存時間を検討した。

すなわち最も有効な方法を列挙すると、100%酸素吸入を行なつた自然呼吸、鉄の肺使用による間歇的陰圧呼吸、腹部大動脈駆血、トレンデレンブルグ体位、陽陰圧呼吸（圧相比1対1）、左側臥位の順であり、これらはいずれも肺空気栓塞症に対し有効な手段である。

これに反し、胸部大動脈駆血による間歇的陽圧呼吸、用手人工呼吸などの延命効果は期待しえない。ま

表3 延命効果よりみた順位とその平均生存時間

順位		平均生存時間
1	100%酸素吸入例	35分17秒
2	鉄の肺による人工呼吸例	18分30秒
3	腹部大動脈駆血例	15分02秒
4	トレンデレンブルグ体位例（20度）	14分
5	陽陰圧呼吸例（圧相比1対1）	10分40秒
6	左側臥位例	10分16秒
7	背位例	9分2秒
8	間歇的陽圧呼吸例——胸部大動脈駆血例	8分3秒
9	用手人工呼吸例	6分53秒
10	間歇的陽圧呼吸例——非開胸例	5分54秒
11	陽陰圧呼吸例（圧相比3対1）	5分51秒
12	右側臥位例	5分14秒
13	レ線障害による病的肺例	4分20秒
14	間歇的陽圧呼吸例——両側開胸例	3分28秒

た非開胸の間歇的陽圧呼吸、陽陰圧呼吸（圧相比3対1）、右側臥位、両側開胸による間歇的陽圧呼吸などはかえつて有害な手段となる。血圧下降が著明でなく自然呼吸のある肺空気栓塞症には100%酸素吸入による自然呼吸が最も有効で、呼吸麻痺などによる呼吸障害に対しては間歇的陰圧呼吸が理想的である。

体位ではトレンデレンブルグ体位が最も有効で、大動脈駆血では胸部より腹部大動脈駆血の方が有利である。また陽陰圧呼吸では陰圧を強くした圧相比1対1の方がよく、間歇的陽圧呼吸では胸部大動脈駆血を併用した方が単なる間歇的陽圧呼吸よりも有効である。

#### 第2節 肺機能面よりの検討

生存時間よりみた各症例をさらに肺機能面より次の如く分けて検討してみた。

##### 1. 換気機能に関する検討

呼吸数、分時換気量、1回換気量

##### 2. 肺胞機能に関する検討

動脈血中酸素含有量

##### 第1項 換気機能に関する検討

救急蘇生法施行例を検討する前に健康犬の換気機能を調べてみた。

健康成犬58例に Pentobarbital Sodium の静脈内麻酔を行ない麻酔深度Ⅲ期Ⅱ相の状態で呼吸数、分時換気量、1回換気量などを測定し、その体重別平均値を調べてみると表4に示す如く分時換気量では1874〜2717cc、1回換気量では98〜157ccの範囲内に各平均値があり、体重が増加すると分時換気量、1回換気量

がいずれも平行関係を保ちながら増加する。

呼吸数については平均値がいずれも17~19回前後にあり、ほとんど体重別に差が認められなかった。

表 4 体重別よりみた健康成犬の呼吸数分時換気量、一回換気量

体 重 別 kg	体 重 平均値 kg	呼吸数 平均値 回	分時換気 量平均値 cc	一回換 気量平 均値 cc	症例数 例
8.0-8.9	8.47	19.1	1874	98	8
9.0-9.9	9.41	17.4	2163	124	18
10.0-10.9	10.36	17.7	2356	133	18
11.0-11.9	11.64	17.1	2498	146	5
12.0-12.9	12.40	17.3	2717	157	9

計 58例

#### 救急蘇生実験の自然呼吸例

自然呼吸34例における呼吸数、分時換気量、1回換気量の変化を時間毎に追求し検討した。

##### (呼吸数の変化)

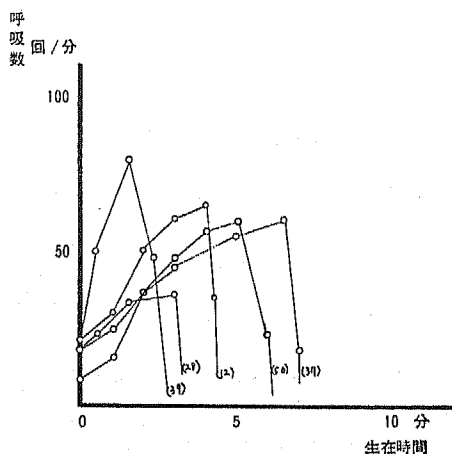
空気注入開始直後より、呼吸数は増し漸次過呼吸が現われて、最高値がほぼ術前値の2~10倍となる。過呼吸時、術前値に比べ、呼吸数の比較的多いものは100%酸素吸入例、腹部大動脈駆血例、トレンドレング体位例など生存時間の長いものに認められ、比較的少ないものは、病的肺例、右側臥位例など生存時間の短いものに多く認められる傾向がみられた。また呼吸数の変化を時間毎に追求するとはその変化は2群に大別できる。

##### 1) 最高値が比較的早期に現われるもの

##### 2) 最高値が比較的末期に現われるもの

前者に属するものは、100%酸素吸入例、腹部大動脈駆血例、トレンドレング体位例、左側臥位例、背臥位例などであり(図3)、後者に属するものは病的肺例、右側臥位例などとなつている(図4)。

図 4 呼吸数の変化(右側臥位例)  
( )内の数字は実験動物番号



##### (分時換気量の変化)

分時換気量の変化もやはり2つの傾向に大別される。

1) 最大分時換気量の変化が比較的早期に現われるもの。

2) 最大分時換気量の変化が比較的末期に現われるもの。前者に属するものは生存時間が中等度の症例に

図 3 呼吸数の変化(腹部大動脈駆血例) ( )内の数字は実験動物番号

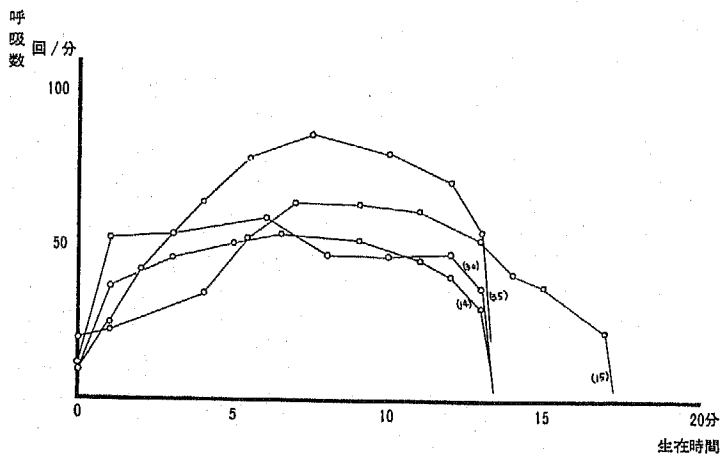


図5 背位例 (No.64)

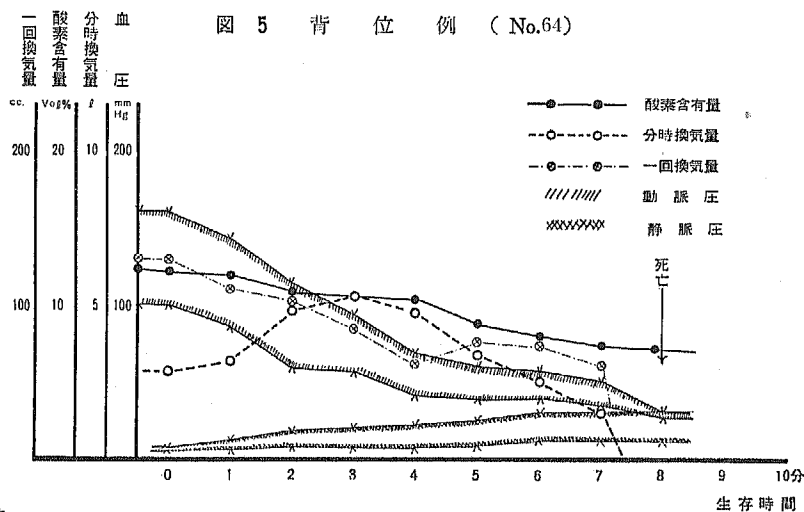
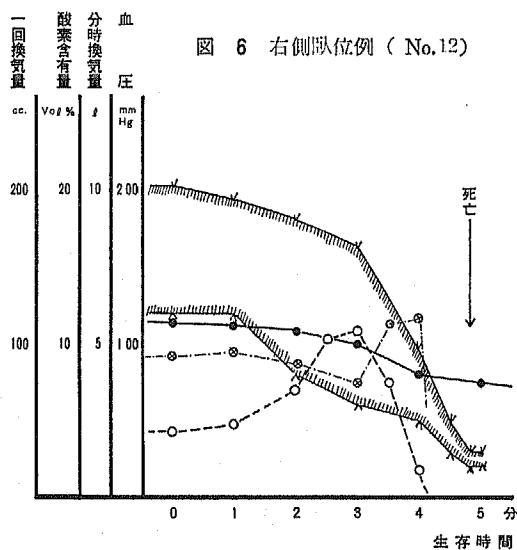


