



Title	健康人及び各種心肺疾患における一酸化炭素肺拡散能力の研究
Author(s)	佐藤, 邦男; SATO, Kunio
Citation	結核の研究, 23-24, 43-61
Issue Date	1966-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/26766
Type	departmental bulletin paper
File Information	23_24_P43-61.pdf



健康人及び各種心肺疾患における 一酸化炭素肺拡散能力の研究

佐 藤 邦 男

(北海道大学医学部第一内科教室 主任 山田豊治教授)

(昭和40年6月24日受付)

I 緒 言

近年心肺系の異常を疑われる患者に対し、肺機能検査を応用することによって、心肺疾患の病態生理が解明されるとともに、その診断上、治療指針上に一層詳細な知見が得られるようになり、今日本検査法は実際診療上不可欠なものとなってきた。

肺機能は大別して、換気作用、肺胞作用及び肺循環であるが、その基本的機能は肺胞機能就中肺胞におけるガス交換作用であり、これは肺胞毛細管膜を通して肺胞より肺毛細管へ酸素が、肺毛細管より肺胞内へ炭酸ガスが拡散することによって行なわれる。従って肺胞毛細管膜の肥厚、あるいは器質的変化等があれば拡散障害を生じ、肺胞換気や換気血流分布関係が正常でも低酸素血症が起り得る。このような肺胞毛細管膜の病的変化と拡散障害の関連についての考察が各種心肺疾患に対して進められ、他の肺機能が割合によく保たれているいわゆる肺胞毛細管ブロック症候群 (Alveolar-Capillary block syndrome) が少なからず見出されている。故に呼吸機能の核心とも云える肺胞拡散を反映する拡散能力 (Diffusing Capacity, DL) を測定することは臨床的に極めて重要な意義をもつものである。

従来これが測定法としては、Krogh¹⁾ により創始された一酸化炭素 (CO) 法、Riley²⁾ による酸素 (O₂) 法があったが、何れもその手技が複雑なため実用に供し得なかったところ、1954年 Forster³⁾ 等により CO を用いる Single breath method、次いで Filley⁴⁾、Bates⁵⁾ 等による Steady state method 等が発表され、更に Roughton-Forster 等⁶⁾ が DL を肺胞毛細管膜と肺毛細管血量の2因子に分けて測定することに成功して以来、漸次各疾患に適用されてきたが、わが国では本測定装置の高価な点及び方法の煩雑なため、これに関する研究は極めて少ない。

かかる観点から著者は CO を用いて、①健康人の肺拡散能力を測定して、その予測値を求め、②肺結核を

N. T. A. 分類による各症候群について、肺拡散機能とともに、換気機能面からの関連性について考察した。③更に健康人及び各種心肺疾患の肺拡散能力 (DLco) を、膜拡散能力 (DM) と肺毛細管血量 (Vc) とに分離測定を試み、各疾患群の拡散能力がいずれの因子に関与するかを吟味した。

II 研究対象

①健康人としては、男子32名、女子36名、計68名を対象とし、これらはいずれも自覚症状がなく、胸部レ線と心肺に異常のないものである。且つ換気機能において、スパイログラムによる肺容量分画、1秒率、分時換気量、最大換気量、残気率、分時酸素消費量、ヘリウムによる肺内平衡時間等を測定し、正常であることを認めた。また健康人男女68名の年齢は、16~61才、身長は、141.0~172.0 cm、体重は40~75 kg、体表面積は1.25~1.88 m²である。

