

protein fractions were investigated following the clinical courses described below.

- 1) Improvement in the roentgenogram.
- 2) Disappearance of the tubercle bacilli in the sputum.
- 3) Reduction in size or disappearance of the cavity in the roentgenogram.
- 4) Change of the exudative form into the productive form in the roentgenogram.
- 5) Change of the productive form into the stiffened form in the roentgenogram.

Following those clinical progresses almost all cases indicated that there was an increase in

albumin and a decrease in  $\alpha$ -globulin, fibrinogen,  $\gamma$ -globulin as compared with those before treatment, but little change was found in  $\beta$ -globulin.

〔II〕 In the cases in which ascites appeared during artificial pneumoperitoneum, there was a decrease in albumin and increases in  $\alpha$ -globulin, fibrinogen,  $\gamma$ -globulin before the treatment as compared with normal ranges and then this deviation of the plasma protein fractions increased after ascites appeared, but it was not so remarkable.

## Diffusion Anoxia の 研 究

昭和33年9月17日 受付

信州大学医学部第一外科教室

(指導: 星子教授, 岩月助教授)

杉 山 敏 雄

### 緒 言

全身麻酔の普及にともない笑気を用いる場合が増加しているが、笑気麻酔終了後数分にして換気は充分であるにもかかわらずチアノーゼを呈する場合がある。

Pink<sup>①②</sup>はその原因を、麻酔中に体内にとけこんでいた笑気が麻酔終了後急速に肺胞内に拡散し、そのために肺胞内酸素分圧が低下するためであるとし、Diffusion Anoxia と名付けて注意を喚起した。手術直後の Anoxia は、時に重篤な合併症を惹起する可能性もあるので、著者は臨床例及び動物を用い、笑気、サイクロプロペイン、エーテル等により全身麻酔を行い、麻酔終了後10～15分の間オキシメーターによる動脈血酸素飽和度の測定、血液ガス並びに呼気の分析、指尖容積脈波及び心電図の描記を行い、麻酔剤の種類による Diffusion Anoxia の程度及びその対策についての研究を行った。

### I 臨床実験

#### 測定方法

循環系に疾患のない外科患者41例を検査対象とし、麻酔は2.5% チオペンタバルビタール(ラボナール)の静脈内注射により導入し、笑気、エーテル或はサイクロプロペインで夫々麻酔を維持した。笑気と酸素は1分間4L:1.5Lの割合で与えた。麻酔終了後、空気呼吸に移ってから10～15分間、エルマM型 Ear

Oximeter を用い、1分毎に動脈血酸素飽和度を測定した<sup>③④</sup>。一方2分毎に股動脈より動脈血を流動パラフィン下に採取し、又呼気は2分毎に1分間ダグラス嚢に捕集し、その一部を用い Van Slyke 氏検圧法により夫々のガス量を測定した<sup>⑤⑥</sup>。指尖容積脈波は患者の中指頭より光電式容積脈波計を用いて記録し<sup>⑦</sup>、心電図は四肢誘導により、福田製 RS-22 型2誘導直記式心電計を用いて同時描写した。脈波及び心電図は麻酔終了後、空気吸入に移ってから1分毎に12分後迄記録した。

#### 測定成績

(1) オキシメーターによる動脈血酸素飽和度 笑気麻酔終了後空気呼吸にうつると、表(1)aに示す如く、動脈血酸素飽和度は3～6分で最低値をとり、空気吸入前に比し17例の平均では9.6%の低下を示し、その後漸次上昇し、10分頃にはほぼ回復した。4分後の平均値が最も低く空気吸入前の値の97.4%より88.4に低下した(図1)。1例を示すと図2の如くである。

エーテル麻酔終了後に於ては表(1)bに示す如く、酸素飽和度は次第に下降し、3例の平均では6.3%の低下を示し、10分後には98.6%より92.3%になった(図1)。サイクロプロペイン麻酔終了後に於ては表(1)cに示す如く、4例の平均では6.8%の低下で6～9分後に最低値をとるもの、エーテル麻酔後の如

表(1) a

症例	空 気 吸入前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 分	最 大 減少度
1	96.5	91.0	88.0	86.0	84.0	83.5	—	85.0	86.0	88.0	90.0	13.0
2	97.0	92.0	89.0	75.0	82.5	83.0	83.0	84.0	84.2	—	—	22.0
3	98.0	98.0	96.2	96.8	96.2	97.0	97.0	97.0	96.9	96.9	96.7	1.8
4	99.2	97.1	95.3	93.2	93.0	93.0	92.4	82.0	80.0	81.0	84.0	19.2
5	98.2	95.0	94.3	96.0	95.0	—	94.0	97.2	99.0	99.2	99.0	4.2
6	94.0	88.0	86.0	87.0	89.0	89.0	89.8	91.4	93.0	92.2	93.0	11.0
7	97.0	97.0	94.0	89.0	91.0	93.4	—	—	—	—	—	8.0
8	98.0	97.6	93.0	91.8	89.0	90.0	90.0	93.2	91.4	92.0	93.0	9.0
9	99.0	98.8	95.0	94.8	91.0	93.6	92.5	95.0	94.8	95.2	95.1	8.0
10	97.4	96.0	89.2	87.2	86.0	85.2	85.7	88.8	88.7	89.0	90.0	2.2
11	97.8	96.0	90.4	88.7	87.0	87.2	87.8	88.2	88.4	89.4	89.3	12.8
12	98.0	95.0	84.5	82.4	83.2	82.8	82.4	84.3	86.0	86.8	89.0	15.6
13	94.4	91.0	85.9	87.0	82.0	84.0	—	—	—	84.0	—	12.4
14	96.4	93.4	91.2	90.2	89.0	88.2	90.5	91.2	94.0	96.0	96.2	8.2
15	97.2	94.2	93.0	92.8	92.5	94.3	94.4	94.4	94.9	—	—	4.7
16	96.8	94.0	92.2	91.5	90.0	90.6	—	—	—	—	—	6.8
17	97.9	95.0	—	90.0	84.3	83.8	83.8	84.0	84.0	85.2	—	14.1
平均値	97.4	95.0	91.2	89.3	88.4	88.7	89.5	89.7	90.1	90.4	92.3	9.6

笑気麻酔後動脈血酸素飽和度 (Oximeter 測定値) (%)

表(1) b

症例	空 気 吸入前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 分	最 大 減少度
1	99.7	99.0	97.0	95.0	95.0	93.2	93.4	93.0	92.8	92.8	92.2	7.5
2	99.0	98.2	98.0	97.0	96.0	95.2	93.0	91.5	91.2	91.2	91.2	7.8
3	97.2	97.0	95.5	97.0	97.0	95.0	95.2	95.0	95.0	94.4	93.6	3.6
平均値	98.6	98.1	96.8	96.3	96.0	94.5	93.9	93.2	93.0	92.8	92.3	6.3

エーテル麻酔後動脈血酸素飽和度 (Oximeter 測定値) (%)

