原 著

前投与そして導入後のエーテル吸入麻酔

川口 武志*, 斉藤 政男*, 久保田泰一郎*
小林 雅樹*, 佐藤 敬*

FETHER GAS ANESTHESIA AFTER THE PREMEDICATION AND INDUCTION

Takeshi KAWAGUCHI*, Masao SAITO*, Taiichiro KUBOTA*
Masaki KOBAYASHI* and Kei SATO*

SUMMARY

Dogs were administrated thiopental sodium to perform sedation and then were maintained anesthesia with ether gas. The stimulative effects of thiopental sodium and ether gas on the cardiofunction were inhibited or antagonized by premedication of chlorpromazine. This is the anesthetization to utilize the addition and the potentiation effects because sedative, inductive and anesthetic drugs were administered by time difference. This method is excellent because it can obtain the effective narcosis with a smaller quantity of drugs.

Thiopental sodium has the action of the respiratory-circulatory inhibition which is characteristic side-effect of barbiturates. However, when thiopental sodium is administered controlling the medication dose and is administrated speedy for the intention of only inducing but anesthetizing, the defects of this drug were lessened clearly and the effects of the respiratory stimulation of ether gas were doubled.

Before-mentioned, inhalation anesthetization never meet the danger of respiratory acidosis from hyperinhalation of ether gas (ITOH, 1970). And this general anesthesia has no side-effects such as halothane's respiratory-circulatory inhibition or liver disturbance, therefore we believe this technique to contribute on the field of veterinary clinic.

The supply of ether gas was performed on 30 dogs immediately after the induction was practiced by this technique. PTG and ventilation volume were measured and recorded, and also the alteration of ether gas concentration from inspiration to expiration was examined with arterial and venous blood and urine.

From before-mentioned experimental results:

- 1) The intravenous injection narcotic such as pentobarbital sodium must not be understood as simple changes of administration methods or the anesthetic drugs. The anesthesia ought to perform in three steps, namely premedication, induction and maintenance.
- 2) These three step anesthetization are;
 - a) Chlorpromazine 2 mg/kg im. (Premedication)
 - b) Thiopental sodium 8.3 mg/kg iv. 1/3 of usual. (Induction)

* 日本大学農獣医学部 (世田谷区下馬 3-34-1)

* College of Agriculture and Veterinary Medicine Nihon Univ. (Tokyo)

c) The inhalation 10—15% ether gas when necessary. (Maintenance)

This anesthesia method is excellent in comparison with the injectional anesthesia and conventional ether gas inhalation, because it brings a greater effect with a little dose and yet is much more stable.

I. はじめに

バルビタール系麻酔剤に代表される静脈注射麻酔法では、多くの研究報告^{8,21,22,24,25)}もなされ、その使用方法も臨床家に熟知されてきたが、その反面、呼吸抑制が強い。術中の麻酔調節及び偶発時に対する処置が不可能であるなど、問題点も報告^{24,25)}されている。また外科手術手技の向上にともない長時間の麻酔が要求されるようになり、より安全な麻酔方法として吸入麻酔法が普及し始めた。しかしその当初は、動物を保定し直接ガスを吸入させ麻酔へ導入する方法が行われていたが、筆者らの一連の研究では単に吸入麻酔ということではなく、注射による麻酔との併用を考慮すべき段階にある。また、吸入麻酔法はその方法論的な研究だけでなく、吸入麻酔剤あるいは麻酔器側の立場からの研究^{9,11,26,27)}を行ってきた。

さて筆者らは、一連の基礎的研究を基として犬の吸入麻酔時のガスの消長を知り安全策となる資料を得たいと思いガスクロマトグラフを利用し、吸入麻酔時の吸気・呼気及び血液中の麻酔ガスの分析定量を行った。

ガスクロマトグラフは、1952年に脂肪酸の分離分析に初めて応用されて以来広く工業面での利用が顕著であったが、1960年に Fabian and Carnce⁵⁾により麻酔学の分野に導入された。それ以来、その正確度・迅速性取扱いの容易さなどの利点を有するので、現在の人医界では多くの分析、定量に用いられ、特に揮発性麻酔剤の濃度測定には多くの研究報告^{7,12,14,18,19,20,28,29,30)}がみられる。しかし獣医臨床領域特に麻酔学の分野でのガスクロマトグラフの利用による研究報告は佐藤らの1, 2の報告^{25,26)}があるにすぎない。

また麻酔ガス濃度測定のほか、換気量の上から麻酔状態を観察したが、基礎的実験における正常時の換気量測定報告^{1,2,13,16,17)}を除き犬の吸入麻酔時の換気量の変化を経時的に記録した研究報告がないのが現状である。

