

肺結核患者に於ける炭酸ガス蓄積に関する 病態生理学的研究

〔第Ⅰ篇〕 肺血流面に及ぼす炭酸ガス蓄積の影響

京都大学結核研究所外科療法部（主任 教授 長石忠三）

田 中 晋（旧姓 井原 晋）

（受付昭和33年9月20日）

（本論文の要旨は第12回結核外科研究会及び第6回日本胸部外科学会総会で発表した。）

目 次

緒 言
第1章 検査対象、検査方法及び検査項目
第1節 検査対象
第2節 検査方法及び検査項目
第2章 検査成績
第1節 血液ガスの変化
第1項 動脈血酸素含量、酸素容量及 び混合静脈血酸素含量
A) 安静時
B) 炭酸ガス負荷後
第2項 動静脈血酸素較差
第3項 動脈血及び混合静脈血炭酸ガ ス含量
A) 安静時
B) 炭酸ガス負荷後
第4項 動脈血酸素飽和度
第5項 ヘマトクリット値
第2節 分時換気量及び分時酸素消費量
第1項 分時換気量
第2項 分時酸素消費量
第3節 心搏数、心搏出量及び心指数
第1項 心搏数
第2項 心搏出量及び心指数
A) 安静時

B) 炭酸ガス負荷後
第4節 循環系各部の血圧
第1項 肺動脈圧
A) 安静時
B) 炭酸ガス負荷後
第2項 楔状圧（肺毛細管平均圧）
第3項 上膊動脈圧
A) 安静時
B) 炭酸ガス負荷後
C) 脈圧の変動
第5節 経時的にみた体循環系及び肺循環系の 血圧の変動
第1項 炭酸ガス負荷時に於ける血圧の変動 時期
A) 上膊動脈圧の変動時期
B) 肺動脈平均圧及び楔状圧の変動時期
第2項 炭酸ガス負荷中止後に於ける各血圧 及びその変動時期
第6節 血管抵抗
第1項 安静時
第2項 炭酸ガス負荷後
第3章 綜括並びに考按
結 論

緒 言

1947年、Riley 及び Cournand 等⁵³⁾は心カ
テテル法を応用して肺循環の血液動態に関す
る新分野を開拓し、肺機能に関する新しい概
念の基礎を樹立した。これを契機として、彼
等^{18) 54) 55)}の考え方に基く多数の業績が報告され

るようになったのは周知の通りである。

即ち、Hicham³²⁾ 等 (1948), Hellens³⁰⁾ 等
(1948), Dexter¹⁶⁾ 等 (1950), Borden⁹⁾ 等
(1950,) Williams⁷⁶⁾ 等 (1951), Harvey²⁹⁾ 等
(1951), West⁷⁷⁾ 等 (1951), 笹本⁶³⁻⁶⁶⁾ (1952,
1953), Björk⁷⁾ (1953) 及び楠目等³⁷⁾ (1953)
等は、Riley 及び Cournand 等の概念に基

き、肺結核症、肺気腫、肺線維症及び肺動脈高血圧症等のような慢性肺疾患の場合に就いて、安静時に於ける肺循環の血液動態が追求されており、その後もこれに類する多数の報告がなされている。

又、これに伴い、各種の負荷実験も旺んに行われるようになってきている。

即ちRiley⁵²⁾ (1948) は慢性肺疾患の場合に就いて運動負荷試験を行い、安静時に於ける肺循環の血液動態と運動時のそれとを比較しており、Liljestrand⁵³⁾ (1946),

Chambers¹²⁾ 等 (1947), Motley⁴⁴⁾ 等 (1947), Fishmann²⁴⁾ 等 (1952), Stacy⁷¹⁾ 等 (1953), 楠目³⁷⁾ 等 (1953) 及び服部²⁸⁾

(1953) 等は低酸素負荷の諸成績を報告している。その他炭酸ガス蓄積に就いても以下の諸報告がある。

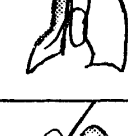
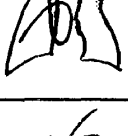
即ち、Lundy³⁹⁾ (1925), Nathan 及び Schock⁴⁷⁾ (1940), Dripps 及び Comroe¹⁹⁾ (1947), Beecher⁵⁾ (1951), Dobkin¹⁷⁾ (1952) 及び Alexander²⁾ 等 (1955) 等は健常者、又、Beecher⁵⁾ (1951), Dobkin¹⁷⁾ (1956), Alexander²⁾ 等 (1955), 石井³⁴⁾ (1954) 及び関⁶⁸⁾ (1956) 等は慢性肺疾患或いは麻酔時に於ける炭酸ガス蓄積に就いて検討し、Spencer⁷⁰⁾ (1950), Miller⁴¹⁾ (1951), 石井³¹⁾ (1954) 及び関 (1956) 等は犬に於ける炭酸ガス負荷実験に就いて報告している。

著者は、肺結核症、特に各種外科的療法の施行後に於ける慢性肺性心、又は各種肺結核外科的療法の術中、術後に時として招来される急性肺水腫の発来誘因として、従来いわれている低酸素症の外に炭酸ガス蓄積も亦

かなりの役割を演ずるのではなかろうかと考え、且つ又近年気管内麻酔の普及に連れて次第に重要視されつつある炭酸ガス蓄積に関する諸問題をも併せ追求しようと考え、各種肺結核外科的療法の術前、術後の症例に就いて、炭酸ガスの負荷による急性炭酸ガス蓄積症の場合に於ける呼吸循環系の諸変化並びに血液ガスの変化に就いて観察した。

第1篇では、その中特に肺血流面に及ぼす炭酸ガス負荷の影響に就いて検討する。

第1表 検査対象

症例番号	氏名	年令	性	体表面積	胸部線像	症例番号	氏名	年令	性	体表面積	胸部線像
1	谷	30	男	1.68		9	大	33	男	1.56	
2	宮	37	男	1.66		10	佐	31	男	1.68	
3	金	29	男	1.68		11	森	29	男	1.74	
4	宮	25	女	1.44		12	田	29	男	1.72	
5	矢	43	男	1.76		13	清	38	男	1.60	
6	一	40	男	1.48		14	田	29	男	1.58	
7	川	26	女	1.42		15	中	36	男	1.60	
8	中	30	男	1.78							

第1章 検査対象、検査方法及び検査項目

第1節 検査対象

検査対象は京都大学結核研究所に入所中の肺結核患者で、何等かの外科的療法の適応と考えられるもの及び施行後のもの15症例で、26才から43才までの男子13例、女子2例である。その中、外科的療法の施行前のものは7例で、その内訳は一侧のみに病巣を有するもの3例、両側ともに病巣を有するもの4例である。又、外科的療法の施行後のものは何れも術後3カ月以上6カ月以内のもので、その内訳は胸成術4例（右側2例、左側1例、両側1例）、部分的切除術及び肺葉切除術4例（右上葉1例、左上葉3例）である。又、患者の年齢、性別、体表面積、胸部レ線所見等は第1表の通りである。

第2節 検査方法及び検査項目

第1項 検査方法

1) 心カテーテル法は次のように行つた。即ち施行前オピアル 0.3~0.5 cc を皮下注射し、約30分後に安静状態の下に、局所麻酔にて肘部の皮膚に切開を加えて、頭静脈を露出する。次に滅菌チトラート加生理的食塩水の加圧式点滴瓶に連結した、U. S. Catheter Instr. Co. 製のF 7, 8又は二重管腔カテーテルを血管内に挿入、レ線透視下にて右室、肺動脈幹を経て、肺動脈に挿入し、夫々の圧を測定した。

尚、各症例に於けるカテーテルの到達部位は第1表の図の通りである。

又、右室又は肺動脈幹の部分にてカテーテルより混合静脈血を採取し、同時に対側肘部の上膊動脈又は股動脈に注射針を挿入し、それより動脈血を採取した。

血圧の測定記録は、Hamilton 型マノメーターを用い、京大前川内科式五要素記録装置により E.C.G. 及び呼吸曲線と共にオッシログラフで描記した。

又、一部の症例には水銀血圧計を用いて上膊動脈圧を測定した。

各血圧の平均値 (mean pressure) の測定に就いては適宜の高さの水柱圧により圧を殺滅せ

しめる三瀬⁴²⁾の方法を採用した。この方法は静脈圧測定装置の原理と同様で、圧曲線をプラニメーターを用いて算定する方法と一致した結果が得られるものである。圧測定に際し零点（原点）の設定方法は現在諸家の間に於いても尙一致していないが、我々は三瀬等⁴²⁾の方法に従つて、仰臥位で前胸壁（胸骨の第2肋間の高さ）と後胸壁（back, bed）との間の中点に置いてゐる。