②肺結核患者は50名で軽症 (M) 20例、中等症 (MA) 20例、重症 (FA) 10例で、重症例中1例は治癒性粟粒結核である。

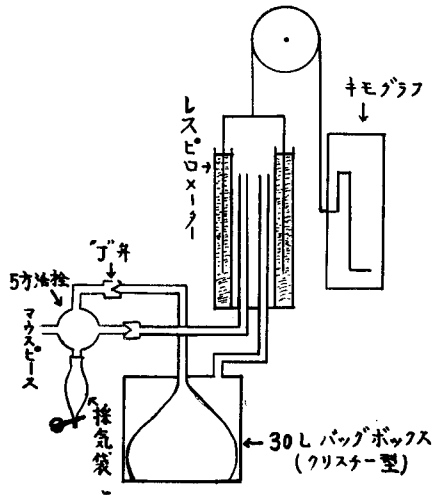
③に属するものは、健康人15名は、肺結核25名 (M 10例、MA 10例、FA 5例)、気管支拡張症3名、気管支喘息4名、肺癌3名、サルコイドーシス5名、肺線維症2名、心疾患4名、計61名である。

III 測定方法

1) 一酸化炭素肺拡散能力 (DLco) の測定 (安静及び運動負荷時)

DLco は Forster 等³⁾ の Single breath method により求めた。即ち測定装置は図1のように、Benedict-Roth型 Respirometer、Christie の Balloon-Box、J 弁、Maurer の5方弁等をゴム管で連結したものである。測定は安静時は坐位で行い、運動負荷は Baldwin 等の One Minut Step-up Exercise を用いた。即ち、高さ20 cm の踏台を1分間30回の速度で1分間昇降させ、直ちに測定した。

図 1 Single Breath Method による DLCO 測定装置



尚運動3分後または5分後の Recovery における DLCO を併せ測定した。

使用ガスは、一酸化炭素 (CO) 0.2~0.25%, ヘリウム (He) 4~5%, 酸素 (O₂) 20%, 残りは窒素 (N₂) の4者混合ガスであり、この低濃度の CO 混合ガスを吸入させた後、吸気の初めから測って10秒間呼吸を停止させ、その後急速に最大呼吸を行わせる。最初の呼気量700cc以上を Dead space を洗い流すため捨て、その後5方升を1ℓの Sample bag の方にさしかえて肺胞気を採取する。この肺胞気の CO 濃度は Infra-red CO Analyzer で測定し、He 濃度は Pulmo-analyzer で分析し、更に予め作成した He の Calibration-curve にて補正した。また肺胞容量 (V_A) は前もって測定した残気量と Respirometer で記録した吸気量から算出し、次式の Forster の Equation より DLCO を求めた。

$$DLCO = \frac{V_A \times 60}{(P_B - 47) \times \text{呼吸停止時間}} \ln \left\{ \frac{F_{ACO}}{F_{ECO}} \right\}$$

$$\text{また } P_{ACO} = \frac{F_{EHe}}{F_{IHe}} \times F_{ICO}$$

- P_B : 測定時の大気圧
- F_{ACO} : 血液に拡散する前の肺胞気 CO 濃度
- F_{ECO} : 呼出肺胞気 CO 濃度
- F_{EHe} : 呼出肺胞気 He 濃度
- F_{ICO} : 吸入ガス中の CO 濃度
- F_{IHe} : 吸入ガス中の He 濃度

2) 膜拡散能力 (DM) 及び肺毛細管血量 (Vc) の測定
DM, Vc, は Roughton-Forster の方法⁶⁾ に従い、

$$\frac{1}{DL} = \frac{1}{DM} + \frac{1}{\theta Vc}$$

なる関係式から作図法により求めた。DLCO は既述した Single breath method に従って測定し、 $\frac{1}{\theta}$ の値は $\lambda=2.5$ として求めた。但し θ は 1 cc の血液が CO を摂取する速度、 λ は赤血球膜の透過性と赤血球内部の透過性の比である。使用ガスは A) 0.23% CO, 4.0% He, 21% O₂, 残り N₂, B) 0.21% CO, 4.2% He, 残り O₂ の2種類の混合ガスである。測定は坐位で行い

- ① 先ず O₂ 吸入の平衡法 (後述) により肺毛細管 CO 分圧 (Pcco, Back-pressure) を求め、
- ② 次に3~5分間隔でAガスにて3回 DLCO を測定し、
- ③ CO 吸入より COHb が増加するので再度①の方法にて Back-pressure を求め、
- ④ 次いで 100% O₂ を約3分間呼吸させ、肺内 O₂ 分圧を充分高めた後、Bガスにて DLCO を測定し、
- ⑤ 最後に再び Pcco を測定した。

