

54-60, 1649 ⑥Spencer, J. N. et al: Studies on diffusion respiration. V. Hemoglobin-oxygen pump, Federation Proc. 7: 119-120, 1948
 ⑦Parry, T. M. et al: Studies on diffusion respiration. VIII. Changes in heart rate, blood pressure and electrocardiogram in dogs during diffusion respiration, Anesthesiology 10: 615-619, 1949 ⑧Shires, T. and Eyer, S. W.: Studies in diffusion respiration, J. Aviation Med. 22: 22-30, 1951 ⑨Nahas, G. G.: Heart rate during short period of apnea in curarized dogs, Am. J. Physiol. 187: 302-306, 1956 ⑩古川哲二・木村 豊: 麻酔中に見られる不整脈の実験的研究, 麻酔, 7: 90, 1958 ⑪西邑信男: 麻酔中に於ける不整脈, 麻酔, 6: 601-608, 1957 ⑫西邑信男: 麻酔と心電図, 綜合医学, 10: 367-370, 1953 ⑬古川哲二・木村 豊: 麻酔と不整脈, 麻酔, 6: 379-386, 1957 ⑭古賀良平: 気管内挿管時に於ける

S.C.C. の効果, 麻酔, 3: 42, 1954 ⑮Johonstone, M.: Relaxants and the human cardiovascular system, Anaesthesia 10: 122-138, 1955 ⑯Jacoby, J. J.: Simple method of artificial respiration, Am. J. Physiol. 167: 798, 1951 ⑰Reed, P. R.: Studies with transtracheal artificial respiration, Anesthesiology 15: 28-41, 1954 ⑱Darling, R. C. et al: Studies on the intrapulmonary mixture of gases. I. Nitrogen elimination from blood and body tissues during high oxygen breathing, J. Clin. Invest. 19: 591-597, 1940 ⑲Hamilton, W. K. and Eastwood, D. W.: Study of denitrogenation with inhalation anesthetic systems, Anesthesiology 16: 861-867, 1955 ⑳上久保康夫: 亜酸化窒素による吸入麻酔についての基礎的研究 第I報 肺内窒素ガスの排出について, 麻酔, 6: 393-397, 1957

呼 吸 調 節 の 研 究

第二編 病態生理学的研究

昭和33年10月14日 受付

信州大学医学部第一外科教室

(指導: 星子直行教授, 岩月賢一助教授)

生 坂 和 一

Studies on Artificial Pulmonary Control

Part II: Pathophysiological Studies

Waichi Ikusaka

(Department of Surgery, Faculty of Medicine, Shinshu University)

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

緒 言

閉鎖循環式麻酔に於て最も重視すべき点は炭酸ガス蓄積並びに酸素欠乏である。これらの状態は主として換気障碍によつておこるものであるから、これを排除するためには必要に応じて人為的に換気を補助する必要がある。この際可及的生理的状态に近く且つ容易安全であることが望ましく、そのためには如何なる方法がよいか今日なお議論のあるところである。著者はこの点を明らかにするため補助呼吸及び調節呼吸(間歇的陽圧呼吸, 陽陰圧呼吸)の際に於ける血液ガス, 呼吸気ガス, 血圧, 肺動脈圧, 心電図, 心搏出量等を, 動物及び臨床例につき検索し, 主として病態生理学的な面からこれらの呼吸調節の方法を比較検討し

た。

実験方法

(1) 10~26kgの健康犬をベントバルビタール25~30mg/kgの筋肉内注射によつて麻酔し, 水平背臥位に固定。気管内チューブを挿入して, 閉鎖循環式麻酔器に連結した。臨床例に於ても全例に気管内チューブを挿入した。

(2) 動脈血圧及び呼吸曲線の描記は, 第一編に述べた方法と同様である。心電図は福田製R-S 22型熱ペン式心電図計を用い, 肺動脈圧は心カテーテル法^①により, 原点は頸静脈のカテーテル挿入部位とし, 福田製エレクトロマノメーターを用い心電図と同時に描記した。

(3) 補助呼吸は自然呼吸のリズムに合わせ、1回おきに吸気時+10cmH₂O以下の圧力で呼吸嚢を圧迫し、呼気の始めに速やかに加圧を去るように行つた。持続加圧呼吸は+15cmH₂Oで1分間加圧を行つた。調節呼吸は筋弛緩剤を用い呼吸運動を停止させてから施行した。その中、間歇的陽平圧呼吸は呼吸嚢を圧迫して+10cmH₂Oの圧を間歇的に加え、陽陰圧呼吸は蛇腹式呼吸嚢を伸縮して+12cmH₂O及び-4cmH₂Oの圧を加えた。呼吸数は何れの場合も毎分12回とした。

(4) 動脈血は犬では股動脈より、人では股動脈或は上腕動脈より約5cc採血した。採取した血液はヘパリンで凝固を防ぎパラフィンで封じた試験管2本に夫々分割し、直ちに冷蔵庫に保存し、一方は血液ガス分析用に、他方は遠心沈澱により血漿を分離してpH測

(7) 心搏出量の測定は Erans' blue を用い Stewart Hamilton 法に準拠した Etsten の変法^⑥に従つた。

実験成績

I 血液ガスの変化

A) 動物実験

(1) 犬に於て持続加圧呼吸の影響を開胸時及び非開胸時夫々の場合に就き自然呼吸と比較した成績は表1及び図1に示す如くで、動脈血酸素含有量は持続加圧呼吸により増量し、酸素飽和度も良好に保たれるが、一方動脈血及び静脈血共に炭酸ガス含有量が増加し、炭酸ガス蓄積の傾向が認められた。なお動静脈血酸素較差は自然呼吸時3.2Vol.%, 非開胸持続加圧呼吸時5.3Vol.%, 開胸持続加圧呼吸時5.7Vol.%となり持続加圧により較差は大となつた。

動物番号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
自然呼吸	動脈血	O ₂ Vol. %	12.7	14.4	14.9	17.4	16.9	22.9	19.2	16.8	16.7	15.9
		CO ₂ Vol. %	35.0	29.2	45.3	44.1	40.8	42.6	45.2	32.2	39.3	39.3
		O ₂ -Sat. %	89.5	89.0	95.8	92.0	91.6	98.5	98.6	91.5	97.2	93.7
	静脈血	O ₂ Vol. %	9.0	11.4	11.2	14.1	9.8	21.3	12.3	13.3	12.6	12.7
		CO ₂ Vol. %	39.0	32.0	48.3	50.8	48.8	45.6	46.4	41.0	42.0	43.8
		O ₂ -Sat. %	7.7	10.4	11.5	16.9	8.9	19.9	13.0	10.2	12.6	12.3
非開胸持続加圧呼吸	動脈血	O ₂ Vol. %	13.3	15.9	15.2	20.9	18.5	21.7	18.4	17.2	17.5	17.6
		CO ₂ Vol. %	39.0	27.5	49.1	46.8	44.6	44.4	45.5	37.4	41.7	41.8
		O ₂ -Sat. %	93.4	96.4	97.0	98.5	93.6	99.5	94.4	95.8	98.0	96.3
	静脈血	O ₂ Vol. %	7.7	10.4	11.5	16.9	8.9	19.9	13.0	10.2	12.6	12.3
		CO ₂ Vol. %	42.0	38.0	51.0	47.5	51.6	45.1	50.7	40.8	46.5	45.9
		O ₂ -Sat. %	7.7	10.4	11.5	16.9	8.9	19.9	13.0	10.2	12.6	12.3
開胸持続加圧呼吸	動脈血	O ₂ Vol. %	13.8	16.2	17.5	19.4	19.6	22.9	18.8	17.6	20.1	18.4
		CO ₂ Vol. %	41.0	30.1	47.8	43.6	43.5	50.7	45.3	35.3	46.0	42.6
		O ₂ -Sat. %	93.0	97.1	99.2	99.4	94.6	99.7	94.5	96.0	100.0	97.1
	静脈血	O ₂ Vol. %	8.5	11.6	12.6	14.3	9.4	20.5	11.8	9.6	16.1	12.7
		CO ₂ Vol. %	45.2	32.5	49.8	49.2	46.5	52.1	50.7	38.5	47.2	45.7
		O ₂ -Sat. %	8.5	11.6	12.6	14.3	9.4	20.5	11.8	9.6	16.1	12.7

表 1. 血液ガス (持続加圧呼吸の影響) (犬)

定用とした。pHの測定には Beckman Model G pH計を用いた。Pco₂は Singer Nomogram^②により測定した。

(5) 呼気及び吸気の採取は 50cc 注射器^③を用い、麻酔器の蛇管の吸気側及び呼気側に針を刺し呼気時並びに吸気時に一致して軽く吸引し呼気及び吸気を夫々45cc採取した。

(6) 血液ガス及び呼吸気ガスの分析には Van Slyke-Neil 氏法^④を用い、O₂, CO₂, N₂含有量を同時測定した。尚エーテル麻酔中の血液ガスは Goldstein^⑤に従つて補正を加えた。

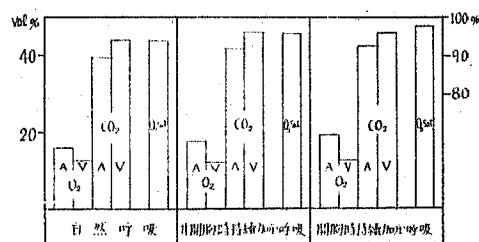


図 1. 動脈血 (A), 静脈血 (V), O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), 動脈血酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (犬)

(2) 犬に於て調節呼吸の中、間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸に就き、非開胸時及び開胸時夫々の場合を比較した成績は表2 a b及び図2 a bに示す如く、間歇的陽平圧呼吸の場合、非開胸時に於ける酸素含有量は17.2Vol.%, 炭酸ガス含有量は43.3Vol.%, pHは7.35, P_{CO_2} は41mmHg, 開胸時に於ける酸素含有量は16.6Vol.%, 炭酸ガス含有量は41.2Vol.%, pHは7.31, P_{CO_2} は43mmHgであつた。陽陰圧呼吸の場

合、非開胸時に於ける酸素含有量は16.3Vol.%, 炭酸ガス含有量は41.1Vol.%, pHは7.38, P_{CO_2} は37mmHg, 開胸時に於ける酸素含有量は16.6Vol.%, 炭酸ガス含有量は41.2Vol.%, pHは7.36, P_{CO_2} は38mmHgであつた。即ち非開胸時及び開胸時の間には特に著しい差は認められなかつたが、間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸を比較した場合、酸素含有量、酸素飽和度は何れの場合も良好に保たれるが、炭酸ガス含

動物番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
自然(非開胸)呼吸	pH	7.35	7.40	7.33	7.48	7.31	7.35	7.30	7.25	7.22	7.18	7.32
	CO ₂ Vol. %	51.0	49.0	38.6	30.3	28.1	48.0	47.2	57.3	42.0	44.0	43.6
	O ₂ Vol. %	16.6	16.3	21.3	15.1	20.8	13.5	15.5	13.5	14.7	15.1	16.2
	N ₂ Vol. %	1.6	1.8	2.0	1.7	1.3	2.1	2.1	1.5	1.4	2.0	1.8
	O ₂ -Sat. %	97.0	90.5	98.5	94.0	94.5	90.0	81.5	93.5	91.7	89.0	92.0
	Pco ₂ mmHg	48	44	39	23	30	44	44	61	49	60	44
間歇的陽平圧(非開胸)呼吸	pH	7.36	7.35	7.43	7.49	7.23	7.36	7.35	7.35	7.36	7.20	7.35
	CO ₂ Vol. %	51.7	51.6	45.6	34.0	31.4	48.4	40.0	46.6	40.5	42.6	43.3
	O ₂ Vol. %	16.7	18.0	21.2	16.1	21.2	15.1	18.5	13.4	15.4	16.6	17.2
	N ₂ Vol. %	1.9	2.4	1.7	1.4	1.9	1.6	4.6	3.3	1.7	1.9	2.2
	O ₂ -Sat. %	97.2	100.0	98.3	100.0	96.5	97.3	97.1	93.2	96.4	98.0	97.4
	Pco ₂ mmHg	49	52	38	24	37	44	37	41	37	55	41
陽陰圧(非開胸)呼吸	pH	7.37	7.42	7.48	7.49	7.42	7.34	7.32	7.47	7.30	7.20	7.38
	CO ₂ Vol. %	54.5	43.0	43.2	27.1	29.4	55.6	37.9	44.5	37.1	38.4	41.1
	O ₂ Vol. %	15.1	17.5	19.8	14.3	21.0	12.4	17.6	13.5	15.1	16.1	16.3
	N ₂ Vol. %	1.9	1.8	2.2	1.3	2.1	1.6	4.4	1.9	2.3	1.8	2.1
	O ₂ -Sat. %	87.0	97.0	92.0	97.0	95.5	80.0	92.6	94.0	94.4	96.0	92.1
	Pco ₂ mmHg	49	38	33	20	24	52	37	30	38	48	37

表 2. a 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), pH, Pco₂ (mmHg),
酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (非開胸時・犬)