血液ガスの分析には Van Slyke-Neill の装置を用い、酸素容量はトノメーター法⁵⁰⁾で測定した。

又、酸素消費量の測定は呼気をダグラス囊に採取し、乾式ガスメーターで計量、労研型呼吸分析器で分析し、0°C, 760 mmHg に補正して算定した。

2) 各因子の算出法は次の如くである。

1) 心搏出量 Fick の方法に従う。

右心搏出量 =

$$\frac{\text{酸素摂取量 (cc/min)}}{\frac{\text{肺静脈又は上膊動脈血酸素含量} - \text{混合静脈血酸素含量}}{\text{心搏出量 (1/min/M}^2)}} \times 100 (1/\text{min})$$

$$\text{心指数} = \frac{\text{心搏出量 (1/min/M}^2)}{\text{体表面積}}$$

$$\text{一回搏出量} = \frac{\text{心搏出量}}{\text{1 分間心搏数}} (\text{cc/beat})$$

2) 血管抵抗 Poiseuill の式に従う。

肺小動脈抵抗 =

$$\frac{\text{肺動脈平均圧} - \text{毛細血管平均圧}}{\text{心搏出量 (cc/sec)}} \times 1332 (\text{dynes/sec/cm}^{-5})$$

全肺血管抵抗 =

$$\frac{\text{肺動脈平均圧}}{\text{心搏出量 (cc/sec)}} \times 1332 (\text{dynes/sec/cm}^{-5})$$

末梢血管抵抗 =

$$\frac{\text{上膊動脈平均圧}}{\text{心搏出量 (cc/sec)}} \times 1332 (\text{dynes/sec/cm}^{-5})$$

3) 炭酸ガスの吸入負荷は次の様に行つた。

即ち、負荷炭酸ガスは予め 350 l 容積の大型ダグラス囊に用意して置き、呼気及び吸気弁のあるマスクによつて吸入せしめる方法を採用した。大気に炭酸ガスを混じた混合負荷ガスの炭酸ガス濃度は 5.0~6.4 vol%, 平均 5.9 vol% で暑々肺胞気の炭酸ガス濃度に等しく、酸素濃度

は 19.0~23.0vol%, 平均 20.3vol% で, 大気中の酸素濃度に畧々等しくなる如く調整した。

負荷及び検査時間は安静時に於ける諸検査の終了後, 13分~15間に亘り炭酸ガス混合ガスを吸入負荷せしめ, 各種血圧の測定は, 安静時, 負荷中及び大気開放後約15分間に亘つて記録観察した。又, 血液及び呼気の採取は負荷前及び吸入負荷後12~13分で行つた。

第2項 検査項目

検査事項は次の通りである。即ち, 負荷前, 負荷中及び大気開放後に亘る上膊動脈圧, 肺動脈圧及び楔状圧, 負荷前後に於ける血液ガス含量の変化, 動静脈血酸素較差, 動脈血酸素飽和度, 分時換気量, 分時酸素消費量, 心搏数, 心搏出量, 心指数, 全肺血管抵抗, 肺小動脈抵抗並びに全末梢血管抵抗の変動等である。

第2章 検査成績

安静時及び負荷後に於ける肺循環諸量は, 第2及び第3表の通りである。

又, 炭酸ガス負荷後に於ける変化率は第4表の通りである。

以下これ等の成績に就いて述べる。

第1節 血液ガスの変化

第1項 動脈血酸素含量, 酸素容量及び混合静脈血酸素含量 (vol%)

第2表 安静時に於ける肺循環諸量

症例番号	換気量 l/min	O ₂ 消費量 cc/min	動脈血O ₂ 含量 Vol%	混合静脈血O ₂ 含量 Vol%	動脈血酸素較差 Vol%	動脈血酸素飽和度 %	心搏数 /min	心指数 l/min/m ²	心搏出量 l/min
3	8.1	234	22.2	39.7	15.4	6.8	97	3.45	2.05
5	11.2	303	18.0	39.8	10.0	8.0	86	3.79	2.15
6	6.6	214	21.6	36.0	15.6	6.0	98	3.56	2.41
7	7.7	202	19.7	48.0	17.5	2.2	87	2.18	6.46
10	10.3	307	20.8	46.7	14.2	6.6	98	4.65	2.71
9	6.9	228	17.6	47.8	14.2	3.4	91	6.71	4.30
8	9.4	298	18.3	48.3	14.3	4.0	91	7.41	4.19
11	8.9	219	19.2	46.5	15.2	4.0	99	5.48	3.14
13	8.2	254	19.3	46.3	14.5	4.8	98	5.29	3.31
14	6.8	232	19.5	48.3	15.4	4.1	96	5.66	3.36

第3表 炭酸ガス負荷後に於ける諸値

症例番号	換気量 l/min	O ₂ 消費量 cc/min	動脈血O ₂ 含量 Vol%	混合静脈血O ₂ 含量 Vol%	動脈血酸素較差 Vol%	動脈血酸素飽和度 %	心搏数 /min	心指数 l/min/m ²	心搏出量 l/min
3	31.9	323	20.2	53.0	14.9	5.3	88	6.09	3.63
5	37.9	326	19.1	54.5	17.3	1.8	92	18.11	10.29
6	23.4	220	20.6	48.6	15.3	5.5	94	4.00	2.70
7	21.1	235	18.7	53.7	16.9	1.8	82	13.06	9.19
10	25.6	362	18.9	53.6	13.6	5.3	89	6.83	4.06
9	25.0	365	17.3	50.7	13.4	3.9	89	9.86	6.00
8	21.8	310	18.2	53.8	15.2	3.0	90	10.83	5.80
11	23.3	328	19.0	49.0	16.9	2.1	98	15.62	8.98
13	28.5	368	19.9	50.1	15.8	2.1	100	17.52	10.95
14	18.8	308	18.9	52.4	15.4	3.5	94	8.80	5.57

第4表 CO₂負荷による各値の変化率

症例番号	負荷CO ₂ Vol%	負荷O ₂ Vol%	分時O ₂ 消費量 %	分時換気量 %	動脈血O ₂ 飽和度 %	動脈血CO ₂ 含量 %	心指数 %	肺動脈平均圧 mmHg	上膊動脈平均圧 mmHg	全肺血管抵抗 %	末梢血管抵抗 %	肺小動脈抵抗 %
1	5.4	20.1	—	—	—	—	—	0	+3.5	—	—	—
2	6.3	20.0	—	—	—	—	—	+1.5	+1.0	—	—	—
3	6.4	19.7	+38	+294	-9	+33	+96	+4.0	+8.0	-29	-40	-22
4	6.1	19.7	—	—	—	—	—	+56.0	+14.0	—	—	—
5	6.4	19.6	+8	+238	+7	+37	+378	+10.4	+19.0	-66	-74	—
6	5.9	19.7	+3	+405	-5	+34	+12	+2.3	+8.0	+2	-6	—
7	6.3	19.6	+16	+174	-5	+12	+42	+2.0	+8.4	-22	-12	-14
8	6.2	19.7	+4	+135	-1	+11	+39	+3.5	+26.0	+24	-25	+10
9	5.0	20.1	+60	+262	-2	+6	+39	-1.0	+5.0	-33	-24	-49
10	6.2	19.7	+18	+148	-9	+13	+47	—	+9.0	+15	-23	—
11	5.8	20.0	+40	+162	-1	+5	+185	+5.7	+13.0	-32	-58	-21
12	5.6	19.9	—	—	—	—	—	+3.2	+15.0	—	—	—
13	5.8	23.8	+45	+248	+2	+8	+231	+4.8	+12.0	-59	-56	-56
14	5.4	23.8	+33	+176	-3	+9	+55	+1.5	+3.0	-31	-45	-19
15	5.1	20.1	—	—	—	—	—	+25.9	+14.0	—	—	—

A) 安静時

血液ガスの分析を行い得た10例の成績に就いてのべる。即ち, 第5表に示すように動脈血酸素含量は17.6~22.2, 平均 19.9vol%, 動脈血酸素容量は 19.4~23.3, 平均 21.1vol%, 混合静脈血酸素含量は10.0~17.5, 平均 14.6vol% である。

健常者に就いての諸家の成績は第6表の通りで, 著者の成績は藤田, 佐竹, 篠井, Van Slyke, Wood 等の値に畧々一致し, 笹本, 香川等の値より稍々高値を示している。