そこで、前投与を行った後、麻酔へ導入し、これにエーテルガスを吸わせ、刻々のガス濃度を測定するとともに、換気量の推移を観察し、麻酔維持の方法の適・不適を検討した。そしてこれらの所見を得ることにより、経験や勘によって行ってきた麻酔器取扱いについての理論的指針を得ると共に、各薬剤の組合わせ方法などの点も

含め、麻酔経過を数字をもって考察する資料とすることとで安全策の一助になると考え以下のごとく実験を行った。

II. 実験材料と方法

1. 実験材料

30頭の犬(年齢1.5～5歳、体重7.5～21.5kg、雑種成犬、平均体重14.2kg)を使用した。

2. 麻酔方法

前投与としてクロルプロマジン 2mg/kg を筋注し、その後チオペンタールソーダ 8.3mg/kg を静注して麻酔へ導入した。本実験ではその後気管チューブを挿管し、20% 内外のエーテルガスを供給して30分間の麻酔を維持した。

麻酔器はK・I型吸入麻酔器を使用した。エーテル気化器には、供給ガス濃度を活栓の調節や流量および液温より算出できるように改良し、付表(ガス濃度グラフ)を備えたもの²⁰⁾を利用した。

3. エーテルガス濃度の測定

気管チューブにつながる吸気蛇管および呼気蛇管の犬体側各取付け部にバイパス管を装着し、その導管を熱伝導度型ガスクロマトグラフに接続し、麻酔ガスの供給開始より吸気・呼気各1mlを3分毎にガスクロへ流入し測定記録した。

ガスクロマトグラフの取扱い条件および検量線は

Model : Shimazu 4APT

Carrier Gas : He

Flow Rate : 80 ml/min.

Detector Temp. : 120°C

Column : 1.5 m×3 mmφ, Polyethyleneglycol 1000, Temp. 115°C

測定した標準値より図1のごとき濃度換算表を作り、ガスクロマトグラフの画く Spinal High をエーテルガス濃度に換算した。

他方麻酔導入前後より経時的に動、静脈血各1mlを採血し、血中の麻酔ガス濃度を測定したが、その測定は平衡法を利用し、水素炎イオン化型ガスクロマトグラフで検量した。また尿中の麻酔ガス濃度の測定も同様に行った。

このガスクロマトグラフの取扱い条件は次に示す通り

図 1 エーテルガス濃度検量線

である。

Model : Shimazu 4BPTF

Carrier Gas : N₂

Flow Rate : 40 ml/min.

Detectro Temp. : 200°C

Column 3 m×4 mmφ, Polyethyleneglycol 3000,
Temp. 155°C

4. 平衡法について

その原理は血液中に溶解している麻酔剤が、これと接触している気相と平衡状態にあるとき Henry の法則が成り立つので、気相中の揮発性麻酔剤の質量を知ることにより血液中の濃度を知ることができる。この考え方を、Henry の法則と呼ぶが液体に溶解するガスの量は、その溶液上のガスの分圧に比例する現象が基本である。そして、

$$PA = H \cdot XA$$

PA : Partial pressure of constituent A on the solution

XA : Mor—partial—ratio of constituent A in to solution

H : Henry constant

上記の式を用い Henry 定数に麻酔剤の分配比を利用し分配比をKとすると次の①の式が成立つ。

$$\textcircled{1} \quad Y = \frac{X}{100(V-a+ak)} \quad (\text{mg/dl})$$

V : Balance bulk.

a : Blood volume

X : Concentration in blood (X mg/dl)

Y : Anesthetic agents volume in airzone of 1 ml.

液相—気相間の分配比Kは定数となるのでXとYは比例関係となる。また、採血量を 1 ml とすると②の式が成立つ。

$$\textcircled{2} \quad Y = \frac{X}{100(V-1+K)} \quad (\text{mg/dl})$$

図 2 エーテルガス濃度検量線

となり、VとKが大きければ測定結果の誤差は極めて小さくなる。

(1) エーテル標準試料の作成

シリコンゴムで密栓した容積 15 ml のガラス製バイアル12本に、血液 1 ml ずつを入れこれに、エーテルの比重0.718とし濃度 100 mg/dl から 200 mg/dl まで6段階に希釈したエーテル水溶液を 1 ml ずつ加え標準液を2本ずつ作成した。

標準液バイアルを攪拌し、25°C の恒温槽に 1～2 時間放置して平衡状態にする。その後バイアル内の上部気相 1 ml を採取し、ガスクロに注入し、得られたガスクロマトグラフィーのピーク高を標準液濃度と対応させ、その点をプロットし最小自乗法により図2に示す検量線を作成した。

