

各種麻酔の循環動態に及ぼす影響に関する研究

昭和34年9月4日 受付

信州大学医学部第一外科教室

(指導：星子直行教授、岩月賢一教授*)

桜井 定夫

Studies on the effect of anesthesia upon circulation

Sadao Sakurai

Department of Surgery, Faculty of Medicine, Shinshu University

(Directors : Prof. N. Hoshiko & prof. K. Iwatsuki)

緒 言

最近麻酔学の急速なる進歩に伴い、心臓内手術や、高度の poor risk の患者に対する外科的処置が漸次可能となつて来た。この際如何なる麻酔法を採用すれば最も適当で、且つ安全に手術を施行し得るかを決定するためには、採用される麻酔剤及び麻酔法が、循環動態に対し如何なる影響を及ぼすかを明かにし、この点に関する充分な知識の上に立つて、始めて麻酔医は患者に最も合理的な麻酔を行うことができる。

各種麻酔法の循環動態に及ぼす影響については、従来種々なる成績が報告され今日尚意見の一致をみない点が少ない。

著者は此の点の解明に資するため、日常しばしば行われるチオペンタール静脈内麻酔、エーテル麻酔、笑気麻酔、サイクロプロペイン麻酔及びフエノチアジソン系薬剤を併用した低体温麻酔の循環動態への影響の中特に、循環血液量、循環赤血球量、循環血漿量、ヘマトクリット値、心搏出量及び循環時間に及ぼす影響を、動物及び臨床例について検討した。

実験方法

1. 実験対象：循環系に疾患のない外科患者及び体重7-13kgの雑種成犬を用いた。

2. 循環血液量測定法：従来 T-1824 色素 (Evans Blue) を用いる Gibson-Evans^① 法が循環血漿量測定法として広く用いられてきたが、この値からヘマトクリット値を用いて間接に求められる循環血球量は、過大に評価されることが一般に認められている。1940年 Hahn^② が放射性同位鉄 Fe^{59} を用いて、循環赤血球量を始めて測定して以来、放射性同位元素は循環血液量の測定に新しい道をひらき、今日迄多くの報告^{③-⑩}がある。しかし放射性同位元素を用いて、各
 東北大学医学部麻酔学教室*

種麻酔の際の循環血液諸量を系統的に測定した報告は未だ殆んど之を見ない。そこで著者は Reid 及び Orr^⑨ の P^{32} 法を若干修正した方法を用いて実験を行った。即ち放射性磷 P^{32} を犬では 50 μ c、人では 100 μ c を滅菌遠心沈澱管にとり、次いで検査対象の静脈より静脈血 10cc をヘパリンの入った滅菌注射器にとり、上記遠心沈澱管に入れる。これを 37°C の恒温槽中にて 30 分間は静止したまま、次いで 30 分間は振盪し乍ら加温する。かかる操作を 2 回繰り返す、遠心沈澱管中の P^{32} を充分赤血球に附着させた後、遠心沈澱して血漿を捨て、生理的食塩水を加えて 10cc とする。再び遠心沈澱して上清を捨てる。この生理的食塩水による赤血球の洗浄操作を 3 回繰り返す。かくして得られた赤血球に、生理的食塩水を加えて元の量の 10cc とする。この赤血球浮游液の 5cc を正確に滅菌注射器にとり、検査対象の静脈内に注射する。この際注射器内に赤血球浮游液の残るのを防ぐため、検査対象の血液を吸引して注射器内を洗い、再び注入する。10 分後滅菌注射器にて 5cc 採血し、そのうち 1cc を放射能測定用の科研製ステンレス試料皿にとり、残りで Winthro-be 管を利用してヘマトクリット値を測定した。

始めに作製した赤血球浮游液の残り 5cc のうち 1cc を、生理的食塩水にて正確に 400 倍に稀釈し、その 1cc を上記試料皿にとる。両試料皿を乾燥してその放射能を科研製の Geiger counter で測定した。循環血液量は次式より計算される。

$$\text{循環血液量(cc)} = \frac{400 \times \text{稀釈赤血球浮游液 1cc の放射能(c/m)}}{\text{全血質料 1cc の放射能(c/m)}} \times \text{注射した量(cc)} \times 400$$

$$\text{c/m : counts/minutes}$$

循環血漿量及循環血球量は、測定されたヘマトクリット値に 0.915 を乗じた修正ヘマトクリット値を用いて算出した。^⑩

3. 循環時間測定法：客観的に正確に血液循環時間を測定するため、著者は Erma の ear-oxygenometer M

型を利用した。^{⑭⑮}人では ear-piece と同側の肘静脈、犬では股静脈より 2% Evans Blue 液 2cc を急速に注入し、注入開始時より ear-oxymeter の指標が変化し始める迄の時間、即ち人では肘-耳時間、犬では股-耳時間を測定した。

4. 心搏出量測定法：心搏出量の測定には従来アセチレンを用いる間接法が行われたが、最近心臓カテテル法が行えるようになって、Fick の直接法が可能となった。しかしこの方法では心臓カテテルを用いて混合静脈血を採る必要があり、操作が繁雑である。Hamilton,^⑯ Etsten 及び Li^⑭は T-1A24 色素 (Evans Blue) を使い、細野^⑮は放射性磷 P³² を用いて心搏出量を測定した。

著者も放射性磷 P³² を使い、稀釈法によつて心搏出量を測定した。循環血液量測定法に於いて詳述したような方法で、P³² の附着した赤血球生理的食塩水浮游液 10cc を予め用意し、犬の股動脈を露出してビニール管を挿入し、動脈血を採血できるよう準備する。予め用意した P³² 附着赤血球浮游液 5 cc を注射器にとり、他側股静脈より 1 秒以内に注入する。注入開始と同時にビニール管を開放し、2 秒間隔でヘパリン加遠心沈澱管に採血する。採血した動脈血は遠心沈澱して血漿を分離し、血球は等量の水を加えて溶血を起させ、その 1 cc を科研製ステンレス試料皿にとり Geiger counter によりその放射能を測定した。予め用意した P³² 附着赤血球浮游液の残りは更に 400 倍に稀釈し、その 1 cc の放射能を測定した。図 1(a) に示す如く血球放射能を片対数グラフの縦軸に、時間を横軸にとると、この濃度曲線の下降脚は一直線即ち指数曲線をなす。この下降脚の一直線は再循環により中断されるが、直線部即ち指数曲線部を外挿することにより、再循環の影響を除き得る。これを直線グラフにプロットすると図 1(b) の如くなる。血球搏出量は次式より求められる。