又, 肺結核患者に於ける諸家の成績に比べると, 動脈血酸素含量では佐川等の平均18.89vol% (男子19.45, 女子 17.15vol%), 三宅 16.5~17.6vol% より稍々高値を示し, 動脈血酸素

第5表 安静時並びにCO₂負荷後の血液ガス

症例番号	吸気		混合静脈血		動脈血		動脈血の酸素量	動脈血の酸素飽和度	ヘモグロビン	症例番号	吸気		混合静脈血		動脈血		動脈血の酸素量	動脈血の酸素飽和度	ヘモグロビン
	O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%	O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%	O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%					O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%	O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%	O ₂ Vol%	CO ₂ Vol%			
3			15.4	53.4	22.2	39.7		97		9			14.2	49.9	17.6	47.8		91	
	19.7	6.4	14.9	56.7	20.2	53.0	23.3	88	42		20.1	5.0	13.4	53.1	17.3	50.7	19.7	89	43
			-3	6	-9	33		-9					-6	7	-2	6		-2	
5			10.0	52.0	18.0	39.8		86		8			14.3	49.8	18.3	48.3		91	
	19.6	6.4	17.7	56.6	19.1	54.5	21.2	92	40		19.7	6.2	15.2	56.2	18.2	53.8	20.5	90	47
			7.3	9	7	37		7					6	13	-1	11		-1	
6			15.6	42.5	21.6	36.0		98		11			15.2	51.9	19.2	46.5		99	
	19.7	5.9	15.1	50.8	20.6	48.6	22.3	94	41		20.0	5.8	16.9	54.3	19.0	49.0	19.4	98	42
			-3	19	-5	34		-4					11	5	-1	5		-1	
7			17.5	51.5	19.7	48.0		89		13			14.5	49.0	19.3	46.3		98	
	19.6	6.3	16.9	53.8	18.7	53.9	23.1	82	40		23.8	5.8	15.8	51.7	19.9	50.1	19.9	100	42
			-3	8	-5	12		-6					8	5	3	8		2	
10			14.2	51.2	20.8	46.7		98		14			15.4	54.7	19.5	48.3		96	
	19.7	6.2	13.6	55.1	18.9	53.6	21.6	89	43		23.8	5.4	15.4	57.5	18.9	52.4	20.5	94	42
			-4	7	-9	13		-9					0	5	-3	9		-2	

(上段は安静時, 中段は負荷後, 下段は変化率%)

容量では平均19.98vol%, 混合静脈血酸素含量では平均14.9vol%であり, 諸家の成績と畧々等しい値を示している。

B) 炭酸ガス負荷後

負荷後に於ける動脈血酸素含量は2例に於いて最高7%の増加をみた以外は9%の減少率を最高に全例に僅かに減少がみられ, 平均19.1vol%と安静時のそれに比べて平均0.5vol%の極く僅かな減少がみられた。これは負荷混合ガスの酸素含量が2例を除き20.1~19.6vol%の間で, 大気中の酸素含量より低値にあつた為かと考えられる。

混合静脈血酸素含量は平均14.4vol%で増減相半ばし著明な変動はみられない。

第2項 動静脈血酸素較差 (vol%)

安静時に於ける動静脈血酸素較差(以下A-V較差)は2.2~8.0vol%, 平均4.99vol%である。

健常者のA-V較差は, 文献的にはCournand 3.9vol%, Dexter 3.5vol%, Gorlin 4.7~2.6vol%, Stead 4.1vol%, 笹本 3.58vol%, 吉川 4.2vol%, 東大佐々内科 4.4±0.9vol%及び小林 3.6vol%等であり, 肺結核患者の安静時に於けるA-V較差は楠目 4.1vol%, 高橋

4.1vol%及び佐川等 4.18vol%等である。

著者の成績では4.99vol%と最高値を示しているが, これは症例No. 5に於いて8vol%の高値をとつたためであり, これは混合静脈血酸素含量が10vol%と稍々低い値をとつた結果と考えられる。

炭酸ガス負荷後に於けるA-V較差は1.8~5.5vol%, 平均3.43vol%となり, 症例No. 9に於いて0.5vol%と14%の増加率をみた以外は症例No. 5の78%の減少率を最高に総てに減少がみられた。

第3項 動脈血炭酸ガス含量及び混合静脈血炭酸ガス含量 (vol%)

A) 安静時

動脈血の全血中に於ける炭酸ガス含量は36.0~48.3vol%, 平均44.7vol%で笹本 49.5±20.0vol%, Alexander 血漿61.6(全血=50.9vol%), Cassels, Morse等 48.5±2.41vol%, Björk, Michas等 46.8±0.73vol%等健常者のそれより稍々低値を示しており, 混合静脈血炭酸ガス含量は42.5~54.7vol%, 平均50.6vol%である。

B) 炭酸ガス負荷後

第6表 諸家の健常者の正常値

	動脈血 O ₂ 含量	混合静脈血 O ₂ 含量	動脈血 O ₂ 容量
藤田・佐竹	男 19Vol% 女 17Vol%	12~14Vol%	男 20Vol% 女 18Vol%
Wood	19.5±0.3Vol%	—	19.6±0.3Vol%
Von Slyke	—	—	男 20.7Vol% 女 19.0Vol%
笹本	16.08Vol%	12.5Vol%	16.73Vol%
篠井	18.5Vol%	—	20.4Vol%
吉村	—	—	男 20.4Vol% 女 17.6Vol%
香川	16.5Vol%	—	17.3Vol%

負荷後に於いては、動脈血炭酸ガス含量は当然なことではあるが、最高 37%、最低 6%、平均 16.8% と全例に 著明な 増加が みられ、48.6~54.5vol%，平均 51.9vol% と安静時の混合静脈血のそれを上廻っている。

因みに、健常者に 5% の炭酸ガスを混じた空気を以て行つた Alexander²⁾ の成績をみると、動脈血炭酸ガス含量は血漿 63.1vol%，全血 52.0vol% と負荷前の 2.4vol% の増加に過ぎない。

混合静脈血炭酸ガス含量の変動は、50.8~57.5vol%，平均 54.8vol% となり全症例に 6~19%，平均10.4%の増加がみられた。

第4項 動脈血酸素飽和度

安静時に於ける動脈血酸素飽和度は99~86，平均94.1である。

健常者の動脈血酸素飽和度の正常値は文献的には Cournand 97.5, Wood 97.9±0.3, Van Slyke 94~97, Vorwerk 93~97, 笹本91.6, 香川95.4, 篠井95.5及び吉川92以上等で、これ等に比較すると著者の成績は少々低値をとり、肺結核患者につき行つた、佐川 94.3 及び三宅 94.5~94.9等と等しい値を示す。

負荷後に於ける値は100~82，平均 91.8 で2例に於いて増加をみるが、他は不変か僅かではあるが低下を示している。これは前述の吸入ガスの酸素含量の低下に基く、動脈血酸素含量の減少のためと考えられる。

第5項 ヘマトクリット値 (Ht 値) (%)

Ht 値は40~47，平均42.2である。

健常者の Ht 値は、文献的には Ashworth et al 43.9, Phillips 46.9±1.0 及び正常日本人に於ける 佐藤 44.9±3.7, 藤田・佐竹等の男子45, 女子41等であり、著者の成績は結核患者に於ける佐川等の42.0 (男子43.7, 女子37.8) に等しい値をとっている。

第2節 分時換気量及び分時酸素消費量

第1項 分時換気量 (l/min)

安静時に於ける分時換気量は6.9~11.2，平

均 8.41l/min であり、負荷後に於けるその値は、18.8~37.9，平均 25.7l/min と安静時に於ける平均値の約 3 倍に増加している。

第2項 分時酸素消費量 (cc/min)

安静時に於ける分時酸素消費量は202~307，平均 249.1cc/min で、体表面積当り126~182，平均 152.2cc/min/M² である。

著者の成績を健常者に於ける諸家の正常値である第7表と比較すると、稍高値を示している。尙、肺結核患者の安静時に於ける佐川等の成績に畧々等しい値を示している。

第7表 諸家の健常者の正常値

	分時酸素消費量	
	cc/min	cc/min/M ²
Dexter	253	—
Cournand	—	126
笹 本	200	130
篠 井	190	—

負荷後に於けるそれ等の値の変動は、分時酸素消費量 220~368cc/min, 平均 314.5cc/min, 体表面積当り148~230，平均 192.6cc/min/M² と全症例に 3~60%，平均28%の増加を示している。