表(1) c

症例	空 気 吸入前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 分	最 大 減少度
1	97.2	92.0	—	97.0	99.0	96.0	92.0	96.1	96.8	98.0	99.7	5.2
2	98.0	98.4	98.1	95.7	94.8	93.0	92.0	91.4	91.6	91.0	91.9	7.0
3	97.0	96.0	94.0	93.2	91.1	90.9	90.0	90.0	89.0	88.2	88.0	9.0
4	98.2	96.6	94.9	93.1	93.3	93.1	92.9	92.1	93.3	93.5	94.0	6.1
平均値	97.6	95.8	95.8	94.8	94.6	93.3	91.7	92.4	92.7	92.7	93.4	6.8

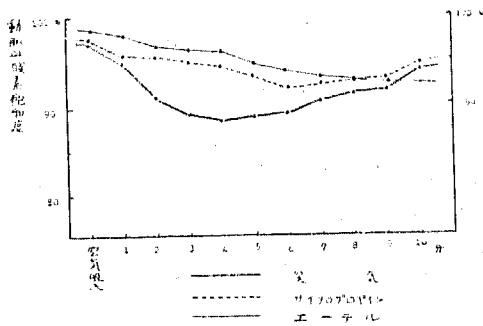
サイクロプロペン麻酔後動脈血酸素飽和度 (Oximeter 測定値) (%)

く次第に減少するもの等あり一定の傾向を示さなかつた(図1)。

(2) 血液ガス 動脈血酸素含有量を測定し動脈血

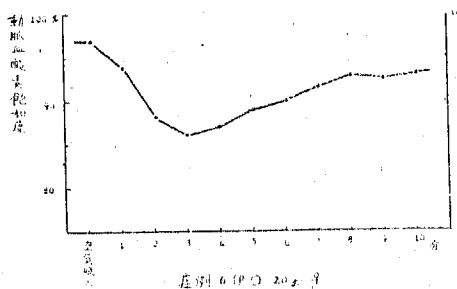
酸素飽和度を算出した結果は、オキシメーターによる測定と同様の傾向をたどり、笑気麻酔終了後4~6分で最低値をとり、11例の平均では11.0%の低下を示し

図 1



麻酔終了後動脈血酸素飽和度  
(Oximeter 測定値)

図 2



笑気麻酔後動脈血酸素飽和度  
(Oximeter 測定値)

10分頃に回復に向った(図3)。成績は表(2) a に示す通りである。エーテル麻酔では表(2) b に示す如く、漸次低下の傾向を示し、3例の平均では10.2%で10分後の酸素飽和度は88.4%であった(図4)。サイクロプロペイン麻酔では表(2) c の如く、4~6分後に最低値をとるもの、漸次下降するものがあり、3例の平均では8.8%の低下であった(図5)。

笑気麻酔終了後の動脈血中  $N_2O + N_2$  量は、表(3) a に示す如く、11例の平均で空気吸入前 14.3 Vol.% に対し、空気吸入と共に急激に減少し2分で5.3 Vol.%, 4分では4.3 Vol.% となり、6分で4.0 Vol.%, 以後は徐々に下降し8分及び10分で3.2 Vol.% となった(図3)。エーテル麻酔後の動脈血中  $N_2$  量は、表(3) b の如く、笑気の場合の如き著変は認められなかった(図4)。サイクロプロペインでは表(3) c の如く、空気吸入前5.4 Vol.% に対し2分で3.6 Vol.% となり、4分以後は徐々に下降した(図5)。

(3) 呼吸分析 笑気麻酔終了後の呼吸中酸素量は表(4) a, b に示す如く、空気吸入前31.7%に対し4~6分で最低値をとり、16.7%となり、呼吸中  $N_2O +$

表(2) a

症例	空気吸入前	2	4	6	8	10分	最大減少度
1	97.6	—	82.8	—	—	90.5	14.8
2	97.2	—	—	88.4	—	90.6	8.8
3	98.7	92.7	85.4	—	—	—	13.3
4	98.3	97.5	92.2	88.7	—	95.9	9.6
5	97.2	85.6	81.6	88.0	89.8	91.2	15.6
6	97.8	89.9	87.6	89.7	—	91.0	10.2
7	98.2	90.9	89.4	93.7	94.3	97.2	8.8
8	98.2	93.4	88.3	89.0	89.7	90.8	9.9
9	99.5	88.7	88.4	89.4	89.5	93.8	11.1
10	97.5	87.4	85.3	86.0	85.7	—	12.2
11	96.6	91.7	91.7	92.8	95.8	96.6	6.9
平均値	98.0	90.8	87.3	89.5	90.8	93.1	11.0

笑気麻酔後動脈血酸素飽和度 (%)

表(2) b

症例	空気吸入前	2	4	6	8	10分	最大減少度
1	97.8	89.6	89.4	85.3	84.9	85.7	12.9
2	98.3	93.7	92.0	91.3	91.2	91.2	7.1
3	99.6	94.1	90.0	89.4	89.9	88.2	11.4
平均値	98.6	92.5	90.5	88.7	88.7	88.4	10.2

エーテル麻酔後動脈血酸素飽和度 (%)

表(2) c

症例	空気吸入前	1	4	6	8	10分	最大減少度
1	97.2	87.8	85.0	92.8	90.6	—	12.2
2	98.1	92.2	90.2	90.1	92.0	93.6	8.0
3	98.6	95.4	94.6	94.8	93.0	91.7	6.2
平均値	98.0	91.8	89.9	92.8	91.9	91.8	8.8

サイクロプロペイン麻酔後動脈血酸素飽和度 (%)

$N_2$  量はこれと逆に空気吸入前65.5%に対し4分で最高値をとり81.8%となった(図6)。

サイクロプロペイン麻酔に於ても表(3) c, d の如く、ほぼ同様の傾向が見られた(図7)。

(4) 笑気麻酔終了後100%酸素を与えた場合 笑気遮断後毎分2Lの酸素を吸入させると、動脈血酸素飽和度は表(5)に示す如く、笑気遮断前97.7%に対し5分後99.3%に増加し、空気吸入の場合の如き飽和度の低下は見られなかった。酸素吸入を中止して空気

表(3) a

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	16.5	—	4.6	—	—	3.1
2	16.3	—	—	5.3	—	3.0
3	15.5	6.0	4.7	—	—	—
4	13.9	5.2	4.3	3.8	—	2.9
5	16.3	5.8	4.3	3.9	3.1	3.6
6	13.3	6.3	5.4	4.4	—	3.7
7	11.1	6.9	4.2	3.6	3.2	3.5
8	19.6	4.7	3.6	3.2	2.9	3.3
9	11.3	4.8	3.9	3.7	3.6	3.0
10	16.0	5.5	4.2	3.9	3.6	—
11	7.8	4.6	3.3	—	3.0	2.9
平均値	14.3	5.3	4.3	4.0	3.2	3.2

笑気麻酔後動脈血中  $\text{NO}_2 + \text{N}_2$  量 (Vol.%)

表(3) b

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	4.5	5.5	4.9	3.9	4.3	3.8
2	6.1	5.1	5.3	4.3	4.3	4.3
3	3.7	4.4	3.8	4.6	4.6	3.6
平均値	4.8	5.0	4.7	4.3	4.4	3.9

エーテル麻酔後動脈血中  $\text{N}_2$  量 (Vol.%)

表(3) c

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	5.9	3.6	3.5	3.6	2.9	—
2	4.8	3.4	3.4	3.2	2.8	3.4
3	5.6	3.6	3.9	3.9	3.7	3.1
平均値	5.4	3.6	3.6	3.6	3.1	3.3