図6 右側臥位例 (No.12)



多く現われる傾向があり (図5, 7, 8), 後者に属するものは比較的生存時間の短いものと長いものとに現われる傾向がある (図6, 9, 10, 11)。この関係は必ずしも呼吸数の変化とは一致していない。

以上よりもし栓塞気泡の一部が肺胞壁を通過し呼気中へ呼出されるものとすれば, 分時換気量が多くなればなるほど栓塞気泡の呼出される機会が多くなり, 生存時間も延長されるものと推測される。

#### (一回換気量の変化)

一般に一回換気量は空気注入直後より漸次減少する傾向を示す。この傾向はほとんど全例に認められるが, 背位例, 左側臥位例の如き中等度の生存時間を示す症例では死亡直前まで換気量の減少傾向があり, その程度は50~80%である (図5, 7)。これに反し生存

図7 左側臥位例 (No. 8)

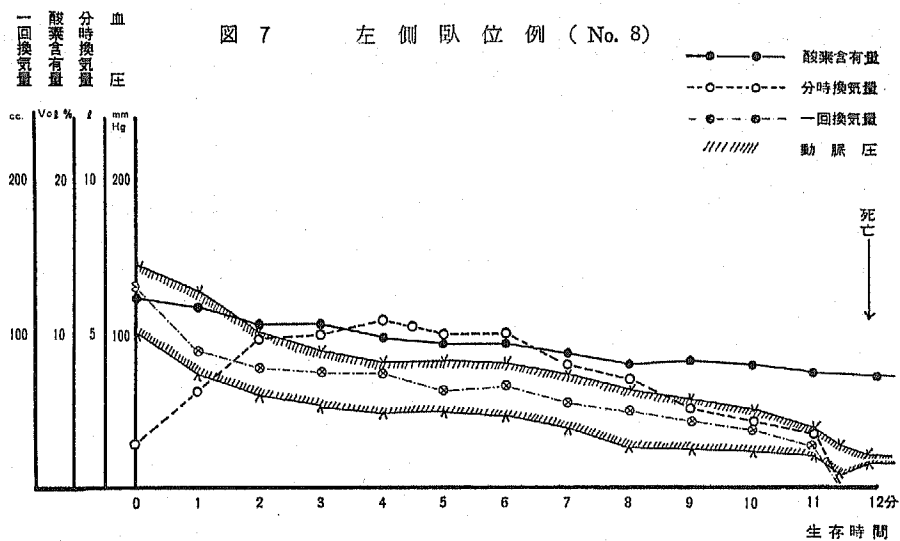


図 8 トレンデレンブルグ体位例 (No.49)

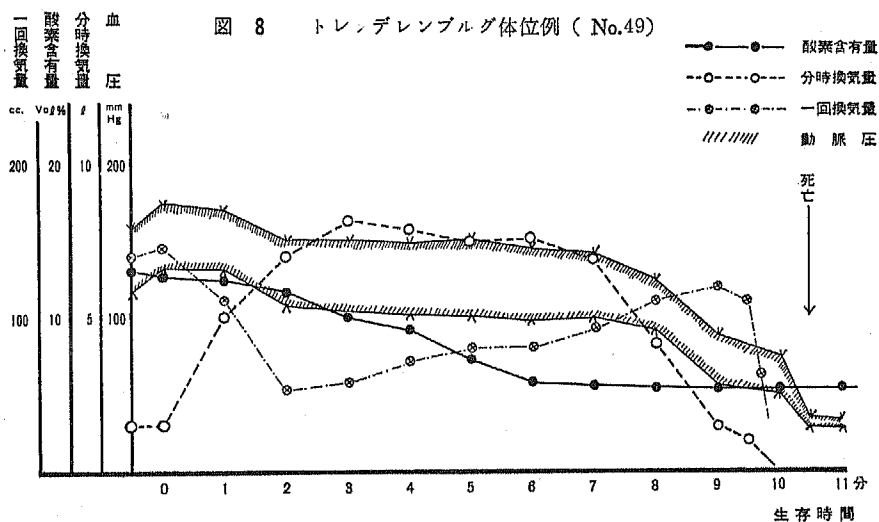


図 9 腹部大動脈駆血例 (No.30)

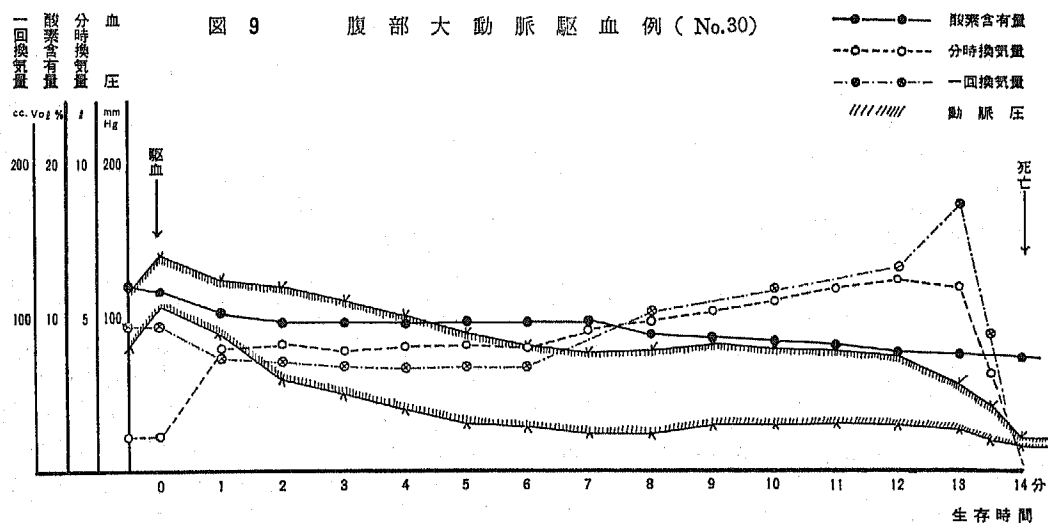


図 10 100% 酸素吸入例 (No.48)

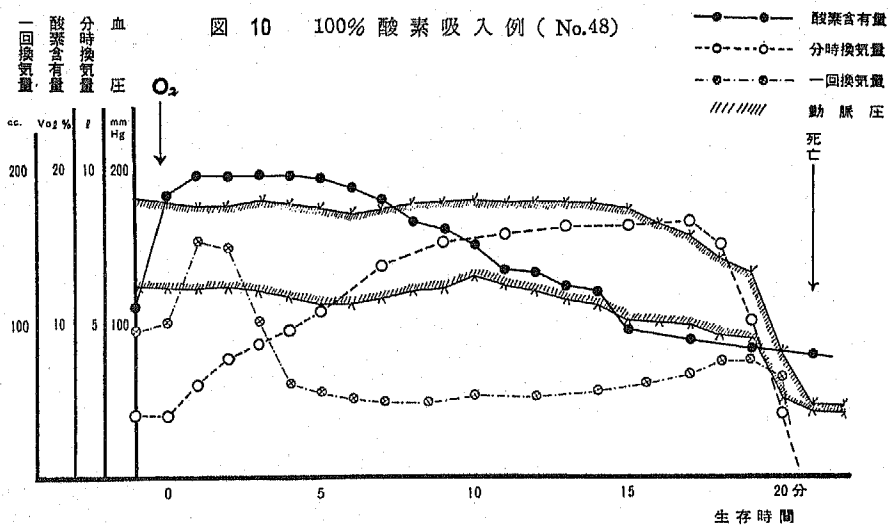
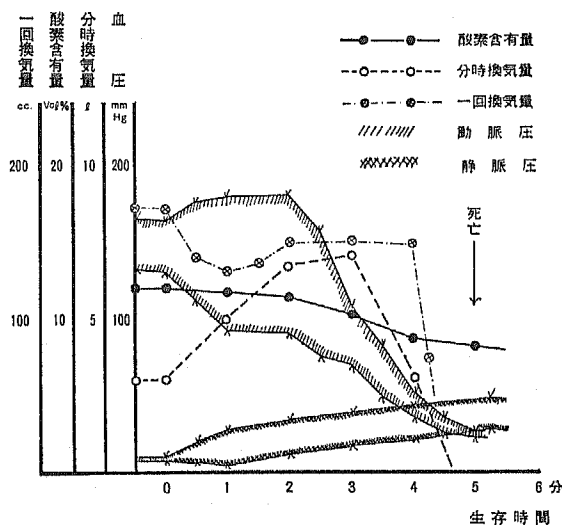