動物番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
間歇的陽平圧(開胸)呼吸	pH	7.37	7.35	7.35	7.33	7.30	7.36	7.25	7.40	7.18	7.20	7.31
	CO ₂ Vol. %	54.7	43.1	47.8	33.2	31.8	47.4	39.2	41.6	34.1	39.1	41.2
	O ₂ Vol. %	16.1	17.4	21.2	14.2	19.7	14.0	18.5	14.4	15.6	15.2	16.6
	N ₂ Vol. %	1.5	1.7	1.5	1.8	1.3	1.1	4.6	1.7	1.7	1.9	1.9
	O ₂ -Sta. %	93.5	96.5	97.5	90.0	86.5	90.5	97.1	100.0	96.7	89.4	93.8
	Pco ₂ mmHg	48	43	46	33	33	53	44	33	44	50	43
陽陰圧(開胸)呼吸	pH	7.36	7.38	7.50	7.39	7.33	7.35	7.42	7.40	7.20	7.24	7.36
	CO ₂ Vol. %	56.4	38.4	44.6	39.0	29.4	53.5	35.2	40.5	34.1	41.0	41.2
	O ₂ Vol. %	15.4	17.8	18.1	15.5	22.1	18.1	18.2	13.5	15.3	14.5	16.6
	N ₂ Vol. %	1.6	2.4	1.7	1.5	1.7	1.8	4.6	1.6	2.2	1.9	2.1
	O ₂ -Sat. %	90.0	98.9	84.0	97.0	100.0	97.2	95.9	94.0	95.9	85.5	93.8
	Pco ₂ mmHg	51	37	32	33	30	48	28	32	42	49	38

表 2. b 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), pH, Pco₂ (mmHg),
酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (開胸時・犬)

有量及び P_{CO_2} の面では陽陰圧呼吸の方がすぐれていた。

B) 臨床実験

(1) 非開胸時, 自然呼吸, 補助呼吸並びに間歇的陽平圧呼吸を比較した成績は表3及び図3に示す如く,

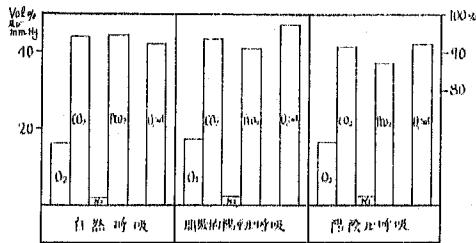


図2. a 動脈血 O_2 , CO_2 , N_2 含有量 (Vol.%), P_{CO_2} (mmHg), 酸素飽和度 (O_2 -Sat.%) (非開胸時・犬)

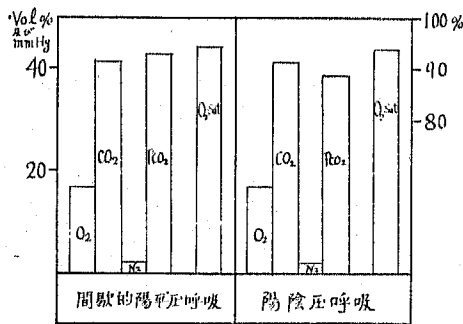


図2. b 動脈血 O_2 , CO_2 , N_2 含有量 (Vol.%), P_{CO_2} (mmHg), 酸素飽和度 (O_2 -Sat.%) (開胸時・犬)

く, 動脈血酸素含有量及び酸素飽和度は, 補助呼吸並びに調節呼吸時に於ては共に自然呼吸時より増加しているが, 炭酸ガス含有量は補助呼吸時に最も低かった。

自然呼吸, 補助呼吸, 間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸の4者に就き比較した成績は表4及び図4に示す如く, 動脈血酸素飽和度は自然呼吸時93.3%, 補助呼吸時94.5%, 間歇的陽平圧呼吸時94.5%, 陽陰圧呼吸時94.8%であった。又動脈血中 P_{CO_2} は自然呼吸時42 mmHg, 補助呼吸時36 mmHg, 間歇的陽平圧呼吸時38 mmHg, 陽陰圧呼吸時35 mmHgであった。即ち動脈血中酸素飽和度は自然呼吸に比し補助呼吸並びに調節呼吸何れに於ても増加しているが, 動脈血中炭酸ガス含有量及び P_{CO_2} は補助呼吸並びに陽陰圧呼吸に於て最も低かった。

(5) 非開胸時の仰臥位並びに側臥位と, 開胸時側臥位の夫々に就き, 自然呼吸と補助呼吸を行つて両者の血液ガスに及ぼす影響を比較検討した成績は表5及

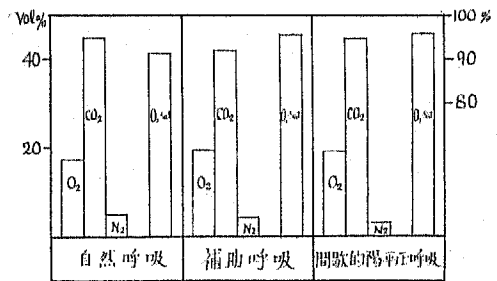


図3. 動脈血 O_2 , CO_2 , N_2 含有量 (Vol.%), 酸素飽和度 (O_2 -Sat.%) (非開胸時・臨床例)

症 例		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均
自然呼吸	O_2 Vol. %	19.8	18.5	15.8	17.5	14.9	17.0	20.3	12.6	18.6	19.3	18.7	12.2	21.0	17.0	17.3
	CO_2 Vol. %	46.9	42.3	42.5	43.0	54.5	43.0	47.3	41.5	40.5	36.0	50.0	41.6	53.5	46.7	44.9
	N_2 Vol. %	2.4	4.1	5.2	2.0	7.8	2.5	3.1	5.4	4.9	4.4	8.3	4.3	3.6	10.7	4.9
	O_2 -Sat. %	91.2	92.0	70.0	80.9	87.5	99.6	99.8	82.0	98.0	100.0	95.6	94.0	100.0	85.5	91.2
補助呼吸	O_2 Vol. %	20.4	20.1	18.9	20.3	19.3	17.2	20.1	13.3	16.7	19.1	19.4	12.1	19.8	18.1	18.2
	CO_2 Vol. %	35.5	43.4	42.2	42.0	45.0	36.2	48.0	39.4	38.3	33.4	44.5	40.3	47.7	47.0	41.6
	N_2 Vol. %	3.1	2.8	4.7	2.0	4.4	2.3	3.9	5.5	6.1	3.2	4.7	5.8	2.8	7.3	4.2
	O_2 -Sat. %	97.0	100.0	94.5	94.0	98.9	98.6	99.5	86.5	92.6	99.5	99.5	90.0	95.0	91.0	95.4
間歇的陽平圧呼吸	O_2 Vol. %	20.6	20.0	19.0	20.1	19.5	17.0	18.5	13.6	17.4	17.9	18.3	12.0	20.5	19.6	18.1
	CO_2 Vol. %	36.0	43.5	42.5	42.5	47.0	46.5	46.3	41.4	42.5	42.5	42.6	44.0	48.5	50.6	44.3
	N_2 Vol. %	3.1	2.9	4.5	1.9	4.4	2.2	3.4	2.0	4.2	4.0	2.2	5.7	2.9	7.4	3.6
	O_2 -Sat. %	98.0	99.5	95.0	93.0	100.0	99.6	92.0	88.3	96.5	95.0	93.6	91.0	97.6	98.0	95.5

表 3.

血 液 ガ ス (非開胸・臨床例)

O_2 -Sat = 酸素飽和度

症 例		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
自 然 呼 吸 (非 開 胸)	pH	7.40	7.39	7.39	7.38	7.37	7.34	7.35	7.41	7.27	7.37	7.37
	CO ₂ Vol. %	50.5	47.5	50.7	44.1	39.0	43.6	50.6	35.1	45.6	42.7	44.9
	O ₂ Vol. %	15.0	12.5	17.6	16.5	18.4	19.7	17.5	15.2	15.2	13.4	16.1
	N ₂ Vol. %	6.7	4.5	6.1	4.2	2.8	4.3	5.1	4.9	4.5	6.2	4.9
	O ₂ -Sat. %	91.5	96.0	95.7	94.2	99.0	99.5	97.5	78.0	89.5	89.3	93.3
	Pco ₂ mmHg	43	41	45	40	34	47	48	30	49	39	42
補 助 呼 吸 (非 開 胸)	pH	7.31	7.45	7.39	7.48	7.36	7.30	7.43	7.38	7.39	7.46	7.40
	CO ₂ Vol. %	48.5	40.6	41.6	39.3	40.5	43.0	38.2	38.4	45.3	38.7	41.4
	O ₂ Vol. %	15.3	12.0	17.5	17.4	17.6	19.7	15.9	18.7	15.6	13.4	16.3
	N ₂ Vol. %	6.5	5.3	5.1	4.4	4.6	5.9	5.7	4.1	4.1	4.7	5.0
	O ₂ -Sat. %	96.9	94.0	95.0	97.3	97.4	99.5	88.5	95.6	91.6	89.3	94.5
	Pco ₂ mmHg	46	33	37	29	37	47	30	34	39	30	36
間 歇 的 陽 平 圧 呼 吸 (非 開 胸)	pH	7.30	7.38	7.44	7.43	7.35	7.34	7.40	7.39	7.42	7.38	7.38
	CO ₂ Vol. %	46.5	39.8	49.1	39.1	41.0	41.2	48.2	37.0	42.0	39.8	42.4
	O ₂ Vol. %	16.1	12.2	15.7	16.4	17.7	18.7	17.9	18.9	16.1	13.4	16.3
	N ₂ Vol. %	5.2	5.3	3.5	5.2	5.0	7.2	5.8	5.5	4.6	4.5	5.2
	O ₂ -Sat. %	99.0	95.0	85.5	93.5	98.2	95.2	100.0	96.6	94.6	89.3	94.7
	Pco ₂ mmHg	48	34	40	32	39	45	43	33	34	35	38
陽 陰 圧 呼 吸 (非 開 胸)	pH	7.30	7.40	7.48	7.38	7.33	7.38	7.42	7.40	7.39	7.50	7.40
	CO ₂ Vol. %	40.3	44.0	43.2	36.1	35.1	41.8	34.7	18.5	40.6	38.3	39.3
	O ₂ Vol. %	14.4	12.1	17.8	17.0	17.0	20.8	16.4	18.2	17.7	13.2	16.5
	N ₂ Vol. %	4.4	5.8	5.0	9.1	5.7	6.4	6.2	4.0	6.9	6.2	6.9
	O ₂ -Sat. %	91.0	94.0	87.0	97.0	94.0	99.8	91.4	93.0	100.0	88.5	94.8
	Pco ₂ mmHg	42	34	33	33	34	42	33	33	35	27	35

表 4. 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), pH, Pco₂ (mmHg),
酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (非開胸時・臨床例)

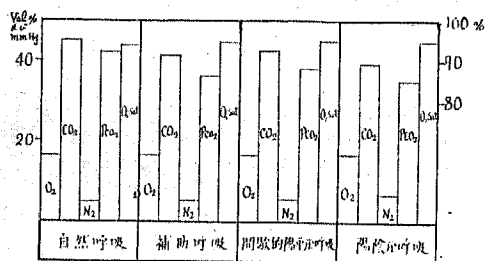


図 4. 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %)
Pco₂ (mmHg), 酸素飽和度 (O₂-Sat. %)
(非開胸時・臨床例)

び図5に示す如く、開胸時及び非開胸時並びに体位の如何を問わず、補助呼吸を行つた場合は自然呼吸時に比し酸素含有量、酸素飽和度は共に増加し、炭酸ガス含有量は減少した。側臥位による換気障壁は血液ガスの面からは特に認められなかつた。

(3) 開胸時、補助呼吸、間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸とを比較した成績は表6及び図6に示す如

く、動脈血酸素飽和度は補助呼吸時95.2%、間歇的陽平圧呼吸時91.1%、陽陰圧呼吸時93.0%で補助呼吸時が最も高く、又炭酸ガスの面から見ると、補助呼吸及び陽陰圧呼吸が最も炭酸ガス蓄積の傾向が少く、間歇的陽平圧呼吸時にはむしろ多少炭酸ガス蓄積の傾向を認めた。即ち開胸時には補助呼吸乃至陽陰圧呼吸が適していると言える。

II 呼吸気ガス

A) 動物実験

呼吸気中の酸素量炭酸ガス量窒素量:

一般に閉鎖循環式麻酔では酸素ポンベから100%の酸素が送られるために吸気中の酸素量は100%と考えられるが、実際に測定してみると窒素、炭酸ガスが含有されている。

非開胸時及び開胸時何れに於ても、呼吸の補助乃至調節により自然呼吸に比し吸気並びに呼気中の酸素量の増加が認められ、一方炭酸ガス及び窒素量は共に減少を示したこれらの成績は表7に示す通りである。