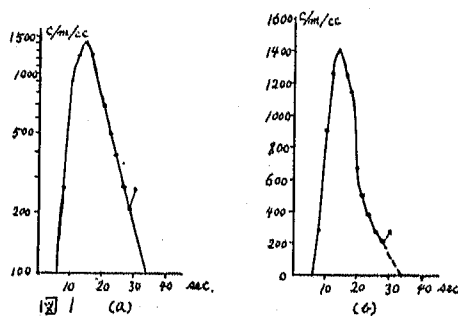
$$I = \int_0^{\infty} CF dt$$

$$F = \frac{I}{\int_0^{\infty} C dt} = \frac{I}{CmT}$$

F : 血球搏出量, C : 血球放射能
I : 注入した血球浮游液の放射能
T : 第一次循環に要する時間
Cm : 第一次循環中の C の平均値

CmT は図 1(b) において放射能濃度曲線と横軸とに囲まれた部分の面積で、これは Planimeter で測定される。動脈血の一部でヘマトクリット値を測定し、血球搏出量をヘマトクリット値にて除して心搏出量を算出した。

図 1 血球放射能濃度曲線



(a): 片対数グラフ

(b): 直線グラフ

縦軸：血球放射能 (counts/min. /cc) 横軸：時間 (sec.)

5. 麻酔法：チオペンタール静脈内麻酔は、チオペンタール (ラボナール) を、人では平均 10mg/kg、犬では 20mg/kg を 2.5% 溶液として使用し、眼球運動消失し、血圧が安定してから測定を行った。この際呼吸抑制による酸素欠乏及び炭酸ガス蓄積を起さぬよう充分注意した。

笑気麻酔は、犬では気管内チューブ挿管に必要な最少量のチオペンタールの筋注によつて眠らせ、気管内チューブを挿管し、循環式麻酔器に接続し、半閉鎖法にて笑気と酸素の比を 1 分間 2ℓ : 0.75ℓ に 30 分間維持して実験を行った。人では麻酔前投薬として、麻酔開始 2 時間前ラボナ 0.1g 内服、1 時間前オピスタン 70mg、アトロピン 0.4mg を筋注し、気管内チューブの挿管は 2.5% チオペンタール溶液 8-10 cc、サクシン 40mg の静注により行った。次いでチューブを循環式麻酔器に接続し半閉鎖法の下に、笑気と酸素を 1 分間 4ℓ : 1.5ℓ の割合で流し、30 分間維持して後に実験を行った。

エーテル麻酔は、犬では笑気と同じくチオペンタールを挿管に必要な最少量筋注して眠らせ、気管内チューブを挿管し、循環式麻酔器を用いて閉鎖法で第 3 期 2 相に 30 分間維持して後実験を行った。人では麻酔前投薬及び挿管は笑気と同様な方法により行い、閉鎖循環式麻酔法にて第 3 期 2 相に 30 分間維持して後実験を行った。

サイクロプロペイン麻酔は、犬では笑気と同じくチオペンタールの筋注により眠らせて挿管し、人では笑気と同様に前投薬及び挿管を行い、閉鎖循環式麻酔法にて第 3 期 2 相に 30 分間維持して後実験を行った。

フェノチアジン系薬剤を併用した低体温麻酔は、クロールプロマジン及び塩酸プロメサジンを夫々 1mg/kg づつ筋注した後、氷嚢で体表面を被い、直腸温を

28°C迄冷却して実験を行つた。この際 Anoxia の影響を除くため挿管して、閉鎖循環式麻酔器で 100% の酸素を吸入させた。以上の実験は何れも 3 例ずつ実施した。

実験成績

1. チオペンタール静脈内麻酔

(1) 循環血液量 表 1(a) (b), 図 2(a) に示す如く循環血液量は、人では平均 4.5cc/kg, 5%, 犬では平均 3.1cc/kg, 2% 減少した。循環血漿量は人では平

均 2.1cc/kg, 4.4%, 犬では平均 3.9cc/kg, 4.5% 増加した。循環赤血球量は人では平均 3.6cc/kg, 10.7%, 犬では平均 6.6cc/kg, 10% 減少し、ヘマトクリット値は人では平均 7%, 犬では平均 3% 減少した。

(2) 循環時間 表 2(a) (b), 図 2(b) に示す如く、人では平均 1.1 秒, 犬では平均 0.7 秒延長した。

(3) 心搏出量 表 3, 図 2(c) に示す如く犬に於ける心搏出量は 30cc/min/kg, 10% 減少した。

即ちチオペンタール静脈内麻酔では血液稀釈と共に、循環時間の延長、心搏出量の減少の傾向が認められた。

人	姓名	年齢	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. / B. W.		C. P. V.		C. P. V. / B. W.		C. R. C. V.		C. P. C. V. / B. W.		Ht × 0.915	
					麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	岩	47	男	46	3713	3610	87.1	78.5	2253	2260	48.9	49.1	1461	1350	31.8	29.3	39.3	37.4
2	折	31	女	46	3980	3860	86.5	83.9	2197	2204	47.8	47.9	1783	1656	38.8	36.8	44.8	42.9
3	嶺	16	女	42	3206	3110	76.3	74.0	1946	2110	44	50.2	1260	1000	30	23.8	39.3	32.1
平均	/	/	/	/	3633	3526	83.3	78.8	2132	2191	46.9	49	1501	1333	33.5	29.9	41.1	34.1

(a)

犬	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. / B. W.		C. P. V.		C. P. V. / B. W.		C. R. C. V.		C. P. C. V. / B. W.		Ht × 0.951	
			麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	♂	10	1500	1480	150	148	869	923	86.9	92.3	631	567	63.1	56.7	42.1	40.3
2	♂	10.5	1545	1500	147.1	142.8	867	895	82.5	85.2	678	605	64.5	57.5	43.9	40.3
3	♀	13	1925	1884	148	144.9	1045	1091	80.3	83.9	880	793	67.6	61	45.7	42.1
平均	/	/	1656	1621	148.3	145.2	927	969	83.2	87.1	729	655	65	58.4	43.9	40.9

(b)

表 1. チオペンタール静脈内麻酔時の循環血液量 C.B.V.: 循環血液量(cc) B.W.: 体重(kg)
C.P.V.: 循環血漿量(cc) C.R.C.V.: 循環赤血球量(cc) Ht × 0.915: 修正ヘマトクリット値(%)
(a) 人に於ける成績 (b) 犬に於ける成績