各測定時の肺胞気中の CO 及び He の濃度は Godart 社製の CO-Analyzer 及び Pulmo-analyzer を用い、CO₂ と O₂ は Scholander 微量ガス分析装置で測定した。

以上の測定に対する補正として、

① COHb による肺毛細管 CO 分圧に対する補正は、喫煙者及び反覆測定する場合は有意の増加を認めたので、Sjöstrand の O₂ 反覆呼吸法⁷⁾ を用い DLCO 測定前に Pcco を予め求めた。即ち 100% O₂ を7分間開放回路にて吸入させ、肺内の N₂ を洗い出した後、閉鎖回路系を用いて10~15分間 O₂ を Rebreathing させ、その中の CO, O₂ について分析し、Haldane の関係式より Pcco を算出した。

② 第2の補正として肺胞ガスサンプル中の CO₂ は CO 測定の際予めソーダライムにて吸収させるため、その都度 Scholander ガス分析装置にて測定した CO₂ % をもって F_{ECO} を補正した。

③ 更に 20% 以上の O₂ を含む He in O₂ ガスを Pulmo-analyzer にて測定する際は、He in air より高く He の値が出るので、既知の濃度の He と O₂+N₂ の混合ガスをもって作成した Calibration curve を用いてその都度補正した。

3) 肺容量分画及び換気機能の測定

肺活量、時間肺活量、最大換気量、分時換気量、分時酸素消費量等の測定は Pulmotest (Godart) を使用し、機能的残気量及びヘリウム肺内平衡時間は Godart 社製の Pulmo-analyzer 及び Pulmo test により閉鎖回路法にて測定し、更にこれにより残気量、残気率、全肺容量などを求めた。その他換気予備率、気速指数、換気当量

等も算出した。

IV 成績並びに考按

[A] 健康人の CO 肺拡散能力について

男子32名, 女子36名の測定成績は表1, 表2のようである。男子32名の DLco の平均値は, 安静時では 25.60 cc/min/mmHg, 15.80 cc/min/mmHg/M², 運動時では 30.69cc/min/mmHg, 18.95cc/min/mmHg/M² であった。また女子 36名の DLco の平均値は, 安静時では 20.43 cc/min/mmHg, 14.29 cc/min/mmHg/M², 運動時では 25.69cc/min/mmHg, 17.95 cc/min/mmHg/M² である。即ち女子の DLco 平均値は男子の平均値よりやや低いが, 然し体表面積 1 M² についての DLco 値の男女差は安静時では 1.6cc/min/mmHg, 運動時では 0.99cc/min/mmHg であり, これは測定誤差範囲にあるので, B.S.A. と DLco 値の関係は性別にわたる必要を認めない。故にこれら男女 68 名の安静時の DLco は 22.87 cc/min/

mmHg, 14.85 cc/min/mmHg/M² であり, 運動時では 28.03 cc/min/mmHg, 18.20cc/min/mmHg/M² であり, 運動時では安静時の26%の増加も認めた。またRecovery は3分後では安静時よりやや高値の傾向を示し, 5分後では殆んど正常に戻った。また DLco と体表面積, 身長, 体重, 年齢等の相関を調べると, 身長, 体重, 年齢には統計学的に有意の相関が見られず, 体表面積とでは図2(安静時), 図3(運動時)のように有意の相関が認められ, 安静時では相関係数 $r = +0.607$ と中等度の正相関, 運動時では $r = +0.495$ と軽度の正相関を認めた。それ故これによりそれぞれの Regression equation を求めると

$$\text{安静時では } DLco = B.S.A. (M^2) \times 25.44 - 16.25$$

$$\text{運動時では } DLco = B.S.A. (M^2) \times 25.14 - 10.63$$

であった。またこれらの各 DLco の平均値に対する標準偏差は安静時では ± 4.21 cc/min/mmHg ($\pm 18.4\%$), 運動時では ± 7.35 cc/min/mmHg ($\pm 26.3\%$)であったの

