

Cyclopropane 麻酔による低体温法の実験的研究

(特に循環および呼吸機能の変化について)

金沢大学医学部第二外科学教室(主任 本庄一夫教授)

横 川 正 男

(昭和40年7月30日受付)

本論文の要旨は1964年7月第11回日本麻酔学会総会において、またその一部は1963年12月第4回日本麻酔学会関西地方会総会および1964年5月第5回日本麻酔学会関西地方会総会において発表した。

組織の代謝を減少させて血流遮断時間の延長を目的とした低体温法は1949年 McQuiston¹⁾により初めて臨床的に試みられたが、1950年 Bigelow ら²⁾は低体温下に15分間の心流入血遮断後の蘇生に成功し、dry field における開心術の可能性を示した。ひきつづき Lebis & Taufic (1953)⁴⁾, Swan (1953)⁵⁾, 1955⁶⁾, 1959⁷⁾, Bailey (1954)⁸⁾, Fisher (1955)⁹⁾, 渡辺 (1958)¹⁰⁾, 福慶(1960)¹¹⁾らにより数多くの研究がなされ、一方 Laborit (1952)¹²⁾, Huguenard (1952)¹³⁾らはいわゆる冬眠法として自律神経系の反射を抑制し、shock に対し抵抗を強めんとする研究を発表した。その結果低体温法は単に心臓外科のみならず大血管¹⁴⁾¹⁵⁾, 脳神経¹⁶⁾および一般外科領域¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾においても広く臨床的に応用されるようになった。

我が国では特に ether 深麻酔・表面冷却による低体温法¹⁰⁾が普及しているが、当教室においては1962年以来逸見²²⁾²³⁾らにより cyclopropane 麻酔による低体温法について実験的並びに臨床的研究が行なわれ、既に良好な成績を得ている。

従来低体温法の研究は冷却・加温法或いは低体温自体の生体におよぼす生理学的な影響を追求するのあまり、麻酔法の問題がなごりにされたうらみがないもなく、殊に cyclopropane 麻酔による低体温法の研究はほとんど行なわれておらない。cyclopropane は常温麻酔時には心筋の能力を抑制することなく²⁴⁾, 同時に末梢循環を良好に保ち²⁵⁾, 呼吸器に対しては気道の分泌を抑制し²⁶⁾, また肝²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾, 腎³⁰⁾³¹⁾³²⁾など重要臓器の器質的および機能的な障害をもたらすことがすくなく、その上麻酔の stage (深さ)を調節することが容易である³³⁾。かかる長所を低体温時においても発

揮するならば極めて好都合であるが、一方 cyclopropane の欠点——例えば心筋の被刺激性の昂進³⁴⁾³⁵⁾, 呼吸の抑制³⁶⁾³⁷⁾等——が低体温下の生体にどのように作用するか、またもし悪影響があるならばいかにして克服するかということについては未だ詳細な報告をみない。

著者は cyclopropane 麻酔による低体温法について行なわれた研究のうち循環および呼吸機能の面を実験的に追求し、若干の知見を得た。

実験方法

被験犬を cyclopropane (以下Cと略記する)麻酔下に低体温に導入し、冷却前並びに直腸温 30°C および 25°C の条件にて循環および呼吸機能の変化を測定し、また心臓搏動を停止剤の投与により停止させた後これを再開させるのに必要な操作およびその成功の度合を検討し、且つ ether (以下Eと略記する)麻酔の群において同様のことを行なつてその差異を比較した。実験方法の詳細は下記のごとくである。

I 実験動物

被験動物は性別に関係なく体重 6~15 kg の雑種成犬を使用し、実験当日は絶食させた。

II 麻酔法

Premedication は一律に麻酔導入の1時間前に、atropine sulfate 0.3 mg の筋注を行なつた。

C群では succinylcholine chloride (S.C.C.) 5~10 mg 静注後迅速に気管内チューブを経口的に挿管して麻酔器に連結し、調節呼吸を行ないつつC閉鎖間歇投与法により導入しながら自発呼吸の出現を待ち、以後適宜補助呼吸を行なつて深いⅢ期に維持した。麻酔

An Experimental Study of the Hypothermia under Cyclopropane Anesthesia. Masao Yokokawa, Department of Surgery (II) (Director: Prof. I. Honjo), School of Medicine, Kanazawa University.

の stage は hyperventilation による無呼吸を起さないように注意しつつ呼吸の数・大きさを指標として決定し、shivering を防止した²⁶⁾。

E 群では thiamylal 10~20 mg/kg 静注後、C 群と同様の配慮のもとに深い E 麻酔を行なったものについて観察し、この両群を対照比較した。

III 冷却および加温法

いわゆる間接浸漬法により、全身を薄いビニールシートで被覆したまま氷水または約 45°C の温水槽中に浸して冷却および再加温を行なった。直腸温 25°C に至つて冷却を中止し、再加温は直腸温 35°C にとどめた。

なお直腸温は熱電堆温度計により電極の位置を肛門内約 5 cm の部位で測定した。

IV 循環機能測定法

麻酔導入後冷却に先立つて股動脈カテーテルおよび右外頸静脈より静脈カテーテルを挿入して右心房に達し、それぞれ圧測定および sample 採取に供した。また Y 字管を用いて Knipping 氏装置をあらかじめ気管内チューブと麻酔器とに気密に連絡しておき、血液 sample 採取と同時に spirogram を描記した。

Spirogram による O₂ 消費量の実測値は STPD (standard temperatur, standard pressure, dryness) における cc/min/kg に換算した。

血液 sample の O₂ および CO₂ 含有量は Van Slyke-Neill 氏法³⁸⁾により測定した。血液中の C の存在は Orcutt-Waters³⁹⁾により麻酔に使用する濃度では O₂ および CO₂ 測定の正確度に影響をおよぼさないことがすでに証明されているから、これを無視し、また E 存在下の血液ガスの測定は Goldstein 氏法⁴⁰⁾に従つて細心の注意の下に行なつた。

心搏出量は Fick 氏原理により上記の結果得られた諸測定値に基づいて計算した。

$$\text{心搏出量} = \frac{\text{O}_2 \text{ 消費量 (cc/min/kg)}}{\text{動脈血 O}_2 \text{ 含有量 (vol\%)} - \text{混合静脈血 O}_2 \text{ 含有量 (vol\%)}} \times 100 \text{cc/min/kg}$$

また全末梢血管抵抗および左心室仕事量の算定は次式によつた。

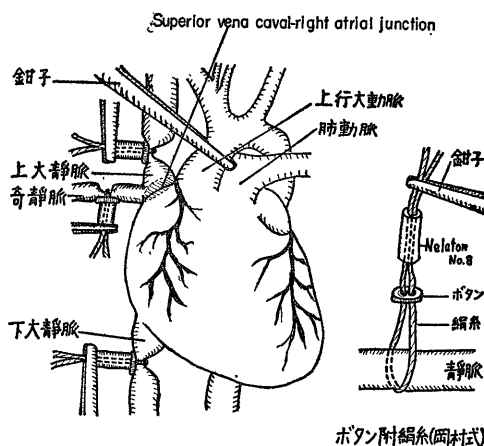
$$\text{全末梢血管抵抗係数} = \frac{\text{平均動脈圧 (mmHg)}}{\text{心搏出量 (cc/sec)}}$$

$$\text{左心室仕事量} = \frac{\text{心搏出量 (cc/min/kg)} \times \text{平均動脈圧 (mmHg)} \times 13.6}{1000} \text{g} \cdot \text{m/min/kg}$$

V 低体温下任意心搏停止とその蘇生法

直腸温 25°C 付近で右第 4 肋間に開胸し、心嚢を開き、図 1 のごとく奇静脈・下大静脈・上大静脈の順にボタン附絹糸⁴¹⁾にて心流入口を遮断し、且つ上行大

図 1 心血流遮断法



動脈基始部を鉗子にて遮断し、直後に Young 氏液^{42) 43) 44)} を冠動脈に注入して心搏を停止させた。Young 氏液は 0.81% potassium citrate と 2.46% magnesium sulfate よりなる。血流遮断時間は心流入口の遮断より解除までの時間をとつた。

血流遮断約 20 分後にこれを解除して直ちに心マッサージを行ない、また 0.2% calcium chloride を左心室へ注入するなどの蘇生法を行なつた。

なお遮断操作前に全例に対して 2% xylocaine による superior vena caval-right atrial junction block を行なつて遮断操作による心室細動を予防^{45) 46)}し、また蘇生法中に心筋の収縮力が不足と思われた症例には胸腔内加温法^{47) 48)}あるいは noradrenalin を使用した。

本実験中は心電図 (四肢一主として第 II 誘導) を適宜記録観察した。

VI 呼吸機能測定法

呼吸数、1 回換気量および分時換気量を前記の、Knipping 氏装置 spirogram より算出し、換気量

の実測値は BTPS (body temperature, ambient pressure, saturated with water vapor) における cc/kg に換算した。

呼吸気 CO₂ 濃度の測定には内径 1.5 mm のポリ

エチレンカテーテルを気管分岐部まで挿入し、これを Liston-Becker infra-red CO₂ gas analyser に接続して継続的に記録し、その終末呼吸をガス分圧 (Pco₂) に換算した。

実験成績

I 循環機能

C群・E群ともに各4頭について実験を行ない、その実測値は表1、表2のごとくであつてそのうちの典型例としてC群のNo.4とE群のNo.9の経過をそれぞれ図2、図3に示した。その詳細につき記述するに次の各項のごとくである。