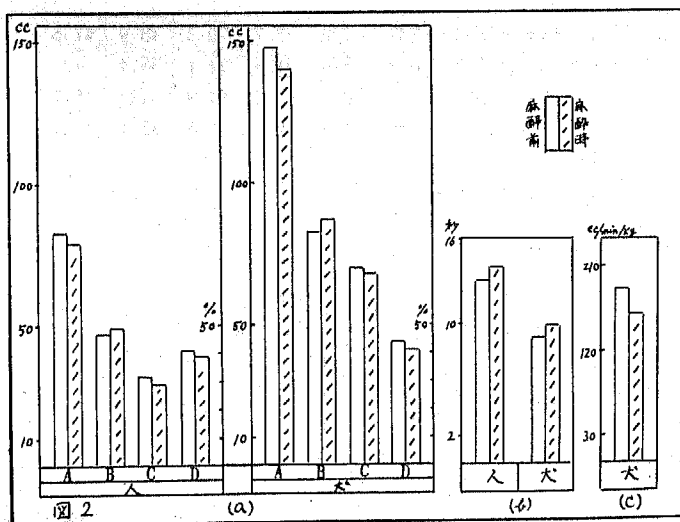


図 2

(a)

(b)

(c)

図 2 チオペンタール静脈内麻酔時の循環血液量、循環時間及び心搏出量 (3 例平均値)

(a) 循環血液量,

A: 循環血液量(cc)
体重(kg)

B: 循環血漿量(cc)
体重(kg)

C: 循環赤血球量(cc)
体重(kg)

D: ヘマトクリット値(%)

(b) 循環時間(秒)

(c) 心搏出量(cc/min/kg)

人	姓名	年齢	性別	体重(kg)	循環時間(秒)	
					麻酔前	麻酔時
1	岩○	47	男	46	13	14.5
2	折○	31	女	46	15	16
3	嶺○	16	女	42	11	11.8
平均	/	/	/	/	13	14.1

(a)

犬	性別	体重(kg)	循環時間(秒)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	10	8.2	9.2
2	♂	10.5	9.5	10.6
3	♀	13	9.7	9.8
平均	/	/	9.1	9.8

(b)

表 2. チオペンタール静脈内麻酔時の循環時間

(a) 人に於ける成績

(b) 犬に於ける成績

2. エーテル麻酔

(1) 循環血液量 表 4 (a) (b), 図 3 (a) に示す如く

人	姓名	年齢	性別	体重(kg)	C.B.V.		C.B.V. B.W.		C.P.V.		C.P.V. B.W.		C.R.C.V.		C.R.C.V. B.W.		Ht×0.915	
					麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	唐○	48	女	47	4050	4333	86.2	92.2	2440	2587	51.9	55	1610	1746	34.2	37.1	37.5	38.4
2	青○	34	女	46	3900	4150	84.8	90.2	2282	2254	49.6	49	1618	1896	35.2	42.2	41.1	45.7
3	上○	32	男	55	3380	3404	61.4	61.9	2013	2066	36.6	37.6	1267	1338	23	24.3	37.5	39.3
平均	/	/	/	/	3776	3962	77.4	81.4	2245	2302	46	47.2	1498	1660	30.8	34.5	38.7	41.1

(a)

犬	性別	体重(kg)	C.B.V.		C.B.V. B.W.		C.P.V.		C.P.V. B.W.		C.R.C.V.		C.R.C.V. B.W.		Ht×0.915	
			麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	♂	10	1452	1536	145.2	153.6	815	834	81.5	83.4	637	702	63.7	70.2	43.9	47.5
2	♀	11	1750	1944	159	176.7	1078	1128	98	102.5	672	816	61.0	74.1	38.4	42
3	♂	10	1511	1789	151.1	178.9	876	970	87.6	97	635	819	63.5	81.9	42	45.7
平均	/	/	1571	1756	151.7	169.7	923	977	89.0	94.3	648	779	62.7	75.4	41.4	44.4

(b)

表 4. エーテル麻酔時の循環血液量

C.B.V.: 循環血液量(cc) B.W.: 体重(kg)

C.P.V.: 循環血漿量(cc)

C.R.C.V.: 循環赤血球量(cc)

Ht×0.915: 修正ヘマトクリット値(%)

(a) 人に於ける成績 (b) 犬に於ける成績

人	姓名	年齢	性別	体重	循環時間(秒)	
					麻酔前	麻酔時
1	唐○	48	女	47	13	10.4
2	青○	34	女	46	15	14
3	上○	32	男	55	15	14.4
平均	/	/	/	/	14.3	12.9

(a)

表 5. エーテル麻酔時の循環時間

犬	性別	体重	循環時間(秒)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	10	11	9.6
2	♀	11	12	8
3	♂	10	8	8
平均	/	/	10.3	8.5

(b)

(a) 人に於ける成績

(b) 犬に於ける成績

表 3. チオペンタール静脈内麻酔時の心搏出量

く、循環血液量は人では平均4cc/kg, 5%, 犬では平均18cc/kg, 11.8%増加した。循環血漿量は人では平均1.2cc/kg, 2.6%, 犬では平均5.3cc/kg, 5.9%増加し、循環赤血球量は人では平均3.7cc/kg, 12%, 犬では平均12.7cc/kg, 20%増加した。即ち循環血球量、血漿量とも増加したが、前者の増加は后者のそれを上廻つた。又ヘマトクリット値は人では平均2.4%犬では平均3%増加した。

(2) 循環時間 表 5 (a) (b), 図 3 (b) に示す如く 人では平均1.4秒, 犬では平均1.8秒短縮した。

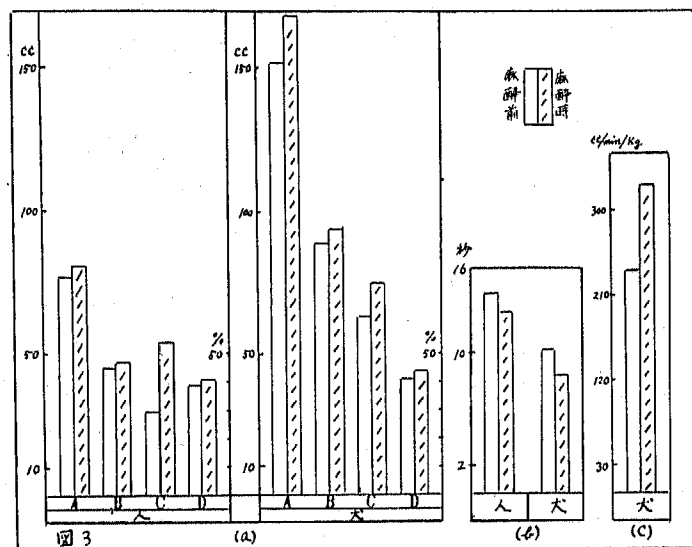


図3 エーテル麻酔時の循環血液量、循環時間及び心搏出量(3例平均値)

(a) 循環血液諸量 A: 循環血液量(cc)/体重(kg)
B: 循環血漿量(cc)/体重(kg) C: 循環赤血球量(cc)/体重(kg)
D: ヘマトクリット値(%) (b) 循環時間(秒) (c) 心搏出量(cc/min/kg)