サイクロプロペイン麻酔後動脈血中  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{N}_2$  量 (Vol.%)

を吸入させると酸素飽和度は徐々に下降するが、5～6分後には一定の値をとり急激な下降は見られなかった。

(5) 容積脈波 笑気麻酔停止後空気呼吸に移つてからの脈波を見ると、起始点間隔は図8の如く麻酔停止後短縮し、3～5分後その程度は最も著しくなった。その後間隔は次第に旧に復して行く傾向を示した。振幅は図9の如く13例中1例を除いて空気吸入後

図 3

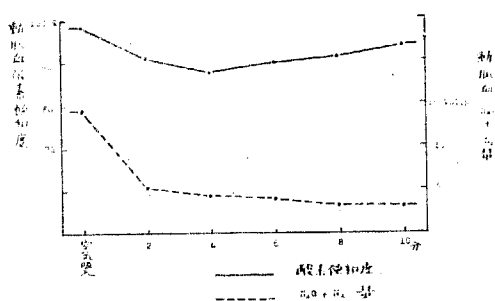
笑気麻酔後動脈血酸素飽和度,  $\text{NO}_2 + \text{N}_2$  量

図 4

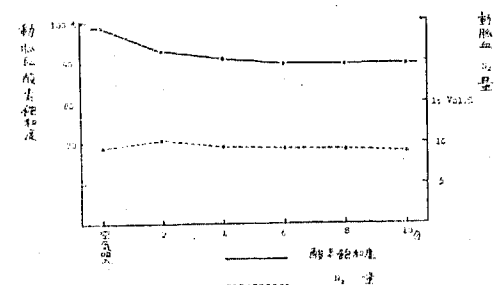
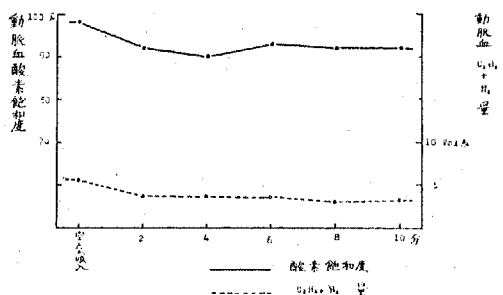
エーテル麻酔後動脈血酸素飽和度,  $\text{N}_2$  量

図 5

サイクロプロペイン麻酔後動脈血酸素飽和度,  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{N}_2$  量

次第に縮少し始め3～6分頃その程度は顯著になった。空気吸入後7～8分頃振幅は一時回復して増大するが、9～10分頃より再び振幅は縮少していった。基線は空気吸入後3～6分頃に振幅の縮少に伴い低下した。又脈波形の変化は振幅縮少時に反衝隆起、截痕共に不鮮明となつたものが多かつた(図10)。

サイクロプロペイン麻酔停止後空気呼吸に移つてから起始点間隔の変動は著明でないが、振幅は時間の経

表(4) a

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	41.4	—	13.8	—	—	14.7
2	27.9	—	—	20.2	—	19.9
3	35.3	18.5	16.9	17.9	—	17.2
4	25.2	19.2	17.6	17.4	17.4	17.1
5	25.2	19.8	18.7	18.8	18.8	21.7
6	27.5	17.6	17.8	16.9	16.4	17.7
7	22.5	15.3	11.9	15.1	15.1	15.1
8	39.8	17.8	17.6	17.5	17.4	16.5
9	35.4	18.1	16.9	16.5	17.2	17.8
10	29.2	18.4	17.8	18.4	18.1	18.2
11	33.1	18.3	18.1	17.3	17.2	17.7
12	30.1	18.6	18.3	17.8	18.4	18.0
13	56.8	19.2	18.2	18.4	—	20.3
14	30.8	19.4	14.3	16.0	18.1	—
15	25.9	18.0	17.3	17.4	17.6	17.2
16	27.0	18.7	17.9	17.4	18.1	22.2
17	25.0	18.5	14.7	12.4	16.7	—
平均値	31.7	18.4	16.7	17.2	17.4	18.1

笑気麻酔後呼気中酸素量 (%)

表(4) b

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	55.9	—	82.2	—	—	81.9
2	69.8	—	—	79.7	—	81.0
3	60.7	80.1	81.3	80.5	—	80.8
4	71.5	80.3	80.6	80.6	80.7	80.7
5	71.9	79.9	79.3	80.5	77.5	77.6
6	70.0	80.4	80.2	81.0	81.0	79.7
7	75.4	83.3	86.4	83.4	83.4	83.3
8	57.7	78.9	79.1	79.7	79.3	80.2
9	63.0	80.0	81.6	80.5	80.8	80.2
10	68.5	79.8	80.0	80.2	80.3	79.8
11	64.5	80.0	80.0	80.3	80.7	79.9
12	62.5	80.2	79.8	80.2	79.8	80.3
13	40.8	79.8	79.5	79.2	—	79.5
14	66.1	79.3	82.4	80.3	79.1	—
15	71.5	80.5	80.9	80.6	80.6	81.0
16	70.6	80.0	80.9	81.0	80.2	76.5
17	72.8	80.3	83.2	80.5	80.6	—
平均値	65.5	80.1	81.8	80.5	80.3	80.2

笑気麻酔後呼気中  $N_2O + N_2$  量 (%)

表(4) c

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	66.7	20.7	15.7	16.5	16.7	—
2	75.9	22.4	16.8	18.7	20.3	17.9
3	80.2	22.3	18.5	18.7	18.4	18.7
平均値	74.3	21.8	17.0	18.0	18.5	18.3

サイクロプロペイン麻酔後呼気中酸素量 (%)

表(4) d

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	29.3	76.8	82.2	81.7	80.8	—
2	19.6	75.6	80.4	79.3	77.5	79.0
3	16.3	75.9	79.4	79.8	79.6	78.5
平均値	21.7	76.1	80.3	80.3	79.3	78.8

サイクロプロペイン麻酔後呼気中  $C_3H_6 + N_2$  量 (%)

表(5)

症例	笑 気 遮断前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 分
1	98.2	98.4	98.6	98.7	98.3	98.7	98.0	98.2	97.8	97.4	97.2	96.2	95.0	92.2	92.0	91.0
2	97.2	99.2	99.6	99.8	99.8	99.8	99.7	99.3	99.8	99.7	99.8	99.2	97.9	95.7	92.6	90.3
平均値	97.7	98.8	99.1	99.3	99.1	99.3	98.9	98.8	98.8	98.6	98.5	97.7	96.5	94.0	92.3	90.7

笑気麻酔後 100% を酸素与えた時の動脈血酸素飽和度 (%) 及び  
10分間100%酸素を与えた後空気呼吸に移った場合の動脈血酸素飽和度 (%) (Oximeter 測定値)