B) 臨床実験

症 例			1	2	3	4	5	6	7	8	平 均
酸素含有量 (Vol. %)	仰臥位 (非開胸)	S. R.	18.4	20.7	19.8	19.3	18.1	17.7	17.4	17.8	18.7
		A. R.	20.3	19.6	20.0	20.0	19.9	17.9	17.8	19.4	19.3
	側臥位 (非開胸)	S. R.	18.8	18.5	20.2	19.6	21.1	18.1	18.3	18.4	19.1
		A. R.	20.2	19.2	21.0	19.8	19.8	19.5	18.8	19.3	19.7
	側臥位 (開胸)	S. R.	17.8	19.3	19.6	17.4	19.1	19.0	17.8	17.2	18.4
		A. R.	19.8	19.5	21.0	20.0	19.0	19.7	19.2	19.5	19.7
炭酸ガス含有量 (Vol. %)	仰臥位 (非開胸)	S. R.	37.1	37.6	40.8	41.5	37.3	39.5	42.1	41.0	39.6
		A. R.	37.0	22.3	38.0	46.8	36.7	35.0	37.2	34.4	35.9
	側臥位 (非開胸)	S. R.	35.5	39.0	35.1	43.5	36.4	32.9	35.0	32.4	36.2
		A. R.	35.8	34.1	34.5	41.0	35.7	30.5	34.0	32.1	34.7
	側臥位 (開胸)	S. R.	35.8	36.0	38.0	45.0	33.6	34.1	34.2	32.6	36.2
		A. S.	35.0	35.3	37.5	42.5	32.8	37.1	30.2	31.0	35.2
窒素含有量 (Vol. %)	仰臥位 (非開胸)	S. R.	7.4	1.1	2.2	5.8	4.7	5.7	2.0	2.9	4.0
		A. R.	5.1	5.7	2.9	5.7	4.6	3.1	2.3	2.9	4.0
	側臥位 (非開胸)	S. R.	7.3	10.8	3.1	6.1	5.1	4.7	4.4	5.1	5.8
		A. R.	6.2	5.4	2.8	5.5	5.1	4.5	2.1	5.1	4.6
	側臥位 (開胸)	S. R.	1.2	5.4	3.8	5.7	3.6	3.4	4.9	4.5	4.1
		A. R.	1.1	5.1	3.5	5.3	4.7	3.4	4.7	3.7	3.9
酸素飽和度 (%)	仰臥位 (非開胸)	S. R.	90.0	95.3	94.5	96.5	80.7	90.8	90.6	91.5	91.2
		A. R.	99.5	94.5	95.2	100.0	88.7	92.8	91.3	99.5	95.1
	側臥位 (非開胸)	S. R.	92.0	89.2	86.2	97.5	94.3	92.5	94.0	94.3	93.7
		A. R.	98.9	92.8	100.0	99.0	88.6	98.5	96.4	99.6	96.7
	側臥位 (開胸)	S. R.	87.5	93.0	93.1	87.0	85.2	97.2	91.5	88.0	90.3
		A. R.	97.0	93.2	100.0	100.0	85.0	100.0	98.5	99.7	96.6

表 5. 血液ガス(仰臥位及び側臥位に於ける自然呼吸と補助呼吸の比較)(臨床例)

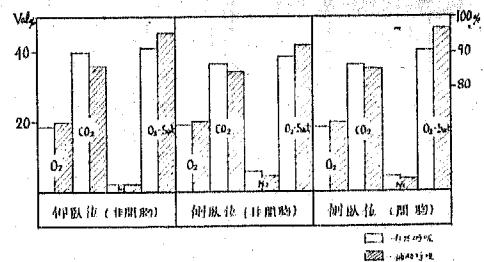
S. R. …… 自然呼吸 A. R. …… 補助呼吸

(1) 非開胸時, 自然呼吸と補助呼吸及び間歇的陽平圧呼吸を比較した場合, 動物実験と同じく呼吸の補助乃至調節により呼吸気中の酸素量の増加と, 炭酸ガス及び窒素量の減少が認められ成績は表8に示す通りである。

非開胸時, 自然呼吸と補助呼吸, 間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸とを比較した場合も同じく呼吸の補助乃至調節により吸気並びに呼気中の酸素量の増加と, 炭酸ガス及び窒素量の減少が認められ, 成績は表9に示す通りである。

(2) 仰臥位及び側臥位に於て, 自然呼吸と補助呼吸とを比較した場合表10の如く, 開胸の有無を問わず補助呼吸時は酸素量増加し, 炭酸ガス及び窒素量は減少した。

(3) 開胸時, 補助呼吸, 間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸とを比較した成績は表11に示す如く, 非開胸時と同様呼吸の補助乃至調節により吸気並びに呼気中の酸素量は増加し炭酸ガス及び窒素量は減少した。

図 5. 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), 酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (臨床例)

以上の成績から自然呼吸に比し補助呼吸及び調節呼吸時には吸気並びに呼気中の酸素量は増加し, 炭酸ガス量及び窒素量は減少し血液ガスの変動と一致する傾向が認められた。

Ⅲ 血圧脈搏及び心電図の変化

A) 持続加圧の影響

症 例		1	2	3	4	平均
自 然 非 開 胸 呼 吸	pH	7.39	7.35	7.38	7.40	7.38
	CO ₂ Vol. %	32.2	48.0	44.5	44.6	42.3
	O ₂ Vol. %	16.1	16.3	18.9	15.0	16.6
	N ₂ Vol. %	4.3	6.2	5.2	3.7	4.9
	O ₂ -Sat. %	93.0	93.0	99.3	88.5	93.5
	Pco ₂ mmHg	29	46	41	39	39
補 助 開 胸 呼 吸	pH	7.39	7.39	7.38	7.41	7.39
	CO ₂ Vol. %	31.0	47.8	45.3	43.6	41.9
	O ₂ Vol. %	16.1	16.5	18.6	16.2	16.9
	N ₂ Vol. %	4.9	4.9	7.8	4.5	5.5
	O ₂ -Sat. %	93.0	94.5	98.0	95.5	95.2
	Pco ₂ mmHg	28	43	41	38	38
間 歇 的 陽 平 圧 呼 吸	pH	7.34	7.31	7.30	7.42	7.34
	CO ₂ Vol. %	33.2	48.2	49.6	40.7	42.9
	O ₂ Vol. %	16.4	15.8	16.8	15.8	16.2
	N ₂ Vol. %	4.0	5.9	8.3	4.5	5.7
	O ₂ -Sat. %	94.5	90.3	86.5	93.0	91.1
	Pco ₂ mmHg	33	49	53	34	42
陽 陰 圧 開 胸 呼 吸	pH	7.39	7.39	7.32	7.42	7.38
	CO ₂ Vol. %	32.2	45.3	46.5	40.8	41.2
	O ₂ Vol. %	16.4	15.8	18.0	15.8	16.5
	N ₂ Vol. %	2.8	6.9	7.3	4.3	5.3
	O ₂ -Sat. %	94.5	90.3	94.5	93.0	93.0
	Pco ₂ mmHg	29	41	46	34	38

表 6. 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), pH, Pco₂ (mmHg), 酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (開胸時・臨床例)

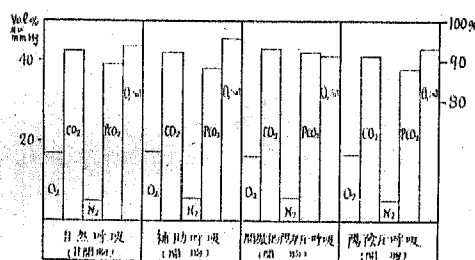


図 6. 動脈血 O₂, CO₂, N₂ 含有量 (Vol. %), Pco₂ (mmHg), 酸素飽和度 (O₂-Sat. %) (開胸時・臨床例)

非開胸時及び開胸時の変化

ベントバルビタール麻酔を施した犬に於て持続加圧を行つた場合図 7 a. b. に示す如く。加圧直後血圧は急激に下降し脈圧は減少するが間もなく徐々に回復し、除圧と共に急激に加圧前の血圧以上に上昇した後また次第に下降して旧に復する。これらの変化は開胸時及び非開胸時何れの場合にも見られたが、非開胸時

平均値 (10例)		酸 素 量	炭酸ガス量	窒 素 量
吸	非開胸時	S. R. 76.5±7.56	0.6±0.11	22.9±5.65
		I. P. P. R. 83.1±6.30	0.9±0.20	16.2±5.24
		P. N. R. 82.1±6.22	0.7±0.12	17.3±5.32
気	開胸時	I. P. P. R. 85.2±5.67	0.9±0.14	12.9±4.32
		P. N. R. 85.3±4.15	0.5±0.10	14.2±4.32
呼	非開胸時	S. R. 71.3±7.68	2.9±0.12	25.8±5.41
		I. P. P. R. 80.4±7.10	2.6±0.17	16.4±5.38
		P. N. R. 78.4±6.33	2.4±0.12	18.7±4.31
気	開胸時	I. P. P. R. 83.0±7.28	2.7±0.11	14.5±4.10
		P. N. R. 81.0±4.36	2.5±0.11	16.5±4.33

表 7. 呼吸気中の酸素量, 炭酸ガス量, 窒素量 (%) (犬)

S. R. = 自然呼吸

I. P. P. R. = 間歇的陽平圧呼吸

P. N. R. = 陽陰圧呼吸

平均値 (14例)		酸 素 量	炭酸ガス量	窒 素 量
吸	非開胸時	S. R. 79.3±6.21	1.6±0.13	19.0±5.88
		A. R. 84.4±5.69	1.5±0.16	14.2±5.17
		I. P. P. R. 81.4±4.45	1.1±0.18	16.9±5.09
呼	非開胸時	S. R. 73.1±7.35	3.9±0.12	23.1±5.01
		A. R. 80.7±6.74	3.6±0.14	16.0±3.10
		I. P. P. R. 78.0±4.10	3.7±0.13	18.2±4.58

表 8. 呼吸気中の酸素量, 炭酸ガス量, 窒素量 (%) (臨床例)

S. R. = 自然呼吸

A. R. = 補助呼吸

I. P. P. R. = 間歇的陽平圧呼吸

の方が顕著であつた。又心電図に就いても図 8 a. b. に示す如く、加圧中 QRS の抑制及び ST の低下を認め、脈搏数は増加した。かかる傾向は開胸時及び非開胸時共に見られるが、非開胸時の方が著明な変化を示した。

犬に笑気麻酔 (N₂O: O₂ = 4: 1.5) を行つた場合には図 9 a. b. に示す如く、笑気麻酔の前後に於て、特に加圧呼吸による血圧の変動の上に差異は認められなかつた。

エーテル麻酔を行つた場合、その第Ⅲ期第1層程度の麻酔深度に於ては図 10 a. b. に示す如く、持続加圧呼吸を行つた場合の血圧の変動はエーテル麻酔前と同じ傾向を示すが、麻酔深度が更に深くなると図 10 c.

平均値 (10例)		酸素量	炭酸ガス量	窒素量
吸 (非開胸)	S. R.	79.3±4.76	2.2±0.19	18.4±4.47
	A. R.	81.7±5.57	1.4±0.17	17.0±4.62
	I. P. P. R.	81.8±5.41	1.3±0.18	16.8±4.76
	P. N. R.	80.6±5.45	1.1±0.11	17.5±4.46
呼 (非開胸)	S. R.	76.0±4.37	4.4±0.17	19.1±3.60
	A. R.	77.5±5.21	2.8±0.12	19.8±3.90
	I. P. P. R.	80.2±4.41	3.4±0.18	17.5±3.11
	P. N. R.	76.3±5.41	3.2±0.11	20.5±3.14

表 9. 呼吸気中の酸素量, 炭酸ガス量, 窒素量 (%)
(臨床例)

S. R. = 自然呼吸
A. R. = 補助呼吸
I. P. P. R. = 間歇的陽平圧呼吸
P. N. R. = 陽陰圧呼吸

平均値 (8例)		酸素量	炭酸ガス量	窒素量
吸 (非開胸)	仰臥位 S. R.	73.8±9.18	2.3±0.10	23.8±6.34
	側臥位 A. R.	79.1±8.65	2.2±0.12	18.8±4.78
	側臥位 S. R.	76.9±6.06	1.3±0.14	21.8±5.25
	側臥位 A. R.	82.2±5.68	1.0±0.20	16.7±4.85
呼 (非開胸)	仰臥位 S. R.	79.4±7.09	1.4±0.10	19.1±5.12
	側臥位 A. R.	84.1±7.07	0.8±0.12	15.1±4.46
	側臥位 S. R.	71.5±7.22	4.7±0.11	25.1±5.71
	側臥位 A. R.	76.6±6.29	3.9±0.15	19.6±4.28
気 (開胸)	仰臥位 S. R.	74.4±5.52	3.5±0.15	21.8±3.75
	側臥位 A. R.	80.3±4.20	3.4±0.10	16.3±3.13
	側臥位 S. R.	77.3±8.70	3.3±0.13	19.3±5.44
	側臥位 A. R.	82.8±6.18	3.0±0.12	14.2±5.10

表10. 呼吸気中の酸素量, 炭酸ガス量, 窒素量 (%)
(臨床例)

S. R. = 自然呼吸
A. R. = 補助呼吸

に示す如く, 持続加圧呼吸により血圧は著明に下降したまゝ、恢復の傾向を示さず, 除圧によりもとの血圧にもどるが, この際にはこれまでの例に見られた様な一過性の代償性血圧上昇は認められなかつた。