(2) 被検試料の採取

エーテルの血中濃度測定に際し、標準試料作成に使用した同じ容積のバイアル内にあらかじめ 1 ml ずつ蒸留水を入れておき、これに経時的に採血した被検血液を 1 ml ずつ加え、標準液と同様に処置し平衡させた後、上部気相 1 ml をガスクロへ注入し得られたピーク高と検量線とを対比させ、動脈及び静脈血中の麻酔剤濃度を求めた。

III. 実験結果

いずれの実験例もアトロピン 0.03 mg/kg を投与した後実験に供したが、クロルプロマジン 2 mg/kg を前投与後チオペンタルソーダ 8.3 mg/kg の静注によって麻酔へ導入すると、生理諸元に若干の変化がみられ、これにエーテルガスを供給した実験結果を以下に述べる。

1. 呼吸様式の変化

(1) 麻酔経過と換気量の変化

エーテルガスの吸入のみにより導入と維持を行った場合は、吸入開始と共に呼吸は促迫、あるいは浅表しかも不整となり、1回換気量、分時換気量共に不整で、多い

時と少ない時の差が大きくなり、導入後は1回換気量が術前の60~80%となり、体重10kgで0.1~0.15lになる。しかし、一般に呼吸数は甚しく増加するため分時換気量は150~200%にも達し、いわゆる浅表促迫の呼吸となる。これに対しチオペンタールソーダで導入した例は、導入後バルビツレートの影響で1回の換気量は60%となり、また呼吸数も減少するので分時換気量は40%にも落ち込む。そしてチオペンタールソーダの薬効が一時的であるため、5~10分後は毎回の換気量、呼吸数共に増加し、分時換気量は術前の110~150%にも及ぶ経過を示す。

これらの麻酔法に比較し本実験であるアトロピン、クロロプロマジン、チオペンタールソーダ、これらの前投与および導入法による後エーテル麻酔を行った例は、導入時の急激な呼吸抑制のグラフを画くこともなく、また抑制の度も軽く、エーテルガス供給中は、術前の1回換気量は80%、呼吸数もまた80%となっていたので、毎分の換気量は約65%で経過していた。

筆者らはエーテルを純酸素で気化させているため、100% 或はそれ以上の分時換気量を呈する場合、毎回の呼吸は弱く時に突然呼吸を休むことがある。特に150%や200%の換気量の場合は呼吸のリズム監視が必要であった。代表例を図3に掲げたが、この1例はチオペンタールソーダによる導入時一時的呼吸数の減少のため、分時換気量が減少した一時(2分)がみられるが、その後増加し一定な呼吸数の経過によって80%内外の換気量が記録された。

(2) 呼吸波形について

エーテルにより導入・維持を行った例を上段に、チオペンタールソーダで導入し、後エーテルで維持した例を中段に、本麻酔例すなわちクロロプロマジン前投与後、チオペンタールソーダで導入しエーテル麻酔を行った例を下段に記録し、それぞれの呼吸波形を比較したが、

図3 換気量の経時変化

図4 各麻酔法別呼吸気流の変化

図4である。

呼吸波形は基線の下側が吸息を、そして上側が呼息を表している。

また術前は吸息・呼息に時間をかけおのおの力強い息の出入りの様子が伺えるのであるが、導入時の息づかいは、直接エーテルで導入した場合、吸息・呼息の振幅も大きくまた呼吸数も増加して、力強い呼吸様相を表現しているとはいうものの、苦痛を表しているともいえるのに対し、チオペンタールソーダによる導入の中段と下段は、吸息に弱いながらも努力している様子、また吸息後胸郭の反動によって受動的に呼息が行われている様子が見える。この波形はバルビタール系麻酔剤による特徴であるが、エーテルガスでこの麻酔を維持したため、エーテルの呼吸促進又は刺激性がバルビタールの抑制作用と重なり、互に打ち消している様子が15分および30分に見られている。チオペンタールソーダの麻酔作用はおおむね5分程度で導入の目的がかなえられれば充分としたが、呼吸に与える作用は30分にも及ぶものと思われた。

覚醒期は3法いずれもエーテルの特徴的興奮した波形を示した、したがって下段のクロロプロマジン前投与後のチオペンタールソーダ導入法も覚醒時はエーテル麻酔の所見であり、呼吸促進形で安全な麻酔経過であったといえよう。