過と共に急激に減少して行つた。

エーテル麻酔停止後の脈波は上記笑気、サイクロ

ロペインの場合と異り起始点間隔は殆ど変化せず、振  
幅の減少も極めて軽微であつた。

図 6

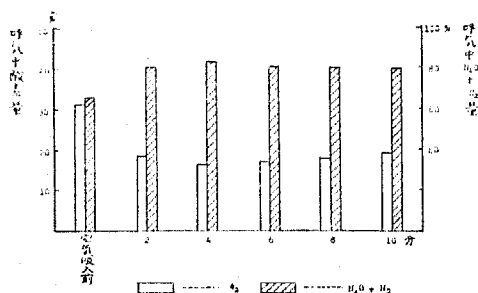
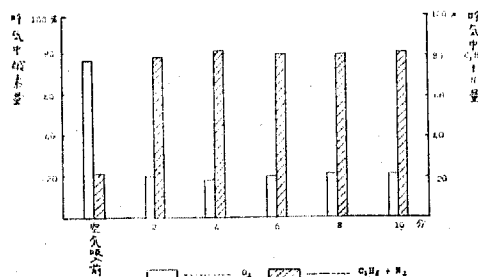
笑気麻酔後呼気中酸素量, N<sub>2</sub>O + N<sub>2</sub> 量

図 7

サイクロプロペイン麻酔後呼気中酸素量, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + N<sub>2</sub> 量

以上3群の麻酔停止後の末梢血管の態度を見ると、笑気群では動脈酸素飽和度と平行して血管収縮、血液量減少が空気吸入後3～6分頃に現われるが、その後 Anoxia による血管収縮は次第に回復し、空気吸入後8～9分頃より麻酔自身の覚醒による末梢血管の収縮が現われ始めたと考えられる。

サイクロプロペイン群では速やかな麻酔の覚醒と Anoxia とが重複して、笑気群の如き典型的な曲線を画かず、急激な振幅縮小即ち末梢血管収縮が現われるものと思われる。

前二群に比較してエーテル群は Anoxia も少く、且つ麻酔覚醒も極めて徐々であり、麻酔覚醒による血管収縮の像は麻酔停止後10分内外には現われないものと思われる。

(6) 心電図 笑気麻酔終了後2～6分頃に、10例中2例にTの低下を、1例にTの増高を認めたが、不整脈は見られなかった(図10, 11)。

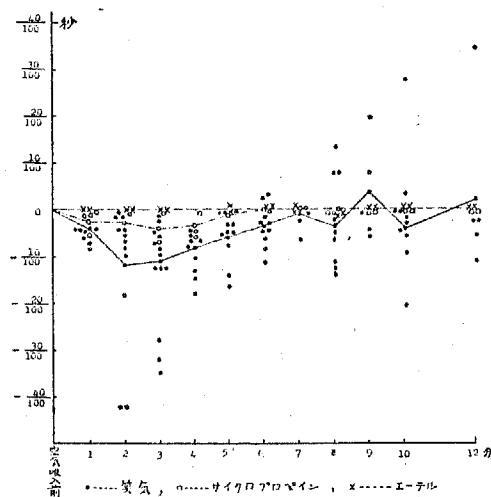
## II 動物実験

### 実験方法

体重10～15kgの健康犬10匹を用いペントバルビタール 25～30mg/gkの静脈内注射により麻酔し、気管

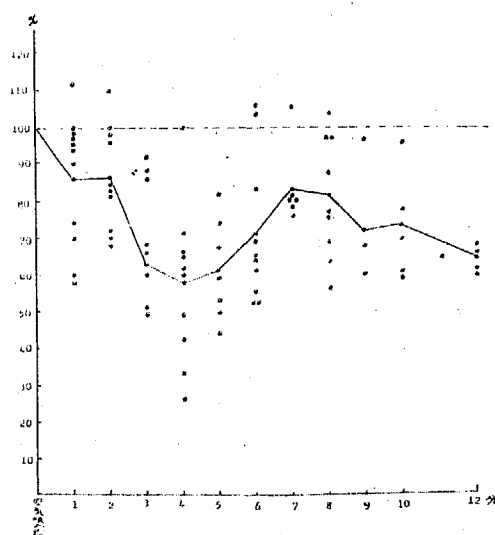
内にチューブを挿入して閉鎖循環式麻酔器に連結。呼吸曲線及び動脈血圧をキモグラフィオンを用いて同時描写した。笑気と酸素を1L:400ccの割合に、サイクロプロペインは80cc/min.の割合で30～40分間流した後、空気を吸入させ2分毎に股動脈より動脈血を採取し、又2分毎に1分間の呼気をダグラス嚢に捕集し、Van Slyke 氏検圧法により血液ガス及び呼気の実験を行つた。又心電図は四肢誘導により福田製 RS-22 型誘導直記式心電計を用いて描写した。

図 7



起始点間隔の増減

図 9



笑気麻酔後振幅の増減

図 10

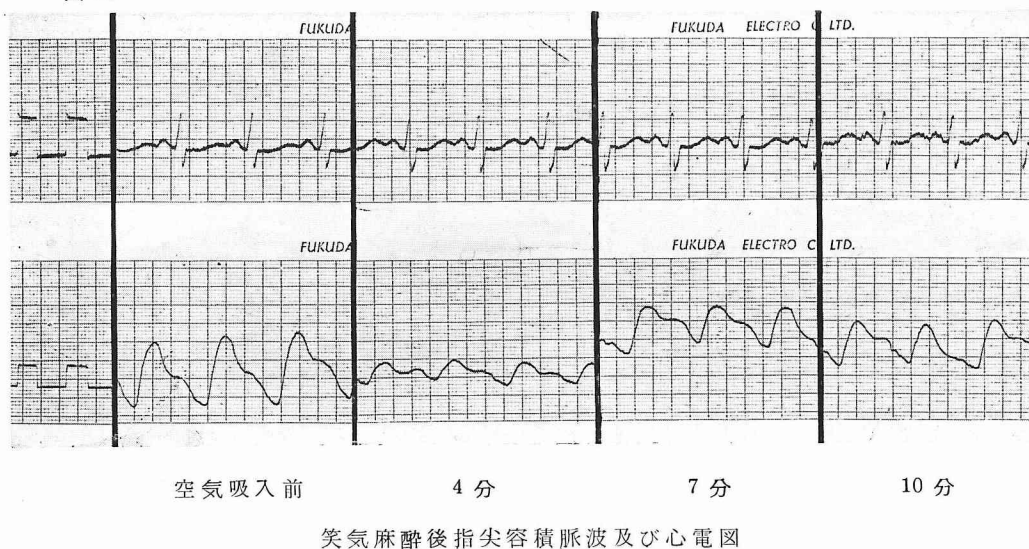
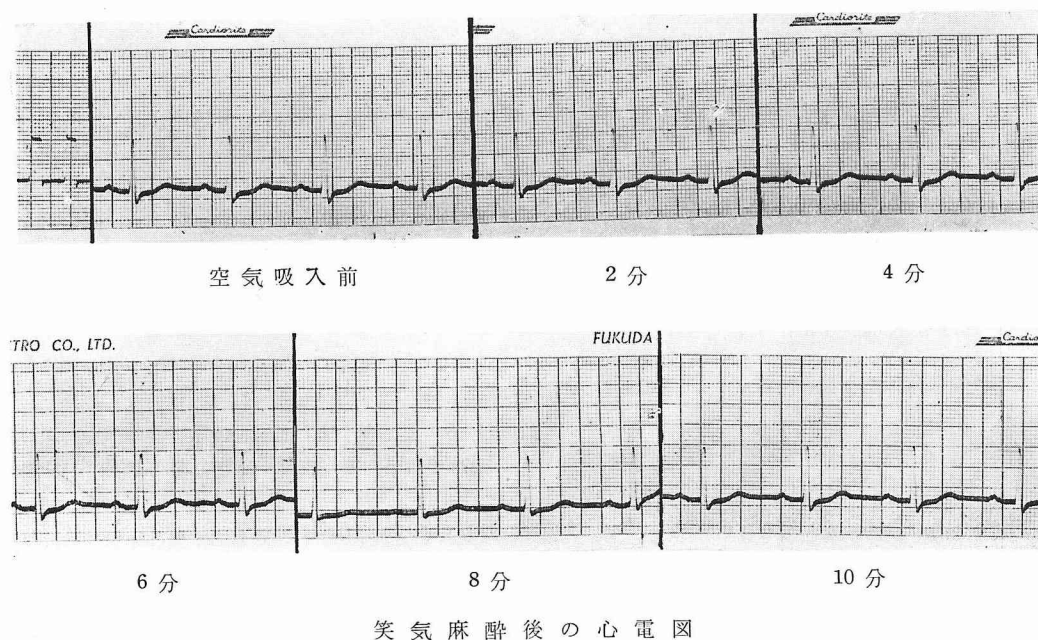