表 1 Dco in healthy subjects—relationship to age and body size. (δ)

No.	Subject	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (M ²)	Mean Dco in cc/min × mmHg			
						安静時	運動負荷	運動3分後	5分後
1	I. Y.	43	162.0	71.0	1.76	26.20	28.39		26.09
2	S. K.	56	163.0	56.0	1.60	14.56	14.09		12.65
3	T. M.	33	153.5	50.0	1.455	17.46	16.68		16.22
4	S. O.	46	160.8	60.0	1.628	18.45	19.42		18.02
5	S. M.	41	158.0	55.0	1.55	19.02	32.27	17.12	
6	A. I.	22	165.0	58.0	1.64	29.01	36.74	31.81	
7	K. H.	26	152.0	50.0	1.45	17.67	20.22	17.67	
8	F. M.	21	168.0	65.5	1.745	24.91	30.21	24.19	
9	K. Y.	50	152.0	48.0	1.42	14.33	22.60	15.05	
10	Y. A.	32	153.0	55.0	1.52	23.22	24.28	25.99	
11	T. T.	18	164.0	54.0	1.58	19.88	20.64		15.09
12	S. E.	29	171.1	58.0	1.68	33.42	54.59		33.65
13	S. Y.	42	168.6	77.0	1.876	22.18	21.65		20.84
14	Y. H.	28	156.0	45.0	1.41	15.09	23.85	17.08	
15	T. S.	58	157.0	54.0	1.53	20.40	19.73	23.75	
16	T. H.	48	163.0	75.0	1.81	18.03	18.85		18.05
17	T. S.	28	162.0	48.0	1.49	32.06	33.96	33.01	
18	K. S.	33	163.0	65.0	1.70	23.68	26.74		25.48
19	J. W.	39	168.0	72.0	1.82	29.27	30.89	24.79	
20	T. N.	20	171.0	65.5	1.765	37.59	41.14	36.60	
21	Y. A.	28	165.2	57.5	1.63	26.07	36.75	25.16	
22	S. Y.	31	160.0	55.0	1.56	28.21	36.95	29.69	
23	T. O.	43	154.2	55.0	1.522	31.28	42.26	37.34	
24	S. U.	33	152.0	52.0	1.47	42.85	47.88		44.15
25	Y. K.	19	162.5	53.0	1.555	29.05	31.88	29.19	
26	H. K.	33	161.0	56.0	1.58	29.94	31.32	32.11	
27	S. K.	42	172.0	75.0	1.88	37.26	43.83	38.74	
28	M. K.	36	165.0	63.5	1.71	33.28	40.22	33.84	
29	S. N.	51	165.0	52.0	1.56	24.89	40.69		24.94
30	T. F.	28	155.0	34.0	1.52	20.30	27.25	18.63	
31	T. N.	61	167.6	67.0	1.756	37.26	43.83	38.74	
32	T. A.	15	168.0	57.0	1.64	23.11	22.45	21.55	
Mean		35.5	161.2	58.7	1.62	25.603	30.69		

表 2 Dco in healthy subjects—relationship to age and body size. (♀)