そこでこの下段の各ステージから代表的波形を抜き、図5とした。この波形のフーリエ級数による表現は各期の波形を拡大図とし、その基線を12等分しその分点にお

図5 吸入麻酔時の呼吸気流代表波形の測定

表 1 各期代表波形の測定値

	Y 0	Y 1	Y 2	Y 3	Y 4	Y 5	Y 6	Y 7	Y 8	Y 9	Y 10	Y 11
術 前	0	-0.22	-0.29	0.00	0.49	0.57	0.60	0.66	0.69	0.66	0.53	0.28
	0	-0.14	-0.22	-0.19	0.63	0.66	0.71	0.81	0.81	0.65	0.43	0.22
	0	-0.20	-0.22	-0.23	0.30	0.43	0.59	0.75	0.76	0.56	0.34	0.18
導 入	0	-0.12	-0.18	-0.16	-0.17	-0.13	-0.03	0.66	0.61	0.40	0.29	0.13
	0	-0.18	-0.22	-0.23	-0.23	-0.25	-0.22	0.00	0.62	0.68	0.42	0.10
	0	-0.06	-0.13	-0.19	-0.21	-0.17	-0.13	-0.15	0.40	0.68	0.34	0.09
麻酔15分	0	-0.22	-0.49	-0.58	-0.47	0.42	0.57	0.33	0.16	0.06	0.04	0.02
	0	-0.10	-0.31	-0.47	-0.51	0.28	0.48	0.40	0.23	0.08	0.03	0.02
	0	-0.20	-0.45	-0.57	-0.59	-0.28	0.36	0.39	0.40	0.26	0.16	0.06
麻酔30分	0	-0.26	-0.38	-0.44	-0.44	-0.18	0.21	0.52	0.53	0.27	0.13	0.04
	0	-0.18	-0.34	-0.43	-0.44	-0.24	0.15	0.50	0.55	0.45	0.24	0.11
	0	-0.17	-0.34	-0.48	-0.26	0.52	0.40	0.24	0.10	0.07	0.05	0.03
覚 醒	0	-0.13	-0.24	-0.30	-0.33	-0.34	0.32	0.62	0.64	0.56	0.40	0.23
	0	-0.07	-0.19	-0.31	-0.29	-0.34	-0.07	0.30	0.59	0.65	0.56	0.29
	0	-0.23	-0.38	-0.45	-0.46	0.04	0.72	0.63	0.50	0.39	0.28	0.14

ける時間に対する吸息最大速度と呼息最大速度との和の比を求めて基礎数字とした結果, 表1に示す数値を得た。

一般に 2π なる週期を有する週期函数 $f(x)$ は,

$$Y=f(x)=a_0+\sum_{k=1}^{\infty}CK\sin(Kx+\phi_k)$$

によって表現され, 呼吸波形の理論式は次の通りである。

Control

$$Y=-0.463 \sin (x \times 18.5) \\ +0.150 \sin (2 x-51.9) \\ -0.058 \sin (3 x+11.7)$$

Induction(Thiopental sodium 12.5 mg/kg/min.)

$$Y=-0.42 \sin (x+38.2) \\ +0.18 \sin (2 x+33.7) \\ -0.034 \sin (3 x+35.3) \\ +0.043 \sin (4 x+49.1)$$

Maintenance 15 min. in 20% Ether Gag

$$Y=-0.376 \sin (x+10.4) \\ -0.292 \sin (2 x+36.5) \\ +0.109 \sin (3 x+43.7) \\ -0.067 \sin (4 x+37.4) \\ +0.057 \sin (5 x+62.2)$$

30 min.

$$Y=-0.233 \sin (x+170) \\ +0.238 \sin (2 x+47.7) \\ +0.114 \sin (3 x+66.8)$$

$$+0.067 \sin (4 x+73.7)$$

$$+0.057 \sin (5 x+83.9)$$

Recovery

$$Y=-0.154 \sin (x+2.0) \\ -0.198 \sin (2 x+7.3) \\ +0.098 \sin (3 x+11.7) \\ -0.068 \sin (4 x+20.1)$$

各調和項は, 主波は主として胸郭運動, 第2調和項は腹部運動, 第3調和項は横隔膜運動, 第4調和項は腹部運動に関連があるとされ, その調和項の振幅の比によって呼吸様式が判断できる。各振幅の比を表2に示した。

表 2 各調和項とその比

調和項	1	2	3	4	5
術 前	46.3	15.0	5.8		
導 入	42.0	18.0	8.4	4.8	
麻酔15分	37.6	29.2	10.9	6.7	5.7
麻酔30分	28.3	23.8	11.4	6.7	5.7
覚 醒	51.4	19.8	9.8	6.8	
比	1/2	1/3	1/4	1/5	2/3
術 前	3.0	7.9			
導 入	2.3	5.0	8.7		2.1
麻酔15分	1.2	3.4	5.6	6.5	2.6
麻酔30分	1.1	2.4	4.2	4.9	2.0
覚 醒	2.9	2.5	5.2	7.5	2.0