図 11



### 実験成績

(1) 血液ガス 動脈血酸素飽和度は表(6), a, bに示す如く, 笑気を遮断し空気を呼吸させてから4~6分で最低値をとり, 空気吸入前に比し4例の平均では15.5%の低下を示し, 4分後では82.5%となつたが, 10分頃には回復の傾向を示した(図12)。サイクロプロペイン麻酔では6分後最低値をとり, 3例の平均では12.1%の低下を示した(図13)。

笑気麻酔の場合の動脈血中  $N_2O + N_2$  量は空気吸入と共に4~6分までは急激な減少が見られ, 空気吸入前16.1 Vol.%に対し2分後は5.6 Vol.%, 4分後3.5 Vol.%となり, 6分以後は徐々に下降した(図12)。サイクロプロペイン麻酔の場合の  $C_3H_8 + N_2$  量は空気吸入前4.47 Vol.%に対し, 2分後2.9 Vol.%となり4分以後は徐々に下降した(図13)。その成績は表(6) c, dに示す如くである。

表(6) a

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分	最 大 少 減
1	95.6	86.3	83.1	90.2	92.8	99.4	12.5
2	97.5	84.2	81.6	84.2	84.5	87.8	15.9
3	99.2	78.9	79.0	83.3	81.2	81.4	20.2
4	99.6	86.7	86.4	89.6	92.4	95.8	13.2
平均 値	98.0	84.0	82.5	86.8	87.7	91.1	15.5

笑気麻酔後動脈血酸素飽和度 (%)

表(6) b

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分	最 大 減 少 度
1	99.5	92.6	88.3	88.8	91.7	88.1	11.2
2	95.8	87.2	85.9	85.5	89.2	86.8	10.3
3	98.2	83.8	85.4	84.3	90.2	98.8	15.0
平均 値	97.8	87.9	86.5	86.2	90.4	91.2	12.1

サイクロプロペイン麻酔後動脈血酸素飽和度 (%)

表(6) c

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	15.7	9.7	3.6	2.8	2.9	2.4
2	14.0	3.9	3.1	3.0	2.9	2.5
3	15.0	4.2	3.5	3.1	3.4	2.9
4	19.8	4.7	3.6	3.2	2.9	3.3
平均 値	16.1	5.6	3.5	3.1	3.0	2.8

笑気麻酔後動脈血中  $N_2O + N_2$  量 (Vol.%)

表(6) d

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
5	6.0	3.8	2.8	2.7	2.2	3.1
6	3.9	2.5	2.5	2.4	2.3	2.7
7	3.6	2.4	2.8	2.6	2.7	2.4
平均 値	4.5	2.9	2.7	2.6	2.4	2.7

サイクロプロペイン麻酔後動脈血中  $C_3H_6 + N_2$  量 (Vol.%)

(2) 呼気分析 笑気麻酔終了後の呼気中酸素量は表(7) a に示す如く、空気吸入前23.8%に対し、4分で最低値をとり17.2%となった。呼気中  $N_2O + N_2$  量はこれとは逆に表(7) b の如く、空気吸入前66.1

図 14

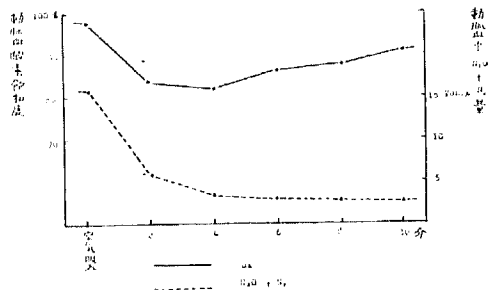
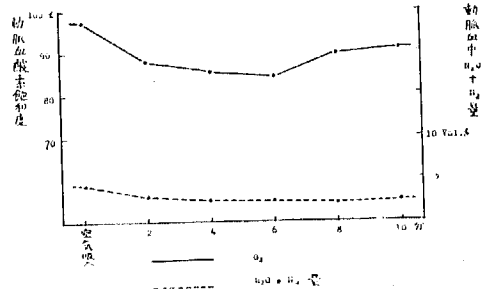
笑気麻酔後動脈血酸素飽和度,  $N_2O + N_2$  量 (大)

図 13

サイクロプロペイン麻酔後動脈血酸素飽和度,  $N_2O + N_2$  量 (大)

%に対し、4分後80.5%となり、6分以後の変化は軽度であつた(図14)。サイクロプロペイン麻酔に於てもはと同様の傾向が見られた(図15)。

(3) 呼吸曲線について見ると2~4分以後に於て呼吸数の軽度増加が見られた(図16)。

(4) 血圧には殆んど変動は見られなかつたが、脈搏数は笑気麻酔終了後2分以後に於て僅かに増加した。

(5) 心電図では笑気麻酔終了後、空気呼吸に移つてから2~6分頃に、3例中1例にTの低下、1例に

表(7) a

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	29.0	19.2	17.7	17.4	17.7	19.0
2	27.1	19.5	16.4	18.3	18.4	18.3
3	29.8	18.8	18.0	18.0	—	18.2
4	19.3	18.1	16.9	16.8	17.6	17.4
平均 値	23.8	18.9	17.2	17.6	17.9	18.2

笑気麻酔後呼気中酸素量 (%)



表(7) b

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
1	68.0	79.4	79.9	79.8	80.4	78.7
2	70.5	78.7	82.2	80.0	80.4	79.8
3	56.5	79.9	79.8	80.2	79.3	79.4
4	69.2	80.1	80.1	80.4	79.7	80.2
平均値	66.1	79.5	80.5	80.1	79.7	79.5

笑気麻酔後呼気中  $N_2O + N_2$  量 (%)

表(7) c

症例	空 気 吸入前	2	4	6	7	10 分
5	67.3	20.5	18.0	17.8	—	18.4
6	81.8	19.6	18.8	18.6	18.7	18.7
7	81.3	19.2	18.1	18.4	18.6	18.5
平均値	76.8	19.8	18.3	18.3	18.6	18.5

サイクロプロペイン麻酔後呼気中酸素量 (%)