1. 心搏数および血圧（平均動脈圧）

心搏数の平均値は図4のごとく体温の下降とともに漸次減少し、C群・E群ともに30°Cでは冷却前値の約70%、25°Cでは約50%に減少した。血圧の平均値は図5のごとく30°CまではC群においてさほど低下をみなかつたが、E群では明らかに低値を示した。しかしながら、その後は両群とも同様な態度を示し、急激に下降して25°Cにおいてはおのおの冷却前値の約65%に達しほとんど相異を認めなかつた。

2. 動脈血・混合静脈血のO₂・CO₂含有量および動静脈血O₂較差

(この項は呼吸機能とも関係が深いが、心搏出量算出の関係上ここに記載することとし、呼吸との関係については後述する。)

動脈血O₂含有量の平均値は図6のごとくC群では冷却過程を通じて約18 vol%で著変なく、E群では冷却前19.6 vol%のものが、30°Cで18.9 vol%、25°Cで18.3 vol%と温度下降に従つて漸次減少した。混合静脈血O₂含有量は図6のごとく両群はほぼ同値をとり、30°Cでは冷却前値より平均1.5 vol%の増加をみたが、25°Cに至りいくらか減少の傾向を示した。動静脈血O₂較差の平均値は図7のごとくE群では冷却前4.8 vol%であつたものが、30°Cで3.1 vol%、25°Cで2.4 vol%と温度下降に並行して減少したのに反し、C群では冷却前3.6 vol%であつたものが、30°Cで一旦1.8 vol%に減少したのち、25°Cで2.1 vol%とやや増加するのがみられ、両群間のそれは多少趣きが異なつた。

動脈血CO₂含有量の平均値は図8のごとくC群では冷却前45.6 vol%のものが、温度下降に従つて漸次増加して30°Cで49.3 vol%、25°Cで51.4 vol%となつた。E群では冷却前36.5 vol%のものが、30°Cで39.0 vol%、25°Cで43.6 vol%といずれも体温の下降とともに増加したが、C群はE群より常に高値を示した。静脈血CO₂含有量においても同様の傾向であり、C群では冷却前47.1 vol%、30°Cで50.3

表1 C群における循環機能実測値

実験 番号 No.	体 重 kg	直 腸 温 °C	心 搏 数 /min	平均 動脈 圧 mm Hg	血液ガス含有量 vol%				動 静 脈 血 O ₂ 較 差 vol%	O ₂ 消 費 量 cc/ min/ kg	分 時 心 搏 出 量 cc/kg	1 回 心 搏 出 量 cc/kg	分 時 左 心 室 仕 事 量 g·m/ kg	1 回 左 心 室 仕 事 量 g·m/ kg	全 末 梢 血 管 抵 抗 係 数
					動 脈		混 合 静 脈								
					O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂							
4	9.0	40	108	120	18.0	46.3	14.4	49.9	4.6	7.7	188	1.73	273	2.47	4.26
		30	85	105	18.0	51.0	16.0	53.1	2.0	3.1	153	1.80	218	2.57	4.58
		25	60	70	17.7	54.6	15.7	55.9	2.0	2.0	98	1.63	80.0	1.33	4.75
5	10.0	38	136	105	22.1	43.1	18.1	44.9	4.0	9.9	247	1.83	353	2.59	2.55
		30	104	95	19.7	47.5	18.0	48.9	1.7	4.4	232	2.23	230	2.88	2.46
		25	72	65	19.2	49.2	16.5	50.5	2.7	3.3	109	1.51	96.4	1.34	3.58
10	6.0	36	144	120	15.3	43.2	12.5	46.1	2.8	5.9	212	1.47	346	2.40	5.66
		30	115	105	18.2	46.7	16.9	48.9	1.3	2.4	184	1.60	263	2.28	5.71
		25	84	85	17.6	48.5	15.4	50.6	2.2	2.0	89	1.06	103	1.22	9.55
14	7.0	38	180	130	15.8	49.9	12.9	47.5	2.9	7.2	246	1.37	435	2.42	4.30
		30	105	110	15.8	51.8	13.7	50.1	2.1	3.5	167	1.59	250	2.38	5.65
		25	80	90	17.4	53.1	15.9	51.8	1.5	1.5	108	1.35	132	1.65	7.14
平均 値 (下段は 冷却前値 に対する 百分率)		冷却前	142	119	17.8	45.6	14.5	47.1	3.6	7.7	223	1.60	353	2.47	4.19
		30	102	104	17.9	49.3	16.2	50.3	1.8	3.4	184	1.81	240	2.53	4.60
		25	74	78	18.0	51.4	15.9	52.2	2.1	2.2	101	1.39	103	1.39	6.26
									100	100	100	100	100	100	
									44	83	113	68	102	110	
									29	45	87	29	56	149	

表2 E群における循環機能実測値

実験 番号 No.	体 重 kg	直 腸 温 °C	心 搏 数 /min	平均 動脈 圧 mm Hg	血液ガス含有量 vol%				動 静 脈 血 O ₂ 較 差 vol%	O ₂ 消 費 量 cc/ min/ kg	分 時 心 搏 出 量 cc/kg	1 回 心 搏 出 量 cc/kg	分 時 左 心 室 任 事 量 g·m/ kg	1 回 左 心 室 任 事 量 g·m/ kg	全 末 梢 血 管 抵 抗 係 数			
					動 脈		混 合 脈											
					O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂										
2	10.0	39 30 25	140 120 80	120 100 80	21.3	41.5	17.2	45.6	4.1	7.4	180	1.29	294	2.10	4.00			
					20.6	43.0	17.7	45.9	2.9	3.3	114	0.95	155	1.29	5.26			
					20.2	46.1	17.8	49.0	2.4	2.0	83	1.04	90.3	1.14	5.78			
3	6.0	37 30 25	120 100 60	100 90 70	19.2	36.2	14.2	40.3	5.0	10.7	214	1.78	291	2.42	4.67			
					18.9	39.5	16.0	42.4	2.9	4.3	148	1.48	181	1.81	6.08			
					18.7	43.1	16.1	45.7	2.6	2.7	104	1.73	99.0	1.65	6.73			
9	6.5	37.5 30 25	180 110 60	110 100 70	18.8	30.8	13.9	33.2	4.9	10.6	215	1.19	322	1.79	4.72			
					17.4	31.2	14.8	33.3	2.6	3.5	135	1.23	184	1.67	6.84			
					16.9	38.3	14.7	39.3	2.2	1.9	85	1.41	80.9	1.35	7.60			
17	7.5	39 30 25	220 120 75	100 80 70	19.1	37.6	13.9	43.0	5.2	9.4	181	0.82	246	1.12	4.42			
					18.8	41.6	15.0	45.2	3.8	4.1	108	0.90	118	0.98	5.95			
					17.2	46.9	14.7	49.0	2.5	2.2	88	1.17	80.3	1.12	6.36			
平均 値 (下段は 冷却前値 に対する 百分率)		冷却前	165 100	108 100	19.6	36.5	14.8	40.5	4.8	9.5	198	1.27	288	1.86	4.45			
					30	113 69	93 86	18.9	39.0	15.9	41.7	3.1	3.8 40	126 64	1.14 90	160 56	1.31 70	6.03 135
					25	69 42	73 68	18.3	43.6	15.8	45.8	2.4	2.2 23	90 45	1.34 106	88.5 31	1.32 71	6.62 149