主波に対する第2調和項の振幅比は小さいときは胸式呼吸型で、大きいときは腹式呼吸型とされている。

麻酔前は正常呼吸様式である胸腹式であったものが、麻酔導入時より主波と第2調和項の比が小さくなり、麻酔が深くなるにつれて腹部呼吸運動が抑制され胸式呼吸に移った。しかし覚醒期にはこの比が大きくなり麻酔前に近くなった。また、主波と第3調和項（横隔膜運動）との関連をみると、麻酔に入るとその比は小さくなり、覚醒期においても第2調和項とは異なり大きくはならなかった。

第2調和項と第3調和項(2/3)との比の変化においては、特記すべき数字上の変化は得られなかった。

以上のことから、クロルプロマジンの前投与後チオペンタールソーダで導入し、エーテル吸入麻酔を行った場合の麻酔時の呼吸様式はバルビタール系麻酔剤による麻酔時に似て胸式呼吸型であった。

2. エーテルガスの吸気・呼気中の消長

それぞれの気化器の特性は、機構は勿論流量と液温によるが、気化器から蛇管を経て動物体が吸入するまでには、いわゆる麻酔器の死腔によって濃度は薄まる。気化器から60%のエーテルガスが供給されるようセット(Dial Max. O₂ 1 l/分、液温 20°C)した場合、本麻酔器の吸気蛇管から放出されるガスは40.6~26.8% (平均32%)で気化器からの濃度の50%になっていた。この現象はDialを操作し、20%のエーテルガスが供給されるようセット(Dial Set 3 O₂ 1 l/分、液温 20°C)した場合では、吸気蛇管から放出されるガスは12%となった。

一般には気化器からの供給ガス濃度を指標として検討を加えられてきたのであるが、この見かけの濃度より実際の吸気ガス濃度を検討し、その消長を知る方がより理論的であると考え、気化器特性(Dial特性、液温特性、流量特性)によるエーテルガス濃度を測定すると共に、蛇管からの吸気ガス濃度と蛇管へ排出される呼気ガス濃度を測定したところ、3者には有意な差が認められ、エーテルガスの消長の一端が伺えた。ここに測定した代表2例を図6として掲げたが、上の1例はエーテルを直接吸入させて麻酔へ導入した例である。下の1例はクロルプロマジン、チオペンタールソーダを投与した後のエーテル麻酔例である。

上の例ではDial Maxにセットした場合、はじめ65%のエーテルガスが供給され、液温の低下と共に48%へ下っている。しかしながら実際の吸気ガスは40%から20%へと下って行ったことが知れる。

また麻酔へ導入後Dialを3にセットすることによ

図6 麻酔時のエーテルガス濃度の消長

て見かけの濃度は10%であり、時を経て20%に上昇している。これは導入時の過冷却という液温の低下後の液温の上昇によるものであるが、実際犬が吸う濃度は20%から13%へと徐々に下降して行った。また呼出ガスは吸入ガスよりおおむね2%少なく、麻酔の維持中10~11%のガスを呼出していた。したがって麻酔の経過が長ければそれに応じて体内への吸収も多く、麻酔中止後も呼出ガスとして放出されるごとくである。本例では中止後10分で2%、20分で1%そして麻酔終了後30分の後にも尚0.5%の呼出エーテルガスが検出された。

他方下段に示す例ではグラフに示すように15%を当初吸入したが、麻酔維持は10%を吸入していた。また呼出ガスはおおむね8%で経過していた。したがって前者より更に薄いエーテルガスで麻酔したわけであるが、吸気呼気の濃度差が麻酔後の呼出ガスとして現れ、中止後10分で1%、20分で0.5%と前者より早期に呼気中からエーテルが消失している様子が伺えた。ちなみに麻酔後の麻酔器回路内の残留エーテルガス濃度は2.2%、カニスター内のソーダライムに付着したエーテルガス濃度は1.4%検出された。

3. エーテルガスの血中・尿中の消長

前記のごとく麻酔後まで長時間にわたり呼気中からエーテルガスが検出されたことは、肺泡や気管支等の壁から遊離したエーテルガスが主体となって呼出されるものと思われるが、血中へ吸収されたガスが再び肺から遊離、呼出されることも充分考えられるので、血中のエーテルの消長を測定したところ気化器からの見かけのガス濃度20% (吸気ガス濃度12%)で麻酔を維持している

図 7 動・静脈血中のエーテルガス濃度の消長

と、時と共に血中のエーテルガス濃度は次第に上昇して行くことを知った。この代表的例を図 7 に掲げたが、30 分間、気化器から 20% のガスを供給すると、動脈血では 5 分後 90 mg、10 分後 97 mg、20 分後 110 mg、30 分後 110 mg に上昇し、他の 1 例は同 62 mg、65 mg、94 mg、84 mg と上昇した。