図 11 レ線障害による病的肺例 (No.65)



時間の短い症例や長い症例では一度減少した換気量が、かえって死亡直前に増加するものもみられる(図8, 9)。後者のこの傾向は生存時間の短い右側臥位例や病的肺例に特に著明に認められた。

#### 救急蘇生実験の調節呼吸例

調節呼吸例では32例について分時換気量の変化のみを検討してみた。

用手人工呼吸における分時換気量は筋弛緩剤注入と同時に極度に低下し、術前値のほぼ90%近く低下する(図12)。この数値から考えると、SCC使用中の用手

人工呼吸はほとんど無意味に等しいことになる。

間歇的陽圧呼吸例、陽陰圧呼吸例、間歇的陰圧呼吸例については、いずれも漸次分時換気量が低下し死亡直前最低となるがこの減少率は前2者ではほぼ30~35%の低下を示し(図13, 14, 15, 16, 17)、間歇的陰圧呼吸例ではほぼ60%の低下を示す(図18)。一般にこの減少率は生存時間が長い症例ほど大きくなる傾向がみられる。これはおそらく空気栓塞のため肺コンプライアンスの変化によるものと考えられる。

#### 第2項 動脈血中酸素含有量の変化

図 12 用手人工呼吸例 (No.66)

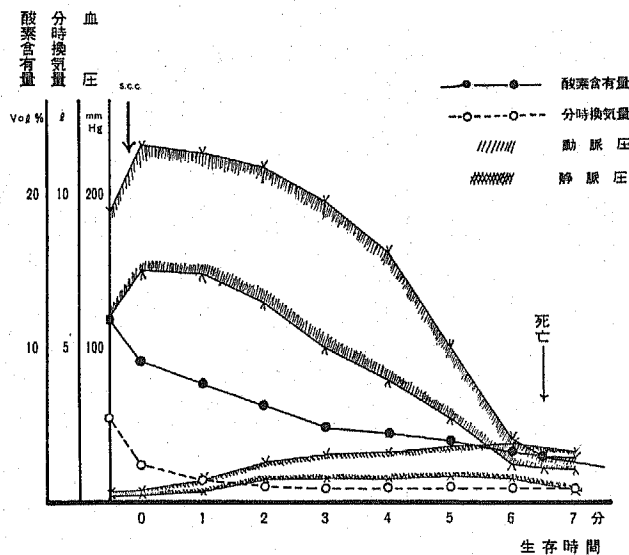


图 13 間歇的陽圧呼吸例——非開胸例 (No.66)

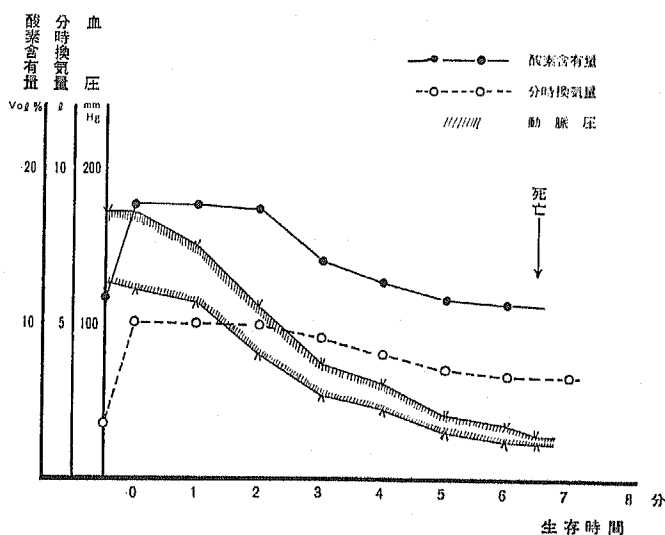


图 14 間歇的陽圧呼吸例——兩側開胸例 (No.61)

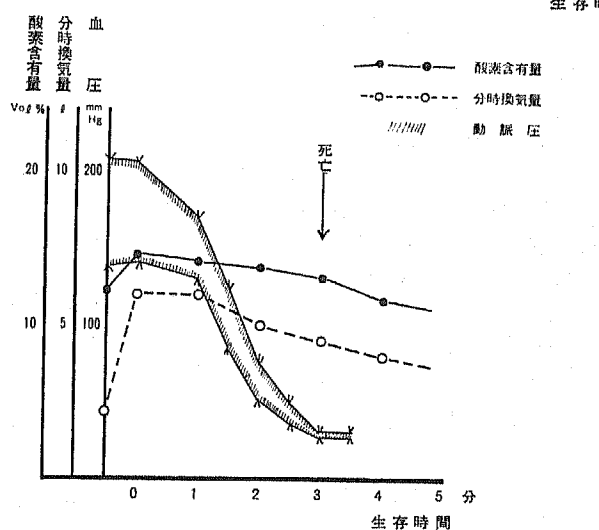


图 15 間歇的陽圧呼吸例——胸部大動脈軀血例 (No.42)

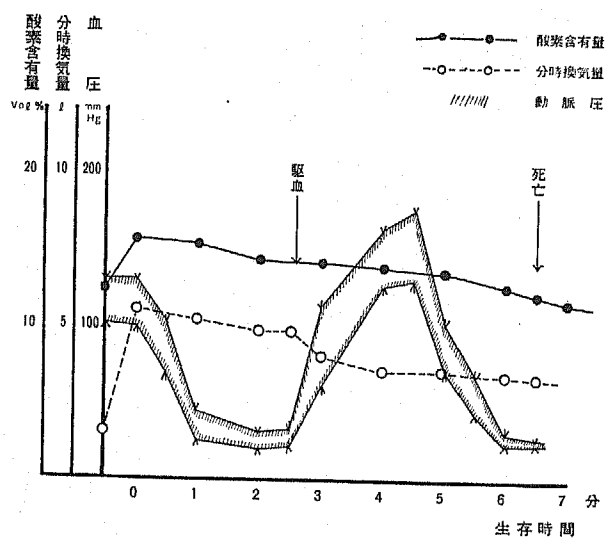


図 16 陽陰圧呼吸例——圧相比 1対1 (No.38)

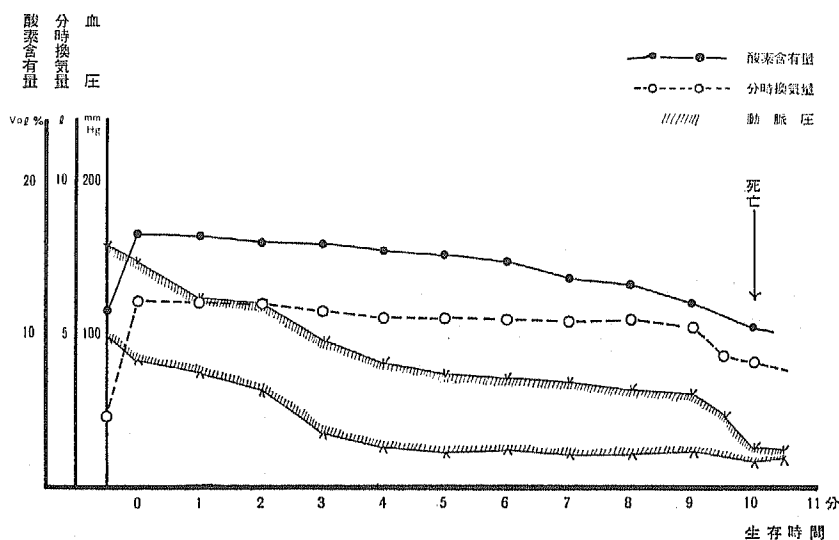
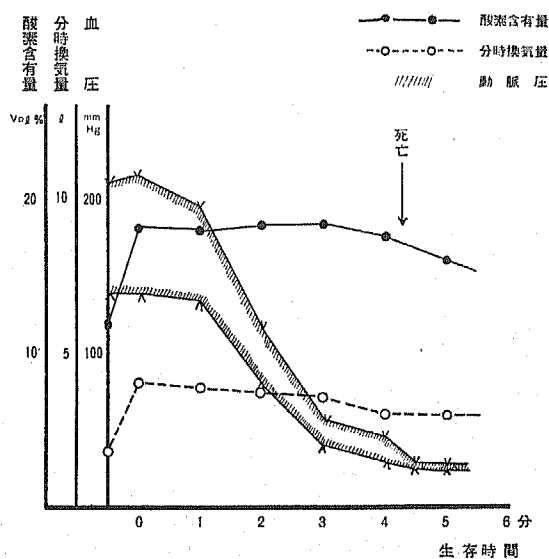