サイクロプロペイン麻酔に於ても麻酔深度が浅い場合には図11 a. b. に示す如く加圧により麻酔前と同じ血圧の変動を示すが, サイクロプロペインでは加圧により容易に深麻酔に移行し, かゝる際に持続加圧呼吸を行うと図11 c. に示す如く, 血圧に及ぼす影響は麻酔前と全く様相を異にし, 血圧及び脈圧はむしろ上昇

平均値 (4例)		酸素量	炭酸ガス量	窒素量
吸 (非開胸)	S. R.	82.2±4.25	2.1±0.12	15.8±3.47
	A. R.	86.9±4.80	1.8±0.10	11.7±4.14
	I. P. P. R.	87.2±5.51	1.7±0.17	11.2±5.04
	P. N. R.	85.2±3.92	1.6±0.11	13.1±4.01
呼 (非開胸)	S. R.	77.7±5.45	4.4±0.17	17.9±4.85
	A. R.	82.4±5.35	3.1±0.13	16.6±4.46
	I. P. P. R.	81.2±6.02	3.2±0.11	15.8±4.90
	P. N. R.	80.5±3.10	3.0±0.12	16.3±3.48

表11. 呼吸気中の酸素量, 炭酸ガス量, 窒素量 (%)
(臨床例)

S. R. = 自然呼吸
A. R. = 補助呼吸
I. P. P. R. = 間歇的陽平圧呼吸
P. N. R. = 陽陰圧呼吸

するが, 著しい徐脈を呈し心停止の危険を伴い, 除圧しても代償性血圧上昇は認められなかつた。即ちサイクロプロペイン麻酔時の加圧呼吸は充分注意すべきである。

クロールプロマジン及び塩酸プロメサジンを夫々1mg/kg 筋注した後全身冷却 (38°C → 28°C) を行うと, それのみにて血圧は下降し呼吸数及び脈搏数は減少する。かゝる場合に持続加圧を行うと図12 a. b. に示す如く血圧は著しく下降し恢復の徴候は全く認められず脈圧は零に近く心停止の危険が大である。故に低体温麻酔時の加圧呼吸には細心の注意が必要である。

B) 各種呼吸法の動脈血圧及び心電図に及ぼす影響

非開胸時及び開胸時, 自然呼吸と補助呼吸, 間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸を行い夫々の場合に就き比較した成績は図13 a. b., 図14 a. b. に示す如くこれらの呼吸法により特に血圧及び心電図に著しい変動は見られなかつた。

IV 肺動脈圧の変化

表12に示す如く, 非開胸時の肺動脈圧の中間値 (mean pressure) の5例平均値は自然呼吸時 13.2 mmHg, 補助呼吸時 15.0 mmHg, 間歇的陽平圧呼吸時 16.3 mmHg, 陽陰圧呼吸時 15.4 mmHg で, 自然呼

動物 番号	非 開 胸 時				開 胸 時			
	S. R.	A. R.	I. P. P. R.	P. N. R.	S. R.	A. R.	I. P. P. R.	P. N. R.
1 10kg ♀	11.7	12.0	13.0	10.0	18.0	12.0	14.0	11.7
2 13kg ♂	11.3	13.2	16.3	15.3	19.0	15.0	17.0	16.5
3 10kg ♀	15.5	18.0	18.6	17.5	23.0	20.1	18.1	18.1
4 11kg ♂	12.3	14.2	15.3	13.3	22.5	17.0	15.7	17.3
5 12kg ♂	15.0	20.2	18.3	21.0	24.0	20.0	23.0	21.2
平 均	13.2	15.5	16.3	15.4	21.3	17.0	17.6	17.0

表 12. 肺 動 脈 圧 (mmHg) (mean pressure) (犬)

S. R. = 自然呼吸

I. P. P. R. = 間歇的陽平圧呼吸

A. R. = 補助呼吸

P. N. R. = 陽陰圧呼吸

吸に比し他の3者に於ては何れも軽度の上昇が認められた。開胸時の肺動脈圧の5例平均値は自然呼吸時 21.3mmHg, 補助呼吸時 17.0mmHg, 間歇的陽平圧呼吸時 17.6mmHg, 陽陰圧呼吸時 17.0mmHgで、開胸により肺動脈圧は著るしく上昇するが、呼吸の補助乃至調節により容易に下降することを認めた。

V 心搏出量の変化

A) 非 開 胸 時

(1) 自然呼吸と持続加圧呼吸を比較した成績は表13に示す如く、自然呼吸時平均 197cc/min/kg に対して持続加圧を行うと 130cc/min/kgとなり、平均67cc減少し34.5%の減少率を示した。

動物 番号	自然呼吸	持続加圧 呼吸
1 10kg ♀	198	120
2 11kg ♂	170	100
3 15kg ♂	222	169
平 均	197	130

表13. 心 搏 出 量 (cc/min/kg)
(非開胸時・犬)

(2) 自然呼吸と補助呼吸とを比較した結果は表14に示す如く、自然呼吸時 183cc/min/kg に対し補助呼吸時は 168cc/min/kgとなり平均 15ccの減少で9.83%の減少率を示した。

(3) 自然呼吸、補助呼吸及び間歇的陽平圧呼吸に就いて比較した成績は表15に示す如く、自然呼吸時 149cc/min/kg に対し、補助呼吸時 131cc/min/kg となり平均 18ccの減少で10.3%の減少率を示し、間歇的陽陰圧呼吸では 129cc/min/kgとなり、平均20.0ccの減少で11.4%の減少率を示した。又補助呼吸と間歇

的陽平圧呼吸とを比較した結果は、前者より後者は平均 2ccの減少で1.08%の減少率を示した。

(4) 自然呼吸と間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸とを比較した成績は表16に示す如く、自然呼吸時 135cc/min/kgに対して間歇的陽平圧呼吸時は122cc/min/kgとなり、平均 13ccの減少で9.25%の減少率を示した。又陽陰圧呼吸では 123cc/min/kg となり平均 12.0ccの減少で6.24%の減少率を示した。更に間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸とを比較した場合は前者より後者は平均 1.0ccの増加で0.2%の増加率を示した。

動物 番号	自然呼吸	補助呼吸
1 12kg ♀	167	161
2 11kg ♂	190	196
3 10kg ♀	197	167
4 14kg ♂	205	177
5 10kg ♂	152	160
6 13kg ♀	188	144
平 均	183	168

表14. 心 搏 出 量 (cc/min/kg)
(非開胸時・犬)

動物 番号	自然呼吸	補助呼吸	間歇的陽 平圧呼吸
1 13kg ♂	162	145	145
2 12kg ♂	124	98	97
3 12kg ♂	162	150	147
平 均	149	131	129

表15. 心 搏 出 量 (cc/min/kg)
(非開胸時・犬)

動物番号			自然呼吸			間歇的陽平圧呼吸			陽陰圧呼吸		
			血 圧	脈搏数	心搏 出量	血 圧	脈搏数	心搏 出量	血 圧	脈搏数	心搏 出量
1	26kg	♂	145~125	126	118	140~110	122	103	140~120	120	103
2	13kg	♂	135~125	135	105	140~120	135	110	120~110	140	105
3	15kg	♂	150~125	160	153	160~130	143	132	140~120	140	124
4	12kg	♂	190~160	140	135	200~150	134	105	210~160	136	118
5	10kg	♂	142~130	116	162	150~140	125	158	150~130	136	159
平 均			152~133	135	135	158~130	132	122	152~128	134	123

表 16. 血圧 (mmHg), 脈搏数 (回/分), 心搏出量 (cc/min/kg)
(非開胸時・犬)

B) 開 胸 時

補助呼吸と持続加圧呼吸を比較すると表17に示す如く, 補助呼吸時 148cc/min/kg に対し, 持続加圧呼吸 138cc/min/kg となり平均10ccの減少で7.17%の減少率を示した。

動物番号			補助呼吸	持続加圧呼吸
1	10kg	♂	154	143
2	13kg	♂	193	187
3	12kg	♂	119	111
4	10kg	♂	123	110
平 均			148	138

表17. 心 搏 出 量 (cc/min/kg)
(開胸時・犬)

(2) 補助呼吸と間歇的陽平圧呼吸とを比較すると表18に示す如く, 補助呼吸時 136cc/min/kg に対し, 間歇的陽平圧呼吸時 130cc/min/kg となり平均 6.0cc の減少で3.13%の減少率を示した。

(3) 間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸とを比較すると表19に示す如く, 前者 127cc/min/kg に対し, 後者は 129cc/min/kg となり, 平均2.0ccの増加で2.0%の増加率を示した。

以上非開胸時並びに開胸時に於て, 自然呼吸と補助呼吸, 間歇的陽平圧呼吸及び陽陰圧呼吸とを比較した場合, 呼吸の補助乃至調節により何れも多少とも心搏出量は減少する。補助呼吸と間歇的陽平圧呼吸とを比較すると前者の方が心搏出量の減少が少く, 間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸とを比較すると少々後者の方が

影響が少い傾向は見られるが, 共に有意の差があるとは思われなかつた。なお持続加圧により心搏出量は常に減少するがその程度は非開胸時に於て特に著明であつて, 開胸時に於てはその影響は少かつた。即ち開胸時の方が加圧による循環系への影響は軽微であつた。これらの結果を図で示すと図15, 図16の通りである。

考 按

今日閉鎖循環式麻酔は日常ひろく行われているが,

動物番号			補助呼吸	間歇的陽平圧呼吸
1	11kg	♂	167	164
2	11kg	♂	170	167
3	10kg	♀	172	144
4	12kg	♂	118	132
5	10kg	♀	87	100
6	13kg	♂	111	99
7	10kg	♂	123	106
平 均			136	130

表18. 心 搏 出 量 (cc/min/kg)
(開胸時・犬)

動物番号			間歇的陽平圧呼吸			陽陰圧呼吸		
			血 圧	脈搏数	心搏 出量	血 圧	脈搏数	心搏 出量
1	11kg	♀	100~70	152	110	120~100	144	100
2	13kg	♂	108~95	120	149	105~95	120	152
3	17kg	♀	125~110	144	115	130~100	140	105
4	10kg	♀	130~100	128	151	130~120	128	175
5	24kg	♀	120~110	176	108	120~100	176	114
平 均			117~97	144	127	121~103	141	129

表19. 血圧 (mmHg), 脈搏数 (回/分), 心搏出量 (cc/min/kg)
(開胸時・犬)

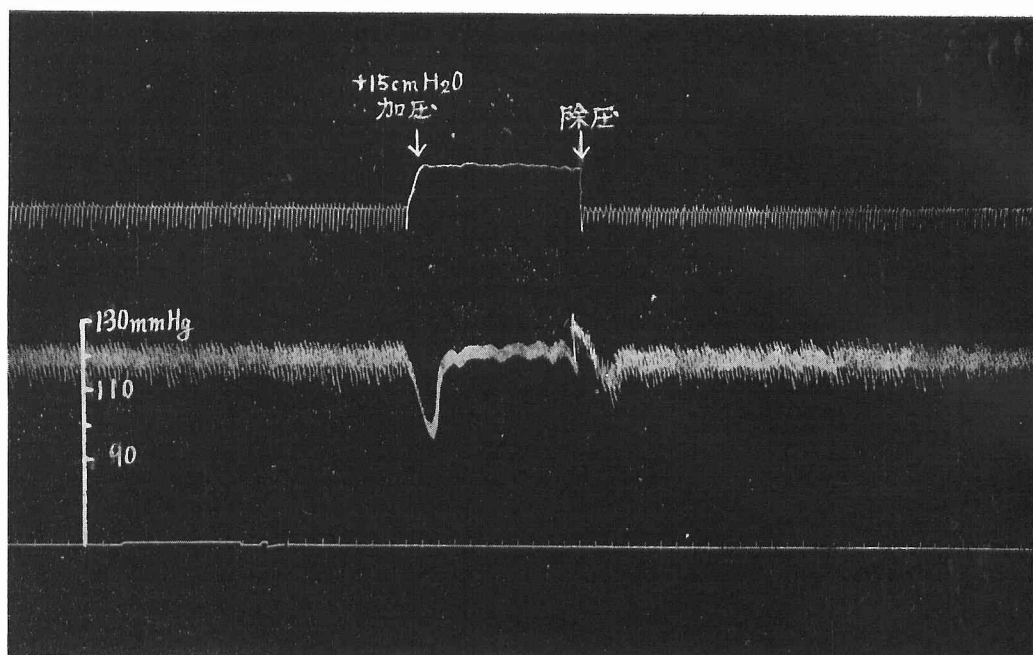


図 7. a 持 続 加 圧 と 血 圧 (非開胸時)