(3) 心搏出量 表6, 図3(c)に示す如く犬に於て平均 86.4cc/min/kg, 36%増加した。

即ちエーテル麻酔においては、著者の行った麻酔深度では血液濃縮と共に、循環時間の短縮、心搏出量増加の傾向が認められた。

3. 笑気麻酔

(1) 循環血液量 表7(a)(b), 図4(a)に示す如く、循環血液量は人では平均 2.3cc/kg, 2.8%, 犬では平均 12.7cc/kg, 9%増加した。循環血漿量は人では平均で増減なく、犬では平均 0.9cc/kg, 1%の僅かの減少を示した。循環赤血球量は人では平均 1.3cc/kg, 3.9

犬	性別	体重(kg)	心搏出量(cc/min/kg)	
			麻醉前	麻醉時
1	♂	10	238	307.6
2	♀	11	282	351.8
3	♂	10	197.8	317.4
平均	/	/	239.2	325.6

表6. エーテル麻酔時の心搏出量

%, 犬では平均 12.3cc/kg, 22%増加し、ヘマトクリット値は人では平均 0.3%, 犬では平均 3.4%増加した。

人	姓名	年齢	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. B. W.		C. P. V.		C. P. V. B. W.		C. R. C. V.		C. R. C. V. B. W.		Ht × 0.915	
					麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時
1	神○	31	男	63	4660	4737	74	75.2	2871	2867	45.6	45.5	1789	1868	28.4	29.7	38.4	39.3
2	遠○	16	男	42	3860	4048	91.9	96.4	2164	2271	51.5	54.1	1696	1777	40.4	42.4	43.9	43.9
3	山○	58	女	42	3270	3324	77.9	79.1	2044	2078	48.7	49.5	1226	1246	29.1	29.7	37.5	37.5
平均	/	/	/	/	3930	4036	81.2	83.5	2359	2405	49.7	49.7	1570	1630	32.6	33.9	39.9	40.2

(a)

犬	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. B. W.		C. P. V.		C. P. V. B. W.		C. R. C. V.		C. R. C. V. B. W.		Ht × 0.915	
			麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時	麻醉前	麻醉時
1	♂	11	1250	1334	113.6	121.3	736	720	66.9	65.4	514	610	46.7	55.4	41.1	45.7
2	♂	10	1435	1580	143.5	158	832	842	83.2	84.2	603	738	60.3	73.8	42.0	46.7
3	♂	10	1582	1740	158.2	174	1062	1041	106.2	104.1	552	699	55.2	69.9	39.3	40.2
平均	/	/	1422	1551	138.4	151.1	876.7	867	85.4	84.5	556	649	54	66.3	40.8	44.2

(b)

表7. 笑気麻酔時の循環血液量 C. B. V.: 循環血液量(cc) B. W.: 体重(kg)

C. P. V.: 循環血漿量(cc) C. R. C. V.: 循環赤血球量(cc) Ht × 0.915: 修正ヘマトクリット値(%)

(a) 人に於ける成績 (b) 犬に於ける成績

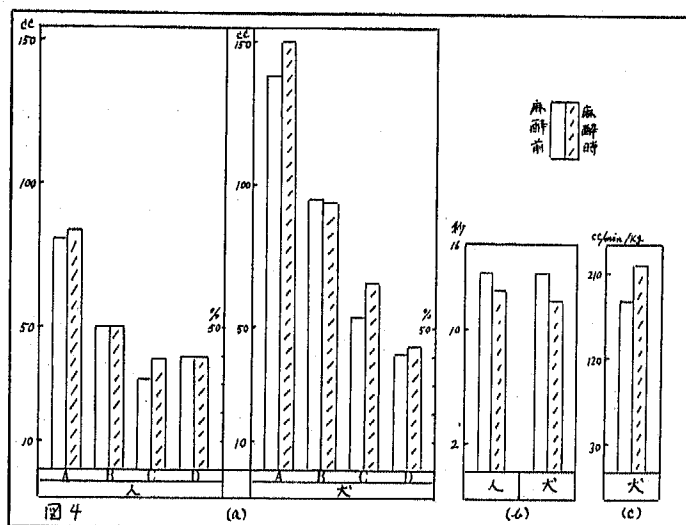


図 4. 笑気麻酔時の循環血液量, 循環時間及び心搏出量 (3例平均値)

(a) 循環血液量
 A: 循環血液量(cc)
 体重(kg)
 B: 循環血漿量(cc)
 体重(kg)
 C: 循環赤血球量(cc)
 体重(kg)
 D: ヘマトクリット値(%)
 (b) 循環時間(秒)
 (c) 心搏出量(cc/min/kg)

人	姓名	年齢	性別	体重	循環時間(秒)	
					麻酔前	麻酔時
1	神○	31	男	63	11	10.4
2	遠○	16	男	42	15	14.4
3	山○	58	女	42	16	14
平均	/	/	/	/	14	12.9

(a)

犬	性別	体重	循環時間(秒)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	11	10	9.6
2	♂	10	15	12.6
3	♂	10	14	14
平均	/	/	13	12

(b)

表 8. 笑気麻酔時の循環時間

(a) 人に於ける成績
 (b) 犬に於ける成績

犬	性別	体重(kg)	心搏出量(cc/min/kg)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	11	265.6	311.6
2	♂	10	122.7	180.2
3	♂	10	158.7	170.6
平均	/	/	182.3	220.8

表 9. 笑気麻酔時の心搏出量

人	姓名	年齢	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. B. W.		C. P. V.		C. P. V. B. W.		C.R.C.V.		G.R.C.V. B. W.		Ht×0.915	
					麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	田○	44	女	42	4420	4814	105.2	114.6	2771	2922	66.0	69.6	1649	1892	39.3	45.6	37.3	39.3
2	清○	45	男	55	3910	4438	71.1	80.7	2338	2491	42.5	45.3	1572	1947	28.6	35.4	40.2	43.9
3	小○	35	女	52	3500	3616	67.3	69.5	2219	2260	42.5	43.5	1281	1356	24.6	26.1	36.6	37.5
平均	/	/	/	/	3943	4289	81.2	88.2	2442	2557	50.3	52.8	1500	1731	30.8	35.7	38	40.2

(a)

犬	性別	体重(kg)	C. B. V.		C. B. V. B. W.		C. P. V.		C. P. V. B. W.		C.R.C.V.		G.R.C.V. B. W.		Ht×0.915	
			麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	♂	9	985	1218	109.4	135.4	644	772	71.5	95.8	341	446	37.8	49.5	34.7	36.6
2	♂	12	1080	1241	90	103.4	705	776	51.2	64.6	375	465	31.2	38.7	34.7	37.5
3	♂	10	1020	1276	102	127.6	638	727	63.8	72.7	392	549	39.2	54.9	38.4	43
平均	/	/	1028	1245	100	122	662	758	62.1	77.7	369	486	36	47.7	35.9	39

(b)