図 17 陽陰圧呼吸例——圧相比 3対1 (No.23)



本実験を自然呼吸および調節呼吸の2群に分けて検討した。

#### 自然呼吸例

各症例について時間毎に動脈血中酸素含有量を測定してみると、100%酸素吸入例を除いて全例が術前最高値、死亡時最低値を示し(図5, 6, 7, 8, 9), 時間の経過と共に減少する曲線を描く。100%酸素吸入例では術前値より注入開始1~2分後の方が高い値を示

し、この時期を過ぎると上記症例の如き曲線を描きながら減少する(図10)。

実験動物が死亡する場合、その動物の肺胞機能にどの位の障害がおこっているかを知る目的で術前および死亡直前の酸素含有量の変化を27例について測定し各群毎の平均値を算出してみると表5に示す如くであり、100%酸素吸入例を除く各群の術前値は11.98~12.54Vol %で、いずれも12Vol %前後であるのに反

図 18 鉄の肺使用による間歇的陰圧呼吸例 (No.56)

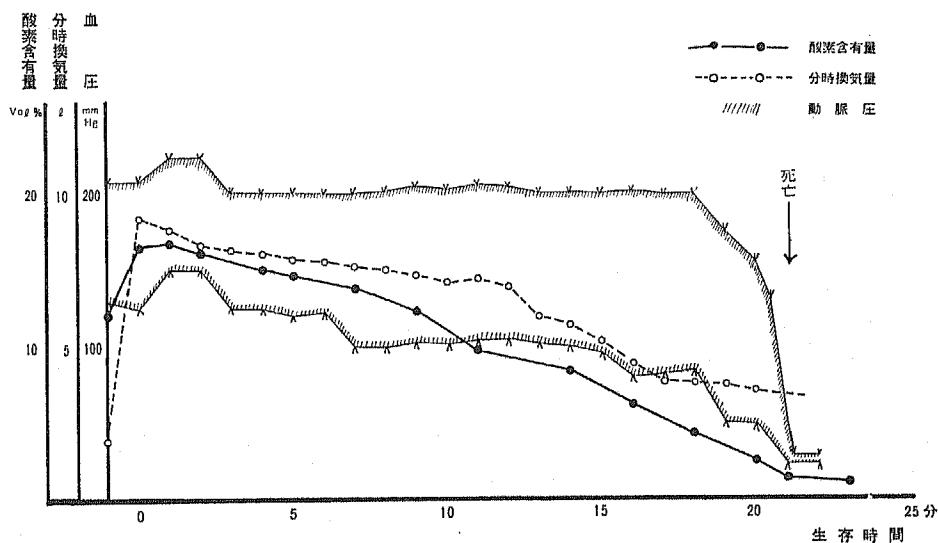


表 5 動脈血中酸素含有量の変化 (平均値)

		術前値 Vol%	死亡直前値 Vol%	症例数
自然呼吸例	背位例	12.19	7.17	4
	右側臥位例	12.31	8.25	4
	左側臥位例	12.46	7.23	4
	トレンデレンブルグ体位例	12.43	5.93	3
	100%酸素吸入例	18.53	5.63	5
	腹部大動脈駆血例	12.54	6.85	4
	レ線障害による病的肺例	11.98	8.12	3
調節呼吸例	用手人工呼吸例	9.13	3.16	3
	間歇的陽圧呼吸例非開胸例	18.93	12.26	4
	両側開胸例	15.21	12.13	4
	胸部大動脈駆血例	15.13	11.88	3
	陽陰圧呼吸例(圧相比1対1)	18.12	11.97	3
	陽陰圧呼吸例(圧相比3対1)	18.83	15.56	4
	鉄の肺による人工呼吸例	16.25	2.32	4

計 52 例

し、100%酸素吸入例のみが18.53Vol%と高値を示した。

一方死亡直前値をみると、各症例ともその平均値が5.63~8.25Vol%の範囲内にあり、この数値は生存時間が長い症例ほど死亡直前における酸素平均含有量が少なくなる傾向がある。しかも100%酸素吸入例が最低値の5.63Vol%を示している。

調節呼吸例

本群では25例について検討した。各症例の酸素含有量曲線をみると全例に分時換気量曲線とはほぼ平行関係を示す所見がみられた(図12, 13, 14, 15, 16, 17, 18)。また各群の動脈血中酸素含有量平均値をみると、表5に示す如くであり、術前値では間歇的陽圧呼吸中の非開胸例、陽陰圧呼吸例などが高く18.12~18.93Vol%を示し、用手人工呼吸例は一番低く9.13Vol%となつている。

本群の死亡直前値をみると、15.56Vol %の高い値を示すものから、2.32Vol %の低い値を示すものまで一定でないが、間歇的陽圧呼吸例、陽陰圧呼吸例はほぼ12Vol %前後で死へ移行している。

### 小 括

生存時間より検討した肺空気栓塞症例66例について肺機能の面からも検討した。

自然呼吸例を換気機能面より検討してみると呼吸数の変化では空気注入と同時に過呼吸が現われ、術前値の2~10倍に達し連続的追求で、その変化を分類すると2群に大別できた。分時換気量でも同様である。

また一回換気量を調べてみると、空気注入開始より漸次その量が減少する群と、かえって増加する群とがあり、生存時間の短いものは後者に属する。肺胞機能を表わす動脈血中酸素含有量の変化を検討してみると、自然呼吸例の死亡直前値は7 Vol %前後であるが、調節呼吸例では12Vol %前後で多くは死亡している。また鉄の肺使用例では2.32Vol %となつていて動脈血中酸素含有量と死亡時期との間には一定の関係はなかった。