図2 循環機能の観察経過 —C麻酔の1例—
括弧内数値は冷却前値に対する百分率

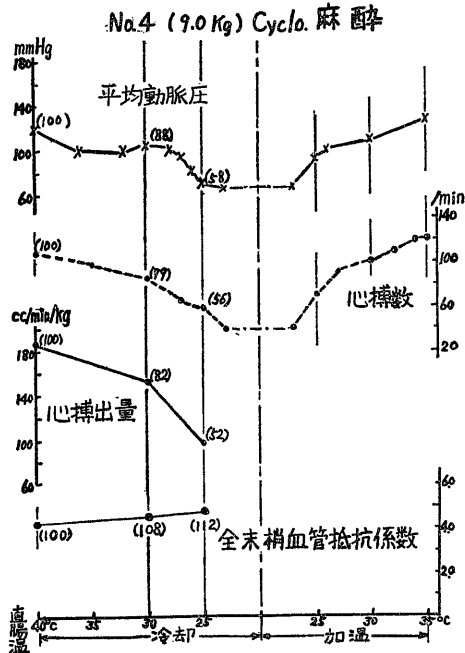


図3 循環機能の観察経過 —E麻酔の1例—
括弧内数値は冷却前値に対する百分率

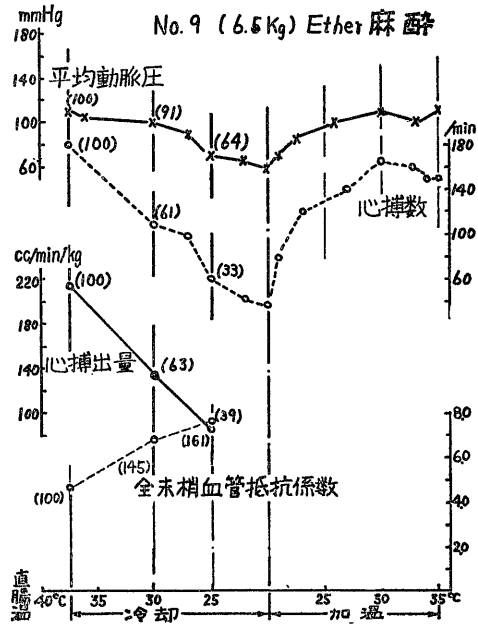


図4 心 搏 数

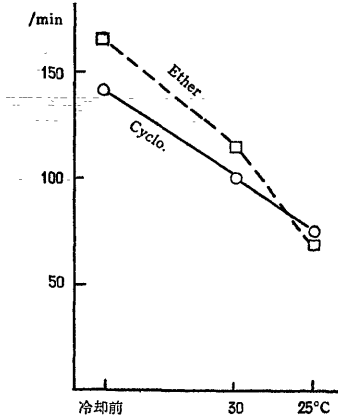


図5 平均動脈圧

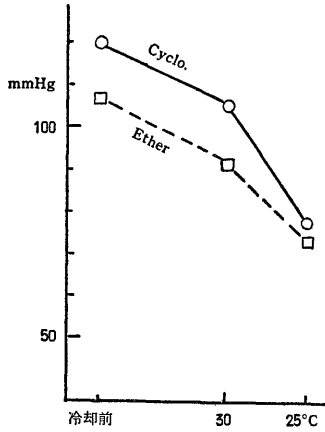


図6 血液 O₂ 含有量

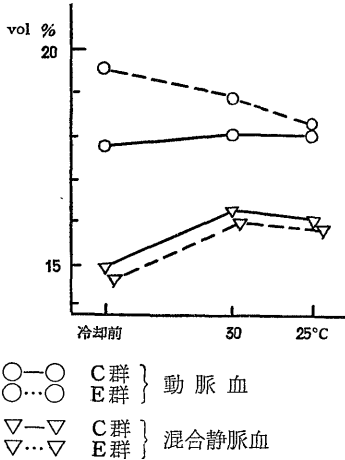


図7 動静脈血 O₂ 較差

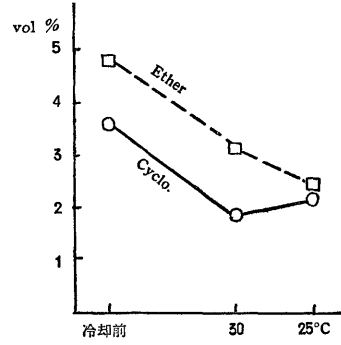
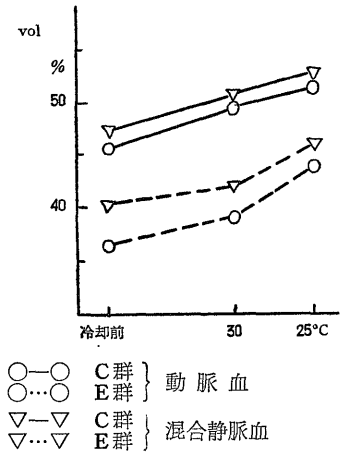


図8 血液 CO₂ 含有量

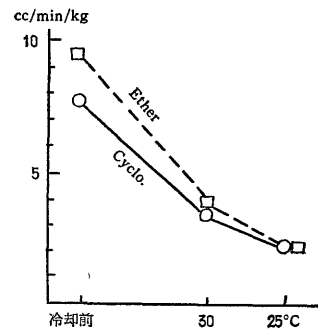


vol%, 25°C で 52.2 vol% であつた. E群では冷却前 40.5 vol%, 30°C で 41.7 vol%, 25°C で 45.8 vol% となり, C群はE群に比較して冷却前 6.6 vol%, 30°C では 8.6 vol%, 25°C では 6.4 vol% の高値を示した.

3. O₂ 消費量

O₂ 消費量の平均値は 図9 のごとく C群では冷却前

図9 O₂ 消費量



7.7 cc/min/kg のものが、30°C で冷却前の 44%、25°C で同じく 29% と急激に減少した。E 群では冷却前 9.5 cc/min/kg と C 群より多少高値を示したが、冷却後は同様の減少経過をとり、30°C で冷却前の 40%、25°C で同じく 23% に減少し、30°C においては E 群の方がわずかに O₂ 消費量が多いが、25°C においては両群間に差異を認めなかった。

4. 心搏出量

分時心搏出量の平均値は図10のごとく C 群では冷却前 223cc/kg のものが、30°C で冷却前値の 83%、25°C で同じく 45% に減少した。E 群では冷却前 198 cc/kg のものが、それぞれ 64%、45% に減少した。このように C 群では 30°C における分時心搏出量の減少率はすくないが、その後急激に減少し 25°C で両群の分時心搏出量はほとんど等しくなった。

1 回心搏出量の平均値は図11のごとく C 群では冷却前 1.60cc/kg であり、30°C で 1.81cc/kg に増加したが、25°C で 1.39cc/kg に減少した。E 群では冷却前 1.27cc/kg であり、30°C で 1.14cc/kg に減少したが、25°C で 1.34cc/kg に増加した。このように 1 回心搏出量は冷却前すでに C 群が E 群より大きいこと、30°C では C 群では増大するが E 群では減少してその差はますます大きくなるが、25°C では反対に C 群では減少し E 群では増加して両群の差はほとんどなくなることを指摘される。

5. 全末梢血管抵抗

全末梢血管抵抗係数の平均値は図12のごとく C 群では冷却前 4.19 であり、30°C で 10%、25°C で 49% の増加を、E 群では冷却前の 4.45 のものがそれぞれ 35%、49% の増加を示した。C 群では 30°C において抵抗が増大しないことが注目にあたいる。

6. 左心室仕事量

分時左心室仕事量の平均値は図13のごとく C 群では冷却前 357g·m/kg のものが、30°C で 240g·m/kg、25°C で 103g·m/kg と減少し、E 群では冷却前 288 g·m/kg のものが、それぞれ 160g·m/kg、88.5g·m/kg に減少した。このように両群とも温度下降に従って分時左心室仕事量は減少するが、C 群では E 群よりも冷却前および 30°C でいずれも高値を示し、且つ 30°C における減少度はすくないが、25°C では急激に減少して両群の値はほとんど等しくなる。

1 回左心室仕事量の平均値は図14のごとく C 群では冷却前 2.47 g·m/kg のものが、30°C で 2.53 g·m/kg にやや増加したのちに、25°C で 1.39 g·m/kg と急激に減少した。E 群では冷却前 1.86 g·m/kg のものが、30°C で 1.31g·m/kg に減少したが、25°C で

図10 分時心搏出量

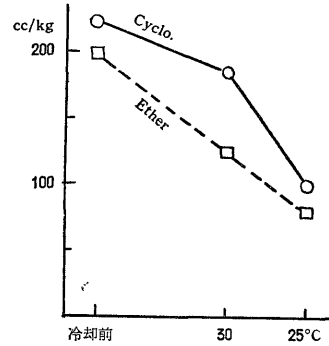


図11 1回心搏出量

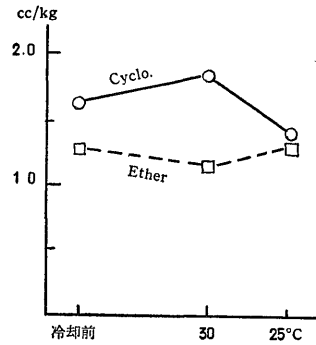


図12 全末梢血管抵抗係数

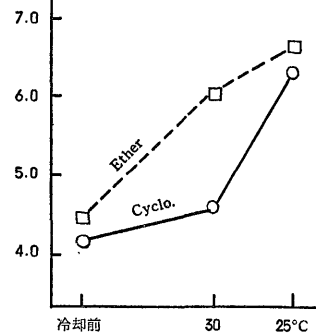


図13 分時左心室仕事量

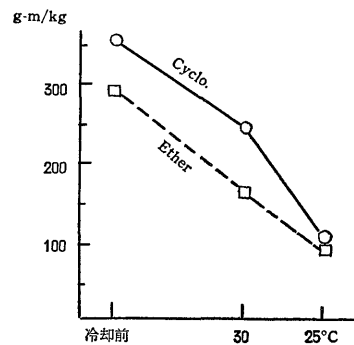
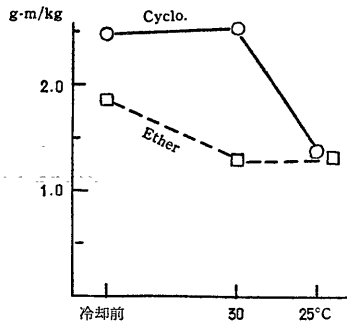


図14 1回左心室仕事量



は $1.32 \text{ g} \cdot \text{m} / \text{kg}$ とほとんど増減をみなかった。このようにC群は冷却前すでにE群より高値であり、 30°C まで横這い傾向であるが、以後急激に減少するのに対し、E群では 30°C までにすでに減少して以後 25°C まではほとんど変化せず、その結果両群の1回左心室仕事量は 25°C のときほぼ同じ値を示した。

小 括

C麻酔による低体温法において 30°C では血圧は良好に維持されており、動静脈血 O_2 較差は著明に減少し、分時心搏出量はほとんど減少せず、1回心搏出量はむしろ増加して1回左心室仕事量も減少することなく、且つ全末梢血管抵抗はほとんど増加しないなどE群よりまさることが観察された。

しかしながら 25°C では血圧は下降し、動静脈血

O_2 較差は増大し、全末梢血管抵抗も増加して心搏出量が減少し、左心室仕事量も減少するなど、C麻酔群とE麻酔群との循環諸測定値の差は失われた。

II 低体温下任意心搏停止とその蘇生法

C群5頭、E群4頭について実験を行なった。直腸温 25°C で冷却を中止して開胸し心血流遮断操作を行なうに、血流遮断時最低直腸温は $22.3 \sim 24.2^\circ\text{C}$ となつた。血流遮断時間は $16 \sim 20$ 分(平均 18 分 40 秒)であつた。その成績は表3、表4のごとくであつて、そのうちの典型例としてC群の No. 20 とE群の No. 17の経過をそれぞれ図15と図16に示した。その詳細を記述するに次の各項のごとくである。

1. 心搏停止の状況

心停止剤は Young 氏液を使用し、完全に心室を静止させるのに要した量はC群で $10 \sim 20 \text{ cc}$ (平均 17 cc)、E群で $15 \sim 20 \text{ cc}$ (平均 16 cc) であつた。