第3節 心搏数、心搏出量及び心指数

第1項 心搏数

安静時に於ける心搏数は80~120平均101であり、負荷による変化は、負荷前に興奮状態を思はせる脈搏数の増加が認められた症例では、僅かな減少2例、不変1例で、それ等の負荷前後に於ける変化は極く僅かである。他は 3~33% の増加を示し、8~143，平均111と平均10%の増加率がみられる。尙、心搏数の変化は早くて1分後、遅くとも数分後には殆んどの症例に変化がみられた。

第2項 心搏出量 (l/min) 及び心指数 (l/min/M²)

A) 安静時

第8表 諸家の健常者の正常値

	心 稗 出 量		
	1/min	1/min/M ²	cc/beat
Cournad	—	3.27	83.0
Dexter	7.4	4.2	—
Gorlin	—	2.8~5.0	—
Baumann	4.5	—	60.0
Klein	4.2~6.67	—	—
笹 本	5.99	3.93	82.3
小 林	—	2.4~4.4 (3.5)	—
楠 目	—	6.9~2.2	—
堤	3.14~5.46	—	44.9~66.6 (51.4)
篠 井	6.24	4.09	78.2

心搏出量は9.18~3.56平均 5.51l/min, 心指数は6.46~2.05, 平均 3.41l/min/M² で, 一回搏出量 (cc/beat) は31.6~93.1, 平均 55.8 cc/beat である。

第8表は諸家の健常者に於ける正常値であるが, 著者の成績では心搏出量, 心指数, 一回搏出量共にそれ等の中間値を示し, 畧々正常範囲内にあるものと考えられる。

B) 炭酸ガス負荷後

負荷後に於ける心搏出量は6.09~18.11, 平均 10.93l/min と全症例に12~378%, 平均117%の高度の増加率がみられた。

又, 心指数に就いても同様であるが, 平均 117%の増加率, 即ち, 負荷後に於いて心搏出量が2倍以上に増加するということは特記すべきことと考える。

一回搏出量の変動は1例に16%の減少をみた他は総て51.7~195.3, 平均 102.8cc/beat で安静時に比べて96%の増加を示している。尙, 一回搏出量の減少した症例 No. 6 は脈搏数が90から120と負荷後に33%と強く増加したにも拘らず, 心搏出量に於いては僅かに12%の増加を認めたに過ぎず, そのため一回搏出量の減少となつたものである。

第4節 循環系各部の血圧

第9表 安静時に於ける各部の血圧

症 例 番 号	楔 状 圧 mmHg	肺動脈圧 mmHg			上膊動脈圧 mmHg			肺 動 脈 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵	全 肺 管 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵	末 梢 管 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵
		収 縮 期 圧	拡張 期 圧	平均 圧	収 縮 期 圧	拡張 期 圧	平均 圧			
1	—	30.4	8.8	17.5	13.5	9.4	11.2	—	—	—
2	5.6	28.4	6.5	13.0	13.3	8.1	10.1	—	—	—
3	4.8	26.8	7.1	15.8	12.8	9.0	11.5	252	366	2664
4	2.5	36.0	12.0	17.0	11.8	7.5	9.2	—	—	—
5	6.3	27.9	8.5	16.0	15.3	10.3	12.1	189	317	2120
6	1.3	22.0	10.1	15.5	12.6	9.1	10.0	306	348	2264
7	6.0	27.5	8.7	17.0	10.5	6.5	7.8	93	148	679
8	9.0	31.4	10.3	19.0	12.6	8.8	8.7	171	204	932
9	7.5	25.7	7.7	19.0	13.5	8.0	9.8	158	228	1158
10	10.6	34.7	16.3	25.5	15.8	10.4	12.2	253	418	2091
11	5.0	29.7	10.3	15.5	12.8	7.8	9.5	113	226	1112
12	8.2	31.1	10.7	19.0	12.8	7.0	9.2	—	—	—
13	4.7	23.9	8.9	14.0	13.6	10.9	13.9	211	1618	—
14	7.6	29.4	11.2	19.0	11.2	6.8	8.3	159	268	1271
15	4.1	20.9	7.5	13.5	11.0	6.6	8.4	—	—	—

第10表 C O₂負荷後に於ける各部の血圧

症 例 番 号	楔 状 圧 mmHg	肺動脈圧 mmHg			上膊動脈圧 mmHg			肺 動 脈 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵	全 肺 管 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵	末 梢 管 抵 抗 dynes /sec /cm ⁵
		収 縮 期 圧	拡張 期 圧	平均 圧	収 縮 期 圧	拡張 期 圧	平均 圧			
1	—	29.0	8.8	17.5	14.0	9.8	11.6	—	—	—
2	5.4	21.3	6.9	13.2	13.2	8.2	10.2	—	—	—
3	4.8	41.2	10.0	19.8	17.0	11.1	12.4	195	260	1598
4	4.5	46.0	13.0	26.5	14.0	9.5	10.5	—	—	—
5	—	—	—	26.4	17.7	11.4	14.4	—	116	619
6	—	26.9	8.1	17.8	14.3	9.3	10.8	—	355	2131
7	6.5	36.0	8.5	19.0	12.0	8.6	9.7	80	116	599
8	8.0	51.6	18.0	32.5	16.5	8.2	11.0	189	252	852
9	7.8	24.8	11.4	18.0	15.0	8.0	10.3	87	151	879
10	24.9	—	—	—	17.8	11.0	13.1	—	502	1588
11	6.5	38.3	9.0	21.2	15.2	8.4	10.8	95	108	559
12	9.8	43.6	14.6	25.5	14.0	8.8	10.6	—	—	—
13	5.5	27.0	12.7	18.8	15.6	10.2	12.0	61	86	546
14	7.8	31.5	10.3	20.5	12.0	6.8	8.5	129	186	772
15	7.5	28.7	8.6	17.0	13.4	7.4	9.6	—	—	—

循環系各部の血圧及び血管抵抗は第9表の通りであり, 第10表は負荷後に於ける各数値である。以下これ等に就いて述べる。

第1項 肺動脈圧 (mmHg)

A) 安静時

肺動脈収縮期圧は36.0~20.9, 平均 28.3mm Hg, 拡張期圧16.3~6.5, 平均 9.6mmHg であり, 肺動脈平均圧は25.5~13.0, 平均 17.1mm Hg で収縮期圧, 拡張期圧及び平均圧共に健常者に就いての諸家の値の上界を示している (第11表)。

B) 炭酸ガス負荷後

負荷後に於ける肺動脈圧は全症例 15 例中 13 例に就いて測定し得た。それ等の値は, 収縮期圧 21.3~51.6, 平均 34.3mmHg, 拡張期

第11表 諸家の健康者の正常値

	楔状圧 mmHg	肺動脈圧 mmHg		
		収縮期圧	拡張期圧	平均圧
Cournand	2 8	22 20	8 9	13 15
Dexter	9	23	9	13~17 (15)
Fowler	5~13	29~11	13~4	19~8
笹 本	11	23	12	16
田 坂	11~10	26	10	—
篠 井	9.3	—	—	14.11

圧6.9~18.0平均 10.1mmHg, 又, 平均圧13.2~32.5, 平均 20.6mmHg で安静時のそれ等と比較すると, 収縮期圧で No. 2, No. 9 に夫々 4.1mmHg, 0.9mmHg と僅かの低下をみたのみで, 他は全例に於いて増加を認め, 平均 6 mmHg, 21%の増加を示している。

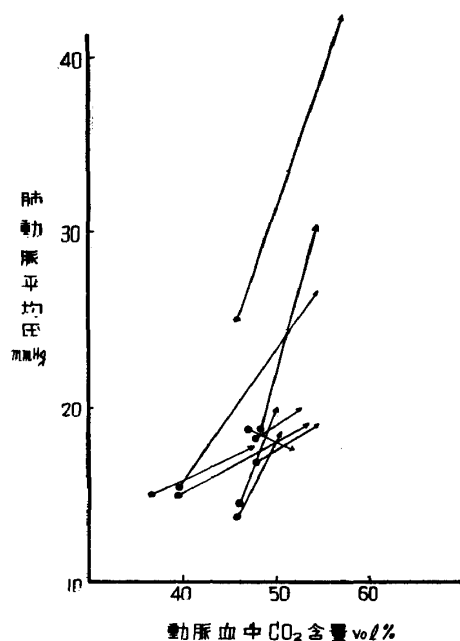
拡張期圧では13例中 4 例 (No. 6, 7, 11, 14) に夫々 2.0, 0.2, 1.3, 0.9mmHg と僅かな低下をみたが, 他は安静時に比べて増加がみられた。併し, 平均 0.5mmHg で僅かに 5 %の増加に過ぎず, 殆んど変化をみないと考えてよい様である。