表 10. サイクロプロペイン麻酔時の循環血液量 C. B. V.: 循環血液量(cc) B. W.: 体重(kg)
 C. P. V.: 循環血漿量(cc) C. R. C. V.: 循環赤血球量(cc) Ht×0.915: 修正ヘマトクリット値(%)
 (a) 人に於ける成績 (b) 犬に於ける成績

(2) 循環時間 表 8 (a) (b), 図 4 (b) に示す如く, 人では平均 1.1 秒, 犬では平均 1 秒短縮した。

(3) 心搏出量 表 9, 図 4 (c) に示す如く, 犬において心搏出量は 38.5 cc/min/kg, 21% 増加した。

即ち笑気麻酔では循環血液諸量への影響は比較的少ないが, 笑気単独では麻酔作用が弱いために, 手術操作, その他の刺激による影響が之に加わることが考えられる。

4. サイクロプロペイン麻酔

(1) 循環血液量 表 10 (a) (b), 図 5 (a) に示す如く, 循環血液量は人では平均 7 cc/kg, 8.6%, 犬では平均 21.7 cc/kg, 21% 増加した。循環血漿量は人では平均 2.5 cc/kg, 4.9%, 犬では平均 15.6 cc/kg, 25% 増加し, 循環赤血球量は人では平均 4.9 cc/kg, 15.9%, 犬では平均 11.7 cc/kg, 32% 増加した。ヘマトクリット値も人では平均 2.2%, 犬で平均 3.1% 増加した。

(2) 循環時間 表 11 (a) (b), 図 5 (b) に示す如く, 循環時間は人では平均 2.3 秒, 犬では平均 1.7 秒短縮した。

(3) 心搏出量 表 12, 図 5 (c) に示す如く, 犬において心搏出量は 40 cc/min/kg, 18.7% 減少した。

即ちサイクロプロペイン麻酔では循環血液量, 血漿量, 赤血球量共増加するが全体としては血液濃縮の傾向がうかがわれ, 又循環時間は短縮したが, 心搏出量はエーテルの場合と異り明らかに減少の傾向が認められた。

5. 低体温麻酔

(1) 循環血液量 表 13, 図 6 (a) に示す如く, 犬における循環血液量は平均 18 cc/kg, 16.5% 減少し, 循環血漿量は平均 12.2 cc/kg, 14.6% 減少し, 循環赤血

人	姓名	年令	性別	体重 (kg)	循環時間 (秒)	
					麻酔前	麻酔時
1	田○	44	女	42	14.2	13.2
2	清○	45	男	55	16	15
3	小○田	35	女	52	15	10
平均	/	/	/	/	15	12.7

(a)

犬	性別	体重 (kg)	循環時間 (秒)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	9	11.2	12
2	♀	12	18	12.6
3	♂	10	9	8.6
平均	/	/	12.7	11

(b)

表 11. サイクロプロペイン麻酔時の循環時間

(a) 人に於ける成績

(b) 犬に於ける成績

犬	性別	体重 (kg)	心搏出量 (cc/min/kg)	
			麻酔前	麻酔時
1	♂	9	165.6	139.3
2	♀	12	307	231.1
3	♂	10	166	148.2
平均	/	/	212.8	172.8

表 12. サイクロプロペイン麻酔時の心搏出量

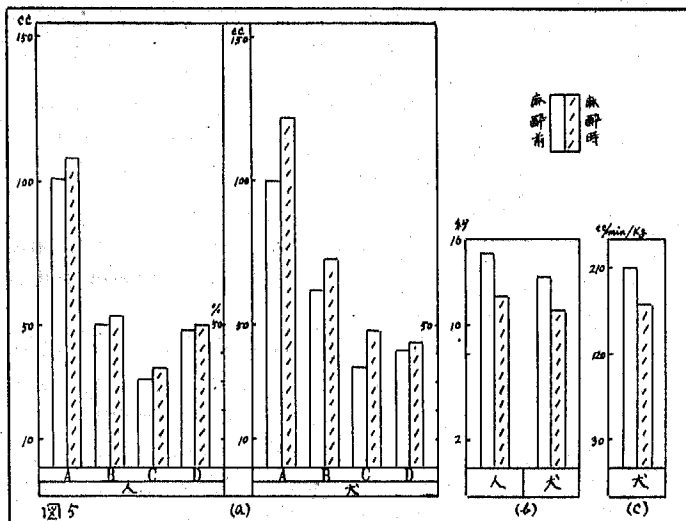


図 5 サイクロプロペイン麻酔時の循環血液量, 循環時間及び心搏出量 (3 例平均値)

(a) 循環血液量 A: 循環血液量 (cc) / 体重 (kg)

B: 循環血漿量 (cc) / 体重 (kg)

C: 循環赤血球量 (cc) / 体重 (kg)

D: ヘマトクリット値 (%) (b) 循環時間 (秒) (c) 心搏出量 (cc/min/kg)

犬	性別	体重	C.B.V.		C.B.V. B.W.		C.P.V.		C.P.V. B.W.		C.R.C.V.		C.R.C.V. B.W.		Ht×0.915	
			麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時	麻酔前	麻酔時
1	♀	7	793	700	113.3	100	575	521	82.1	74.4	218	179	31.3	25.6	27.5	25.6
2	♂	12	1478	1179	123.1	98.2	937	754	78	62.8	541	425	45	35.4	36.6	36.1
3	♀	12	1107	915	92.3	76.3	834	706	69.5	58.8	273	209	22.8	17.4	24.7	22.8
平均	/	/	1126	931	109.5	91.5	782	660	76.5	65.3	344	271	32.9	26.1	29.6	28.1

表 13. 低体温麻酔時の循環血液量

C.B.V. : 循環血液量 (cc) B.W. : 体重 (kg)

C.P.V. : 循環血漿量 (cc)
(%)

C.R.C.V. : 循環赤血球量 (cc) Ht×0.915 : 修正ヘマトクリット値

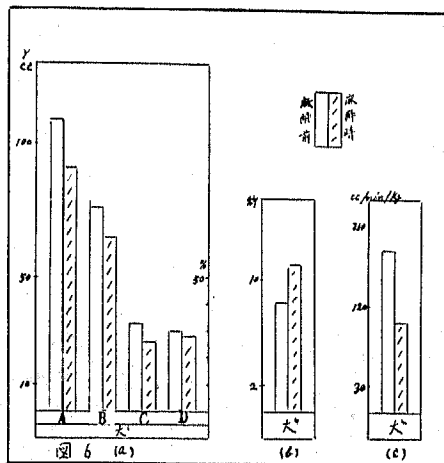


図 6 低体温麻酔時の循環血液量、循環時間及び心搏出量 (3例平均値) (a) 循環血液量

A: $\frac{\text{循環血液量(cc)}}{\text{体重(kg)}}$ B: $\frac{\text{循環血漿量(cc)}}{\text{体重(kg)}}$ C: $\frac{\text{循環赤血球量(cc)}}{\text{体重(kg)}}$ D: ヘマトクリット値