表(7) d

症例	空 気 吸入前	2	4	6	8	10 分
5	28.6	79.3	79.4	79.2	—	78.8
6	16.2	78.7	80.5	79.4	79.7	79.8
7	15.7	79.2	80.5	79.7	79.9	80.1
平均値	20.2	79.1	80.1	79.4	79.8	79.6

サイクロプロペイン麻酔後呼気中  $C_3H_6 + N_2$  量 (%)

Tの逆転を認めた(図17)。

以上動物実験の成績は何れも人体に於けると同様な傾向が認められた。

#### 総括及び考按

吸入麻酔時に笑気麻酔終了後空気を吸入させると、動脈血酸素飽和度の低下することについては、既に Mc Clure 等 (1948)<sup>⑤</sup>は笑気麻酔後空気吸入に移ってから7分後に動脈血酸素飽和度が92%より82%に低下したことを報告し、Ridley 等 (1951)<sup>⑥</sup>は空気吸入を始めてから10例中7例に動脈血酸素飽和度の低下を認め、その中3例は90%以下に低下したと云っている。Fink (1955)<sup>②</sup>によれば空気吸入後数分にして動脈血酸素飽和度は5~10%低下して、屢々90%以下になると報告し、空気吸入と共に呼気量の増加があり、初め

図 14

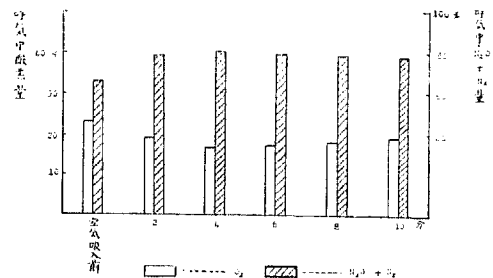
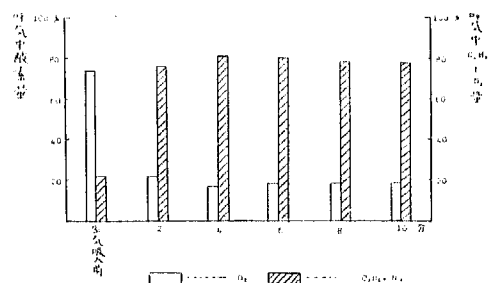
笑気麻酔後呼気中酸素量,  $N_2 + N_2$  量 (犬)

図 15

サイクロプロペン麻酔後呼気中酸素量,  $C_3H_6 + N_2$  量 (犬)

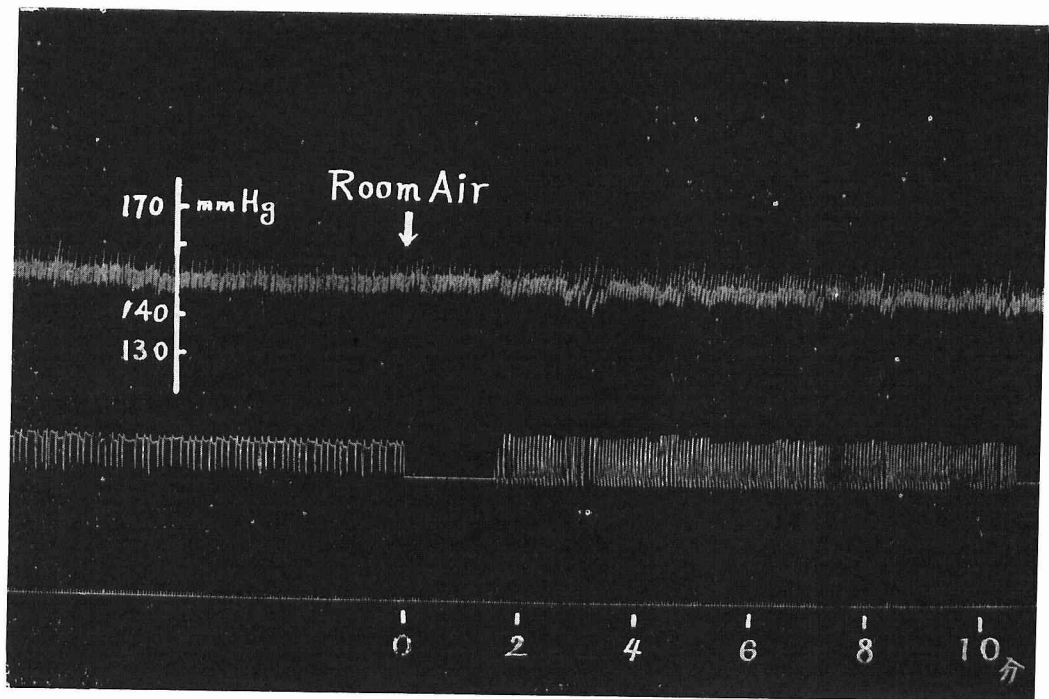
の10分間の全呼気量の10~12%が笑気で占められていることより、笑気の急速な排出が肺胞内酸素分圧の低下を来し、一過性の Anoxia 即ち Diffusion Anoxia を来すと論じている。

笑気の溶解度について見ると、Orcutt<sup>⑩</sup>によれば表(8)の如くで、笑気、サイクロプロペイン、エチレンは何れも溶解度が小である。溶解度と Moore<sup>⑩</sup>の記載した生体構成物質の平均値より、生体内に溶解し得る笑気量を概算すれば、体重70kgの人で75%の笑気を吸入させた場合、笑気27Lを吸収することになる。笑気麻酔後空気吸入に移ってから10分間にその1/5量が排出されると云われる<sup>②</sup>。

Kety<sup>⑩</sup>は各種吸入麻酔剤の吸収は図18に示す吸収曲線に従い、排出曲線は吸収曲線と全く逆の関係にあると述べている。即ち笑気の吸収速度及び排出速度は極めて速かである<sup>⑩</sup>。

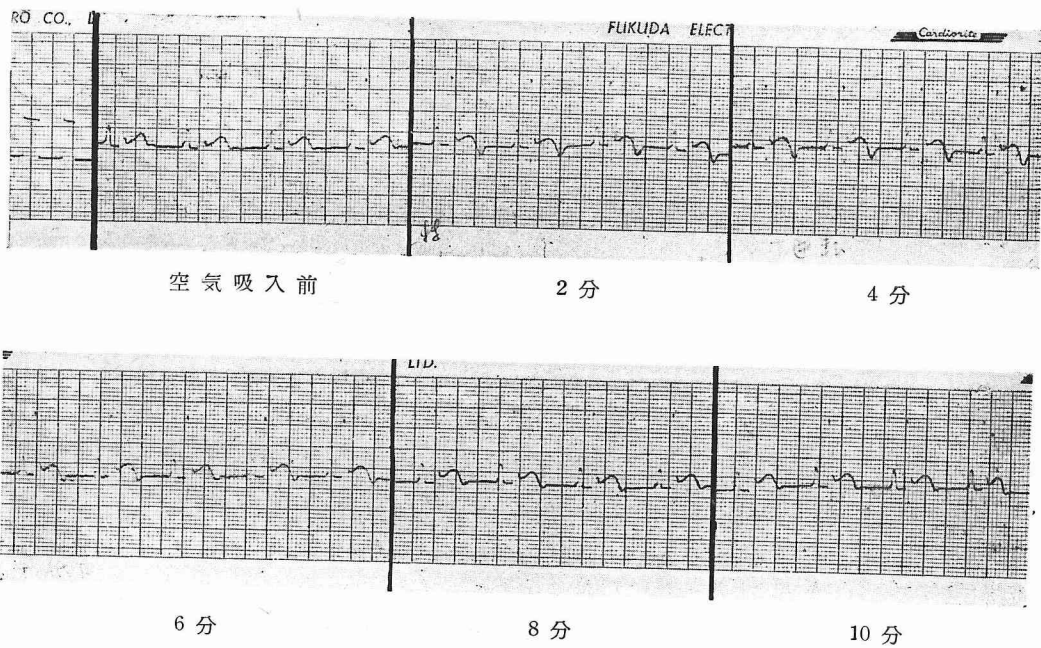
笑気麻酔の後に空気を吸入させると組織及び血液の中にとけていた笑気が肺胞内に急速に排出され、一時に肺胞内に拡散した笑気は肺胞内酸素分圧を低下させて、Diffusion Anoxia を惹起する。笑気と同じくサイクロプロペイン、エチレンについても同様なことが云えるが、サイクロプロペインは麻酔作用が強く、従