同じ 20% を供給しながら血中濃度の上昇・下降および個体の差があることは、それぞれ個体の麻酔深度や肺機能の差によるものと思われるが、麻酔ガスの供給を断って 10 分後 110 mg から 50 mg へ、他方は 84 mg から 50 mg へと双方 50 mg へ下降しその後の下降は除々にして長く 40 mg 内外を維持したりあるいは、40 mg、25 mg と除々に下降する様子が見られた。

このような血中エーテル濃度の消長から、実際の麻酔ガス供給上の気化器取扱法がおのずと規制されることと思われる。

静脈血中の消長は、麻酔ガス供給中は動脈血より 10～20 mg 低い値で、動脈血の値と平行して推移し、麻酔を絶っても特に静脈血中の濃度に急激な変化を与えることなく経過し、したがって麻酔を絶って 10 分を経ると急激に下降する動脈血に比較し、30～40 mg 高い値を示す結果になった。そしてこの静脈血中のエーテルは麻酔後長く呼出されるエーテルガスの一端を担っているものと思われる。

体内のエーテルはほとんどが呼気から放出される。残りは尿中へ排泄され肝で分解されることは極めて少な

図 8 静脈血中と尿中のエーテルガス濃度の消長

い。これはハロセンなどと異なる点である。図 8 は静脈血中と尿中のエーテルの消長を測定した 1 例である。図 7 と同様に麻酔中は静脈血中濃度が上昇し 30 分の麻酔時には 110 mg に達した。吸入開始後 3 分（麻酔導入後 5 分）にして既に尿中にエーテルを認め 13 mg、麻酔 10 分時には 53 mg となり、その後は静脈と平行な上昇を続け、麻酔中止後はまた平行に下行して行く様子がみられた。すなわち尿中のエーテル濃度は常に静脈血中の 60% 内外の値で経過したが、静脈血は 12 時間後もなおエーテルが 2 mg そして尿中には 1 mg 存在していた。

IV. 考 察

ガス麻酔法がとりあげられ、普及しつつある現在筆者らはひとに古くより使用されているエーテルを利用し犬に麻酔を行うべく一連の実験を重ねてきたが、意志の疎通のない犬に、また生体の感受性・反応の異なる犬にひとの麻酔技術をそのまま利用する訳には行かない。しかしながら例え頑健な犬といえども高濃度のエーテルガスや長時間に及ぶガス吸入にはそれ相当の配慮が必要であることはいうまでもない。

そして、クロロプロマジンの前投与を行って鎮静、チオペンタールソーダの静注によって麻酔へ導入、その後の麻酔維持をエーテルガスの吸入によってまかなう方法がもっとも安全な方法と判断してその技術的手段について検討を加えてきたのがこの報告である。

本報の方法によって前投与、導入、維持と麻酔を 3 段階に分けて行くと、同じに行っても麻酔深度に若干の差が現れ、深い麻酔を持続する場合は血圧ほか諸生理諸元に好ましからぬ所見が現れるものと思われ、麻酔は浅くそして必要時を選択して深い麻酔を施すよう注意すべき

であると判断した。

エーテル麻酔時の換気量に関してはひとりで、Whitteridge³¹⁾、Drippu³⁾、Dundee⁴⁾、後藤⁶⁾の報告があり、浅麻酔相から中麻酔相にかけての麻酔では換気量は増加の傾向にあり、比較的呼吸抑制が少ないという報告と同様の結果を得た。その理由として、Whitteridgeは浅麻酔では pulmonary stretch receptor の感受性増加であるとし、Dripps と Dundee は、respiratory stimulant として働くとしている。また後藤らは単位換気量当りの仕事量を求め、エーテルが有意の差をもって減少していると述べ、臨床的にエーテルの呼吸抑制の少ないことを裏付けているが、血中濃度が 140 mg/kg を越えると著しい呼吸抑制をきたすとも述べている。

一方、佐藤²³⁾らは呼吸気流曲線の解析及び臨床所見から、腹部の弛緩が不十分な麻酔であり、呼吸数は50以上になると報告しており、呼吸浅表促進の状態であることが伺え、この点一致した所見である。そこで、呼吸系・循環系に抑制的に作用するクロロプロマジンを前投与することによって、エーテル麻酔による安定した Surgical Stage を得ることが出来た。

このクロロプロマジンの抑制作用は交感神経遮断によるもので、エーテルの刺激により亢進した交感神経症状を相殺するものと考えられる。方法はエーテル麻酔であるにもかかわらず、胸式呼吸・横隔膜呼吸というバルビタール系麻酔剤と似た所見を得たことはこの呼吸様式がバルビタール（チオペンタールソーダ）の導入利用によってその後の維持にもエーテル特有の呼吸様式を変えているものと思われる。とは言えバルビタール系薬物の麻酔時に常に見られる極端な呼吸抑制現象が消された結果が得られた。