心停止剤注入後心室搏動は速かに停止するが、心房の微小な搏動は比較的永く存続し、その間隔は次第に延長して完全静止までにC群では2分10秒～5分(平均3分10秒)、E群では2分10秒～3分30秒(平均2分50秒)を要した。また心停止に至る状況観察においても両群とも同様の経過をたどり特に差異を認めなかつた。

2. 心搏再開の状況

血流遮断を解除して心搏を再開させる段階において、心マッサージの所要時間はC群では5分～10分

表3 C群における任意心搏停止とその蘇生法の成績

実験番号 No.	体重 kg	最低直腸温 $^\circ\text{C}$	心停止		血流遮断時間	自然搏動出現所要時間	心マッサージ時間	0.2%塩化カルシウム cc	0.1%ノルアドレナリ cc	胸腔内加温	カクカウンターシヨツ	転帰	備考
			剤所要量 cc	所要時間									
15	8	22.3	20	5'00"	20'	7'00"	10'	15	0.5	+	-	生	補助マッサージ中一時心室細動術後28時間死(気胸)
16	9	22.5	10	3'00"	16'	2'30"	5'	25	-	+	-	生	冷却時一時不整脈術後6時間死(胸腔内出血)
18	9	24.0	15	2'30"	20'	7'00"	8'	17	-	+	-	生	長期生存
20	8	24.2	20	2'10"	17'	6'00"	7'	12	-	-	-	生	閉胸時一時P波逆転長期生存
22	10	24.0	20	3'00"	20'	9'30"	10'	12	-	-	-	生	長期生存
平均	8.8	23.4	17	3'10"	18'36"	6'24"	8'	16					

表4 E群における任意心搏停止とその蘇生法の成績

実験番号 No.	体重 kg	最低直腸温 °C	心停止		血流遮断時間	自然搏動出現所要時間	心マッサージ時間	0.2%塩化カルシウム cc	0.1%ノルアドレナリ cc	胸腔内加温	カウンスターション	転帰	備考
			剤所要量 cc	所要時間									
17	7.5	23.0	20	3'00"	18'	11'00"	13'	22	—	+	—	生	長期生存
19	9	24.0	15	2'10"	20'	8'00"	9'	15	—	+	—	生	長期生存
21	7	24.0	15	2'30"	20'	8'30"	9'	12	—	—	—	生	長期生存
23	6.5	23.5	15	3'30"	16'	5'00"	7'	15	—	—	—	生	長期生存
平均	7.5	23.6	16	2'50"	18'30"	8'08"	9'	16					

図15 任意心搏停止とその蘇生経過
—C麻酔の1例—

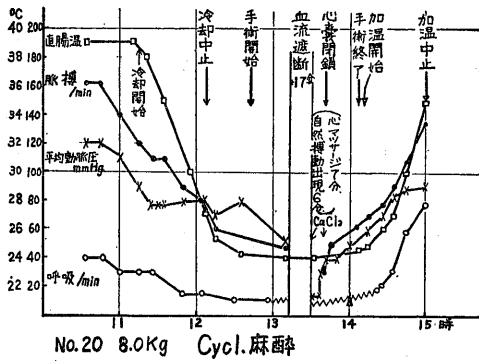


図16 任意心搏停止とその蘇生経過
—E麻酔の1例—

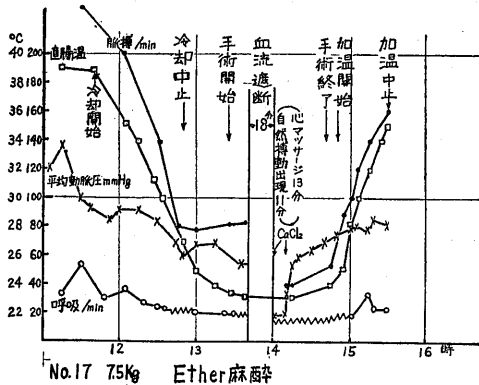
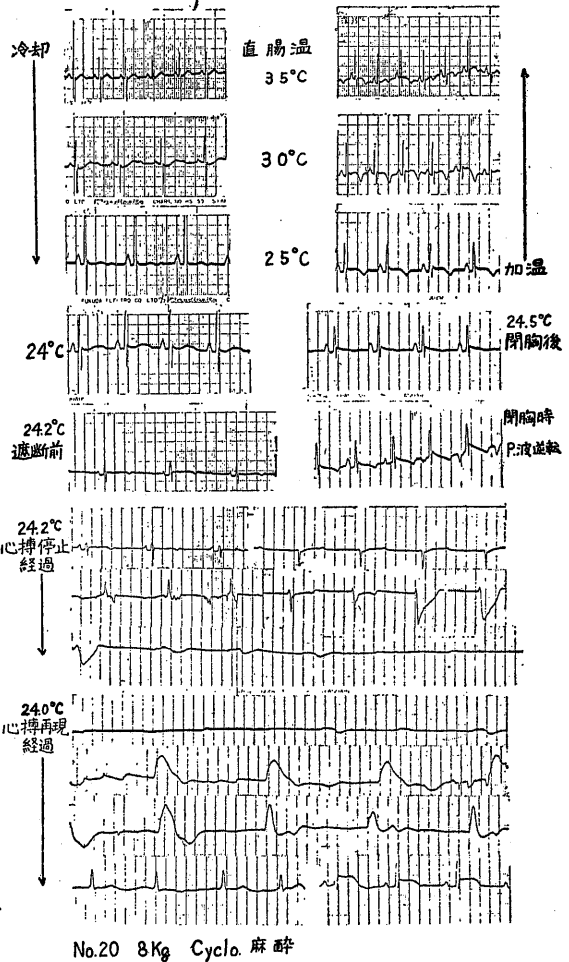


図17 心電図経過 —C麻酔の1例—
(四肢第II誘導)



(平均8分)であり、E群では7分~13分(平均9分)であつた。両群とも全例がマッサージにより短期の心室細動の時期を経て正常収縮に回復した。

CaCl₂はマッサージ中に適宜少量ずつ使用したが心搏の再現促進に有効であり、また心搏再現後も心筋収

縮力の微弱なものに対して追加使用してその増強に有効であった。

Counter shock は一般に必要な認めなかつた。図19のごとくC群中1例が心搏再現直後に心室細動に移行したけれども、マッサージにより間もなく正常搏動に回復し、この場合にも counter shock による除細動の必要がなかつた。

C群中3例、E群中2例に心筋の収縮力を増すために胸腔内加温法を行なつたが、いずれも有効と認められた。残りの胸腔内加温を行なわなかつたものは遮断解除のとき直腸温が23°C以上であり、その必要を認めなかつた。

3. 心搏再開後の経過

心搏再開後血圧は60 mmHg 前後に保たれ、両群とも全例再加温前の閉胸操作が可能であつた。C群中2例が閉胸後血圧減少の傾向を示したが、これは後述の早期死亡例に該当するものであつた。

再加温の経過は概ね冷却過程と対称的であり、35°C

図19 心電図経過 — C 麻醉の1例—
(四肢第II誘導)

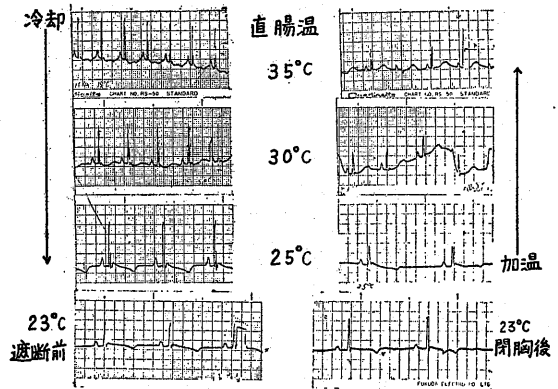
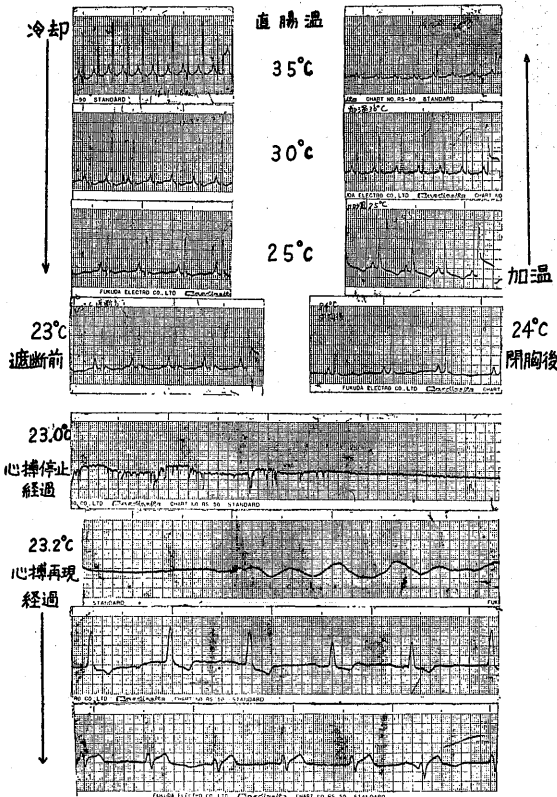
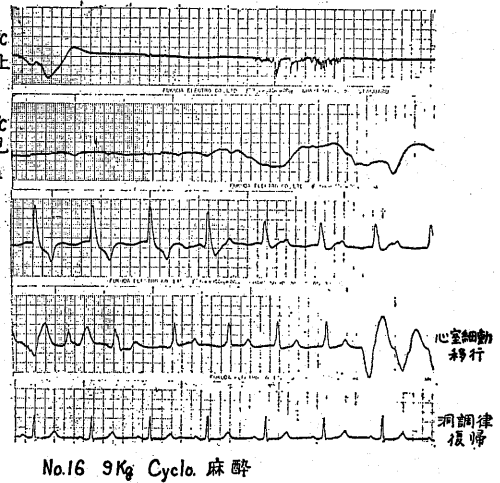