図 16



笑気麻酔後血圧及び呼吸曲線

図 17



笑気麻酔後の心電図 (犬)

表 (8)

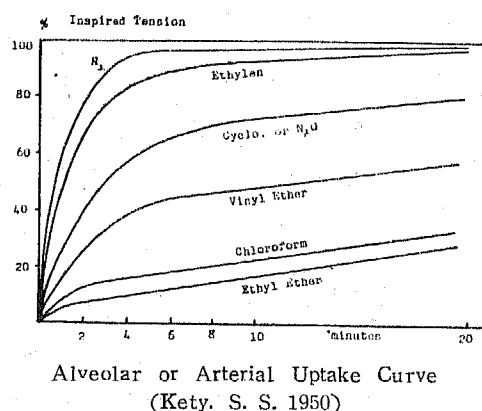
	ether	cyclopropane	ethylene	nitrous oxide
Oil*	50.0	6.99	1.3	1.4
Water	15.46	0.204	0.09	0.44
Blood	15.08	0.457	0.14	0.47
Oil-water coefficient	3.2	34.3	14.4	3.2
Oil-blood coefficient	3.3	15.3	9.3	3.0

Inspired air, volumes per cent	2 ~ 3	10 ~ 20	80 ~ 90	85 ~ 92
Blood, volumes per cent	30 ~ 45	4.5 ~ 9.1	11.2 ~ 21.6	40 ~ 43
Lipid, volumes per cent	100 ~ 150	70 ~ 140	104 ~ 117	119 ~ 129

37.5°Cに於ける麻酔ガスの溶解度(上表)及び微麻酔下の血液, リポイド中の理論的濃度(下表)  
[Orcutt, F. S. 1937]

図 18



つて笑気よりも酸素混入の比率が大であるため笑気やエチレンの場合よりも Diffusion Anoxia の危険は少ない。

著者の成績に於ても笑気麻酔後空気の吸入により動脈血酸素飽和度は4~6分で最低値をとり, 10分で正常に近く回復することが確かめられた。測定結果が示す所によれば, 空気吸入後血液中  $N_2O + N_2$  量が急激に減少すると共に, 呼気中の  $N_2O + N_2$  量は増加し, 酸素量は減少する。この事実より肺泡内酸素分圧の低下が推測される。

指尖容積脈波に於ては, 動脈血酸素飽和度の低下と平行して空気吸入後3~6分頃に Anoxia による血管収縮像が認められ, 以後は次第に回復している。

このことはサイクロプロペイン麻酔にもあてはまることであるが, サイクロプロペインで笑気のような典型的経過をたどらなかったのは, 麻酔の覚醒の速かなた

めと考えられる。

Anoxia に於ける心電図の変化については血液酸素飽和度と相関すると云われ<sup>(14)</sup>, 心筋は Anoxia になると興奮性を増し<sup>(15)</sup>, T波の振幅の低下, T波の逆転, S~T間隔の偏位<sup>(16)(17)</sup>, S~T, Tの低下又は増高<sup>(17)</sup>が見られる。西村<sup>(18)(19)</sup>は Hypoxia 及び Hypercapnea は単に無麻酔下に於ても種々の不整脈をとまうと云っている。Diffusion Anoxia にとまう心電図上の変化としては, S~Tの低下の他に動物実験に於てはT波の逆転が見られた。検査対象として心臓疾患のないものを選んだので著明な不整脈は認められなかったが, Anoxia にとまう不整脈については充分な注意を払うと共に, 充分な酸素の授与は不可欠のものと考える。

Bing<sup>(20)</sup>によれば冠状静脈血は大静脈血よりも酸素含有量が低く, 心筋は冠状動脈血の75%, 時にはそれ以上の酸素を消費すると云っている。即ち心筋は酸素飽和血の充分な還流を必要としているのである。Morton<sup>(21)</sup>は心臓障碍の病因として最も重要な因子は Anoxia であると云い, Levy<sup>(22)</sup>は "Anoxic Test" により冠循環に障碍のある患者の多数に心電図上の変化を認めている。Anoxia はそれ自体不整脈を発生せしめる他に迷走神経を興奮状態におくもので, いわゆる Vago-vagal Reflex による徐脈, 房室分離等, 更に最悪の結果としての心臓停止を起す危険もあり<sup>(23)</sup>。心機能不全のある場合は Diffusion Anoxia により重篤な結果を惹起する危険性がある。

又肺機能不全が存在している場合には肺胞のガス交換は不充分で, 動脈血の酸素による飽和は不満足な状態にあり, 笑気麻酔後の笑気の肺胞内拡散が加われ

ば、肺胞内酸素分圧の低下は更に促進されるであろう。Raffan<sup>(2)</sup>がこの様な状態に於て起つた Cardiac Arrest の2例を報告している如く、肺機能不全のある場合にも Diffusion Anoxia による危険性は増大する。

以上 Diffusion Anoxia について検討した結果、笑気麻酔の場合には麻酔終了後少くとも10分間は100%の酸素を与え、もし換気が不十分ならば呼吸を補助して、Diffusion Anoxia を未然に防ぎ、その合併症の予防に留意すべきである。

### 結 論

吸入麻酔後の Diffusion Anoxia について臨床例及び動物実験により検討を加え、次の如き結果を得た。

(1) 笑気麻酔終了後空気呼吸に移ると、動脈血酸素飽和度は3~6分で最低値をとり、10分頃に回復に向つた。かかる変化はサイクロプロペンでも起る可能性があるが、エーテルでは見られなかつた。

(2) 呼吸分析を行うと、笑気麻酔終了後の呼吸中酸素量は4~6分で最低値をとり、呼吸中  $N_2O + N_2$  量はこれと逆の経過を示した。

(3) 呼吸数は2~4分以後に軽度の増加が見られたが、血圧には著明な変動は見られなかつた。

(4) 容積脈波の変化は笑気の場合に最も著明に見られ、動脈血酸素飽和度の低下とほぼ一致して、空気吸入後3~5分で起始点間隔の短縮、振幅の縮小が見られた。

(5) 心電図では笑気麻酔終了後S-Tの低下、Tの増高、Tの逆転が数例に認められた。

(6) 心肺機能不全のある場合には、かかる Diffusion Anoxia は重篤な結果をおこす危険性があるので、笑気麻酔終了後少くとも10分間100%の酸素を与え、Diffusion Anoxia を予防することが適當である。