(%) (b) 循環時間(秒) (c) 心搏出量 (cc/min/kg)

球量は平均6.8cc/kg, 20.6%減少した。血球量の減少は血漿量の減少を上廻り、ヘマトクリット値は平均で1.5%減少した。

(2) 循環時間 表 14, 図 6 (b) に示す如く、犬に於ける循環時間は平均で2.4秒延長した。

(3) 心搏出量 表 15, 図 6 (c) に示す如く、犬における心搏出量は 80.1cc/min/kg, 43.6%減少した。

即ち低体温麻酔では循環血液量、血漿量、赤血球量及びヘマトクリット値何れも減少し、心搏出量も著明に減少した。又循環時間延長の傾向が認められた。

考 按

麻酔を安全に且つ合理的に実施するためには、麻酔

犬	性別	体 重 (kg)	循 環 時 間 (秒)	
			麻 酔 前	麻 酔 時
1	♀	7	7	10.6
2	♂	12	9.2	12.2
3	♀	12	8.8	10.4
平 均	/	/	8.3	11

表 14. 低体温麻酔時の循環時間

犬	性別	体重	心 搏 出 量 (cc/min/kg)	
			麻 酔 前	麻 酔 時
1	♀	7	276.2	152.2
2	♂	12	122.8	60
3	♀	12	150.5	98.2
平 均	/	/	183.5	103.4

表 15. 低体温麻酔時の心搏出量

剤の循環機能への影響についての基礎的知識は不可欠のものであるが、各種麻酔剤の循環動態への影響については今日必ずしも意見の一致をみていない。そこで著者は比較的容易で且つ迅速に実施できる方法として、P⁸²を添加した赤血球を標識として、循環血液量、心搏出量を測定し、一方 ear oxymeter を用いて循環時間を測定した。

チオペンタール静脈内麻酔の循環動態に及ぼす影響としては、従来血圧の一過性の低下²⁹、循環血漿量の増加¹⁰¹⁷¹⁸、ヘマトクリット値の減少¹⁰¹⁷¹⁸、血液循環時間の延長¹⁷、心搏出量の減少¹⁷¹⁹²⁰が一般に報告されている。著者の成績では臨床例、動物例とも循環血液量、血球量及び心搏出量は減少し、循環血漿量は

増加し、循環時間は延長し、ヘマトクリット値は減少し、従来の報告と一致した成績であつた。之等の値はチオペンタール静注による一過性の血圧低下時を避けて測定された値であり、循環血漿量の増加は、著者の成績では従来いわれている程著明でなく、却つて循環赤血球量の減少が著明であつた。チオペンタールは呼吸中枢を抑制し、往々強度の呼吸抑制乃至無呼吸をおこすことがある。この際行われる補助呼吸乃至調節呼吸は、若しこれが適当に行われない時には、心搏出量の減少及び血圧降下⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾を来し、チオペンタールによる影響と相乗的に作用する故、補助呼吸乃至調節呼吸には充分の注意が必要である。心搏出量の減少については、チオペンタール自身が直接心臓に抑制的に作用する⁽²⁴⁾ための減少と、血管運動中枢の抑制による血管拡張、更に循環血液量の減少、血液循環時間の延長により静脈血還流が減少し、二次的に心搏出量が減少すること等が考えられる。循環血漿量の増加を利用し、循環血漿量が著明に減少するショック、例えば火傷時のショック等にチオペンタール静脈内麻酔を行うと、ショックの進行を遅延させるのに役立つとの報告⁽²⁶⁾もあるが、著者の成績では循環血漿量の増加はそれ程著明でなく、又チオペンタール静脈内麻酔が循環動態全般に及ぼす影響からみて、ショック時のチオペンタール静脈内麻酔は充分慎重でなければならないと考えられる。又著者の成績ではチオペンタール静脈内麻酔は血液稀釈の傾向を認める故、補液の際この傾向を助長しないように注意しなければならない。

クロロフォルム麻酔が全く行われなくなつた今日においても、エーテル麻酔は最も普遍的な麻酔法として、最も多く行われており、その循環動態に関する研究も数多く見受けられる。例えば Seales⁽²⁸⁾ は犬における実験で、循環血球量は18%増加したといい、McCalister⁽²⁷⁾ はエーテル麻酔時に脾臓の収縮をレントゲン検査にて確認し、脾臓内血球が循環系に馳出されるために循環血球量が増加するとのべている。この脾臓収縮の原因はエーテルがアドレナリンの分泌を高めることが考えられる。循環血球量の増加に関しては諸家⁽¹⁹⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾の意見は殆ど一致しており、著者の成績も同様に増加を認めた。循環血漿量については Bonnycastle⁽¹⁶⁾、卜部⁽¹⁷⁾等は減少すると報告しているが、著者の成績では臨床例のうち1例は減少したが他は増加した。しかし循環血球量の増加は血漿量の増加を上廻り、ヘマトクリット値の上昇を来した。循環血液量は全例増加した。循環時間については卜部⁽¹⁷⁾は延長を報告しているが、著者の成績では短縮し、血流速度は促進していることを認めた。心搏出量は Fisher⁽³⁰⁾ 卜部

⁽¹⁷⁾は減少を報告しているが著者の成績では増加を示した。エーテル麻酔は通常用いられる程度の麻酔深度では一般に循環動態に保護的に作用するが、血液濃縮の傾向がみられる故輸血に際し注意が必要と考えられる。

笑気麻酔の循環動態に及ぼす影響については、一般に酸素欠乏がなければ殆ど障碍を及ぼさないといわれている。Bonnycastle⁽¹⁶⁾ は循環血液量、血球量は増加するとし、林田等⁽¹⁸⁾は循環血液量、血漿量、血球量とも減少するといひ、Fisher⁽³⁰⁾は軽度の心搏出量の減少を報告している。かくの如く種々なる見解の存在するのは、笑気麻酔の作用が弱く、笑気単独で充分な麻酔深度を維持することが困難であり、そのため実施される手術その他の刺激に対する反応或はアノキシアの影響が出現するためとも考えられる。

著者の採用した麻酔方法の如く、笑気と酸素の比を人では1分間4ℓ:1.5ℓ、犬では2ℓ:0.75ℓで維持するとアノキシアの心配はないが麻酔深度が第3期に入ることは困難で、第2期乃至第3期1相の始めの麻酔深度である。この麻酔深度における著者の成績は、循環血液量、血球量、心搏出量は増加し、血漿量は余り増減なく、循環時間は短縮し、エーテルに似た傾向がみられた。即ち著者の成績では笑気麻酔は循環動態に対して比較的保護的に作用するといえる。笑気単独で麻酔深度を強くするためには、吸気中の笑気の濃度を80%以上にすることがあり、必然的にアノキシアを起す危険性を増す。このため充分な麻酔効果を期待する際には、他の麻酔剤及び筋弛緩剤との併用が必要となる。麻酔医が充分な知識と熟練した技術を有すれば、笑気と他の薬剤との併用による麻酔は、充分な麻酔効果が得られ、且つ循環動態に及ぼす好しくない影響も少く、長時間の手術にも採用し得、すぐれた麻酔法と考えられる。