図18 心電図経過 — E 麻醉の1例—
(四肢第II誘導)



No.17 7.5 Kg Ether 麻醉



No.16 9Kg Cyclo. 麻醉

で加温中止後C群では直ちに覚醒して歩行し得るものが多かつたが、E群ではいずれも覚醒に30分以上を要した。

4. 心電図学的所見

心停止およびその蘇生過程における心電図は各症例ごとに異なつた経過をとり、多彩な波形を呈した。それらの1例としてC群の No. 20 とE群の No. 17 の心電図をそれぞれ図17と図18に示した。

一般に蘇生時には初め心室細動或いは不規則な心室性の波形が現われ、それが次第に洞調律にもどつて正常波形に移行するが、ST の下降或いは上昇、Tの平低化・逆転などの乏血性的変化は比較的永く残り、閉胸後まで、ときには加温30°C附近まで存続した。この変化はC群・E群とも同様であつて両群間に特に心電図上差異は認められなかつた。

なおC群では前述の心室細動移行例の他に図17のごとく閉胸時P波の逆転を認めたものが1例あつたが、

ともに一過性で間もなく正常波形に復帰した。

5. 死亡例の検討

実験終了後C群の2例が死亡したが、これは気胸1例および胸腔内出血1例など本法とは無関係の原因によるものであった。

小 括

直腸温 23°C 20分間の単純心血流遮断・任意心搏停止法ではその蘇生にあたり心マッサージを主とし、ときに CaCl₂ の投与 或いは胸腔内加温を加味した通常の蘇生手段により全例成功し、心搏再開の経過において特にその蘇生を困難ならしめるとか術後に障害をもたらすような現象は発生せず、C群・E群の両者間にその差異を認めなかった。

また実験手技上の過誤と思われる気胸、後出血などの死亡原因を除外すれば全例長期生存が可能であった。

Ⅲ 心電図学的考察

1. 冷却・加温に伴う一般の経過

(1) R-R 間隔, P-Q・Q-T 時間

R-R 間隔の平均値は 図20のごとくC群では冷却前0.42秒, 30°C のとき0.59秒, 25°C のとき0.81秒であり, E群では冷却前0.36秒, 30°C のとき0.53秒, 25°C のとき0.86秒と, 両群とも温度の下降に伴って延長したが, 30°C 以下では延長の度合が急激になった。

P-Q 時間の平均値はC群では0.09秒, 30°C のとき0.13秒, 25°C のとき0.16秒であり, E群ではそれぞれ0.08秒, 0.11秒, 0.14秒であつて, 両群とも同様に

温度下降に伴って延長した。

Q-T 時間の平均値はC群では冷却前0.20秒, 30°C のとき0.29秒, 25°C のとき0.43秒であり, E群ではそれぞれ0.16秒, 0.23秒, 0.38秒であつて, 両群とも温度下降に伴って延長し, その延長態度は R-R 間隔のそれに類似傾向を示した。

以上のごとく温度の下降に伴ない各時間要素の延長が認められるが, 加温過程では冷却過程とほぼ対称的に温度の上昇に伴ない両群とも同様に各時間は短縮して冷却前の状態に回復することが観察された。

(2) 波形の変化

P波の高さは 図21のごとくC群では平均冷却前0.25 mV, 30°C のとき0.30 mV, 25°C のとき0.40 mVであり, E群ではそれぞれ0.25 mV, 0.37 mV, 0.42 mVであつて, 両群いずれも温度の下降に従って波高は増大し, 25°C 付近で最大となるがその後は減少傾向を示した。C群中1例 図19のごとく 23°C 付近でP波の軽度の分裂を認めたもの, また前述のごとく1例 24°C 付近でP波の逆転を認めたものがあつた。

R波の高さはC群では平均冷却前1.6 mV, 30°C のとき1.7 mV, 25°C のとき2.2 mVであり, E群ではそれぞれ1.65 mV, 1.7 mV, 1.9 mVであつて, 両群いずれも温度の下降に伴って波高の増大がみられた。25°C 以下になると波高の減少傾向があらわれ, 時に 図19のごとく軽度の結節を認めることがあつた。ST は両群とも冷却過程の 25°C まではあまり変化を示さないが, 25°C 以下および加温初期に上昇或いは下降を認めることがあつた。

図20 心電図各時間要素の変化

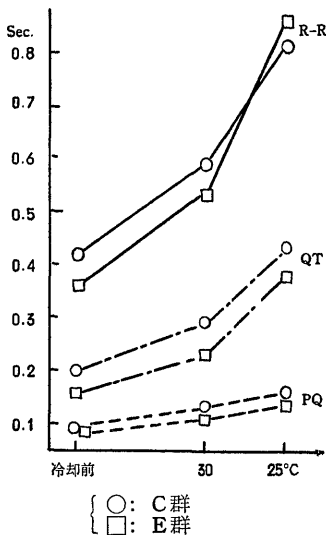
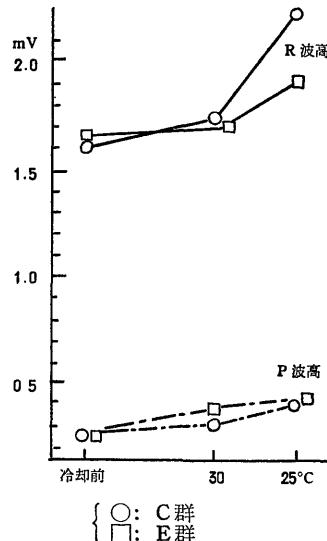


図21 心電図波高の変化



T波は温度の下降に伴って平低化し、25°C 附近より2相性或いは陰性となり、電位の低下が認められた。

以上の波形の変化はいずれも加温により正常波形にもどる可逆性の変化であり、また両群間に著しい差異を認めなかつた。

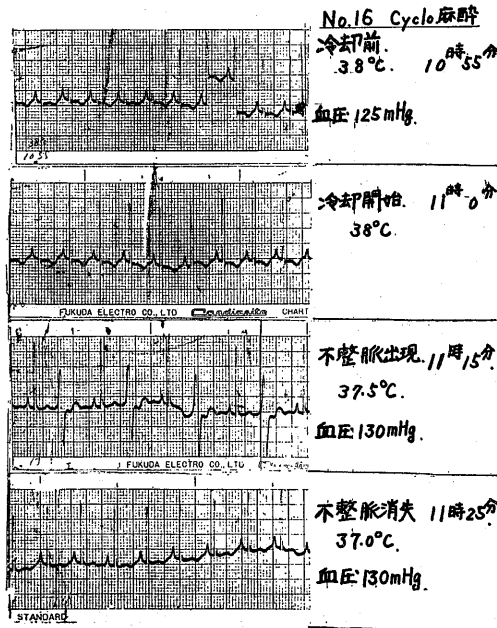
2. 調律の変化

前記の蘇生実験における心搏再開直後に発生した心室細動例のほか、図22のごとくC群中の1例に冷却直後心室性期外収縮を一過性に認めた以外には冷却・加温中に心室細動、A-V block等の調律異常を認めなかつた。

小 括

心電図上の各種時間要素および波形などの体温下降に伴う一般的な変化は両群とも同様な経過をたどるが、再加温によつて復元する可逆性の変化であり、またC群の方がE群よりも異常波ないし不整脈の出現がいくらか多かつたが、いずれも一過性で間もなく正常に復帰し、特に低温操作に支障をきたすものはあらわれなかつた。

図22 冷却時に発生した期外収縮 (四肢第II誘導)



IV 呼吸機能

C群・E群とも各4頭について実験を行ない、その実測値は表5、表6のごとくであつて、その詳細について次の各項に記述する。

1. 呼吸数

呼吸数はC群では図23のごとく冷却前13~23/分(平均17/分)であつたものが体温の下降に伴って漸減し、30°Cで前値の60%に、25°Cで同じく44%に減少し、一方E群では冷却前15~30/分(平均23/分)であつたものが、それぞれ72%、37%に減少した。

表5 C群における呼吸機能実測値

実験番号	体重 kg	直腸温 °C	呼吸数 /min	1回換気量 cc/kg	分時換気量 cc/kg
4	9.0	40	23	11.6	267
		30	14	9.0	126
		25	11	2.8	31
5	10.0	38	18	21.0	378
		30	9	16.3	147
		25	8	11.2	90
10	6.0	36	12.7	25.0	318
		30	7.3	25.0	183
		25	4	19.2	77
14	7.0	38	15	18.5	278
		30	11	17.5	193
		25	7	10.7	75
平均値 (下段は冷却前値に対する百分率)	冷却前	17.4	19.0	327	
		100	100	100	
		30	10.3	17.0	175
百分率)	25	7.5	11.0	83	
		44	58	25	

表6 E群における呼吸機能実測値

実験番号	体重 kg	直腸温 °C	呼吸数 /min	1回換気量 cc/kg	分時換気量 cc/kg
2	10.0	39	20	19.9	398
		30	18	11.8	212
		25	14	9.8	137
3	6.0	37	15	22.4	337
		30	15	14.1	222
		25	5	12.5	63
9	6.5	37.5	27	17.1	462
		30	15	13.1	197
		25	5	9.4	47
17	7.5	39	30	16.5	495
		30	18	13.3	240
		25	10	10.8	108
平均値 (下段は冷却前値に対する百分率)	冷却前	23.0	18.4	423	
		100	100	100	
		30	16.5	12.9	213
百分率)	25	8.5	10.5	89	
		37	57	21	