また、麻酔時のガス濃度について述べた報告はない。散見する報告²⁶⁾には一応数字によって濃度を表現しているが、これは気化器からの濃度であり、その利用方法によってはそこに示す数字は臨床上の意義はないともいえる。

すなわち、筆者らは閉鎖循環式回路を通じて麻酔を行った場合の吸気中の麻酔ガス濃度は、気化器放出ガス濃度の 50~60% であった事実を知った。これは麻酔器回路内の死腔の大きさによるものと思われるが、改めて犬側よりみた麻酔導入の、そして維持のエーテルガス濃度を知ることができた。

呼吸量とその濃度を知ることによって体内のエーテル蓄積量を推計し得るが、毎回の呼吸に検出されることは勿論³²⁾麻酔後30分でも呼出されている点は認識を新にした事実であり、これによって血中さらには尿中のエーテ

ル濃度を知る必要を生じたのである。

血液中の溶解麻酔ガスを分離抽出する方法は、抽出法^{10,18)}、蒸溜法^{12,24,30)}、真空抽出法^{24,30)}、通気法などが従来行われてきた方法であるが、各方法とも複雑な装置、操作を必要とし、または計測に長時間を要するものであるが血液直接注入法^{20,30)}が近年試みられ、それに対応するガスクロマトグラフも開発されて来ている。しかし筆者らの実験条件においては不都合な点が多いため、Hamilton, Larson¹⁴⁾、佐藤²³⁾の報告にならって平衡法を用いた。この方法は操作の簡易さそして麻酔ガスの回収率からも満足すべき方法と思われた。

血中麻酔ガス濃度の推移は、エーテルガス吸入開始より停止まで、顕著な上昇がみられ動脈血中濃度の方が静脈血中濃度よりも常に高く上昇勾配も急であった。これは、麻酔剤が動脈血によって各組織及び臓器に運ばれる過程のためと考えられ、時間的相違或は質量的相違は、麻酔剤の組織分配系数そして溶解系数の違いによるものと思われる。また覚醒期には逆に、動脈血が急激に下降し静脈血がこれを上回することは、組織、臓器より排泄されたものが含まれてくるためと考えられる。

エーテル麻酔時のその消長については、大鹿¹³⁾、伊東⁹⁾の報告があり、いずれも本実験とは測定方法に違いがあるが、筆者らと一致した結果を得ている。また、尿中に排泄されるだろうことを予想し、平衡法によって尿中麻酔ガス濃度を測定し、吸入麻酔剤の尿中濃度を経時的に追求したが、エーテルは腎の濾過機構を経て尿中に排泄され、その動態は静脈血中濃度の推移に平行していた。

V. 結 論

より安全な麻酔法を得んと前投与、導入麻酔、維持麻酔という三段階の麻酔法について検討した。即ちクロロプロマジン投与後チオペンタールソーダで導入しエーテル吸入によって維持したが、一般的な臨床所見では特に忌むべき所見を見ることなく麻酔が維持された。

そこで主として呼吸系の態度を呼吸気流曲線によって解析するかたわら、吸入、呼出のエーテルガス濃度をガスクロマトグラフで測定した。その結果以下の結論を得た。

1) エーテル麻酔時における換気量は、増加の傾向にあり術前の 150% 内外に達したが、前投与にクロロプロマジンを用いることで呼吸の浅表促進が防止され安定した呼吸様式の麻酔が得られた。

2) 気化器よりの供給ガス濃度は、麻酔器の回路で希釈され、60% の供給は 30%、30% の供給は 12% に減

少して吸入されていた。

3) 吸気中のガス濃度は時間の経過と共に、気化器が冷却されるために低下し、麻酔ガスの供給停止後は理論上勿論 0% となるが、呼気中からは供給停止の 20～30分後にもエーテルガスが 0.5% 検出された。

4) 維持麻酔中の動静脈血中濃度の推移は、動脈と静脈血中濃度の差は小さかったが、麻酔後12時間まで静脈血中に 3 mg/dl 検出された。

5) 尿中にエーテルは排泄されその消長は静脈血中濃度の推移に平行した。

以上のことから麻酔の種々の検討を数式的に行う資料が得られ、最小限の濃度を極短時間供給する必要性が明示された。また前投与剤の選択により以後の麻酔経過が左右されるので、前投与に対する考慮の必要性を提起するとともに獣医臨床において安全な麻酔の技術上の指針を得た。