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導、御校閲を賜つた恩師星子直行教授並びに岩月賢一助教授に深甚なる感謝を捧げると共に、終始絶大なる御協力をいただいた小林滋講師、生坂和一氏、立木光氏、教室員各位の御厚意を深謝する。

(本論文の一部は昭和31年10月第3回日本麻酔学会に於て発表した。)

### 文 献

- ①Fink. B. R., Carpenter, S. L., Holaday, D. A.: Diffusion Anoxia during Recovery from Nitrous Oxide-Oxygen Anesthesia, Fed. Proc., 13: 354, 1954.
- ②Fink B. R. Diffusion Anoxia, Anesthesiology 16: 511, 1955.
- ③隈本: オキシメーターの臨床的応用, 麻酔, 4: 490, 1955.
- ④笹本: 新しい心機能検査法, (1) Oximeter 及びそれによる機能検査, 最新医学, 7: 423, 1953.
- ⑤Peters, J. P. Van Slyke, D. D.: Quantitative Clinical Chemistry, The Williams & Wilkins Co. p. 324, p. 114, 1932.
- ⑥Goldstein, F., Gibbon, J. H., Allbritten, F. S., Stayman, J. W.: Combined Manometric Determination of Oxygen and Carbon Dioxide in Blood, in Presence of Low Concentration of Ethyl Ether, J. Biol. Chem. 182: 815, 1950.
- ⑦小林: 手術的侵襲の指尖容積脈波に及ぼす影響, 第1報 吸入麻酔に於ける気管内挿管並びに抜管の影響, 信州医学雑誌, 5: 200, 1956.
- ⑧Mc Clure, R. D., Behrmann, V. G., Hartman, F. W.: Control of Anoxemia during Surgical Anesthesia with Aid of Oxymograph, Ann. Surg. 128: 685, 1948.
- ⑨Ridley, R. W., Faulconer, A., Osborn, J. E.: Concentrations of Oxygen, Nitrous Oxide, Nitrogen and Their Correlation with Certain Physiologic Variables during Surgical Anesthesia in Man, Anesthesiology 12: 276, 1951.
- ⑩Orcutt, F. S. & Seevers, M. H: Solubility Coefficients of Cyclopropane for Water, Oils & Human Blood, J. Pharmacol. & Exper. Therap. 59: 206, 1937.
- ⑪Moore, F. D., Halay, H. B., Bering, E. A., Brooks, L., Edelmann, I. S.: Further Obstructions on Total Body Water; Changes of Body Composition in Disease, Surg., Gynec. & Obst. 95: 155, 1952.
- ⑫Kety, S. S.: Physiological and Physical Factors Governing Uptake of Anesthetic Gases by the Body, Anesthesiology 11: 517, 1950.
- ⑬恩地: 麻酔の反省, 南江堂, 1955.
- ⑭Jacoby, J., Ziegler, C., Hamelberg, W., Mogg, A., Klassen, K., Flory, F.: Effect of Vagal Stimulation and Hypoxia, Anesthesiology 16: 1004, 1955.
- ⑮Harris, A. S.: The Effect and Refractoriness of Mammalian Muscle, Am. J. of Physiology, 150: 493, 1947.
- ⑯Levy, R. L., Williams, N. E., Bruenn, H. G., Carr, H. A.: The "Anoxemia Test" in the Diagnosis of Coronary Insufficiency, Am. Heart. J. 21: 634, 1941.
- ⑰西邑: 麻酔中に於ける呼吸不調の心電図に及ぼす影響, 呼吸と循環, 1: 301, 1953.
- ⑱西邑: 麻酔中に於ける不整脈, 麻酔, 6: 601, 1957.
- ⑲西邑: 麻酔と心電図, 総合医学, 10: 367, 1953.
- ⑳Bing, R. T., Hammond, M. M., Handelsmann, T. C., Power, S. R., Spencer, F. C., Eckenhoff, J. E.: Measurement

of Coronary Blood Flow, Oxygen Consumption, and Efficiency of Left Ventricle in Man, *Am. Heart. J.* 38: 1, 1949.

② Morton, D. R., Klassen, K. P., Jacoby, J. J., Curtis, G. M.: Vagal Stimulation on the Electrocardiographic Tracing in Man, *Surg., Gynec. & Obst.* 96: 724, 1953.

③ 古川: 麻酔と不整脈, 麻酔, 6: 379, 1957.

④ Raffan, A. W.: Reflex Cardiac Arrest under Anesthesia, *Anesthesia* 9: 116, 1954.

## Studies on Diffusion Anoxia

Toshio Sugiyama

Department of Surgery, Faculty of Medicine,  
Shinshu University

(Directors: Prof. N. Hoshiko and  
Assist. Prof. K. Iwatsuki)

Experimental studies were carried out in clinical cases as well as in dogs to confirm the possibility of developing so-called "Diffusion Anoxia" immediately following the termination of inhalation anesthesia, particularly with nitrous oxide, cyclopropane and ether. Arterial oxygen saturation was measured by means of arterial blood analysis and oximetry every one or two minutes for 10~15 minutes after the termination of anesthesia. Expired gas was analyzed with the Van Slyke manometer. Digital plethysmograph by the photoelectric method and electrocardiograph were simultaneously traced. The results were briefly summarized as follows:

1. When nitrous oxide anesthesia was terminated and the patients or the animals were allowed to breathe room air, arterial oxygen saturation fell gradually 5 to 10 per cent and often reached values below 90 per cent within 10 minutes and then rose slowly, with the maximal decrease after around 4 minutes. The content of nitrous oxide in arterial blood decreased rapidly, just contrary to the change of arterial oxygen saturation. In cyclopropane anesthesia a similar tendency was observed, but it was not so remarkable as in nitrous oxide anesthesia. In ether anesthesia such a tendency was not clearly demonstrated.

2. Analysis of expired gas revealed a remarkable decrease in the content of oxygen

and a contrary decrease in that of nitrous oxide. This change was maximal around 2~3 minutes after the termination of nitrous oxide anesthesia.

3. Digital plethysmograph showed a decreased amplitude of the pulse wave around 4~6 minutes and electrocardiograph showed a lowered T wave, a depressed S~T component and an inversed T wave in lead II around 2~6 minutes after the termination of nitrous oxide anesthesia.

4. The administration of 100 per cent oxygen instead of room air prevented definitely such a fall of oxygen saturation in arterial blood, the level of which remained almost 100 per cent throughout the course.

Such a fall in arterial oxygen saturation immediately following the termination of nitrous oxide anesthesia is considered to be due to a rapid diffusion of nitrous oxide from arterial blood into the alveoli, consequently resulting in a reduction of alveolar oxygen tension and in anoxia. This can be also the case in cyclopropane anesthesia. Ether has little effect on alveolar oxygen tension because of its slow elimination from the blood. This type of anoxia may be severe enough to affect the patients in certain occasions, particularly in cardio-pulmonary insufficiency, therefore it is advisable to supply sufficient oxygen at least for the first ten minutes in the recovery period from nitrous oxide anesthesia.