平均血圧では— 1 ~56, 平均 11mmHg で, その中安静時に比し, 僅かながら低下をみたものの 1 例 (No. 9), 変化のなかつたもの 1 例 (No. 1) で他は全症例に増加がみられ平均 3.5mmHg, 20%の増加をみた。

以上のことより肺動脈平均圧の上昇には収縮期圧の上昇が, 拡張期圧の変化より以上に関与しているものと考えられる。

肺動脈の平均圧が高度に上昇した症例 No.12 は右上葉切除後強い肋膜肺を残したものであり, No. 4, 8, 15 は共に両側肺結核で両肺に中等度の肋膜肺の認められるものである。

又, 不変或いは殆んど変化のなかつた症例 No. 1, No. 9 は夫々全く軽症例及び切除術後殆んど変化を残さず再膨脹を完了した症例である。No. 5, 11, 13 は心指数の増加率が夫々 378, 185, 231% と大きく増加したにも拘らず, 肺動脈平均圧は夫々 10.3, 5.7, 4.8mmHg と平

第1図 負荷前後に於ける動脈血 CO₂ 含量 Vol% と肺動脈圧 mmHg との関係

均以下を示した症例である。第1図は動脈血中炭酸ガス含量と肺動脈圧との関係である。

第2項 楔状圧(肺毛細管平均圧) (mmHg)

安静時に於ける楔状圧は, 測定し得た12例では10.6~2.5, 平均 6.3mmHg で, 健康者に於ける諸家の正常範囲内にある。

負荷後に於ける楔状圧は 4.5~24.9 平均 8.4 mmHg であり, 低下をみた 2 例 (No. 2, No. 8) の他は安静時に比し平均 2.1mmHg, 33.3% の増加が認められた。

即ち, 三瀬⁴²⁾の述べている様に左房圧を反映していると考えられる楔状圧の上昇が, 炭酸ガスの負荷によつて, 12例中10例に認められることは特記すべきことであろう。

第3項 上膊動脈圧 (mmHg)

上膊動脈圧測定の15例中10例は五要素記録装置で測定し, 5 例は水銀血圧計を用いて測定した。

A) 安静時

収縮期圧105~158, 平均 128mmHg, 拡張期圧66~104, 平均 82mmHg, 平均圧78~122, 平均 99mmHg であり, 健康者に於ける諸家の正常平均圧, 即ち, Cournand 84mmHg, 笹本

88mmHg 及び篠井 82.8mmHg 等に比し、著者の上膊動脈平均圧は稍高値をとつている。

B) 炭酸ガス負荷後

収縮期圧は120~177, 平均 147mmHg で安静時に比し1例 (No. 2) に 1mmHg の低下がみられたのみで、他は最高 42mmHg, 最低 5 mmHg 平均 19mmHg の上昇がみられた。

拡張期圧は80~114, 平均 91mmHg で変化のみられなかつた2例 (No. 9, No. 14) 以外は最高21, 最低 1mmHg, 平均 9mmHg と凡てに上昇がみられたが、収縮期圧に比べてその変動は少々少いようである。

上膊動脈平均圧は85~144, 平均 109mmHg で最高23, 最低 1mmHg, 平均 11mmHg と11 % の増加率で、安静時に比し全症例とも上昇がみられた。

C) 脈圧の変動

安静時に於ける脈圧は35~58, 平均 46.6mm Hg であり、負荷後は3例 (No. 7, 2, 12) に夫々 5, 2, 6mmHg の低下をみたが、他は最高 27, 最低 1mmHg 平均 13.7mmHg と安静時に比し、10.1mmHg, 21%の増加となつている (第12表)。

第12表 体循環系に於ける脈圧の変動

症 番	例 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
安静時		41	52	38	43	50	35	40	56	55	54	50	58	40	44	44
負荷後		42	50	59	45	63	50	35	83	70	68	68	52	54	52	60
差		1	-2	21	2	13	15	-5	27	15	14	18	-6	14	8	16

第13表 経時的関係よりみたる、体及び肺循環系の血圧の変動

症 例	6%前後CO ₂ ガス負荷中					開放(大気呼吸)後					症 例	6%前後CO ₂ ガス負荷中					開放(大気呼吸)後				
	血圧上昇 開始時期	最高に達す る時期	その後	収縮期値に 復する時期	その後	血圧上昇 開始時期	最高に達す る時期	その後	収縮期値に 復する時期	その後		血圧上昇 開始時期	最高に達す る時期	その後	収縮期値に 復する時期	その後	血圧上昇 開始時期	最高に達す る時期	その後	収縮期値に 復する時期	その後
1	S 1'30"	5'	10'稍↓	10'	15'↓6mmHg	8	S 1'30"	9'	→	1'	10'↓5mmHg	W 1'30"	10'~11'	→	2'	→	S 1'30"	5'	→	1'	10'↓1mmHg
2	W 1'30"	→	4'稍↓	1'30"	→	9	S 1'30"以内	5'	→	1'	5'↓10mmHg	W 1'30"	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→
3	W 1'30"	→	→	→	→	11	S 1'30"以内	5'	→	3'	1'30"	→	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→
4	W 1'30"	→	→	→	→	12	S 1'30"以内	5'	→	3'	1'30"	→	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→
5	W 1'30"	→	→	→	→	13	S 1'30"以内	5'	→	3'	1'30"	→	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→
6	W 1'30"	→	→	→	→	14	S 1'30"	→	→	3'	→	→	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→
7	W 1'30"	→	→	→	→	15	S 1'30"	→	→	2'	→	→	→	→	→	→	S 1'30"	→	→	→	→

S……上膊動脈平均圧 W……楔状圧 P……肺動脈平均圧

炭酸ガス負荷直後から負荷中、及CO₂大気に開放直後から約15分間に於ける、記録描記された血圧の変動の経時的関係である。
何分以内と表はしたものは、負荷直後に於ける測定不能のため、記録時に血圧の上昇は見られ例である。

第5節 経時的にみた体循環系及び肺循環系の血圧の変動

炭酸ガス負荷の直後、負荷中及び大気呼吸に

切換えた後に於ける各血圧の変動期は第13表の通りであり、以下それに就いて述べる。

第1項 負荷中に於ける血圧の変動時期

A) 上膊動脈圧の変動時期

負荷開始時から上膊動脈圧の経時的変動を連続記録し得た12例に就いてみると、9例に於いて負荷開始直後20秒から1分30秒以内に上膊動脈平均圧の上昇が始まるのがみられ、残余の3例も負荷3分後には既に血圧の上昇が認められた。

又、最高に達する時期に就いてみると、大部分のものが5分で最高値に達し、その後は半数

に於いて最高値を維持するが、残りの半数は10~14分で少々下降を示す態度をとる。

B) 肺動脈平均圧及び楔状圧の変動時期

肺動脈平均圧の変動時期は、9例に於いて上

膊動脈の上昇と時期を略々同じくするが、1例 (No. 11) に約10秒早く、2例 (No. 5, No. 6) に遅延がみられた。尚、この中2分10秒と大きく上昇時期のはずれた症例 No. 6 は、心指数の変化率が僅かに12%の増加に過ぎず、心搏出量に殆んど著明な変化を示していないことが分る。

楔状圧に就いては、上昇時期に著明な変化のなかつた3例 (No. 3, No. 6, No. 9) を除いては、肺動脈平均圧の上昇時期に一致していた。

尚又、楔状圧及び肺動脈平均圧の最高に達する時間及び、その後における変化も殆んど凡て、上膊動脈平均圧の変化と時を略々同じくしている。

第2項 炭酸ガス負荷の中止後に於ける各血圧及びその変動時期

急激に呼吸瓣のコックを切換えて、大気呼吸を行わしめ、各血圧の負荷前に復する時間をみると、上膊動脈平均圧は開放後1～10分、平均2分40秒で安静時の値に戻る。

又、肺動脈平均圧をみると、1～5分、平均2分40秒で元に戻り、上膊動脈に於ける場合と等しい時間を示す。このことは楔状圧にも亦同様な関係がみられた。

尚、その時に於ける変化をみると、肺動脈圧では、13例中3例に開放後5～11分後に1～3

mmHg の低下をみるのみで、他は安静時と略々同じ圧に復する。

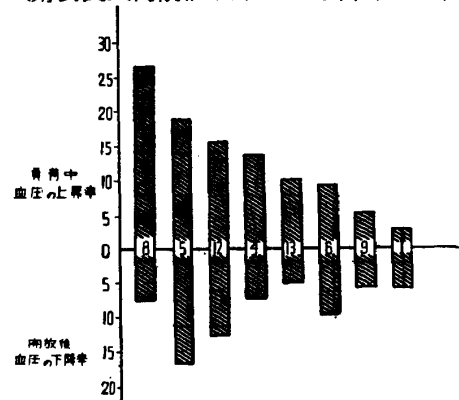
上膊動脈平均圧では11例中8例に開放後5～15分、平均8分の後に却つて負荷前値より3～17平均7.5mmHgの血圧の下降がみられるが、このことは注目すべきことと考える。