## 第3節 脳波、心電図および動脈圧の変化

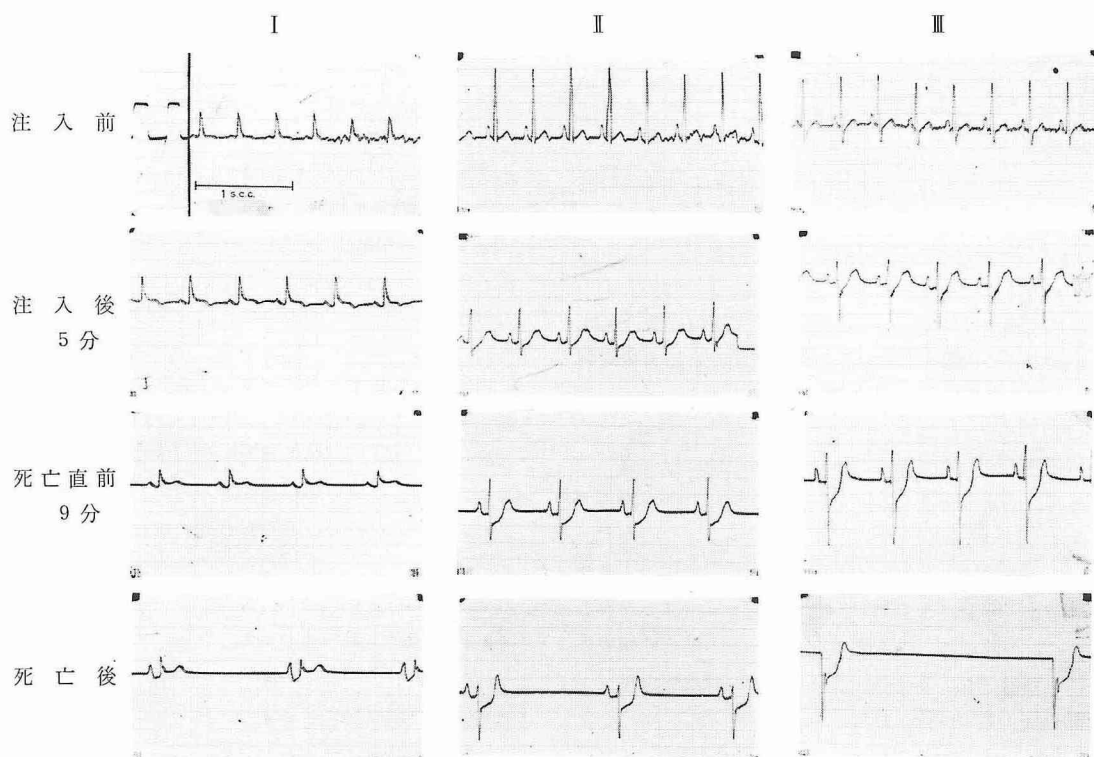
### 脳波の変化

一般に脳波は空気注入後より漸次その振幅が減少する。症例によっては比較的早期に不規則な速波を現わすものもあるが一定の傾向はなく漸次徐波が現われ、次第に平坦化し、次いで消失する。脳波消失時期は生存時間の短い症例では呼吸停止時よりやや遅れ、生存時間の長い症例では呼吸停止時よりやや早く消失する傾向がみられ、その程度は動脈圧が30mmHg前後に下降した時期に相当している。

### 心電図の変化

一般に脈搏数は空気注入直後よりやや増加する傾向がみられ、症例によってはその程度が20%前後増加するものもある。次いで血圧下降直前頃より漸次徐脈が現われる。この時期に入ると心電図は右位型を示しⅡⅢ誘導に深いS波とT波の増高、ST降下、QTの延長がおこり、時に陰性T波が認められることもある。死亡直前になると心電図は強く右位型を示し、ST降下が著明となり、さらに房室ブロックが現われて心停止へと移行する(図19)。

図 22 肺 空 気 栓 塞 症 時 の E C G の 変 化 背 位 例 (No. 9)



記録紙スピード2.5cm/sec I II III誘導の変化を図示した。

## 動静脈圧の変化

自然呼吸例中背位例、左側臥位例、トレンデレンブルグ体位例、腹部大動脈駆血例などの比較的生存時間の長い症例の動脈圧は空気注入開始よりゆるやかな曲線を描きながら漸次下降する傾向があり(図5, 7, 8, 9)、また100%酸素吸入例では末期近くまでほとんど動脈圧下降が現われない(図10)。

これに反し右側臥位例、病的肺例などは、空気注入後、かえつて血圧が上昇することがある(図11)。中心静脈圧は動脈圧の下降とほぼ反比例的関係を示しながら上昇する。この関係は中心静脈圧の上昇があり、次いで動脈圧が下降するという関係である(図11)。また死亡時の中心静脈圧値は全経過中最も高い値を示し、30~50mmHgに達するものもある。これは術前値のほぼ7~8倍に相当する。

調節呼吸例でも多くの場合、空気注入直後から動脈圧が減少する。間歇的陽圧呼吸例、陽陰圧呼吸例など気道に陽圧が加えられる症例においては、時間の経過と共に著明な脈圧の減少がみられるのが特徴である(図13, 14, 15, 17)。胸部大動脈駆血例では動脈圧が30mmHg附近まで下降し、死亡直前の状態に達したとき駆血すると術前値以上の血圧上昇が得られ、著明な血圧上昇効果をみる(図15)。また同じ陽陰圧呼吸例でも圧相対3対1例と1対1例との血圧曲線は異なっていて、前者にくらべ、後者は比較的振幅の広い脈圧を保ちながら、なだらかな曲線を描いて減少する(図16)。これは自然呼吸例における背位例に似た血圧曲線である。

調節呼吸例で最も生存時間の長い鉄の肺使用例の動脈圧をみると図18に示す如く末期まで血圧下降がみられず、ほぼ術前値と同じ高さで血圧が保たれている。しかも時間の経過と共に脈圧が増加する傾向がみられ、末期になつてはじめて血圧が直線的に下降して死亡する。この血圧曲線は自然呼吸の100%酸素吸入例における血圧曲線に似ている。

## 小 括

脳波の変化では血圧の下降する時期にほぼ一致して徐波傾向がみられ、次いで次第に平坦化し遂に消失する。

心電図学的には空気注入の時間的経過に従つて漸次右位型を呈し、ST降下を伴う房室ブロックへと移行し心は停止する。自然呼吸例では多くの場合呼吸停止後でもしばらく心収縮運動が残るが、調節呼吸例では呼吸停止後心収縮運動も止る。

動静脈圧の変化をみると、自然呼吸例では、比較的生存時間の長い症例では、時間の経過と共に漸次ゆる

やかな血圧下降曲線を描くが、生存時間の短い症例では、かえつて血圧上昇をみるものがある。死亡時の動脈圧はほぼ30mmHg前後に下降し脈圧も5~10mmHgの範囲内になる。

中心静脈圧の変化は前者と反比例的関係を描いて増加し、死亡時50mmHgにも達する症例があつた。調節呼吸例においても、自然呼吸例に似た変化を示すものが多い。

## 第4章 臨床例

症例1: ○橋○子 27才女。

家族歴: 特記すべきものなし。

既往歴: 1年前卵管炎を患つたことあり、また人工妊娠中絶の経験も1回ある。

現病歴: 昭和35年10月、すなわち月経終了後8日目に不妊症手術の目的で某医により子宮卵管通気法を受けた。この時の空気注入量はほぼ100cc、注入圧力100~120mmHg、空気注入終了直前に突然過呼吸、胸部の苦悶、咽頭部不快感および呼吸困難を訴え、顔面にチアノーゼが現われた。患者は後弓反張様姿勢をとつて苦しがり、意識が消失した。

事故発生30分後、呼吸性呼吸困難が現われ、90分後右手より肩にかけての間代性痙攣と左散瞳を伴つた瞳孔左右不同症が現われた。7時間後には不穏状態になり、10時間後には全身に強直性痙攣が認められ、14時間後危篤状態で転医入院した。

来院時所見: 体格大、栄養状態良好、顔面にチアノーゼあり、無欲性顔貌を呈し、意識は消失し気道分泌が亢進している。強直性痙攣を頻回におこし、呼吸運動は弱く不規則である。脈搏は触知しにくく、また血圧は90~50mmHgと下降、共同偏視、瞳孔左右不同症が認められた。胸部では心音純、全身皮膚には大理石様斑紋なく、その他著明なる異常所見はみられなかつた。

以上より卵管通気中に発生した空気栓塞症による脳障害と診断し、酸素吸入、気管切開後閉鎖循環式麻酔器を使用して人工呼吸を行ない、更に表面冷却法による低体温療法を試み最低34°Cまで冷却した。冷却開始12時間後には全身にみられた間代性また強直性痙攣はほとんど消失し、24時間後には意識が漸次回復し家族の識別が可能となつた。以後回復は比較的順調で左上肢に軽度の麻痺を残すのみとなり、入院後1ヶ月半で退院した。

症例2: ○合○子 48才女。

家族歴: 特記すべきものなし。

既往歴: 昭和34年3月、某医により子宮筋腫の診断

で子宮切斷術を受け、術後2週間して膀胱陰嚢を形成した。以後数回にわたり別々の医師により本症の根治手術を受けたが全治しなかつた。

現病歴：体格中等度，栄養状態良好，心音および胸部に異常所見なく，下腹部正中線上に約8cmの手術痕あり，陰鏡診および膀胱鏡検査で陰断端部に小指頭大の結石を認め，この部分が膀胱壁と交通し，膀胱陰嚢を形成していた本症例に対し，昭和35年6月膀胱陰嚢根治手術の目的で腰椎麻酔後膀胱内へ空気140ccを加圧注入したところ，突然呼吸困難を訴え，血圧80mmHg以下と急激に下降，意識は消失し，数分後呼吸も停止した。Jefferson-Ventilatorを使用し調節呼吸を続行したが，瞳孔は散大し，対光反射もなくなり，意識の回復，自発呼吸の出現をみず48時間後に死亡した。剖検ができなかつたけれども本症例は膀胱内に注入された空気による空気栓塞症と考えられた。