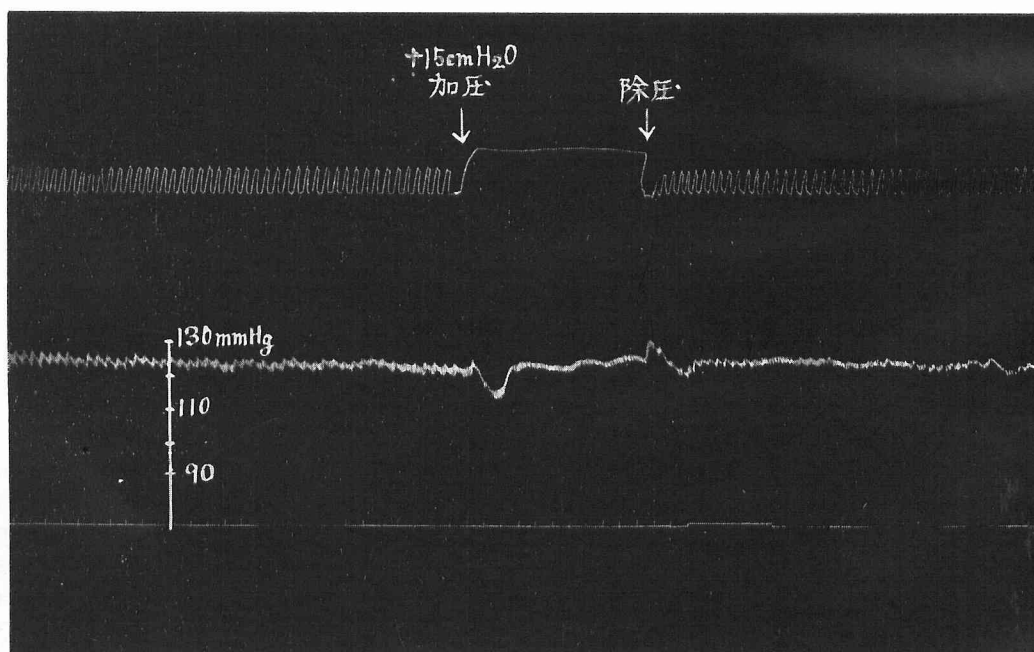


図 7. b 持 続 加 圧 と 血 圧 (開 胸 時)

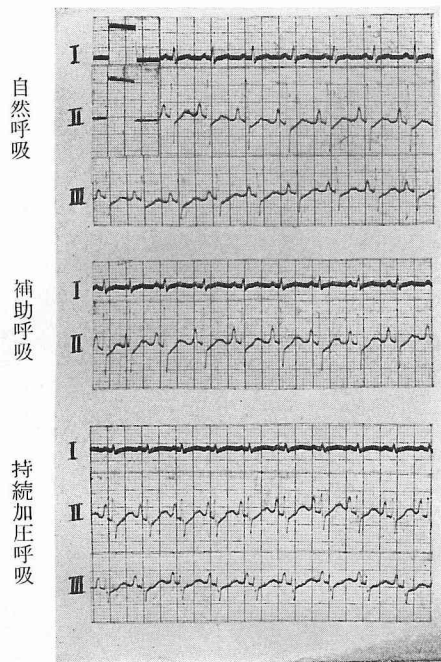


図 8. a 心 電 図
(非開胸時)

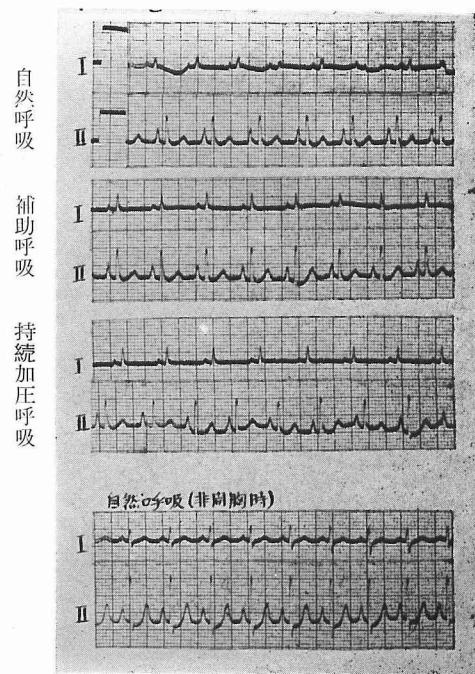


図 8. b 心 電 図
(開 胸 時)

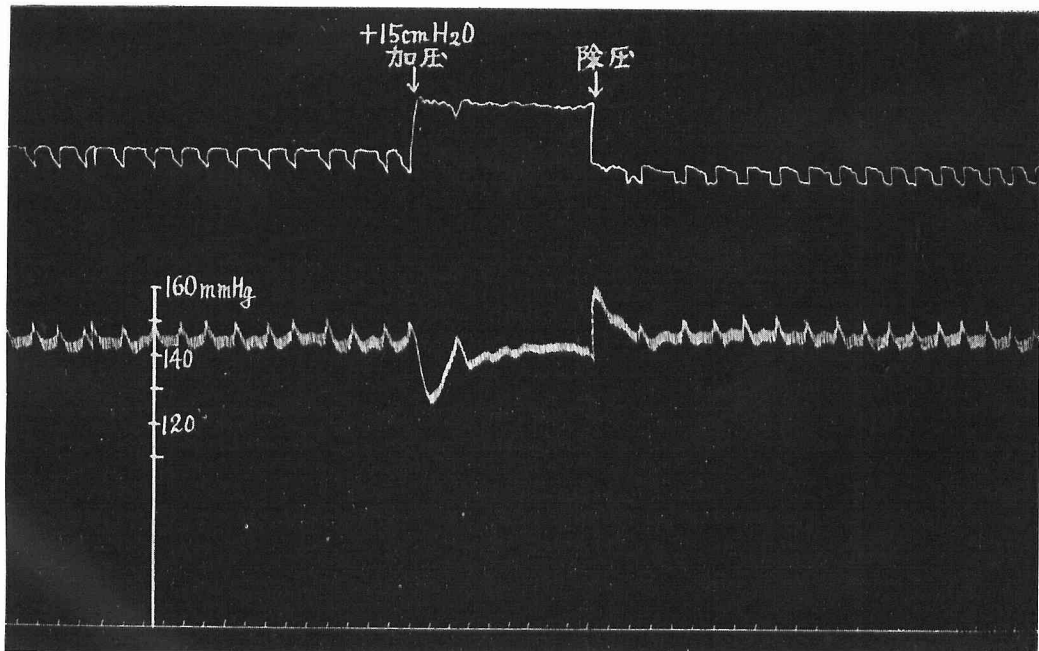


図 9. a 持 続 加 圧 と 血 圧 (対 照)

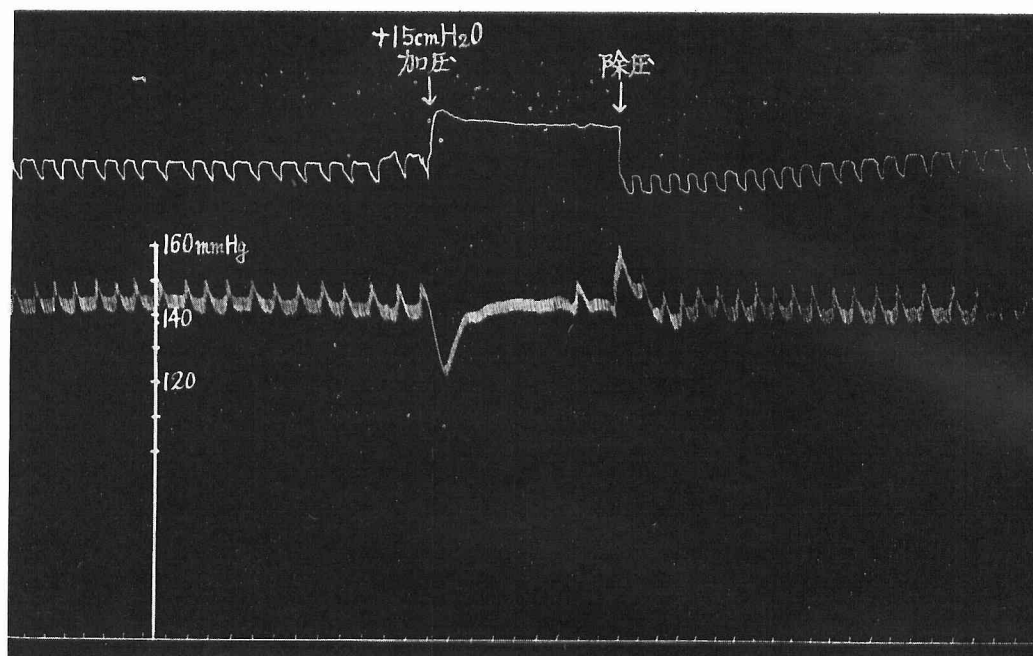


図 9. b

持続加圧と血圧 (笑気麻醉)

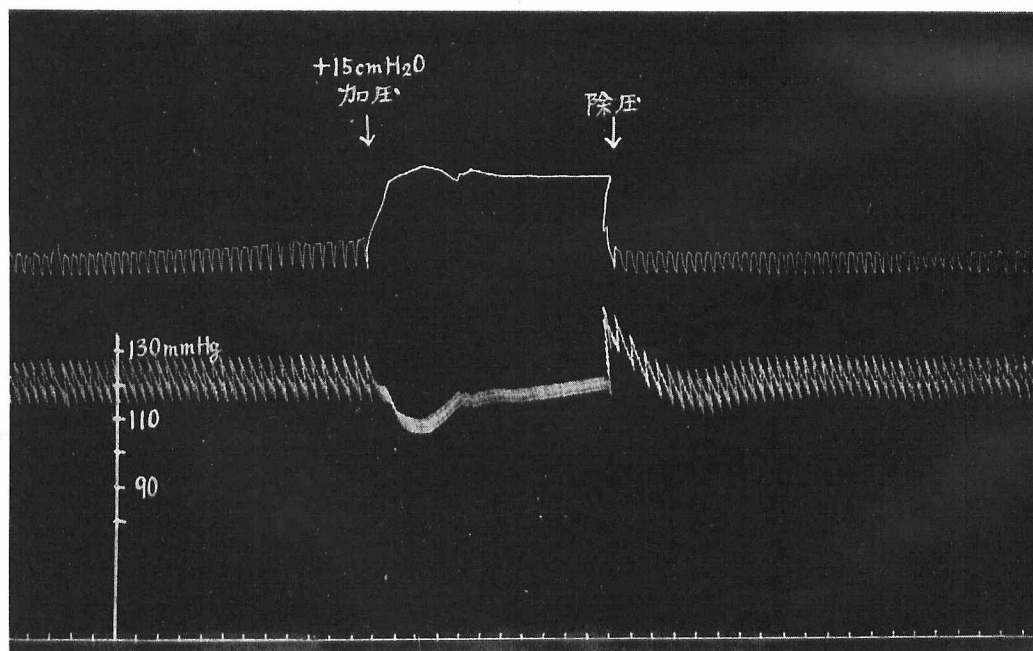


図 10. a

持続加圧と血圧 (対 照)

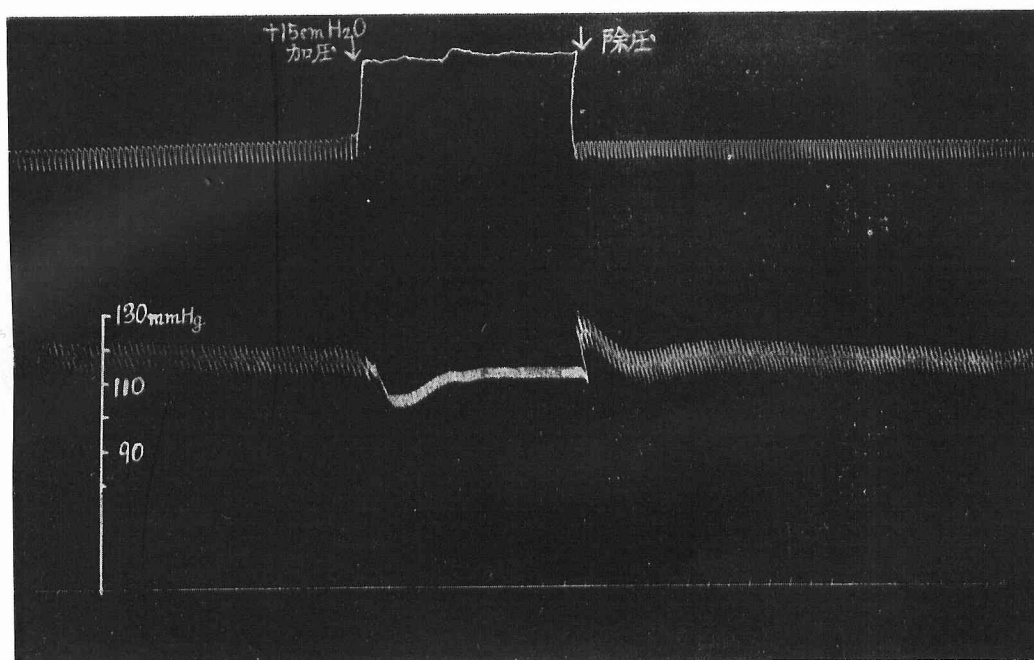


図 10. b 持 続 加 圧 と 血 圧 (エーテル麻酔第Ⅲ期第1層)