サイクロプロペイン麻酔については Bonnycastle⁽¹⁶⁾ は循環血液量、血球量は増加し、血漿量は減少するといひ、Robbins⁽³¹⁾ は犬の実験において、第3期第2相程度では心搏出量は45%増加したが、第3~4相になると28%の減少を認めた。De Wardener⁽³²⁾等はチオペンタールで導入し引続きサイクロプロペインで浅い相に維持された麻酔状態において、失血のない場合でも心搏出量の減少を認めている。Fisher⁽³⁰⁾ はエーテル麻酔より少いがサイクロプロペインは心拡大を来し、その原因を心筋効率の減少によるとしている。Lynn⁽³³⁾、高橋⁽³⁴⁾は末梢血流の増大を認めており、又Fay⁽³⁵⁾等は循環血液量は減少し、血球量は増加すると報告している。著者の成績では循環血液量、血球

量、血漿量は増加し、心搏出量は減少し、血液循環時間は促進した。全体としては血液濃縮の傾向がうかがわれた。サイクロプロペインとエーテルを併用するとこの心搏出量の減少に拮抗するとの報告⁴⁶⁾もある。サイクロプロペインはしばしばショック様状態の患者の麻酔に用いられるが、著者の成績では血液濃縮と心搏出量の減少が認められるので、予め充分補液を行つておくことが必要であろう。

Laborit, Huguenard⁴⁷⁾により開拓された人為冬眠は今日目覚しい発展を遂げ、各方面に応用されるようになった。桑原⁴⁸⁾等は薬物冬眠において心搏出量は減少するといひ、林田⁴⁹⁾等はクロロプロマジン及びブロメサジンにオピスタンを加えた所謂遮断カクテルを使用しての低体温麻酔において、25°C迄は心搏出量は殆ど変化せず、それ以後減少を示し、循環血液量はやゝ減少し、循環時間は著明に延長すると報告している。阿久津⁴⁹⁾等は循環血液量、血漿量は減少し、心搏出量の減少は直腸温28°Cにて65%に及ぶといひ、又宮坂⁴⁹⁾等は遮断カクテルを使用した低体温麻酔の犬の実験において、直腸温30°Cで循環血液量は平均13.2%、血球量は平均17.5%減少したと報告している。水野⁴⁹⁾等はP³²を添加した赤血球を標識とした稀釈法を用い心搏出量の減少を認めている。低体温の循環動態への影響は、その冷却方法及速度、冷却温度及び冷却時の麻酔法等によつて成績に相違をもたらすことは当然考えられるところである。著者の行つたフェノチアジン系薬剤を併用し直腸温28°C迄の冷却では、循環血液量、血球量、血漿量とも減少し、特に循環血漿量の減少が著明であつた。心搏出量の減少、血液循環時間の延長も著明で、かゝる状態は減少した循環血液が拡張した血管内をゆるやかに流れている状態で、心臓の仕事量も非常に低下している。かゝる状態は平時ならば完全な循環失調であるが、フェノチアジン系薬剤を併用した低体温麻酔のため、生体のすべての反応が極度に低下し、交代代謝率も低下しているため循環失調としての症状を呈さないもので、若し輸血、輸液の不均衡を来したり急激な体位変動を行うと、低体温麻酔により辛うじて維持されている循環平衡状態がくずれ、不可逆性の失調に移行する可能性のあることを考慮すべきである。

総括ならびに結論

麻酔を安全に実施するためには、麻酔剤の循環動態に及ぼす影響についての基礎的知見は不可欠なものであるが、この点につき今日迄の報告をみると必ずしも見解の一致をみていない。そこで著者は此の点の解明

に資するために各種麻酔の循環動態に及ぼす影響をP³²及びear oxymeterを用いて実験的並びに臨床的に比較検討した。麻酔に関連した循環血液量及び心搏出量の測定にP³²を用いた報告は未だ之をみない。成績を総括すると次の通りである。

(1) チオペンタール静脈内麻酔では循環血液量、血球量は減少し、血漿量は増加し、ヘマトクリット値は減少し、血液稀釈の傾向が見られた。一方心搏出量は減少し、血液循環時間は延長した。これ等の成績は従来¹⁾の報告とほぼ一致している。

(2) エーテル麻酔第三期二相では循環血液量、血球量、血漿量、ヘマトクリット値及び心搏出量の何れも増加し、血液循環時間は短縮した。血漿量は従来減少するといわれていたが、著者の成績ではむしろ増加し、しかも血球量の増加は血漿量の増加を上廻り、血液濃縮の傾向が認められた。このことは輸血の際に一応考慮すべき点であるが、全体としてエーテル麻酔は循環動態に保護的に作用するといえる。

(3) 笑気麻酔では循環血液量、血球量、ヘマトクリット値及び心搏出量はやゝ増加し、血漿量は殆ど増減なく、血液循環時間は短縮した。これ等の変化は麻酔深度が浅いための諸種刺激の影響が加わつたものと考えられるが、全体として笑気麻酔は循環動態に対して影響することは少い。

(4) サイクロプロペイン麻酔第三期二相では循環血液量、血漿量、血球量、ヘマトクリット値共増加するが、特に循環血球量の増加が著明で、全体として血液濃縮の傾向がみられたが、心搏出量はエーテルの場合と異り減少した。血液循環時間は短縮した。サイクロプロペイン麻酔の心搏出量への影響については、従来¹⁾見解の相違があつたが、著者の成績では明らかに減少が認められた。即ちサイクロプロペイン麻酔では心搏出量の減少及び血液濃縮の傾向が認められるので、予め充分な補液をしておくことが必要であろう。

(5) 低体温麻酔の循環動態への影響については、従来種々の成績が報告されているが、著者の行つたフェノチアジン系薬剤を併用する低体温麻酔では、循環血液量、血球量、血漿量及びヘマトクリット値は何れも減少し、心搏出量も著明に減少し、血液循環時間は延長した。かゝる際に輸血及び輸液の不均衡を来したり、急激な体位変動を行うと、不可逆性の循環失調に移行する可能性のあることを考慮すべきである。

(6) 臨床上麻酔中の循環動態の変化は、同時に行われる手術侵襲や出血等の影響も加わり一層複雑なものとなるが、麻酔剤の影響はその基礎をなすもので、その知見の上に立つてより安全且つ合理的な患者管理を