### 第5章 考 按

救急蘇生の対象となるべき患者の状態は，循環障害および呼吸障害の二つに大別できる。循環系の障害は臨床的には心搏異常，心停止の形であらわれ，酸素欠乏に最も抵抗の弱いと考えられる中枢神経系から急速に不可逆性変化に陥っていく傾向がある。呼吸系の障害は酸素欠乏と炭酸ガス蓄積の結果呼吸中枢の麻痺をきたし，更に二次的循環障害を伴つて死の転滞をとるが，その経過は循環停止が先行したときほど早くはない。従つて肺空気栓塞症は呼吸系の障害よりもむしろ循環系の障害が主体をなすものではないかと考えられる。

肺空気栓塞症の死因に関する見解を文献的に述べてみる。

- 1) 脳死説<sup>27)28)29)</sup>
- 2) 心臓死説<sup>30)31)</sup>
- 3) 肺臓死説<sup>32)</sup>
- 4) 折衷説<sup>33)</sup>

などの諸説が唱えられているが，このうちの一説のみで肺空気栓塞症のすべての状態を説明することは困難である。しかし著者の実験成績から推測すると静脈系に移行してきた気体が肺動脈およびその分岐枝を栓塞して重篤な肺循環障害を起し，二次的に血圧は下降し心筋や中枢神経系の酸素欠乏を招くのであらうと考えられる<sup>34)</sup>。

既に脳波，心電図，動脈圧，呼吸運動，動脈血中酸素含有量の変化などから，静脈系に空気が移行した場合，先ず第一に起つてくる変化は静脈圧の上昇と動脈圧の下降および過呼吸である。動脈血中酸素含有量に

ついて見ると，この変化は蘇生方法により定でなく死亡時の酸素含有量の量的差は大きい。従つて肺空気栓塞症時肺胞機能の低下を認めたとしてもそれが主たる死因とはならないことが明らかになった。脳波，心電図，呼吸運動などの著明な変化は動脈圧が著明に下降したあとになつて始めて現われることや，剖検により注入気体が肺循環系を通過し肺動脈または冠動脈に致命的栓塞を起している所見などは見られなかつたことから，微細気泡が肺循環系を大量に通過し，大循環系の空気栓塞症を起して致死せしめるということは考えられず，肺空気栓塞症の直接死因は，肺動脈系に存在する栓塞気泡により，急激に肺循環障害を起し，肺動脈，右心房，右心室および中心静脈圧の上昇に伴う Stagnant Hypoxia，左心への還流血減少に伴う血圧低下による脳，心筋の Hypoxia<sup>35)</sup>を招来するものと考えられる。

これを文献的に検討してみると，肺循環系の動静脈吻合の存在について，一般に毛細血管の大きさは人体では8ミクロン前後と考えられているが<sup>36)</sup>，もし大きな動静脈吻合が肺に存在するならば，栓塞気泡は必ず大循環系に移行し，重要臓器の動脈系に栓塞をおこして致死せしめると考えなければならない。

山本<sup>37)</sup>は気泡の通過を認めずとしてこれを否定し，Gordonら<sup>38)</sup>はラットおよび家兎を使用した実験で，肺には25ミクロン以上の動静脈吻合はないと述べ，四肢の動静脈吻合より小さいものしか存在していないと記している。また空気がラットの腎を通過するのに150mmHg圧を要し，この時の血管平均直径は，14.2ミクロンであつたと述べていることから推測すると，相当高い肺動脈圧が加わらないと，栓塞気泡は肺を通過し得ないものと考えられる。この他栓塞気泡は毛細血管を通過しないと説く人もある<sup>39)40)</sup>。

空気栓塞症時の肺動脈圧はどの位上昇するか，著者の実験によると空気栓塞症時の肺動脈圧の変化は，自然呼吸中の非開胸例で，70～100mmHg前後に上昇した，この値はほぼ正常圧の8倍にあたる。この数値はGordonの実験結果と比べて，栓塞気泡が通過する圧にはまだ低過ぎる値であると考えられる。

これに反しPrinzmetalら<sup>41)</sup>は，犬の肺には100～180ミクロン大の動静脈吻合が存在していると述べていることから考えて，肺に比較的大い動静脈吻合が存在しているとしても，果して栓塞微細気泡がどの程度通過しうるものか疑問である。著者の行なつた実験犬の場合ほとんど栓塞気泡は肺を通過しなかつた。しかし66例中4例に肺循環を通過したと考えなくてはならない栓塞気泡が腸管膜動脈末梢部に微量の栓塞を起し

ている症例を認めたことからして、多少の気泡の通過はあり得るものと考えられるが(剖検時中隔欠損などは認めていない)、この程度の量では特に重要臓器の障害をおこすとは考えられない。

また著者は成犬の脳、腎、一側下肢の各部について脳では総頸動脈より空気を注入し、両側内頸静脈へ流出してくる気泡を air trap で回収し、腎では腎動脈に空気を注入して腎静脈より気泡を回収し、一側下肢では股動脈より空気を注入して股静脈より回収し実験を行なった結果、脳では空気回収率は全注入量の、63.2%、腎では51%、一側下肢では72.6%であつた。かように脳、腎、下肢などには高度に動静脈吻合が発達している関係もあつて<sup>④⑤⑥⑦</sup>空気注入量の少なくとも50%以上が注入後間もなく気泡の状態で動脈系より静脈系へ移行することが確められたのに反し、腹部大動脈に air trap を挿入した肺空気栓塞症例の空気回収率は、零であつたことからして、肺には微細気泡の通過するほど大きな動静脈吻合は存在しないと考えられる。

もし栓塞気泡が肺循環系を通過し、大循環系に移行しうるとすれば、当然脳動脈、冠動脈その他の血管に、一部は通過し、一部は栓塞をおこすものと考えられる。

一般に冠動脈気体栓塞症は非常に危険なものであると考えられており、Martin ら<sup>④</sup>は左心内手術に際し冠動脈への空気の侵入を予防する処置を講じないと、その手術は成功しないだろうと警告し、Geoghegan<sup>⑤</sup>は心室内に存在する気泡は死因とはならないが冠動脈に栓塞をおこすと直接死因となり得るとしている。

これに対し Goldfarb ら<sup>②</sup>は犬を使つて0.2~0.3ccの空気を直接冠動脈に注入しても即死しないことを報告し、Rukstinat<sup>③</sup>は冠動脈に栓塞した気泡は静脈系に移行していくことを肉眼的に観察している。

このような事実から、もし冠動脈に多少の気体栓塞をおこしても、多量でない限り、ある程度耐えうるものと考えられる。

また脳動脈空気栓塞症に関しては Geoghegan<sup>⑤</sup>は0.25~2.0cc/kgを4秒以内に左頸動脈に注入し全例助かつたことを記し、Fries<sup>④</sup>は空気注入量が1.0~1.25cc/kgでは死亡率50%、0.5cc/kgでは殆ど全例が生存すると述べていることなどから考えると、心に中隔欠損などのない限り、たとえ肺循環系を微量の気泡が通過し得たとしても、冠動脈栓塞や脳動脈栓塞をおこし死亡するとは考えられない。

従つて肺空気栓塞症の直接死因は静脈系に移行した気体が肺動脈およびその分枝に栓塞をおこし、重篤な

肺循環障害を呈する結果、心搏出量が減少し急激な血圧下降を現わし、重要臓器の Hypoxia を招来するものと考えられ、脳あるいは心の変化は二次的なものと思われる。

延命効果の観点から肺空気栓塞症に対する各種救急蘇生法についてみると、自然呼吸例と調節呼吸例との間に明らかに効果のうえで差が見られる。即ち自然呼吸例では左側臥位例などが有効な手段であるのに反し、用手人工呼吸例、間歇的陽圧呼吸例、陽陰圧呼吸例(圧相比3対1)などはむしろ生存時間が短縮している。特に開胸時の陽圧呼吸は最も悪い結果が得られている。この事実から、肺空気栓塞症時十分な自然呼吸運動が存在している場合には上記有効手段のいずれかを選ぶべきであろう。また呼吸運動が停止した症例に対しては鉄の肺などの使用による人工呼吸を行なうか、または陽陰圧呼吸で比較的陰圧を強くして行なうべきであると考えられる。

空気栓塞症と体位との関係については、

1) トレンデレンブルグ体位にすると脳および冠動脈血流が維持しやすくなる。

2) 左側臥位にすると心内に入る気泡が心の位置および肺動脈起始部の解剖学的位置関係から肺動脈へ移行しにくくなる。従つて栓塞をおこしにくくなるという二つの意義が考えられる<sup>⑧⑨⑩⑪</sup>。