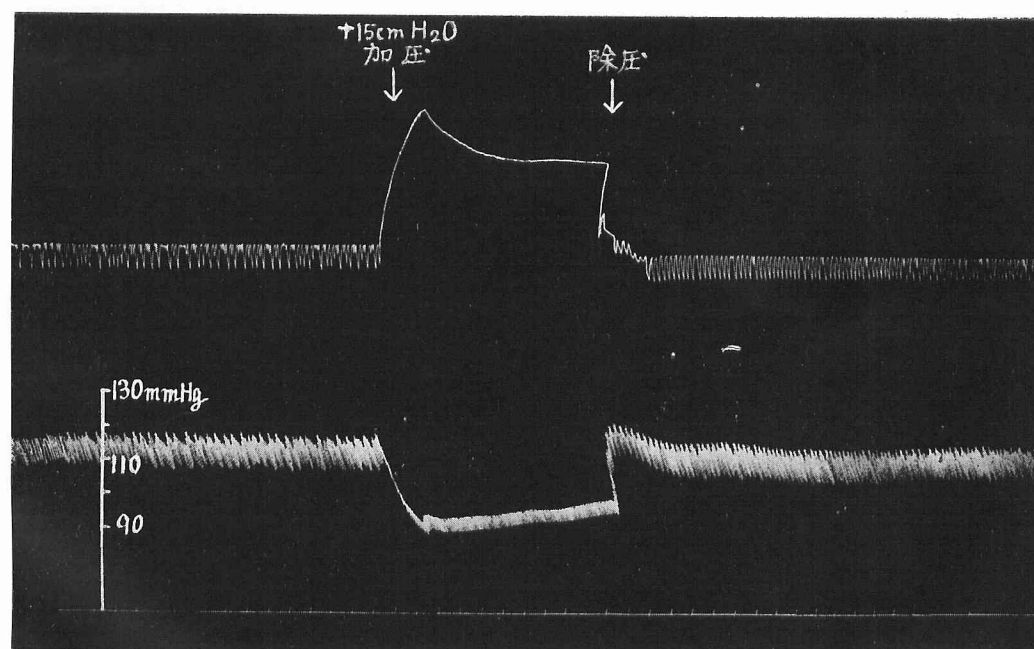


図 10. c 持 続 加 圧 と 血 圧 (エーテル深麻酔)

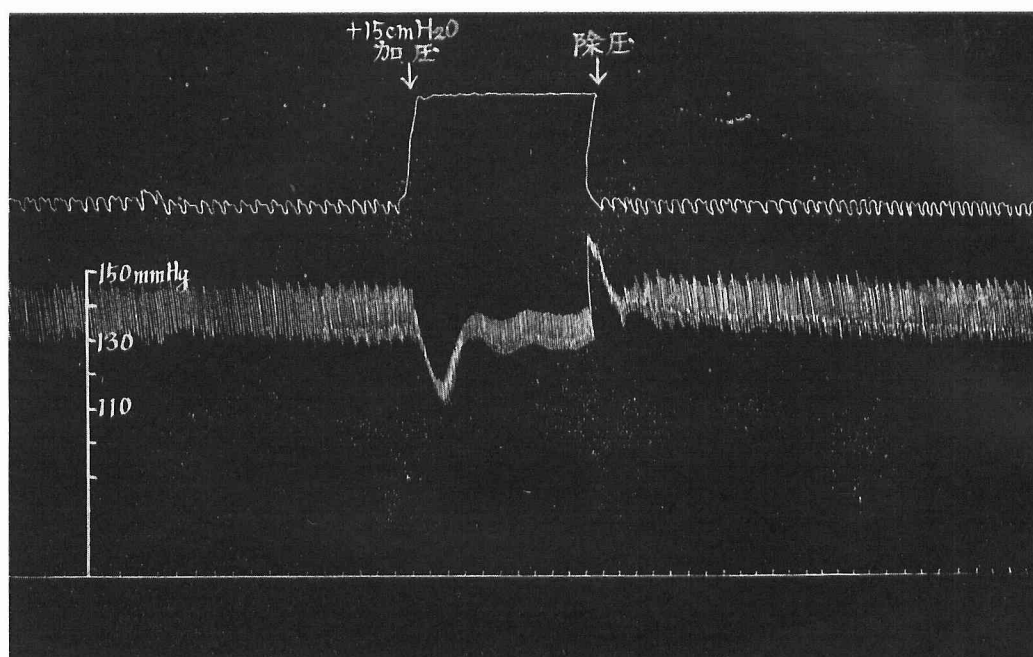


図 11. a 持 続 加 圧 と 血 圧 (対 照)

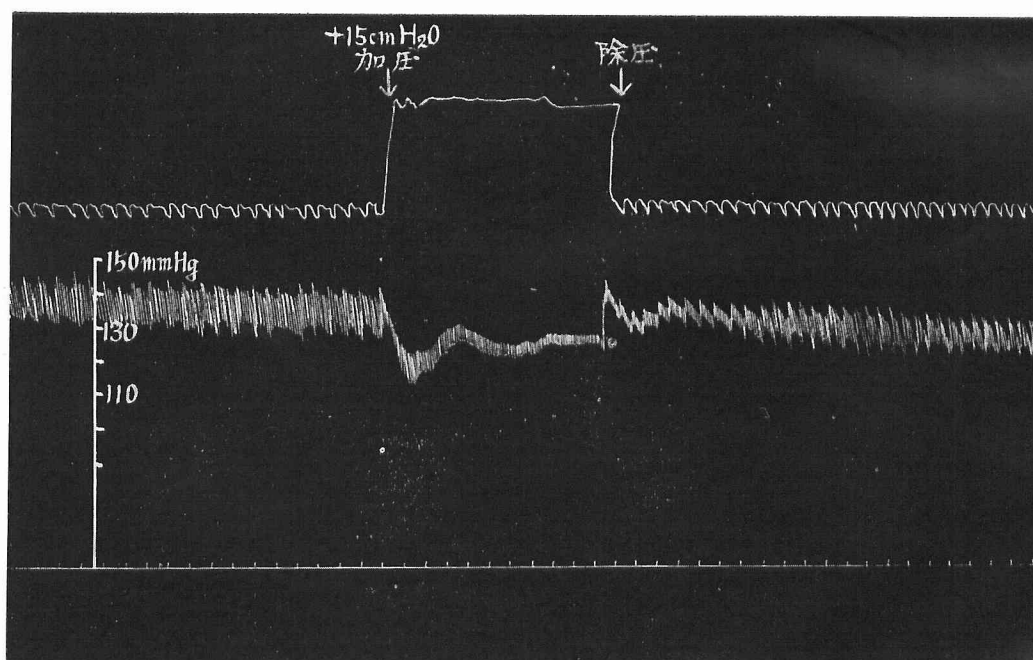


図 11. b 持 続 加 圧 と 血 圧 (サイクロプロペイン麻醉第Ⅲ期第1層)

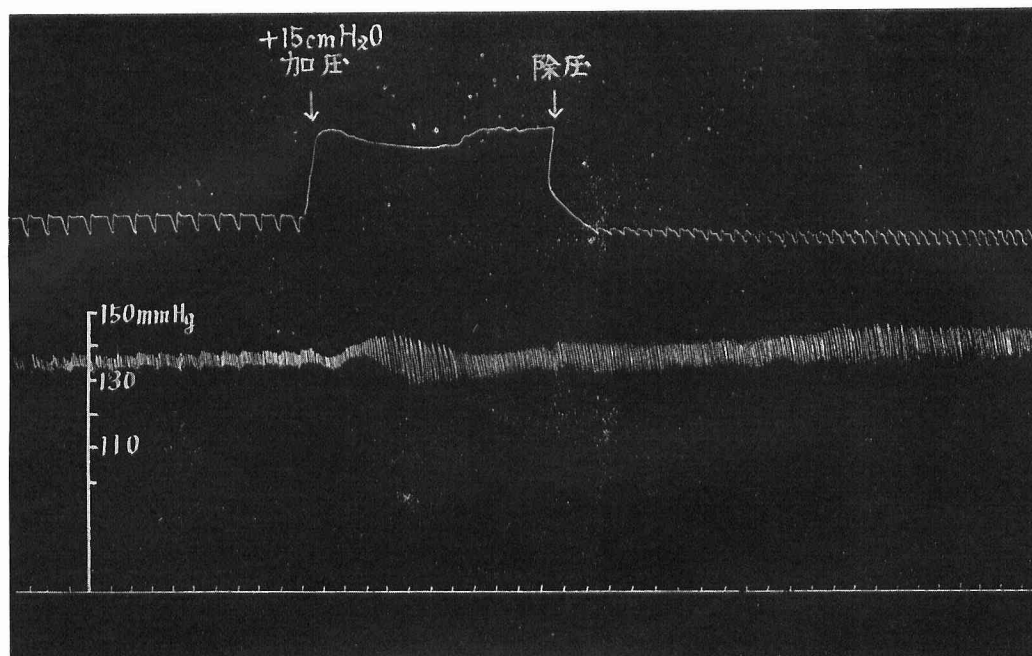


図 11. c 持 続 加 圧 と 血 圧 (サイクロプロベイン深麻醉)

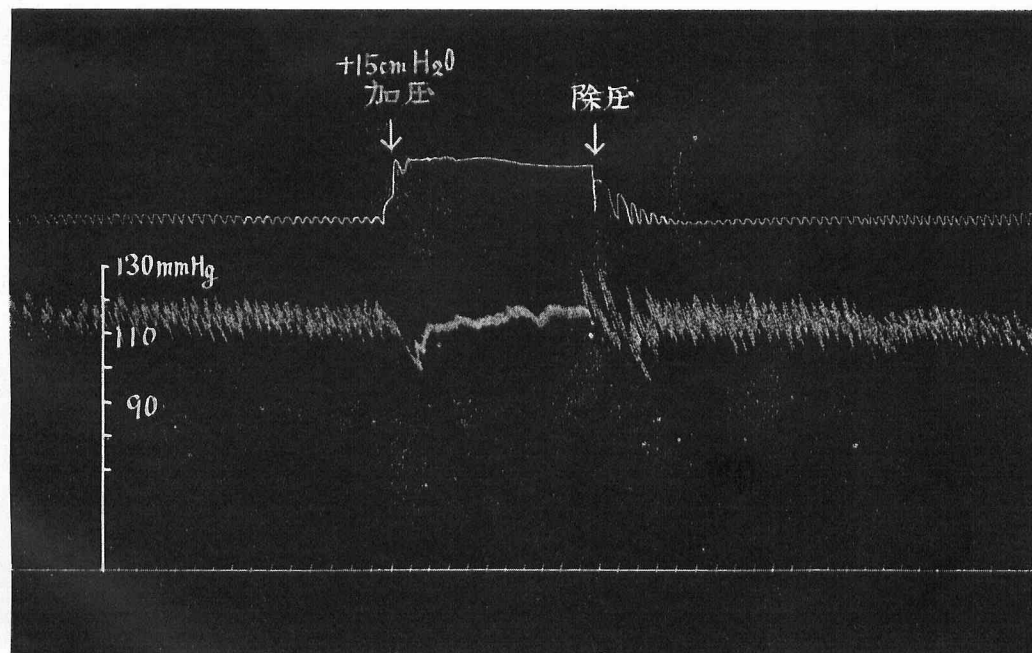


図 12. a 持 続 加 圧 と 血 圧 (対 照)

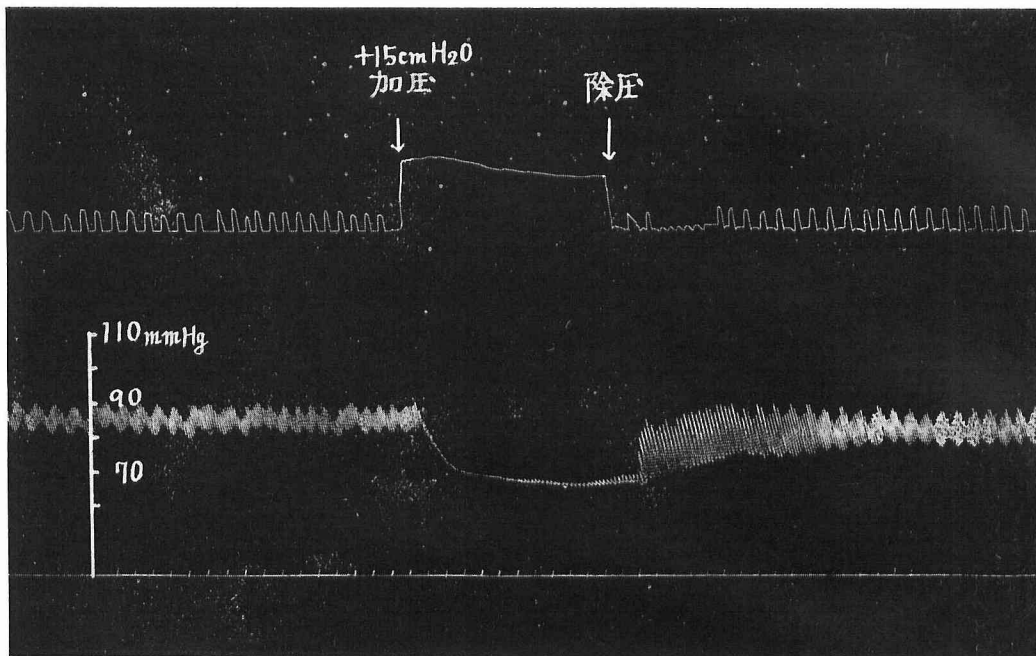


図 12, b 持 続 加 圧 と 血 圧 (自律神経遮断剂+冷却)