文 献

- 1) 天羽敬祐：呼吸生理の基礎 2, 麻酔, 21, 1344, 1973, 3, 22, 66, 5, 22, 365, 1972.
- 2) 馬場一郎：静脈麻酔 (Pentothal Sodium) の呼吸ガス代謝に及ぼす影響に関する実験的研究, 新潟医学会誌, 71, 933, 1957.
- 3) Dripps, R.D. and Seuerinhaus, J.W. : General anesthesia and respiration, *physiol. Rev.* 35, 174, 1955.
- 4) Dundee, J.W. and Dripps, R.D. : Effect of Diethyl, Ether, Trichlorethylene and Trifluoroethylriny Ether on respiration, *Anesthesiologg*, 18, 282, 1957.
- 5) Fabian, L.W. and Carnes, M.A. : Gas Chromatography as analytical tool in anesthesiology. *Anesthesiology*, 27, 98, 1960.
- 6) 後藤康之ほか：換気仕事量の連続的測定法の確立とその麻酔における応用 1, 麻酔 16, 101, 1967, 2, 16, 632, 1967.
- 7) Hamiltan, L.H. : Gas Chromatography for Respiratory and Blood Gas Amalysis Ann, New York Acad. Sci., 102, 15, 1962.
- 8) 伊福部仁ほか：犬の全身麻酔に関する臨床学的研究 IX クロルプロマジンの前投与とバルビタール系麻酔剤による麻酔法, 日獣会誌, 19(臨)417, 1966.
- 9) 伊東信夫：犬の吸入麻酔に関する研究, エーテル及フロセンの過剰吸入時の血液内酸塩基平衡について, 獣医麻酔, 1, 29-34, 1970.
- 10) Jones, C.S. *et al.* : Analysis of Gases in Blood with the Mass Spectrometer, II., *Anesthesiology*, 14, 490, 1953.
- 11) 城戸良之助ほか：Chlorpromazine の薬理, 塩野義研究所年報, 6, 171-202, 1956.
- 12) 工藤美穂子ほか：ガスクロマトグラフィーによるフローセン濃度測定法, 麻酔: 20, 1015, 1971.
- 13) 黒部光男：肺移植の実験的研究, 北海道医学誌, 39, 36, 1964.
- 14) Larson, C.P. *et al.* : The Solubility of Halothane in Blood Tissue Hcmogenates, 1962,
- 15) 水上源ほか：犬の全身麻酔に関する臨床学的研究 I 麻酔の推移と呼吸運動, 獣畜新, 385, 5, 1964.
- 16) 森棟隆幸ほか：高温作業に関する実験的研究 (肺機能に関する実験) 交通医学, 12, 23, 1958.
- 17) Nigvo, S.L. *et al.* : Alterations in Cardiopulmonary physiology Following autotransplantation of Thelung. *Surg. Forum.* 12, 56, 1961.
- 18) 大鹿道子ほか：ガスクロマトグラフィーによる揮発性麻酔剤の血中濃度の測定法, 2, 麻酔, 14, 217, 1965.
- 19) Rutledge, C.O. *et al.* : Analysis of halothane in gas and blood by gaschromatography, *Anesthesiology*. 45, 862, 1963.
- 20) 斉藤公男ほか：ガスクロマトグラフィー内部標準法による血中エーテル, フローセン, ペントレンの直接測定について, 麻酔, 24, 332, 1975.
- 21) 佐藤 敬：犬の全身麻酔に関する研究, バルビタール系麻酔剤の投与による麻酔時の心拍間隔について, 日農獣報, 14, 11-20, 1961.
- 22) 佐藤 敬：犬の全身麻酔に関する研究, 東獣畜学誌, 12, 51-105, 1962.
- 23) 佐藤 敬：犬のエーテル麻酔に関する研究 (特に麻酔時の呼吸機能について) 日獣学誌, 28 (学) 506, 1966.
- 24) 佐藤 敬ほか：小動物に対するバルビタール系麻酔剤の使い方, 獣医麻酔, 1, 42, 1970.
- 25) 佐藤 敬：犬の臨床麻酔, (文永堂) 116-127, 1971.
- 26) 佐藤 敬：新しいエーテル気化器とその臨床, 獣医麻酔, 9, 31, 1978.
- 27) 佐藤 敬ほか：犬のエーテル麻酔に関する研究, 獣医麻酔, 9, 17, 1978.
- 28) 佐藤 進：平衡法による血中吸入麻酔剤の定量に関する研究, 麻酔, 14, 461, 1965.
- 29) Stephen, J.G. : Measurment of Inert Gases in Blood by Gas chromatographo, Ann. New York Acad. Sci. 102, 4, 1962.
- 30) 田村治夫ほか：血中 Gas の Gaschromatography による定量に関する研究, 麻酔, 20, 605, 1971.
- 31) Whitleridge, D. and Buelbring, E. : Changes in activity of palmonarg receptors in anesthesia and Thier influence on respiratory behaviour, J. Phamacol & Exper. Therap, 81, 340, 1944.
- 32) 山村秀夫：目でみる麻酔, (南江堂) 3-55, 1973.