前者に関してはトレンデレンブルグ体位以外に腹部または胸部大動脈駆血などの各手段があり、このうち腹部大動脈駆血が最も有効な手段である。胸部大動脈駆血は脳、冠動脈血流を確保するという意味では最も有効な手段であるが開胸、陽圧呼吸などの諸因子が加わるため延命効果が小さくなると考えられる。トレンデレンブルグ体位と腹部大動脈駆血とでは後者の方がやや有利となつている。このことはトレンデレンブルグ体位は呼吸、循環などに余り良い影響を与えないと言われていることや<sup>⑫</sup>、動脈圧の維持には腹部大動脈駆血の方が確実であることなどに起因していると考えられる。また後者について見ると、左側臥位が右側臥位より優れていることから心内または上、下腔静脈に存在する遊離の状態にある気泡に対してのみ左側臥位では栓塞しにくく、右側臥位では栓塞しやすくなるものと考えられ、一旦肺動脈末梢に達してしまつた栓塞気泡に対しては、もはや左側臥位にしても効果は期待できないものと思われる。

気管内圧または肺胞内圧の変化と肺循環について考察すると調節呼吸時気管内加圧を行なうと肺血管の伸展および収縮がおこり、肺毛細管抵抗が増大し、その結果肺動脈圧の上昇や肺血流量の減少をきたし静脈血



環流が障害されて心搏出量の減少や動脈圧の低下をきたすと報告されている<sup>(15)(16)(17)</sup>。Maloney<sup>(18)</sup>は心搏出量および血圧が平均気管内圧と関係があることを述べ以後同様の報告が多くみられる<sup>(14)(19)(20)(21)(22)(23)</sup>。Gordon<sup>(24)</sup>は調節呼吸時1回搏出量が加圧相で減少し減圧相で正常値に戻ると述べ Edward<sup>(25)</sup>は陽圧および陰圧呼吸による肺血管抵抗を観察し、いずれの場合も肺血管抵抗は肺の膨張により増加することを認めた。Bjurstedt および Hessel<sup>(26)</sup>も同様の結果を認めている。一方陰圧呼吸時には肺血管抵抗が減少すると述べる人もあるがこのことに関しては減少すると説く人<sup>(26)</sup>、上昇すると説く人<sup>(27)(28)</sup>などまちまちである。

気管内加圧により肺循環に影響をおよぼすといわれる気道内圧は最少限どの位必要か。蔵本<sup>(29)</sup>によればその圧は一応 10mmHg 以上としていてこの圧は肺胞内面を被っている薄い粘液膜の表面張力および肺胞壁自体の弾性に打ち勝つ圧でこの圧を越えると血管外圧として作用すると述べている。以上の事実から間歇的陽圧呼吸と陽陰圧呼吸の両者を比較検討してみると、一般に陽陰圧呼吸は間歇的陽圧呼吸よりも優れていると考えられ<sup>(30)(31)</sup>、生坂<sup>(32)</sup>も患者の呼吸運動を停止させる必要のある症例には陽陰圧呼吸がよいと報告している。その理由は陰圧相では肺循環血液量が陽圧相に比して増加するとし、また Gibbon<sup>(33)</sup>は間歇的陽圧呼吸中の炭酸ガスの蓄積を警告していることなどから陽陰圧呼吸の方が有利だとしている。著者の行なつた間歇的陽圧呼吸および陽陰圧呼吸時に加えられた陽圧はほぼ 12cmH<sub>2</sub>O で両者とも同一加圧値であつたから、延命効果に大きな差が認められたのは、加えられた陰圧に意味があつたと考えられる。

また陽陰圧呼吸について見ると陽圧相対陰圧相が 3対1および1対1の2群中圧相比1対1の方が遙かに有効的手段である結果が出ているのもやはり気道内に加えられた平均気管内圧が大きく予後を左右していると考えられる。気道内に加えられる陽圧の影響について考えると間歇的陽圧呼吸の非開胸例と、自然呼吸の背位例とを比較した場合、一方は 12cmH<sub>2</sub>O の陽圧を加えているため生存時間が自然呼吸のほぼ1/2であり、しかも 100% 酸素を与えている関係から死亡直前の動脈血中酸素含有量をみると前者は 12Vol% 前後、後者は 7Vol% 前後と大きな差がみられる。それにもかかわらず生存時間が短いということは調節呼吸に関する限り肺胞機能よりも気道内に加えられる陽圧の方が遙かに大きな意味があると考えられる。したがって栓塞気泡により肺血管抵抗が高まつている状態に対しては、たとえ低い気道内加圧でも肺循環に大きな影響を

及ぼすのではないかと推測される。

以上の事実から偶発事故により肺空気栓塞症が発生した場合、自然呼吸の認められる間は開胸的手段を選ぶべきでなく、開胸心穿刺、心マッサージなどの手段は心停止を起したときの最後の手段とすべきものと考えられる。100%酸素吸入例、鉄の肺使用による間歇的陰圧呼吸例、などの救急蘇生法が比較的良好な延命効果が得られたことから、100% 酸素吸入例が最も有効的手段である理由は本例が自然呼吸であるため呼吸時の陰圧により肺循環が保たれやすいこと、酸素を吸入しているので肺胞の酸素濃度が高いなどから肺循環が維持されやすかつたが生存時間が延長されるものと考えられる。

鉄の肺使用による人工呼吸についてみると、この方法は全調節呼吸例中最も有効な手段であることが認められる。鉄の肺による人工呼吸は自然呼吸に近い呼吸形式をとるものとされており、肺循環には全調節呼吸中最も悪影響が少ないと考えられている。したがって肺空気栓塞症に対しても気道内に強い陽圧を加えず、十分な換気量を得ることができるため心搏出量の減少は末期まで現われない。このように肺空気栓塞症に対し調節呼吸を行なうとすれば、鉄の肺を用いての人工呼吸が最良であるが、偶発事故発生より、本装置を装備し運転を開始するまでに比較的長時間要するのが難点である。

用手工呼吸についてみると、本法の効果はほとんど期待できない。

臨床例について考察すると卵管通気中のガス栓塞症による死亡報告例は少なく<sup>(5)(34)</sup>、Rommer<sup>(35)</sup>によれば空気栓塞を起した場合の死亡率は15%程度であるとし、空気の代りに炭酸ガスが使用されるようになってからはその危険性が減少したと述べている。子宮内へ加圧注入されたガス体はいかなる経路を通つて肺へ達するか、Martland<sup>(36)</sup>によると子宮壁に分布している静脈より圧入され、それが下空静脈を通つて肺に達するものと考えられている。このような危険性は月経期、子宮出血時、または産後、子宮その他骨盤内感染の存在している時期に多いとされている。症例1は月経終了後8日を経過しており、既往歴に卵管炎を患つたことや、使用ガス体が空気であつたことなどが悪条件となつて発生したものと考えられる。また Harrison<sup>(37)</sup>によると膀胱内に潰瘍などの存在している症例にガス体の注入を行なうと潰瘍面より同部の静脈内へガスが圧入されうるとしている。症例2は膀胱腔腹膜附近より圧入された空気栓塞症と考えられるが、剖検してはいないので確証を欠く。以上の2例はいずれも強い脳

障害を伴っているが、これらは肺空気栓塞症発生時の肺循環障害により急激に血圧が下降し脳循環が障害されたものと考えられる。肺空気栓塞症時微細気泡が肺循環を通過して脳および冠脈に空気栓塞症を起すのではないかという考えに対し、実験的研究で述べた如く、その可能性はほとんどないこと、また2症例とも心音に異常を認めていないことなどから中隔欠損はなかったものと考えられ、子宮または膀胱内に注入された空気は人循環へ移行したのではなく、肺において処理されたものと考えられる。本症例の治療は、症例1では事故発生直後の数分間に種々の理由で肺空気栓塞症に対する適切な救急蘇生術を施し得なかつたことや、転医に時間を要したため結局後遺症としての脳障害に対する治療を試みるに留まつた。また症例2では事故発生直後直ちに肺空気栓塞症の診断を下し得なかつたことと、呼吸麻痺を伴っている肺空気栓塞症に対し有効な処置が行なわれなかつたことから予後が悪かつたものと反省される。