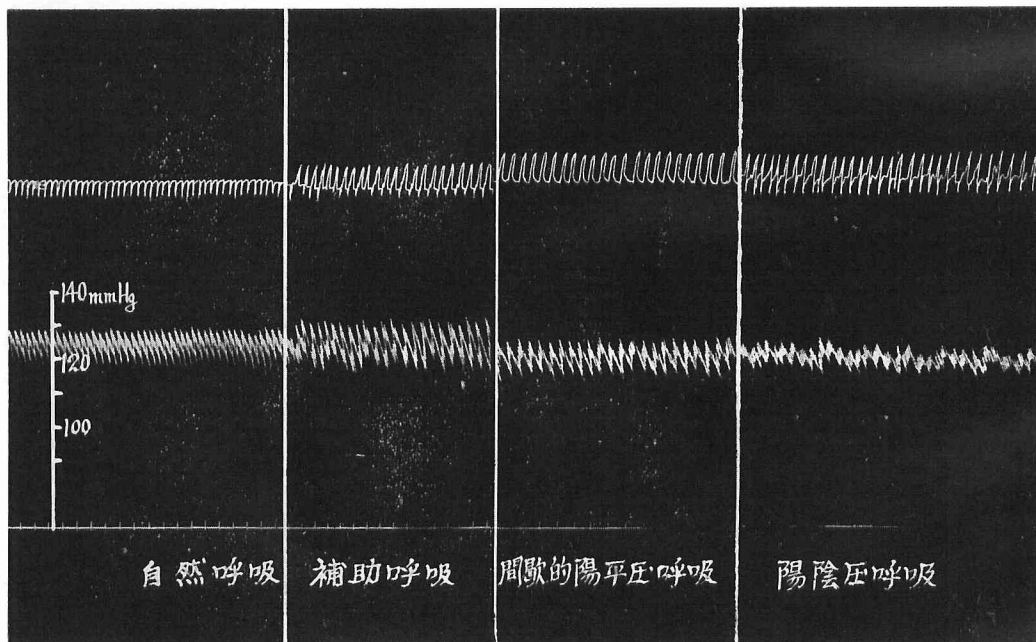


図 13. a 各 種 呼 吸 法 と 血 圧 (非開胸時・犬)

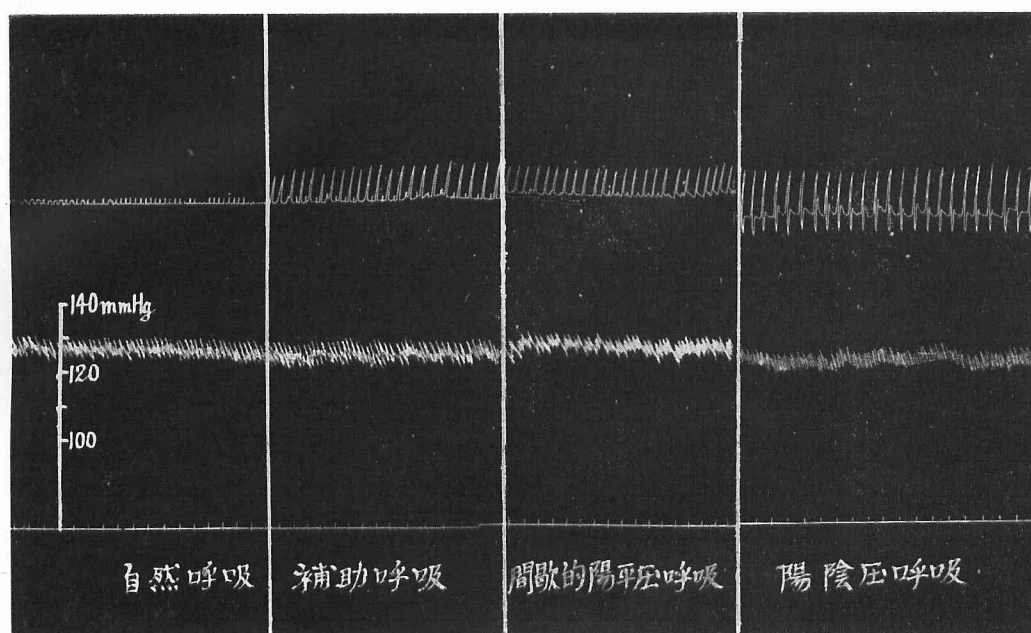


図 13. b 各種呼吸法と血圧 (開胸時・犬)

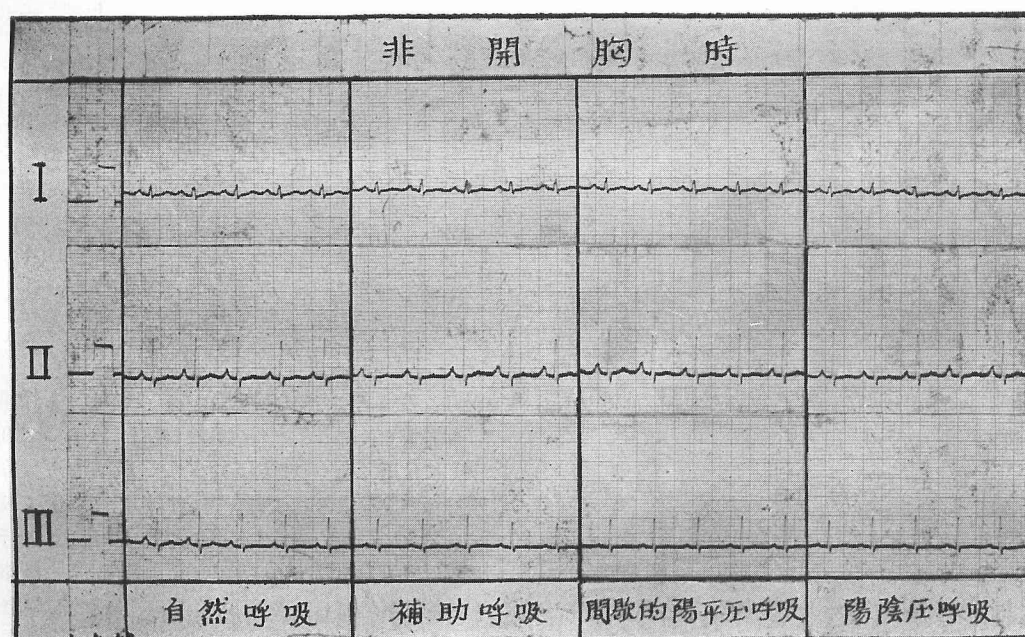


図 14. a 心電図 (非開胸時・犬)

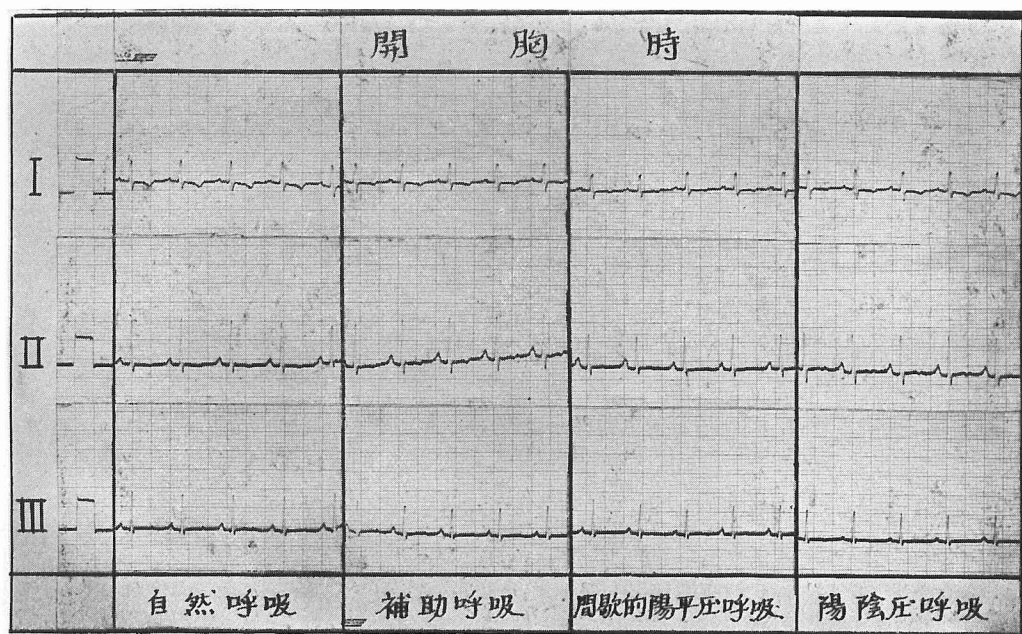


図 14. b 心 電 図 (開 胸 時・犬)

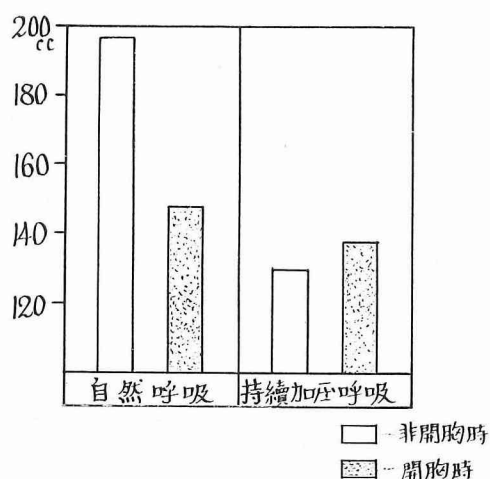


図15. 心 搏 出 量 (cc/min/kg) (犬)

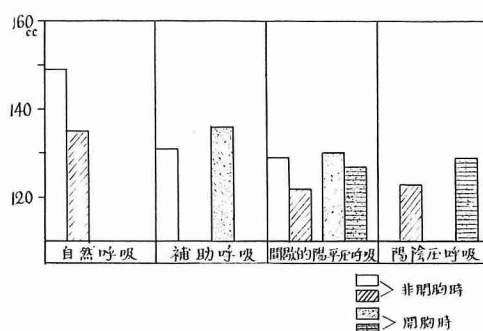


図16. 心 搏 出 量 (cc/min/kg) (犬)

手術を安全に遂行するためには術中充分な酸素の供給と、炭酸ガスの充分な排除とが極めて重要な問題である。Lawes^⑦も麻酔中呼吸嚢の動きでは換気は充分と思われるが、既に或る程度の炭酸ガス蓄積がおこっていることがあると警告している。換気を完全にするために術中屢々加圧して呼吸の補助乃至調節が行われる

が、この際充分有効な換気量が得られ、しかも循環系に悪影響を及ぼさない方法が最も望ましく、この点に関しては既に多くの研究がなされて来た。然し此等の研究は補助呼吸と間歇的陽平圧呼吸とを混同して扱っているものが多く、自然呼吸のリズムに合わせて行う補助呼吸と自然呼吸の停止している場合に行う調節呼吸とを比較検討した研究は少ない。補助呼吸は患者の呼吸のリズムに合わせる事が難かしく、又補助呼吸をしていると自然に呼吸が停止して間歇的陽平圧呼吸に移行することも少くない。これは呼吸リズムが乱さ

れ Hering-Breuer 反射による呼吸停止と考えられる。補助呼吸は適当に行われないと、患者の呼吸リズムを乱し、呼気時にも圧が加えられる結果となりひいては循環系へも悪影響を及ぼすに至るので、十分な注意と熟練を必要とすることは諸家により指摘されているところである^{(9)~(12)}。

著者は、呼吸嚢に手をあて患者の呼吸運動を触知し、呼吸する度毎に補助することなく1つおきに吸気時にのみ短時間加圧し呼気時は速に圧を除き、この際の加圧は $+10\text{cmH}_2\text{O}$ 以下で換気は充分であり、実験成績から見てもほぼ満足すべき結果を得ることが出来た。高橋⁽⁹⁾は開胸手術にあたって自然呼吸のリズムに合わせて吸気時陽圧を加え、呼気時陰圧を加える方法がよいと報告している。一方自然呼吸が停止している際、間歇的陽平圧呼吸と陽陰圧呼吸とを比較した研究は既に多く発表され、陽陰圧呼吸の方がすぐれているとする者が多い⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾⁽⁵⁵⁾⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾。又開胸手術時は開胸それ自身に伴って起る肺換気障碍のため呼吸性アシドーシスが惹起されるため人工換気が必要であると述べられている^{(13)~(20)}。

人工換気法には前述の如く、補助呼吸、間歇的陽平圧呼吸、陽陰圧呼吸等の方法があるが、これらの方法を行つた場合の血液ガスの変動を比較検討した実験成績では何れの方法によつても、動脈血中の酸素飽和度は良好に保たれていることから推察して、酸素の供給は、これら何れの方法を用いても不足を来すことはないと考えられる。しかし炭酸ガス排除の点から見ると、これらの方法の間にはかなりの優劣があり、例えば久保⁽¹⁰⁾、Gibbon⁽¹⁴⁾等は間歇的陽平圧呼吸中の炭酸ガスの蓄積を警告している著者の実験成績でも開胸時間歇的陽平圧呼吸に於ては、補助呼吸及び陽陰圧呼吸に比して炭酸ガス蓄積を来し易い傾向が認められた。又 Frank⁽²¹⁾は開胸時持続加圧呼吸を行うと、呼気が抑制されて高度の呼吸性アシドーシスを招来すると述べているが、著者の成績でも開胸時及び非開胸時共に持続加圧を行うと、血中酸素飽和度は増加するが、炭酸ガス含有量の増加は避け得なかつた。