この中、特に下降の強く現われた症例即ち、開放後17mmHgの下降を認めたNo. 5は心指数が負荷時に安静時の378%に及ぶ高度の増加を示した症例であり、第2図はその経過である。

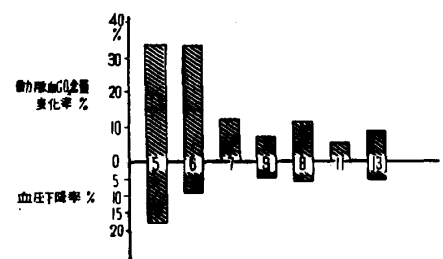
又、開放後上膊動脈平均圧が負荷前値より下降した症例に於いては、1例 (No. 9) が開放後10分で負荷前値に近ずいた以外は15分では全例ともに未だ負荷前値の血圧の復帰がみられない。

第3図及び第4図に示すように、開放後に於

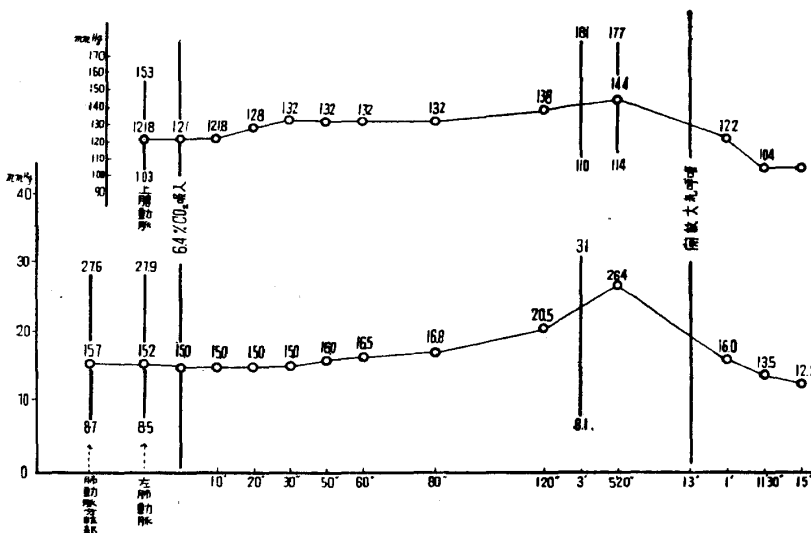
第3図 CO₂ 負荷中、動脈血 CO₂ 含量の変化率と、開放後負荷前値以下への下降率との関係



第4図 CO₂ 負荷中、上膊動脈平均圧の上昇率と、開放後負荷前値以下への下降率との関係



第2図 CO₂ 吸入後、上膊動脈圧と肺動脈圧との変化の時間的關係 (No. 5)



ける血圧の下降率と負荷中の動脈血炭酸ガス含量及び上膊動脈平均圧の上昇率との間には或る程度の相関が認められる。

第6節 血管抵抗

Cournand¹⁸⁾ 及び Dexter⁶⁾ 等は肺動脈圧の上昇に関して肺血管の態度特に、肺血管床、肺血流量の問題が重要な関係をもつことを指摘している。著者は肺循環系の血管抵抗として、全肺血管抵抗及び肺小動脈抵抗を検討し、これに加えるに体循環系の全末梢血管抵抗をも検討した。

第1項 安静時

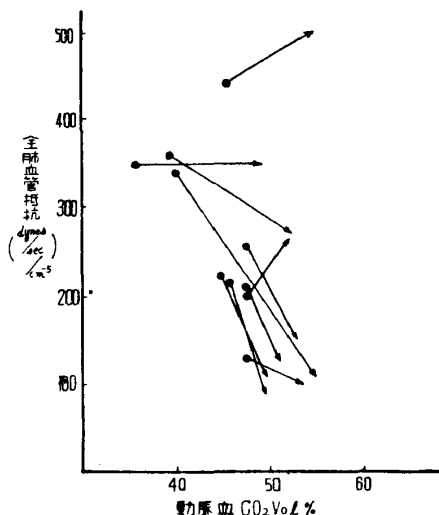
全肺血管抵抗は、148~438, 平均 277dynes/sec/cm⁻⁵, 肺小動脈抵抗は93~306, 平均 183 dynes/sec/cm⁻⁵ である。第14表は諸家の健常

第14表 諸家の健常者の正常値 (dynes/sec/cm⁻⁵)

	全肺血管抵抗	肺小動脈抵抗	全末梢血管抵抗
Cournand	176	—	1144
Dexter	—	67	—
Gorlin	100~240	66.6	—
笹本	213	66.6	1172
篠井	185	97.3	1087

者に於ける正常値であるが、それ等に比較すると、著者の成績は相当高値を示し、又、肺核患者に於ける佐川等の成績（全肺血管抵抗 251 dynes/sec/cm⁻⁵, 肺小動脈抵抗 144dynes/sec/cm⁻⁵）よりも幾分高い値を示している。全肺血管抵抗と動脈血炭酸ガス含量との間には第5図の様に畧々負の相関係がみられる。

第5図 CO₂ 負荷前後に於ける動脈血 CO₂ 含量の全肺血管抵抗との関係



又、全末梢血管抵抗は 679~2664dynes/sec/cm⁻⁵, 平均 1455dynes/sec/cm⁻⁵ でこれも諸家の健常者の正常値より稍々高い値を示している。

第2項 炭酸ガス負荷後

負荷後に於ける全肺血管抵抗は 86~502 dynes/sec/cm⁻⁵, 平均 213dynes/sec/cm⁻⁵ で10例中3例 (No. 6, 8, 10) に夫々安静時の2, 24及び15%の増加をみた他は22~26, 平均23%の減少がみられた。

肺小動脈抵抗は計測し得た7例に就いてみると、61~195平均 117dynes/sec/cm⁻⁵, 36%の低下を示した。

全末梢血管抵抗に就いても同様、負荷後546~2130, 平均 1017dynes/sec/cm⁻⁵ で安静時に比較すると、438dynes/sec/cm⁻⁵, 30%の低下率がみられ、の健常者の運動負荷時に於ける低下率40.3~27.2%と同じ値を示している。

第3章 綜括並びに考按

肺の呼吸機能面に於いて、何等かの障碍のあることが考えられる肺結核患者に対して、急性炭酸ガス蓄積が如何なる影響を与えるかという点は、興味ある問題であるのみならず、肺結核患者に対する麻酔、手術等の実地臨床上からみても、この点に関して、詳細に検討する必要がある。

そこで著者はこの問題を究明するために、京都大学結核研究所に入所中の肺結核患者15例に心カテーテル法を施行し、畧々肺胞気のそれに等しい炭酸ガスを吸入負荷し、負荷前後に於ける検査成績の中、主として血流面に就いて検討して来たが、その結果を綜括すると次の如くである。

1) 肺結核患者の肺血行力学的諸値と健常者の安静時に於けるそれ等とを比較検討すると、動脈血酸素含量、混合静脈血酸素含量、肺動脈平均圧及び楔状圧等に就いては、両者の間に著明な差違が認められない。

併し、前者では後者に比べてHt値及び動脈血酸素飽和度の若干の低下、分時酸素消費量、動静脈血酸素較差、心搏出量及び心指数等の若干の

増加、及び肺血管抵抗の増加等が認められる。

以上のことにより肺結核患者に於いては、軽度のヒポキシアの存在が認められるが、赤血球の増加によつて代償されずに、寧ろ肺血流量の増加によつて代償されているもののようである。

又、対象肺結核患者に於いては、肺動脈圧が健常者に就いての諸家の値の上階を示し、肺血管抵抗の増加を来たしてはいるが、未だ著明な右心障碍は招来されていない状態であると考えられる。

又、佐川等⁵⁰⁾は肺結核に於いては肺血行力学的諸値に変動を与えるものは、肺内病巣自体よりも寧ろ結核によつて二次的に惹起された肺実質、肋膜及び胸廓の変化、例えば肋膜肝胝、脊椎の側彎及び縦隔の転位その他であると述べているが、著者の成績よりしても賛意を表し得ると考える。