行うことができるであろう。

稿を終るに臨み指導校閱を賜つた星子直行教授、東北大学岩月賢一教授、協力下さつた立木光、杉山敏雄、生坂和一氏及び教室の諸兄に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- ①Gibson, J. G. & Evans, W. A. : Clinical studies of the blood volume. I. Clinical application of a method employing the azo dye "Evans Blue" and the spectrophotometer, J. Clin. Invest. 16:301-316, 1937
- ②Hahn, P. F. et al. : Red blood cell volume circulating and total, as determined by radio iron. Science 93:87-88, 1941
- ③Mayerson, H. S. et al. : Comparison of results of measurement of red blood cell volume by direct and indirect techniques, A. J. Physiol. 155:232-238, 1948
- ④Kelly, F. J. et al. : Blood volume determination in the human with red cell containing radioactive phosphorus (P^{32}) and with pure human albumin, J. Clin. Invest. 27:795-804, 1948
- ⑤Hahn, L. & Hevesy, G. : A method of blood cell determination, Acta Physiol. Scandinav. 1:3-10, 1940
- ⑥Nieset, R. T. et al. : Determination of circulation red blood cell volume with radioactive phosphorus, A. J. Physiol. 155:226-231, 1948
- ⑦浜田博之 : P^{32} 標識赤血球による循環血液(血球)量測定法に関する基礎的研究 日本循環学誌 16:243-255, 昭27
- ⑧細野清士 : 心肺性血液動態に関する研究. P^{32} による循環血球量測定 日本医事新報 1558:17-22, 昭29
- ⑨Reid, A. F. & Orr, M. K. : Rapid method for determining blood volume by the use of P^{32} -labelled red cell, J. Clin. Invest. 29:313-316, 1950
- ⑩Chapin, M. A. & Ross, J. F. : The determination of the true cell volume by dye dilution, by protein dilution, and with radioactive iron. The error of the centrifuge hematocrit, A. J. Physiol. 137:447, 1942
- ⑪笹本浩 : 新しい心機能検査法(1) 最新医学 7:423-430, 昭27
- ⑫Millikan, G. A. : The oxymeter an instrument for measuring continuously oxygen saturation of arterial blood in man, The Review of Scientific Instrument 13:434-444, 1942
- ⑬Hamilton, W. F. : Comparison of Fick and Dye injection methods of measuring cardiac output in man, A. J. Physiol. 153:309-321, 1948
- ⑭Etsten, B. E. & Li, T. H. : The determination of cardiac output by the dye dilution method : modification, comparison with the Fick method, and application during anesthesia, Anesthesiology 15:217-230, 1954
- ⑮細野清士 : P^{32} 法による心搏出量測定 呼吸と循環 1:245-249, 1953
- ⑯Bonnycastle, D. D. : Effect of some anesthetic agents on volume of body fluid, J. Pharmacol. & Exper. Therap. 75:18-29, 1942
- ⑰卜部美代志他 : 麻酔と循環 総合医学 11:115-123, 昭29
- ⑱林田隆輔他 : 各種全身麻酔の比較 臨床外科 10:497-501, 昭30
- ⑲長野政雄 : 色素稀釈法による心搏出量測定並びにベントータル麻酔時血液動態の研究 日本胸外会誌 4:1434-1453, 昭31
- ⑳Gelsheimer, E. M. et al. : Cardiac output by cuvette oxymeter under pentothal, A. J. Physiol. 175:171-172, 1953
- ㉑Gruber, C. M. : Effect of anesthetic doses of sodium thiopento-barbital, sodium thioethanyl and pentothal sodium upon respiratory system, heart and blood pressure in experimental animals, J. Pharmacol. & Exper. Therap. 60:145-173, 1937
- ㉒Frank, H. F. et al. : Pulmonary ventilation and anesthesia in major chest surgery, J. Thoracic Surg. 9:237-253, 1940
- ㉓Ankeny, J. L. et al. : The effect of positive and negative Pressure respiration on unilateral pulmonary blood flow in the open chest, Surg. Gyn. & Obst. 98:600-605, 1954
- ㉔Kohn, R. et al. : Effect of certain barbiturates on the response to vasoactive substances, Anesth. & Analg. 19:31-35, 1940
- ㉕Becher, H. K. et al. : A study of "Shock Delaying" action of barbiturates, Ann. Surg. 116:658-667, 1942
- ㉖Seales, P. W. : The effect of certain of the blood, J. A. M. A. 113:906-909, 1939
- ㉗Mc Alister, F. F. : The effect of ether anesthesia on the volume of plasma and extracellular fluid, A. J. Physiol. 124:391-397, 1938
- ㉘仲田祐 : 閉鎖循環式気管内麻酔法の研究 麻酔 2:38-44, 昭28
- ㉙星子直行・岩月賢一 : 新しい麻酔学入門 94頁 日本医書出版, 東京, 昭27
- ㉚Fisher, C. W. et al. : The effect of inhalational anesthetic agents on the myocardium of the dog, Anesthesiology 12:19-26, 1951
- ㉛Robbins, B. H. & Baxter, J. H. : Studies of cyclopropane : IV cardiaccoutput in dog under cyclopropane anesia, J. Pharmacol. & Exper. Therap. 62:179-188, 1938
- ㉜De Wardener, H. E. et al. : Clin. Science, 12 :

175, 1953 ⑬Lynn, R. B. & Schckman, R. :
The peripheral circulation during general anes-
thesia and surgery, Brit. M. J. 2 : 333-342, 1951
⑭高橋長雄 : サイクロプロペイン麻酔 22頁 克誠堂,
東京, 1951 ⑮Fay, M. et al. : Blood studies un-
der anesthesia : II Cyclopropane and ethyl ether,
J. Pharmacol. & Exper. Therap. 66 : 234-240,
1939 ⑯Prime, F. J. & Gray, T. C. : Brit. J.
Anaesth. 24 : 101, 1952 ⑰Laborit H. & Hugu-
enard, P. : 人工冬眠療法の実際 金芳堂, 東京, 1955

⑱桑原悟他 : 人為冬眠麻酔の研究 麻酔 4 : 227-241,
昭 30 ⑲林田健男他 : 低温および低圧の外科的応
用に関する研究 麻酔 4 : 242-266, 昭 30 ⑳阿久
津哲造他 : 頭部冷却を主とした低体温麻酔の研究 麻
酔 5 : 67-68, 昭 31 ㉑宮坂茂男, 保田清一 : 放射
性同位元素 P^{32} による低体温麻酔, 薬物冬眠冷却の循
環血液量の測定について 麻酔 5 : 70-71, 昭 31
㉒水野定彦他 : 低体温時の循環動態 麻酔 8 : 21-22,
昭 34