換気量を増加させるために行う加圧が強いと循環系に対する悪影響が大となるばかりでなく、必要以上の換気は徒らに死腔を大とする結果ともなるため⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾、換気と循環の両面から参照して如何なる加圧の程度、加圧の様式加圧回数等がよいか検討する必要がある。即ち間歇的陽平圧呼吸に於て開胸時 Stead⁽²⁷⁾は $+15 \sim +20\text{cmH}_2\text{O}$ で1分間12~14回、Gordon⁽²⁸⁾は $+16\text{mmHg}$ で1分間12回、Motley⁽²⁹⁾は $25\text{cmH}_2\text{O}$ 以下、Cournad⁽³⁰⁾は $+15\text{cmH}_2\text{O}$ 、佐藤⁽³¹⁾は $5 \sim 20\text{cmH}_2\text{O}$ で

1分間20回、坂野⁽³²⁾は $3\text{cmH}_2\text{O}$ で1分間15回、 $10 \sim 15$ 分間隔に $10 \sim 12\text{cmH}_2\text{O}$ 加圧で肺膨脹不全を防ぐとしている。Dobkin⁽³³⁾は調節呼吸を行う際、自動調節呼吸装置の理想的なものがない現在、熟練した麻酔医の手が必要であると述べている。著者は $+10\text{cmH}_2\text{O}$ で1分間12回とした。加圧様式は吸気時は徐々に加圧してから急速に除圧して呼気を促し、吸気相対呼気相の比は1対2と呼気相を長くすることが望ましく、この点は諸家の見解と一致している。

気管内加圧を行うと肺血管の伸展及び収縮がおこり、肺毛細管抵抗が増大し、その結果肺動脈圧の上昇や肺血流量の減少を来とし、静脈血還流が障碍されて心搏出量の減少や動脈血圧の低下を来すと報告されている^{(20)(41)~(60)}。著者の実験成績でも気管内加圧を行う補助呼吸並びに調節呼吸何れに於ても心搏出量の減少を認めた。中でも持続加圧呼吸を行うと著明な心搏出量の減少と、心電図に於けるQRSの抑制及びSTの低下を認め、此等の変化は開胸時よりも非開胸時に特に強く、更に加圧中招来される炭酸ガス蓄積と肺組織に及ぼす機械的影響の面より考えて、術中持続加圧を行う場合は、できるだけ短時間に止めることが必要と思われる。循環系に対する加圧の影響は、開胸時よりも非開胸時により著明であつて、この点、加圧の肺組織に及ぼす機械的障碍が非開胸時により著明なこととは反対である。

一方各種の麻酔下に加圧を行つた場合に就いて見ると、エーテル、サイクロプロペインの深い麻酔、自律神経遮断剤使用、低体温麻酔の場合には、血圧下降に対する代償機構が障害されているため、加圧による循環系への影響が著明となることは、吾々の成績からも明らかな所であつて、従つてかかる場合には強い加圧を避けると共に、持続加圧はできるだけ短時間に止める必要がある。Jones⁽⁶¹⁾、Greihmer⁽⁶²⁾、Carr⁽⁶³⁾、Price⁽⁶⁴⁾等は麻酔の有無にかかわらず血管反射機構が健在である場合には、気管内加圧を行つてもよく代償されて血圧は一定に保たれると報告し、又 Saklad⁽⁶⁵⁾、Hörnicker⁽⁶⁶⁾は自律神経遮断剤使用時にはかかる機構が消失するから危険であると述べている。

気管内加圧の循環に対する悪影響を取り除くために陰圧相を設けると、それにより静脈血還流障碍や心搏出量の減少を防ぐことができると云われているが⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹⁹⁾⁽³⁵⁾⁽⁶⁷⁾、Volpitta⁽⁶⁸⁾はこれに反駁し、陽陰圧呼吸と間歇的陽平圧呼吸とを比較し、陰圧相によつて特に静脈血還流が増加することはないと述べ、Gordon⁽²⁸⁾は閉胸時には有効であるが、開胸時にはむしろ陰圧は換気に有害であるとし、Ankeney⁽⁶⁹⁾も一側開胸時陰圧

相は静脈血還流の増加も肺毛細管抵抗の減少も促さないと述べている。著者の実験成績では、補助呼吸、間歇的陽平圧呼吸、陽陰圧呼吸を比較した場合、開胸時及び非開胸時共に間歇的陽平圧呼吸より陰圧相を有する補助呼吸及び陽陰圧呼吸の方が僅かに心搏出量が多いことを認めたが、血圧、心電図等々に就いても有意の差があるとは思われなかつた。

以上の成績から判断して呼吸の調節を行う場合、特に自然呼吸を停止させる必要のない場合には補助呼吸が望ましく、自然呼吸を停止させる必要のある場合、短時間ならば間歇的陽平圧呼吸も陽陰圧呼吸も大差はないが長時間にわたるときは陽陰圧呼吸を行うことが望ましいと云えよう。

結 論

閉鎖循環式気管内麻酔の下に、非開胸時及び開胸時夫々の場合に就き、自然呼吸、補助呼吸、間歇的陽平圧呼吸、陽陰圧呼吸及び持続加圧呼吸が血液ガス、呼吸気ガス、心搏出量、血圧、肺動脈圧、心電図等と与える影響を実験的並びに臨床的に検討して次の成績を得た。

1) 血液ガスに就いては持続加圧呼吸を行うと動脈血中の酸素含有量は増加するが、一方炭酸ガス含有量も増加し呼吸性 acidosis をおこした。補助呼吸及び調節呼吸に於ては何れも動脈血中の酸素含有量は増加したが、炭酸ガスの排出の点では補助呼吸及び陽陰圧呼吸が、間歇的陽平圧呼吸に比してすぐれていた。

2) 呼吸気ガスの変化も血液ガスの変化と同じ傾向を示した。

3) 動脈血圧：持続加圧により下降するがある程度は代償される。加圧の血圧に及ぼす影響は開胸時より非開胸時に著しい。ベントバルビタール及び笑気麻酔では殆んど影響は見られなかつたが、エーテル、サイクロプロペインによる深麻酔時、自律神経遮断剤使用時或は低体温麻酔の際には著明に血圧が下降し、ショック及び心停止の危険がある。

4) 肺動脈圧：非開胸時は自然呼吸に比し呼吸の補助乃至調節により少々肺動脈圧は上昇する。開胸により肺動脈圧は上昇するが補助呼吸乃至調節呼吸により下降する。補助呼吸と調節呼吸との間には殆んど大差はなかつた。

5) 心電図：持続加圧呼吸によりQRSの抑制STの下降を来すが、補助呼吸及び調節呼吸では殆んど変化をみなかつた。

6) 心搏出量：持続加圧呼吸により著明に減少した。その減少度は開胸時に比し非開胸時の方が大であつた。開胸時及び非開胸時何れに於ても自然呼吸時に比

し補助呼吸及び調節呼吸時の気管内加圧により、心搏出量は軽度は減少した。然し両者の間に有意の差は見出せなかつた。

7) 開胸時及び非開胸時何れに於ても、特に患者の呼吸運動を停止させる必要のない時には補助呼吸がよく、呼吸運動を停止させる必要のある時には陽陰圧呼吸がよい。補助呼吸は換気のリズムを患者の呼吸と一致させることに屢々困難が伴うが、麻酔管理に熟練すれば、さして難しいものでなく臨床安全な方法と考えられる。

稿を終るに当り、御指導御校閲を賜つた星子直行教授、岩月賢一助教授及び御協力下さつた杉山敏雄、立木光両氏並びに教室の諸兄に深甚なる謝意を表する。

なお本論文の要旨は第4回日本麻酔学会に於て発表した。

文 献

- ①笹本・他：最新医学，8：323-337，1954。 ②笹本・片桐：臨床医学講座，II-B：1-31，1954。
- ③高橋：日外会誌，55：1034-1055，1954。 ④Peters & Van Slyke：Quantitative clinical chemistry Vol II. Method, 1932。 ⑤Goldstein, F. et al: J. Biol. Chem. 182:815-820, 1950。 ⑥Elsten, B. E. and Li, T. H.: Anesthesiology 15: 217-230, 1954。
- ⑦Lawes, W. F.: Brit. J. Anaesth. 28:29-36, 1956。 ⑧桂：総合研究報告集録，医学及び薬学編：1953-1954。 ⑨川俣：日胸外会誌，3：749-769，1955。
- ⑩鷲沢：麻酔，6：450-459，504-515，1957。 ⑪郷地：麻酔の反省，370，南江堂，1955。 ⑫久保・他：胸部外科，7：1053-1062，1954。 ⑬Beecher, H. F. et al: J. Thoracic Surg. 22: 135-148, 1951。
- ⑭Gibbon, J. H. et al: Ann. Surg. 132: 611-625, 1950。 ⑮石井：日胸外会誌，2：345-367，1954。
- ⑯田中：日外会誌，55：1104-1119，1955。 ⑰石川：日外会誌，54：597-608，1953。 ⑱Allbritten, F. F. et al: Ann. Surg. 140: 569-582, 1954。
- ⑲Stead, W. W. et al: J. Thoracic Surg. 25:435-447, 1953。 ⑳Taylor, F. H. and Roos, A.: J. Thoracic Surg. 20: 289-295, 1950。 ㉑Gabbard, J. G. et al: Ann. Surg. 136: 680-690, 1952。
- ㉒Crafoord, C.: J. Thoracic Surg. 9: 237-253, 1940。 ㉓Nealon, T. F. et al: J. Thoracic Surg. 30: 665-675, 1955。 ㉔Frank, H. F. et al: J. Thoracic Surg. 23: 465-478, 1952。 ㉕Folkow, B. and Parpenheimer, J. R.: J. Appl. Physiol. 8: 102-110, 1955。 ㉖Nealon, T. F.: J. Thoracic Surg. 32: 464-474, 1956。 ㉗Stead, W. W. et al: J. Thoracic Surg. 27: 306-314, 1954。

- ②⑧Gordon, A. S. et al: J. Thoracic Surg. 32: 431-453, 1956. ②⑨Motley, H. L. et al: J. A. M. A. 22: 370-382, 1948. ③⑩Courmand, A. et al: Am. J. Physiol. 152: 162-174, 1948. ④⑪佐藤・他: 麻醉, IV: 48-49, 1955. ④⑫坂野・他: 胸部外科, 6: 28-32, 1953. ④⑬Dobkin, A. B. et al: Brit. J. Anaesth. 28: 293-323, 353-366, 1956.
- ④⑭Ankeney, J. L. et al: Surg. Gyn. & Obst. 98: 600-605, 1954. ④⑮Watrous, W. G. et al: Anesthesiology 11: 661-685, 1950. ④⑯Björk, V. O. et al: J. Thoracic Surg. 31: 117-124, 1956.
- ④⑰Hörnigke, H. and Stoffregen, J.: Proceedings -- world congress of anesthesiologists September 5-10: 37-43, 1955. ④⑱Maloney, J. V. and Handford, S. W.: J. Appl. Physiol. 6: 453-459, 1954. ④⑲Maloney, J. V. et al: Anesthesiology 13: 23-32, 1952. ④⑳Fenn, W. O. et al: Am. J. Physiol. 151: 258-269, 1947. ④㉑Holt, J. P.: Am. J. Physiol. 193: 208-211, 1943. ④㉒Otis, A. B. et al: Am. J. Physiol. 146: 307-317, 1946.
- ④㉓Knoefel, P. K. et al: Anesthesiology 6: 349-354, 1945. ④㉔佐川・他: 胸部外科, 9: 25-30, 1956. 麻醉, V: 92-94, 1956. ④㉕高木・他: 日胸外会誌, 2: 300-302, 1954. ④㉖秋山: 日胸外会誌, 4: 1015-1032, 1140-1148, 1956. ④㉗穴沢: 日外会誌, 56: 66-92, 1955. ④㉘服部: 日胸外会誌, 3: 669-700, 1955. ④㉙卜部: 日外会誌, 54: 577-596, 1953. ④㉚卜部: 最新医学, 8: 1376-1387, 1953.
- ④㉛Jones, R. E. et al: Anesthesiology 17: 325-333, 1956. ④㉜Greisheimer, E. M. et al: Am. J. Physiol. 186: 101-104, 1956. ④㉝Carr, D. T. and Essex, H. E.: Am. Heart J. 31: 53-73, 1946.
- ④㉞Price, H. L.: Proceedings of the conference on the myoneural junction: 116-134, 1955.
- ④㉟Saklad, M.: J. Thoracic Surg. 28: 31-38, 1954. ⑤①Brünner, H.: Dtsch. Med. Wschr. 80: 484-486, 1955. ⑤②渡利: 日胸外会誌, 5: 730-763, 1957. ⑤③Volpitta, P. P.: J. A. M. A. 126: 1066-1068, 1944.