### 結 語

著者は肺空気栓塞症に対する救急蘇生の観点から体重8.0~12.9kgの雑種成犬66頭を用い下大静脈内へ2cc/kg/minの注入速度で空気を注入し、これに各種救急蘇生法を施し生存時間 肺機能、脳波、心電図、動脈圧ならびに中心静脈圧などの面より多角的な検討を行ない、次に示す如き知見を得た。

1) 13種類の蘇生実験を行ない、その生存時間の長短から判定すると、延命効果があると考えられる蘇生法は100%酸素吸入、鉄の肺による人工呼吸、腹部大動脈駆血、トレンドレンプルグ体位、陽陰圧呼吸(圧相比1対1)左側臥位の順になつている。間歇的陽圧呼吸(両側開胸時)右側臥位、陽陰圧呼吸(圧相比3対1)間歇的陽圧呼吸(非開胸)、用手人工呼吸などでは、延命効果が得られずむしろ短縮する。

2) 肺空気栓塞症に対し間歇的陽圧呼吸や開胸は有害である。呼吸麻痺を伴つた症例に対しては間歇的陰圧呼吸が有効な手段である。

3) レ線照射障害による病的肺に発生した空気栓塞症は他の場合に比較して少量の空気注入でも危険性が大きい。

4) 自然呼吸運動のある動物に肺空気栓塞をおこした場合、呼吸数の多い動物ほど生存時間が延長される傾向があり、また分時換気量ができるだけ多くなるような手段は延命効果を期待する場合有効な手段である。

5) 肺機能より検討すればいずれの場合も時間の

経過とともに動脈血中酸素含有量は減少する傾向にあるが、死亡直前値をみるとその値が一定でなく動脈血中酸素含有量の減少は必ずしも直接的死因とはならない。

急激に大量の気体が静脈系に注入された場合おこってくる脳障害、心筋障害は肺動脈圧亢進に原因する肺循環障害のため血液供給不充分および血圧下降による組織の Hypoxia に起因するものと考ええる。

6) 偶発事故により発生した肺空気栓塞症と考えられる2臨床例を経験した。1例は卵管通気法施行中に発生し、他の1例は膀胱腫瘍根治手術に先だち膀胱内に圧入した空気により発生したと考えられるものであった。前者は低体温療法などにより救助されたが後者は48時間後に死亡した。

稿を終るに臨み御懇篤なる指導、校閲を賜つた恩師、星子直行教授、小林滋助教授、直接指導を頂いた中央手術部清野誠一助教授に深謝するとともに教室員各位の協力に万腔の謝意を表します。

### 主要文献

- ①江口昭治：日本胸部外科学会誌，12：81，19，昭39
- ②Goldfarb, D., Balson, H. T., Baltimore, J. Thorac. and Card. Surg., 46：368, 1963
- ③Marrland, H. S. : Am. J. Surg., 68：164, 1945
- ④Breyfogle, H. S. : J. A. M. A., 129：342, 1945
- ⑤Larson, C. P. : Am. J. Clin. Path., 21：247, 1951
- ⑥Hamby, W. B., and Terry, R. N. : Surgery, 31：212, 1952
- ⑦Dornette, W. H. L., and Orth, O. S. : Anesth. & Analg., 35：545, 1959
- ⑧Ruesch, M. L., Miyatake S., and Ballinger, C. M. : J. A. M. A., 172：1476, 1960
- ⑨尾家伸雄：日本法医学雑誌，3：315, 1959
- ⑩Kleinschmidt ⑬より引用
- ⑪Gundermann, W. : Med. Chir., 33：261, 1921
- ⑫Nicholson, M. J. and Crehan, J. P., : Anesth. & Analg., 35：634, 1956
- ⑬山本修吾：大日本耳鼻咽喉科学会報，36：693, 1930
- ⑭Musgrove, J. E., and Mac Quigg, R. E. : J. A. M. A., 150：28, 1952
- ⑮Oppenheimer, M. J., and Durant, T. M. : Am. J. Med. SC., 225：362, 1953
- ⑯清野誠一・他：麻酔，10：579, 1960
- ⑰Richardson, H. F., Coles, B. C., and Hall, G. E. : Canad. M. A. J., 36：584, 1937
- ⑱Harkins, H. N., and Harmon, P. H. : Exp. Biol. Med., 32：178, 1934
- ⑲Durant, T. M., Long, J., and Oppenheimer, M. J. : Am. Heart J., 33：269, 1947
- ⑳Watelson : Charles

- C. Publ., Illinois U. S. A. : 318, 1961 ②齐藤正行：臨床検査, 1: 49, 1957 ③Natelson : Am. J. Clin. Path., 21 : 1153, 1951 ④Holaday et al. : J. Lab. Clin. Med., 47 : 634, 1956 ⑤山本英敏：信友医誌, 13 : 745, 1964 ⑥森岡亨：人工呼吸法, 39, 克誠堂, 東京, 1958 ⑦山村秀夫：臨床麻醉学, 75, 歯藥出版, 東京, 1961 ⑧Wever : Beitr. Z. Kl. d. Tuberk, 31 : 159, 1914 ⑨Kleisinger : Ref. Cbl. Chirurg, 53 : 2096, 1926 ⑩中根英夫：低温化学, 7 : 101, 1951 ⑪Jehn : Zts. ges. Exp. Med., 6 : 64, 1918 ⑫Radnai P. & Massonyi L. : Z. Exp. Med., 98 : 755, 1936 ⑬Ilyin : ⑬より引用 ⑭Lubarsch : Handb, SP. Path. Anat. u. His Heuk. u. Lubarsch, 1 : 146, 1926 ⑮清野誠一・ほか：麻醉 10 : 579, 1960 ⑯星子直行・岩月賢一：新しい麻醉学入門, 55, 金原出版, 東京, 1954 ⑰石沢政男：組織学提要, 2 : 46, 金原出版, 東京, 1953 ⑱Gordon, D. B., Flasher J., Drury, D. R. : Am. J. Physiol., 173 : 275, 1953 ⑲Harkins, H. N., and Harmon, P. H. : Proc. Soc. Exper. Biol. and, Med., 32 : 178, 1934 ⑳Chase, W. H. : Surg, Gynec. and Obst., 59 : 569, 1934 ㉑Prinzmetal et al : Am. J. Physiol., 152 : 48, 1948 ㉒Martin, W. B., and Essex, H. E. : Surgery, 30 : 282, 1951 ㉓Geoghegan, T., and Lam, C. R., : Ann. Surg., 138 : 351, 1953 ㉔Rukstinat, G. : J. A. M. A., 96 : 26, 1931 ㉕Fries, C. C., Levowitz, B., et al. : Amm, Surg., 145 : 461, 1957 ㉖Frank, H. F. et al. : J. Thorac. Surg., 23 : 465, 1952 ㉗Ankeney, J. L. et al. : Surg. Gyn. & Obst., 98 : 600, 1954 ㉘卜部美代志：最新医学, 8 : 1376, 1953 ㉙Maloney, J. A. et al. : J. Appl. Physiol., 6 : 453, 1954 ㉚Linde, L. M. et al. : J. Appl Physiol., 16 : 644, 1961 ㉛Gordon, A. S. et al. : J. Thorac. Surg., 32 : 431, 1956 ㉜山崎陽之助：麻醉, 9 : 737, 1960 ㉝久保克行：麻醉, 9 : 32, 1960 ㉞安野博：日胸外会誌, 8 : 168, 1960 ㉟Edwards, W. S. : Am. J. Physiol., 167 : 756, 1951 ㊱Bjurstedt, H. & Hesser, C. M. : Acta Physiol Scandinav, 29 : 180, 1953 ㊲Burton, A. C., and Patel, D. J. : J. Appl. Physiol., 12 : 239, 1958 ㊳蔵本築：最新医学, 20 : 112, 1965 ㊴高橋光：日外会誌, 55 : 1034, 1954 ㊵渡利容己：日胸外会誌, 5 : 745, 1957 ㊶Saklad, M. : J. Thorac, Surg., 28 : 31, 1954 ㊷生坂和一：信州医誌, 8 : 16, 1959 ㊸Gibbon, J. H. et al : Ann. Surg., 132 : 611, 1950 ㊹Faulkner, R. L. : C. C. Thomas, 174, 1952 ㊺Rommer, J. J. C. C. Thomas, 172, 1952 ㊻Martland, H. S. : Am. J. Surg., 68 : 281, 1945 ㊼新海信雄：東京医科大学雑誌, 17 : 49, 1959