2) 暑々肺胞気の炭酸ガス濃度に相当する炭酸ガスの吸入負荷を行つた著者の場合、吸入初回より、肺毛細管から肺胞腔への炭酸ガスの拡散が疎害され、その儘大循環へと送られる。その結果数分以内に大部分の症例に大循環系、肺循環系の血圧の上昇がみられる。

併し、その速度及び血圧の上昇度に就いては肺病巣、肋膜肝胝、胸廓の変形等にも関係するが、尙、潜在性の *Hypercapnia* の状態にあると考えられる肺結核患者では炭酸ガスに対する個体の反応の問題もこれに関与しているものの如く思える。

又、非麻酔下での炭酸ガスの負荷は、被検者に対し低酸素負荷の場合以上に、頭痛、酸素饑餓感等精神的不安感を与える。

又、著者の行つたガスの負荷方法は大型ダグラス囊に填めた混合ガスを吸入せしめる方法であり、シリンダーのガスを吸入せしめるものではない故、換気量の著明に増大する本実験では観察時間は10~20分までで、それ以上長時間に亘る負荷は不可能である。

Fick の原理を含む多数の数式を適用するに必要な “steady state” は臨床的にはある一定期間、気相に於ける $R.Q.$ が一定であれば

“steady state” に近い状態であると考えられている。

著者の場合は負荷数分後には脈搏数、呼吸数等が略々一定の状態となることより、かなり “steady state” に近い状態であると考えられる。併し厳密な意味での “steady state” 即ち、気相の $R.Q.$ と血液相の $R.Q.$ とが等しいと云い得るかどうかは尙疑問である。一部に於いては謂わば “steady state” への過度期に於ける変動を観察しているに過ぎないかも知れない。

3) 炭酸ガス含量及び動脈血酸素飽和度に就いてみると、負荷ガスの酸素含量が大気よりも幾分低下しているにも拘らず、2例に増加を認め、他は著明な変化がみられなかつた。

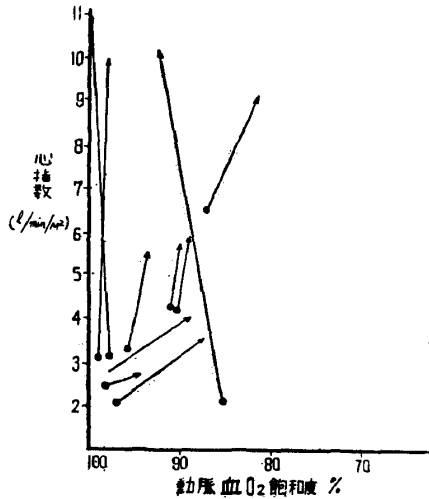
このことは、血中炭酸ガスの呼吸中枢刺激に基づく過換気のため、肋膜肝胝及び胸廓の変形等による換気不全の部が幾らかでも改善されたためかと考えられる。又、このことは、分時換気量の変動が負荷前の平均3倍となつていることから窺い得ることである。

又、負荷後に於ける酸素消費量が平均28%増加していること、又、当然ではあるが負荷後に於ける動脈血の炭酸ガス含量の増加率が平均16.8%と全例に増加すること、及び健常者について行われた Alexander²⁾ の実験等とを併せ考えると、肺結核患者には潜在性低酸素症に加うるに炭酸ガス著積症の存在すること及び、炭酸ガスに対する感受性の低下が存することが推察される。

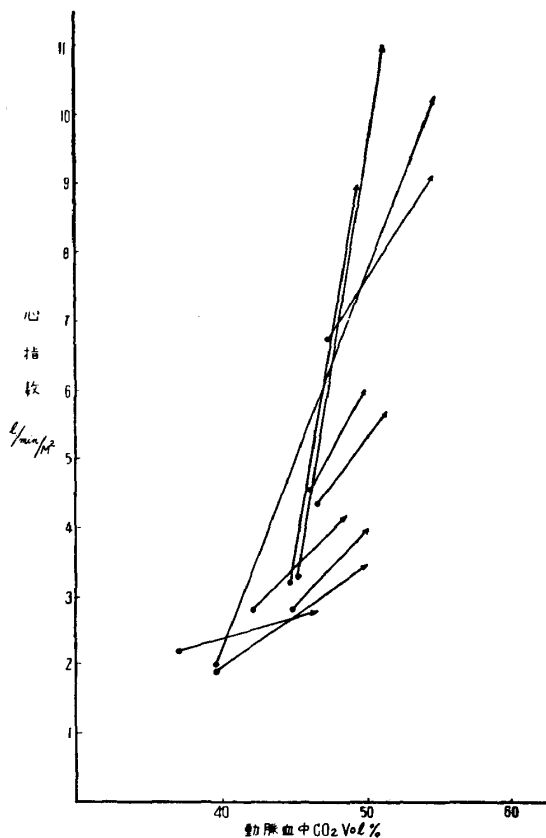
尙、Alexander の行つた負荷ガスの炭酸ガス含量が 5 vol% であり、著者の平均 5.9 vol% に比較して数値の上では約 1 vol% の僅差に過ぎないものであるが、併し、この 1 vol% の炭酸ガス含量の差が肺胞—静脈間炭酸ガスの拡散勾配に関して重大な意味をもつものであると考えている。

4) 心搏出量、心指数及び心搏数については、それ等が種々の因子によつて左右されていることは、既に認められていることではあるが、炭酸ガス吸入負荷後に著明に増加していることは検査成績からして明らかである。

第6図 負荷前後に於ける動脈血酸素飽和度に対する心指数の変化の関係



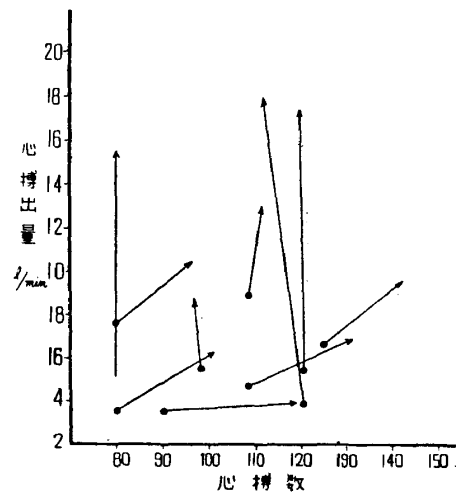
第7図 負荷前後に於ける動脈血 CO₂ Vol% と心指数との関係



又、個体の循環機能を示す指標としての心指数と動脈血酸素飽和度とに就いてみると、第6図のように著明な相関はみられない。又、動脈血炭酸ガス含量とに就いてみると、第7図のように少々明らかな相関がみられる。

このことは、楠目等³⁷⁾が行つた低酸素(酸素11~15 vol%) 負荷試験に於ける心搏出量と動

第8図 CO₂ 負荷前後に於ける心指数と心搏出量の変化の関係



脈血酸素飽和度との関係に類似している。

又、心搏出量に対する心搏数の関係は第8図のように全く相関々係はみられず、心搏出量の著明な増加は、主として一回搏出量の増加に基くものとする。

又、炭酸ガス負荷による心搏数に関しては、Dripps¹⁹⁾は健康者に於いて酸素に混じた7.6及び10.4 vol% の炭酸ガスを、Spencer⁷⁰⁾等は同様に混じた10~20%炭酸ガスを負荷し、共に著明な血圧の上昇及び頻脈を認めている。

Lundy³⁹⁾は5 vol% 以下の炭酸ガスの負荷では、脈搏数及び血圧はさほど変化を示さないといい、又、Spencer 等⁷⁰⁾は酸素に炭酸ガスを30%の割合に加えた混合ガスでは、血圧及び脈搏数は始めは上昇するがその後は正常値で続くと云っている。

又、Adriani¹⁾は血圧は常に上昇するが脈搏数は不変か、増加をみても軽度であると云っており、著者の成績もこの点に関してAdrianiの成績と同様である。

5) 負荷後に於ける肺動脈圧の上昇及び上膊動脈圧の上昇につき考察してみると、肺動脈圧に関しては Cournand¹⁴⁾は心搏出量が安静時の2~3倍に増加しても、肺動脈圧は上昇しないと述べ、友松⁷⁴⁾も人工気胸術例では送気直後には上昇するが、時間の経過とともに回復すると述べている。