このようにC群における呼吸数はE群に比較して一般にすくないが、温度下降に伴う減少の割合は両群とも同様であった。

2. 換気量

1回換気量の平均値は図24のごとくC群では冷却前19.0cc/kg、30°Cで17.0cc/kg、25°Cで11.0cc/kgであり、またE群ではそれぞれ18.4cc/kg、12.9cc/kg、10.5cc/kgと、いずれも温度下降に伴ない減少したが、1回換気量はC群の方が常にやや多かった。

図23 呼吸数

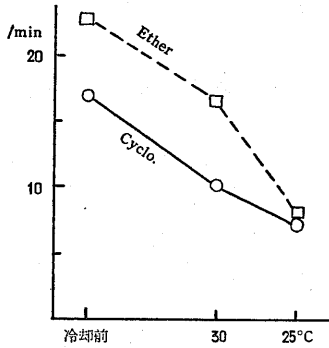


図24 1回換気量

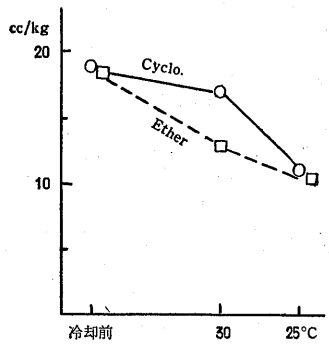
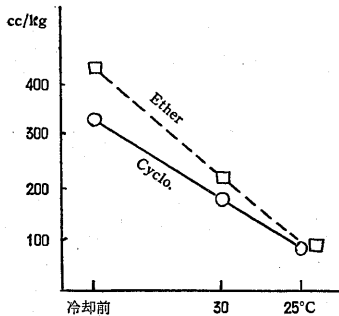


図25 分時換気量



分時換気量の平均値は図25のごとくC群では冷却前327cc/kg、30°Cで175cc/kg、25°Cで83cc/kg、またE群ではそれぞれ423cc/kg、213cc/kg、89cc/kgであり、両群とも温度の下降に伴ない著明な減少傾向を示した。但しC群はE群に比べて常に換気量はすくなく、冷却前にはE群の77%、30°Cでは同じく82%、25°Cでは同じく93%に相当した。

3. 終末呼気 CO₂ 分圧

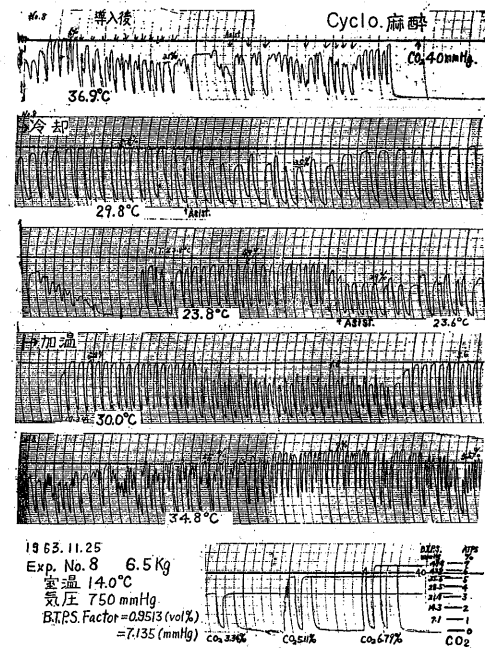
Infra-red CO₂ gas analyser による呼吸気 CO₂ 濃度実測の典型例を図26、図27、図28に示した。これらの終末呼気 CO₂ 分圧につき詳述すれば次のごとくである。

終末呼気 CO₂ 分圧は図26のごとく自発呼吸時C群では冷却前45 mmHg 前後のものが、体温の下降に伴って減少し30°Cで40mmHg、25°Cで35mmHgとなった。E群では図27のごとく冷却前42mmHg 前後のものが、30°Cで35mmHg、25°Cで30mmHgに減少した。このようにC群はE群より同一温度条件で一般に5 mmHg 程度高値を示していたが、C群でも補助呼吸を充分行なえば図28のごとく終末呼気 CO₂ 分圧は40mmHg 以下に保つことができた。

なお加温過程では両群とも冷却過程に比べて同一温度条件でそれぞれ約5mmHg 宛高値を示した。

図29は以上の終末呼気 CO₂ 分圧の関係を模式図的にあらわしたものである。

図26 呼吸気 CO₂ 濃度実測図 —C麻酔の1例—



小 括

C群では 30°C で分時換気量がE群の約 80% に抑制されていたが、これは呼吸数の減少に基づくものであつて、1回換気量はE群よりもむしろ大であつた。

図27 呼吸気 CO₂ 濃度実測図
—E 麻醉の 1 例—

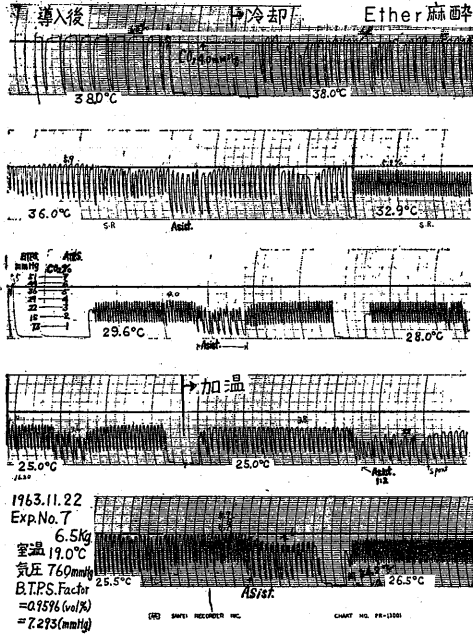
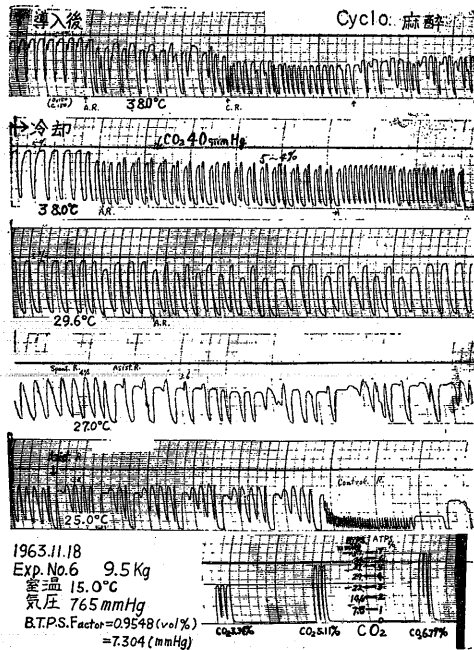


図28 呼吸気 CO₂ 濃度実測図
—C 麻醉の 1 例—

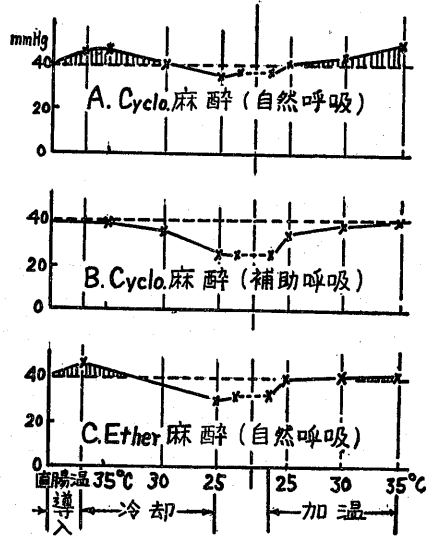


25°C に至れば両群とも同様に呼吸は甚だしく抑制されてその差はすくなくなつた。

終末呼気 CO₂ 分圧においても C群はE群より終始 5mmHg 程度の高値を示していたが、この場合でも 2 ないし 3 回に 1 回程度の間歇陽圧補助呼吸を行なうことにより CO₂ 分圧を容易に減少させることを確認した。

前記 (表 1, 表 2, 図 8) のごとく血液 CO₂ 含有量は温度下降に伴なつて漸増の傾向を示し、且つ C群は E群よりも明らかに多量であつたことは本節の結果を反映するものと思われる。

図29 終末呼気 CO₂ 分圧



考案並びに総括

低体温法は組織の代謝を低下させていわゆる内部環境を調整し、hypoxia 等の侵襲が生体に与える stress を緩和するところに大きい意義を有する。生体の O₂ 消費量は温度下降に伴なつて減少することは⁴⁹⁾すでに一般に認められており、その際麻酔の深さを適正に維持して細小血管の収縮に由来する温度勾配の unbalance や shivering 等の冷却に伴う過剰防衛反射を防止することは重要な注意事項である⁵⁰⁾⁵¹⁾⁵²⁾⁵³⁾⁵⁴⁾⁵⁵⁾。しかしながらかかる特殊環境においては O₂ 消費量が正確に組織の O₂ 需要量に一致するかは問題の存するところであつて、末梢循環の障害⁵⁵⁾⁵⁶⁾、hemoglobin の O₂ 解離曲線の左方移動⁵⁴⁾⁵⁷⁾⁵⁸⁾、或いは細胞内の呼吸酵素系の抑制⁵⁹⁾等によつて、動脈血の O₂ 飽和が充分であつても細胞内への O₂ 授受が必ずしも満足されているとは限らない。事実、prolonged

hypothermia の研究⁶⁰⁾⁶¹⁾⁶²⁾⁶³⁾⁶⁴⁾⁶⁵⁾において生体の機能並びに組織の障害が認められ、その有力な原因の一つとして組織の chronic hypoxia があげられている。acute hypothermia ではこういう障害は一般に軽く且つ可逆的であつてあまり問題にされていない⁶⁰⁾⁶¹⁾⁶²⁾⁶⁴⁾⁶⁶⁾が、多少とも器質的疾患を伴なっている場合にはこういう要因に由来した組織の障害が大きくなることは容易に推定される。以上の見地より低体温によつて組織の代謝が低下し、O₂ の需要が減少するにもかかわらず、呼吸・循環機能の改善をはかることは重要な課題といえよう。