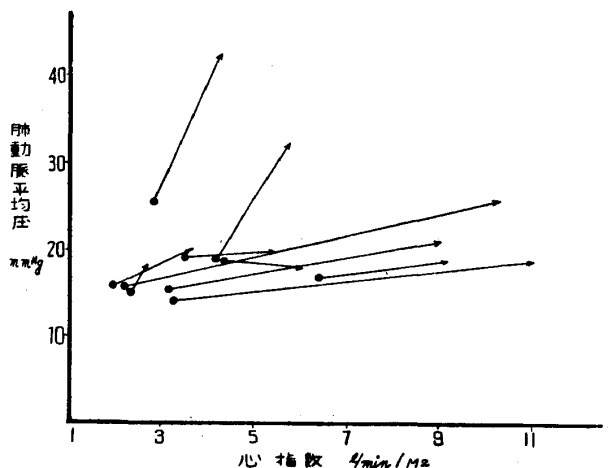
著者の症例では高度の肋膜肝臓を有するもの、及び胸部外科手術後のものが多数に含ま

れ、肺及び胸廓に伸縮性の障碍があり、又、血管床の減少を考え得る症例が多く、それ等の条件の上に安静時の平均2.2倍に及ぶ心搏出量の著明な増加をみたものであり、これ等のことが各血管抵抗の低下にも拘らず、血圧の上昇を来した原因と考える。

Anoxia の場合に於ける肺動脈圧の上昇に関しては、Cournand 及び Motley⁴⁴⁾ (1947) の受動的血管収縮説、Dogle, Fischmann 及び Fowler²⁵⁾ (1952) 等ヒスタミン様物質による肺血管収縮説、Aviado⁴⁾ (1952) の肺血流量の増大、肺血管床の増大説、及び Lilijestrand,³⁸⁾ Nisser 及び Rahn⁵¹⁾ 等 (1948) の能動的血管収縮説等の諸説があるが、多くは前毛細血管 (precapillarie) の収縮、血管壁に対する局所作用に帰せられている。

以上に反し、炭酸ガス蓄積症の場合の肺動脈圧の上昇は肺小動脈抵抗の減少がみられることより、予備血管床の増大があるに拘らず、尙、それ以上に心搏出量の異常な増加による結果と考える。第9図は肺動脈圧と心指数との関係である。

第9図 負荷前後に於ける肺動脈平均圧に対する心指数の関係



又、左房圧を反映していると考えられる肺楔状圧の33.3%に及ぶ上昇と、前述の事項とを併せ考えると、肺結核患者では炭酸ガス蓄積による影響として、肺鬱血或いはその準備状態にあることが考えられる。

又、協同研究者横山⁷⁸⁾等は炭酸ガス蓄積及び低酸素症は肺内淋巴流量を増加させるといつて

いるが、前述の結果に併せ考えると、術後に時として招来される急性肺水腫の成因に炭酸ガス蓄積が大きく関与していることが想像される。

尙、肺楔状圧が安静時の 10.6mmHg から負荷後に 24.9mmHg と高度の上昇をみた両側胸成術後例 (No. 10) では血液の膠質滲透圧が 25 mmHg であることよりして、肺水腫等の心肺性危機が予測され、急激な且つ亦過度に亘る運動時に於ける危険性が考えられた。

体循環系に及ぼす炭酸ガス蓄積の研究では、Dripps 及び Comroe 等²²⁾ は血中炭酸ガスは延髄の血管収縮中枢に刺戟的に作用し、末梢血管には直接拡張的に作用すると述べている。

このことは著者の負荷後に於ける上膊動脈圧についての成績に於いても、収縮期圧が平均 19 mmHg の増加をみるに比べて、拡張期圧では平均 9mmHg の増加をみるに過ぎず、又、全末梢血管抵抗の減少がみられることから、血中炭酸ガスによる末梢血管拡張作用が考えられる。

負荷より急激に大気に開放したその後に於ける上膊動脈圧に於いて、11例中 8 例に開放後 5 ~ 10 分で負荷前に於ける血圧よりも尙下降をみた。このことは血中炭酸ガスが負荷中止により肺胞腔へ急激に拡散するため、中枢性に上昇した血圧は、増加した心搏出量と共に急激に安静時の状態に復するものの、尙、末梢組織中の炭酸ガスの分圧が高く、その結果末梢血管の拡張だけが残つたためと解される。

開放後に於ける上膊動脈圧の下降度と、負荷中の動脈血炭酸ガス含量の変化率、及び血圧の上昇率との関係をみると、第3図及び第4図のように上昇率の強いものに特に強い開放後の血圧の下降がみられる。

Dripps²⁰⁾ (1947) 及び Beecher⁶⁵⁾ (1950) 等もサイクロプロペイン麻酔に於いては、動脈血中炭酸ガスの分圧は非常に高くなり、血圧は炭酸ガス分圧の上下に強く影響されることを認め、麻酔を中止すると急激に血圧が下降するが、炭酸ガス分圧の高かつたもの程その降下度は甚だしいと述べている。

以上、炭酸ガスの負荷吸入検査を綜括して考

えると、心肺機能の予備力乃至は潜在性の変化を追求する意味より、一種の変型された運動負荷試験とも考え得ると思う。

結 論

肺結核外科的療法の術前及び術後の症例15例に就いて心カテーテル法を施行し、6%前後の炭酸ガスを負荷吸入せしめ、負荷前後に於ける肺循環諸量を測定して、炭酸ガス蓄積による影響を観察し以下の結論を得た。

1) 安静時に於ける血液ガス含量の内、動脈血酸素含量は17.6~22.2, 平均 19.6vol%, 混合静脈血酸素含量は10.0~17.5, 平均 14.6 vol%でともに健常者の値に等しく、動脈血酸素飽和度は99~86, 平均94.1, 炭酸ガス含量は36~48.3, 平均 44.7 vol% でともに健常者より幾分低値を示している。

又、心搏出量は3.56~9.18, 平均, 5.51l/min, 一回搏出量31.6~93.1, 平均 55.8cc/beat でともに健常者の正常範囲内にある。肺動脈平均圧は25.5~13.0, 平均 17.1mmHg であり、楔状圧の10.6~2.5, 平均 6.3mmHg とともに正常範囲内にあるが、血管抵抗では全肺血管抵抗は148~438, 平均 277dynes/sec/cm⁻⁵, 肺小動脈抵抗93~306, 平均 183dynes/sec/cm⁻⁵, 及び全末梢血管抵抗679~2664, 平均 1455dynes/sec/cm⁻⁵, で共に健常者に於ける値よりも相当高値を示している。

2) 負荷時に動脈血中の炭酸ガス含量が増加することは当然であるが、酸素含量及び飽和度は2例に増加, 他は軽度に減少するか又は著明な変化をみない。併し、負荷ガスの酸素含量の減少より考えると、過換気のため却つて増加の傾向にある。

3) 負荷後に於ける心搏出量は2.2倍に及ぶ著明な増加を示すが、これは主として一回搏出

量の増加によるものであり、心搏数との間には相関はみられない。

4) 負荷後3分以内に、殆んど全症例に於いて体循環系及び肺循環系の血圧に上昇がみられる。併しその速度, 上昇度に関しては、肺病巣, 肋膜肺腫, 胸壁の運動性等にもよるが、個体の炭酸ガスに対する感受性も亦、之に関与しているものと推察し得る。

5) 負荷後に於ける血管抵抗は全肺血管抵抗で23%, 肺小動脈抵抗で36%, 又, 全末梢血管抵抗で30%と凡てに減少がみられるが、尚血圧の上昇が認められるのは、末梢血管の拡張を上廻る著明な心搏出量の増加のためと考える。

以上のことは、肺高血圧症, 肺鬱血の発生に関し炭酸ガス蓄積は、低酸素症と同様重要な因子であることが窺える。

6) 負荷後にみられる33.3%に及ぶ楔状圧の上昇, 心搏出量の著明な増加及び Precapillarie の拡張等は, Altschule³⁾ ののべる肺水腫発生に関する諸因子の多数を満足させることにより、炭酸ガス蓄積は術後に時として招来される急性肺水腫に於ける一大発生因子と考えられる。

7) 両側胸成術後の一例に、楔状圧に於いて負荷後 10.6mmHg から 24.9mmHg に及ぶ著明な上昇がみられたが、これは急性肺水腫等の心肺性危機の潜在することを予測し得た症例と考えられる。

8) 負荷後急速に大気呼吸を行うとき、大部分の症例に負荷中に上昇した血圧より以上の下降がみられた。このことから全身麻酔等の実地臨床上に於いて、日常注目されている炭酸ガス蓄積時の血圧の上昇なる症状より以上に、その後、に於いて招来される血圧の下降に対してもより関心が払われるべきであると考ええる。

(文献は第3篇の末尾に纏めて掲載する)