Cは1882年 Freund によつて発見されていたが、1929年 Lucas らによつて麻酔効果が認識され、1934年 Waters らによつて初めて人体に麻酔剤として使用されて以来有力な麻酔剤として欧米諸国において急速な普及をとげている⁶⁷⁾。わが国では引火爆発性を必要以上に恐れるのあまり未だ充分に普及していないが、今後次第に広く使用されてくるものと思われる。

Cは常温麻酔では心律動に対する影響のほかには循環系に対して悪影響を与えることのすくないこと⁶⁷⁾が一般に認められている。即ちC麻酔により血圧・心搏出量・心筋収縮力が良好に維持されることはRobbins⁶⁸⁾、Jones⁶⁷⁾、Price⁶⁹⁾⁷⁰⁾⁷¹⁾、Li⁷²⁾、Fisher⁷³⁾、Etsten²⁴⁾⁷⁴⁾らの報告するところである。また毛細血管の拡張⁶⁹⁾、末梢血管の血流増加²⁵⁾⁷⁵⁾⁷⁶⁾が認められ、更には高濃度に酸素が与えられうるのでO₂は末梢組織に充分に供給され、加うるに血圧の上昇作用と相まつてショック、血圧異常低下時などに契用される。

低体温においては一般に血圧および心搏出量は温度の下降に伴なつて減少し⁷⁷⁾⁷⁸⁾⁷⁹⁾⁸⁰⁾、全末梢血管抵抗は増加する²⁾⁷⁷⁾が、本実験においてC麻酔を使用した場合30°C附近まではCの長所が反映して血圧および心搏出量の減少はすくなく循環機能が良好に維持されており、しかも左心室1回仕事量は変化なく心筋収縮力が充分に保たれていることを認めた。しかし25°C附近では血圧、心搏出量および左心室仕事量とも減少してE群との差が失なわれる。これは30°C以下の低温に至ると低体温そのものの影響が強くなり、麻酔剤の特性が充分に発揮されなくなるからであろう。

心律動に関してCは不整脈を誘発しやすいといわれており⁸¹⁾、たしかに日常臨床においてC麻酔が不整脈を起す率は高いようである。本実験中にも例数はすくなく不整脈ないし異常波の出現を認めた。Cは反射性迷走神経性心抑制、即ち洞性徐脈、A-V結節性調律、不完全ないし完全A-V blockなどを誘発しやすいが、belladonna 剤の投与で抑制できる。また hy-

poxia, hypercapnea がCの心臓に対する作用と相乗的に働いて異所調律を惹起することも報告されているところである⁸²⁾⁸⁵⁾。C深麻酔では著者の実験にもみられたように必ず呼吸抑制²⁴⁾³⁷⁾が伴ない、低体温時にはより一層換気量が減少するので、hypoxia 更に hypercapnea が起るおそれがあり、補助呼吸を適正に行なつて充分な換気量を維持すること³⁵⁾⁸³⁾⁸⁴⁾が低体温法においても絶対必要であり、これが不整脈の予防と治療に最も大切な点である。

低体温下任意心搏停止とその蘇生実験ではC麻酔はE麻酔と比べてその蘇生の手技、成功率に差異を認めなかつた事実は注目に値するものである。Etsten⁸⁵⁾⁸⁶⁾²⁴⁾によればC麻酔時の不整脈の出現は動脈血のC濃度とPco₂との増加に関係し麻酔管理をより安全に且つ生理的に行なうための一種の警戒信号であるといわれこの観点では麻酔管理上むしろ便利な徴候ともいえる。著者の実験においてもC麻酔による低体温中の不整脈ないしは異常心電図波はすべて一過性でCの濃度と換気量の適正化をはかることによりすべて除去され、直視下心臓手術の低体温法としても用いられることを示唆している。心血流遮断解除後にはadrenalin, noradrenalin を投与する必要を感ずることもあるので、C麻酔下に心室細動を惹起することが考えられるが著者の実験ではまったくその必要を認めず、また逸見・筑田ら²⁶⁾はadrenalin 投与時にもprocaineにより容易に異常調律を除去しうることを証明しており、また最近開発されたadrenergic β-receptor blocking agent を利用することも考えられ、この点については敢えて問題にするにはおよばないものと考ええる。但し呼吸抑制が必発するのでPco₂はとかく増加する傾向にあり⁸⁷⁾⁸⁸⁾、換気の改善には特に注意を要することを改めて強調したい。

以上C麻酔による低体温法は麻酔深度および換気量の適正維持の2点に関して特に注意深く行なわなければならないが、心機能の評価からみると優秀性が認められ、逸見ら²²⁾の主張してきた肝障害例、呼吸器合併症例その他消化管手術に対する応用のほかに、循環器外科の領域においても更に広く用いられてよい方法と思われる。

結 論

雑種成犬について cyclopropane 低体温法下の循環・呼吸機能の変動について検討を加え、更に ether 低体温法と比較検討の結果次の結論を得た。

(1) 循環機能はすくなくとも30°C附近では血圧、心搏出量、心筋収縮力ともに冷却前に比べて変動が

ほとんどなく、全末梢血管抵抗は増加せず、動静脈血 O_2 較差は減少しており、これらの点を総合すると心機能は良好に保たれているものと判断される。

$25^\circ C$ に至れば血圧、心搏出量、心筋収縮能力ともに減少し、全末梢血管抵抗および動静脈血 O_2 較差が増大して循環機能は低下し、ether 低体温との差は失なわれる。

(2) 低体温下任意心搏停止とその蘇生法についてはその手技は容易であり、且つ成功率も高く、ともに ether 低体温との差異を認めない。

(3) 心電図学的考察では少数例に不整脈および異常波が認められたが、麻酔監理を適正化することにより容易に克服しうる。

(4) 呼吸抑制は常温麻酔時同様顕著であり、肺胞 CO_2 分圧および血液 CO_2 含有量の増加が認められるが、間歇陽圧補助呼吸を適正に行なうことにより充分代償しうる。但し O_2 の動脈血中の濃度は高く、拡散相における障害は認めない。

以上 cyclopropane 麻酔による低体温法は麻酔深度に注意しつつ適当な呼吸の補助を必要とするが、循環機能が良好に保たれるので特に中等度低体温法として推奨すべき方法なることを記述した。

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導、御校閲を賜った恩師 本庄一夫教授に深甚なる謝意を表します。また終始御指導を頂いた逸見稔博士に厚く感謝いたします。

文 献

- 1) Mc Quiston, W. O. : Anesthesiology, 10, 590 (1949).
- 2) Bigelow, W. G., Gallagher, J. C. & Hopps, J. A. : Ann. Surg., 132, 531 (1950).
- 3) Bigelow, W. G., Lindsay, W. K. & Greenwood, W. F. : Ann. Surg., 132, 849 (1950).
- 4) Lewis, F. J. & Taufic, M. : Surgery, 33, 52 (1953).
- 5) Swan, H., Zeavin, I., Holmes, J. H. & Montgomery, V. : Ann. Surg., 138, 360 (1953).
- 6) Swan, H., Virtue, R. W., Blount, S. G. & Kircher, L. T. : Ann. Surg., 142, 382 (1955).
- 7) Swan, H., Kortz, A. B., Davies, D. H. & Blount, S. G. : J. Thoracic Surg., 37, 52 (1959).
- 8) Bailey, C. P., Cookson, B. A., Downing, D. F. & Neptune, W. B. : J. Thoracic Surg., 27, 73 (1954).
- 9) Fisher, B., Fedor, E. J., Lee, S. H., Weitzel, W. K., Selker, R. & Russ, C. : Surg., 40, 862 (1955).
- 10) 渡辺 晃 : 日外会誌, 58, 1675 (1958).
- 11) 福慶逸郎 : 臨床と研究, 37, 621 (1960).
- 12) Laborit, H., Jaulmes, C. & Bénitte, A. : Anesthésie et Analgésie, 9, 232 (1952).
- 13) Huguenard, P. : Anesthésie et Analgésie 9, 240 (1952).
- 14) Hardin, C. A., Reismann, K. R. & Dimond, E. G. : Ann. Surg., 140, 720 (1954).
- 15) Claus, R. H., Junker, R. D., Browning, L. D. & MacFee, W. F. : Ann. Surg., 150, 99 (1959).
- 16) Loughheed, W. M. & Kahn, D. S. : J. Neurosurg., 12, 226 (1955).
- 17) Raffucci, F. L., Lewis, F. J. & Wangenstein, O. H. : Proc. Soc. Exper. Biol. & Med., 83, 639 (1953).
- 18) Bernhard, W. F., McMurrey, J. D. & Curtis, G. W. : New England J. Med., 253, 159 (1955).
- 19) Bernhard, W. F., Cahill, G. F. & Curtis, G. W. : Ann. Surg., 145, 289 (1957).
- 20) Hyndman, W. W. B., Goodall, R. G. W. & Gurd, F. N. : A.M.A. Arch. Surg, 75, 500 (1957).
- 21) Postel, A. H., Reid, L. C. & Hinton, J. W. : Ann. Surg., 145, 311 (1957).
- 22) 逸見 稔・高松 脩・筑田正志 : 麻酔, 11, 645 (1962).
- 23) 逸見 稔・横川正男・筑田正志 : 麻酔, 13, 896 (1964).
- 24) Etsten, B. & Li, T. H. : Brit. J. Anaesth., 34, 884 (1962).
- 25) 逸見 稔・筑田正志 : 十全医会誌, 71, 555 (1965).
- 26) 逸見 稔・高松 脩・筑田正志 : 十全医会誌, 71, 551 (1965).
- 27) Huill, J. T. : Anesthesiology, 11, 567 (1950).
- 28) Fairlie, C. W., Barss, T. P., French, A. B., Jones, C. M. & Beecher, H. K. : New England J. Med., 244, 615 (1951).
- 29) French, A. B., Barss, T. P., Fairlie, C. S., Bengle, A. L., Jones, C. M., Linton, R. R. & Beecher, H. K. : Ann. Surg., 135, 145 (1952).
- 30) Bachmann, L. : Anesthesiology, 16, 939 (1955).
- 31) Burnett, C. H., Gordon, E. B., Shortz, G., Compton, D. W. & Beecher, H. K. : Fed. Proc., 7, 208 (1948).
- 32) Burnett, C. H., Bloomberg, E. L., Shortz, G., Compton, D. W. & Beecher, H. K. : J. Pharmacol. & Exper. Therap., 96, 380 (1949).
- 33) Kety, S. S. : Anesthesiology, 11, 517 (1950).
- 34) Cummings, J. R. & Hays, H.

- W. : *Anesthesiology*, 17, 314 (1956).
- 35) Lurie, A. A., Jones, R. E., Linde, H. W., Price, M. L., Dripps, R. D. & Price, H. L. : *Anesthesiology*, 19, 457 (1958).
- 36) Guedel, A. E. : *Anesthesiology*, 1, 13 (1940). 37) Jones, R. E., Guldman, N., Linde, H. W., Dripps, R. D. & Price, H. L. : *Anesthesiology*, 21, 380 (1960).
- 38) Van Slyke, D. D. & Neill, J. M. : *J. Biol. Chem.*, 61, 523 (1924). 39) Orcutt, F. S. & Waters, R. M. : *J. Biol. Chem.*, 117, 509 (1937). 40) Goldstein, F., Gibbon, J. H., Allbritten, F. F. & Stayman, J. W. : *J. Biol. Chem.*, 182, 815 (1950). 41) 岡村宏・浦沢玲児・斎藤一彦・千葉 淳・瀬川修一・新津勝宏・松谷裕之・佐佐木隆夫・道又 央・細井睦美・阿部 実・中村哲夫・森 寛志・小川島節郎・加藤恵子・松本修 : *胸部外科*, 13, 174 (1960).
- 42) Young, W. G., Sealy, W. C., Brown, I. W., Hewitt, W. C., Callaway, H. A., Merritt, D. H. & Harris, J. S. : *J. Thoracic Surg.*, 32, 604 (1956). 43) Merritt, D. M. H., Sealy, W. C., Young, W. G. & Harris, J. S. : *A. M. A. Arch. Surg.*, 76, 365 (1958).
- 44) Sealy, W. C., Young, W. G., Brown, I. W., Lesage, A., Callaway, H. A., Harris, J. S. & Merritt, D. H. : *A. M. A. Arch. Surg.*, 77, 33 (1958). 45) Radigan, L. R., Lombardo, T. A. & Morrow, A. G. : *Surgery*, 40, 471 (1956). 46) Ribery, A. & Shumacker, H. B. : *Ann. Surg.*, 148, 21 (1958). 47) Kaplan, A. & Fisher, B. : *A. M. A. Arch. Surg.*, 77, 319 (1958). 48) 福慶逸郎・弥政洋太郎・加藤茂雄・雨宮 孝・佐藤太一郎・鈴木康彦・佐竹弘・黒岩常泰・土岡弘通・服部竜夫・牧晃愷・三浦晃・南川 紀・斎藤喜八・早瀬友博 : *胸部外科*, 12, 492 (1959). 49) Bigelow, W. G., Lindsay, W. K., Harrison, R. C., Gordon, R. A. & Greenwood, W. F. : *Am. J. Physiol.*, 160, 125 (1950). 50) Bigelow, W. G., Mustard, W. F. & Evans, J. G. : *J. Thoracic Surg.*, 28, 463 (1954).
- 51) Churchill-Davidson, H. C., McMillan, I. K. R., Melrose, D. G. & Lynn, R. B. : *Lancet*, 2, 1011 (1953). 52) Hegnauer, A. H. & D'Amato, H. E. : *Am. J. Physiol.*, 178, 138 (1954). 53) Dill, D. B. & Forbes, W. H. : *Am. J. Physiol.*, 132, 685 (1941).
- 54) Adolph, E. F. : *Am. J. Physiol.*, 161, 359 (1950). 55) Prec, O., Rosenman, R., Braun, K., Rodbard, S. & Katz, L. N. : *J. Clin. Invest.*, 28, 293 (1949). 56) Lynch, H. F. & Adolph, E. F. : *J. Appl. Physiol.*, 11, 192 (1957). 57) Penrod, K. E. : *Am. J. Physiol.*, 164, 79 (1951). 58) Rosenhain, F. R. & Penrod, K. E. : *Am. J. Physiol.*, 166, 55 (1951). 59) Fisher, E. R., Fedor, E. J. & Fisher, B. : *A. M. A. Arch. Surg.*, 75, 817 (1957). 60) Fisher, B., Russ, C., Fedor, E., Wilde, R., Engstrom, P., Happel, J. & Prendergast, P. : *A. M. A. Arch. Surg.*, 71, 431 (1955). 61) Fedor, E. J., Fisher, B. & Lee, S. H. : *Ann. Surg.*, 147, 155 (1958). 62) Fisher, B., Fedor, E. J. & Lee, S. H. : *Ann. Surg.*, 148, 32 (1958). 63) Caranna, L. J., Neustein, H. B. & Swan, H. : *Arch. Surg.*, 82, 147 (1961).
- 64) Fisher, B., Russ, C. & Fedor, E. J. : *Am. J. Physiol.*, 188, 473 (1957). 65) Knoncker, P. : *Lancet*, 2, 837 (1955). 66) Fuhrman, F. A. & Crismon, J. M. : *Am. J. Physiol.*, 149, 552 (1947). 67) 高橋長雄 : サイクロプロペイン麻酔, 17頁, 克誠堂, 東京 (1957).
- 68) Robbins, B. H. & Baxter, J. H. : *J. Pharmacol. & Exper. Therap.*, 62, 179 (1938). 69) Price, H. L., Conner, E. H. & Dripps, R. D. : *Anesthesiology*, 14, 1 (1953).
- 70) Price, H. L., Jones, R. E., Deutsch, S. & Linde, H. W. : *J. Clin. Invest.*, 41, 604 (1962). 71) Price, H. L., Cook, W. A., Deutsch, S., Linde, H. W., Michalove, R. D. & Morse, H. T. : *Anesthesiology*, 24, 1 (1963). 72) Li, T. H. & Etsten, B. : *Anesthesiology*, 18, 15 (1957). 73) Fisher, C. W., Bennett, L. L. & Allahwala, A. : *Anesthesiology*, 12, 19 (1951). 74) Etsten, B. E., Rheinlander, H. F., Reynolds, R. N. & Li, T. H. : *Fed. Proc.*, 13, 352 (1954).
- 75) Abramson, D. I., Grollmann, A. I. & Schwartz, A. L. : *Anesthesiology*, 2, 186 (1941). 76) Lynn, R. B. & Shackman, R. : *Brit. M. J.*, 2, 333 (1951). 77)

- Edwards, W. S., Tuluy, S., Reber, W. E.,
 Siegel, A. & Bing, R. J. : *Ann. Surg.*, 139,
 275 (1954). 78) Sabiston, D. C., Theilen,
 E. O. & Gregg, D. E. : *Surgery*, 38, 498
 (1955). 79) Jude, J. R., Haroutunian,
 L. M. & Folse, R. : *Am. J. Physiol.*, 190,
 57 (1957). 80) Bullard, R. W. : *Am. J.*
Physiol., 196, 415 (1959). 81) Kurtz, C.
 M., Bennett, J. H. & Shapiro, H. H. : *J.*
A.M.A., 106, 434 (1936). 82) Nickerson,
 M. & Brown, H. O. : *Anesthesiology*, 12,
 216 (1951). 83) Covino, B. G. &
 Hegnauer, A. H. : *Surgery*, 40, 475 (1956).
 84) Sealy, W. C., Young, W. G. & Harris,
 J. S. : *J. Thoracic Surg.*, 28, 447 (1954).
 85) Etsten, B. E. : Personal communication
 (1964). 86) Etsten, B., Reynolds, R. N.
 & Li, T. H. : *Anesthesiology*, 116, 365 (19-
 55). 87) Osbon, J. J. : *Am. J. Physiol.*,
 175, 389 (1953). 88) Otis, A. B. & Jude,
 J. : *Am. J. Physiol.*, 188, 355 (1957).

Abstract

The author carried out a series of experimental studies of the influence of hypothermia on circulatory and respiratory functions under cyclopropane anesthesia in dogs. The obtained results were summarized as follows :

- 1) Cardiac function was well maintained until rectal temperature decreased as low as 30°C, and it was significantly depressed below 30°C to 25°C of rectal temperature.
- 2) Cardiac arrest technique induced arbitrarily and the resuscitation were favourably carried out with great success.
- 3) On E. C. G. study, some abnormal findings could be observed, which were, however, easily overcome.
- 4) Ventilation was also depressed generally at hypothermia. Accordingly, it is absolutely essential to control ventilation adequately under this condition.

Hence, it is assumed that hypothermia under cyclopropane anesthesia is not only little inferior to that under ether anesthesia, but rather suited to the aim of mild hypothermia.