No.	Subject	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (M ²)	Mean Dco in cc/min×mmHg			
						安静時	運動負荷	運動3分後	5分後
1	F. K.	20	163.2	53.5	1.565	21.00	25.26	20.34	
2	F. A.	19	167.0	68.0	1.77	31.82	33.67	32.29	
3	F. A.	16	150.6	43.0	1.346	16.74	20.63		15.81
4	M. I.	16	149.0	50.0	1.43	14.72	17.04		12.46
5	S. A.	16	159.0	54.0	1.54	25.32	26.96	24.46	
6	T. O.	16	143.1	43.5	1.305	15.13	17.77		14.66
7	Y. K.	20	160.0	53.0	1.54	22.68	27.62		24.40
8	M. K.	16	150.0	48.0	1.41	21.61	27.61	21.11	
9	Y. F.	32	154.0	43.0	1.37	15.59	16.64		15.27
10	K. K.	16	155.0	56.0	1.54	14.37	14.37	13.53	
11	S. O.	37	155.6	64.0	1.636	19.33	21.82		14.87
12	E. S.	17	155.0	55.0	1.53	15.53	23.74		14.09
13	S. K.	16	157.0	51.5	1.50	17.32	30.62	17.32	
14	H. S.	16	153.5	53.0	1.495	17.31	24.52		21.38
15	K. F.	16	151.5	48.5	1.42	14.83	19.49	16.04	
16	M. O.	18	160.0	55.0	1.56	17.91	26.30		17.91
17	K. A.	41	154.0	54.0	1.51	15.57	18.21		17.42
18	M. S.	37	152.0	53.0	1.48	22.76	23.10	23.10	
19	S. S.	26	150.0	50.0	1.43	18.02	20.40		17.84
20	T. U.	28	152.0	47.0	1.41	21.27	23.46		21.38
21	C. I.	22	156.8	43.5	1.40	24.19	34.40		23.59
22	M. F.	22	143.0	45.0	1.32	20.72	17.22		17.49
23	T. S.	29	154.0	50.0	1.46	26.57	28.02	25.78	
24	H. K.	28	163.0	55.0	1.58	27.22	41.69	26.16	
25	K. S.	42	156.5	54.0	1.525	24.35	41.86	26.45	
26	H. I.	18	158.0	53.0	1.53	27.24	28.65	25.32	
27	F. S.	49	146.2	42.0	1.302	23.29	40.99		22.26
28	K. K.	36	156.5	50.0	1.434	19.69	29.45		19.69
29	M. Y.	50	150.4	54.0	1.484	15.24	17.59	15.35	
30	S. O.	43	142.4	40.0	1.25	15.58	20.71	21.51	
31	H. A.	47	141.0	47.0	1.33	15.24	21.17	10.24	
32	T. O.	45	150.0	53.5	1.475	18.27	20.12	19.44	
33	T. U.	55	149.6	44.0	1.356	18.37	23.96	19.61	
34	M. T.	54	148.6	44.0	1.346	17.32	20.99	15.35	
35	K. N.	16	155.0	55.0	1.53	32.61	51.17		29.83
36	H. A.	16	162.6	61.5	1.655	30.63	37.32		30.63
Mean		26.9	153.5	50.9	1.43	20.43	25.67		

表 3 Normal Values for DLco Reported by various Investigators

Investigators	No. of Subjects	Average (cc/min/mmHg)	
Krogh	22	26.5	
Bates	6	16.8	
Marks	13	30.2	
Rankin	43	29.6	
Ogilvie	28	24.9	DLco=B.S.A. (M ²) ×18.85-6.8
金 上	39	30.2	DLco=B.S.A. (M ²) ×50.3-46.9
佐 藤	68	22.9	DLco=B.S.A. (M ²) ×25.44-16.25

で。これらの測定法においての正常範囲を安静時では80%以上、運動時では70%以上とし、今後著者は日本人の Godart 社製の CO-Analyzer による Single breath method の安静時及び運動時の DLco の標準予測式としてこれらの Regression formulas を使用したいと思う。

表3は各研究者が出した Single breath method による正常人の DLco 平均値及び標準予測式であるが、著者の平均値は Ogilvie⁸⁾ の値に近い。正常人の運動時における DLco 値については、Filley⁴⁾, Cugell⁹⁾, Ogilvie⁸⁾, Linderholm¹⁰⁾, 金上¹¹⁾, 等の報告があり、いずれも DLco は運動時には増加することを認めている。尚金上らは Treadmill 法による軽負荷の運動時の DLco は、安静時の DLco の標準値より評価すると、23.2%の増加を認めたと報告しているが、負荷程度から推察すると、その増加率は著者の成績と大体一致してい

図 2 [Rest]

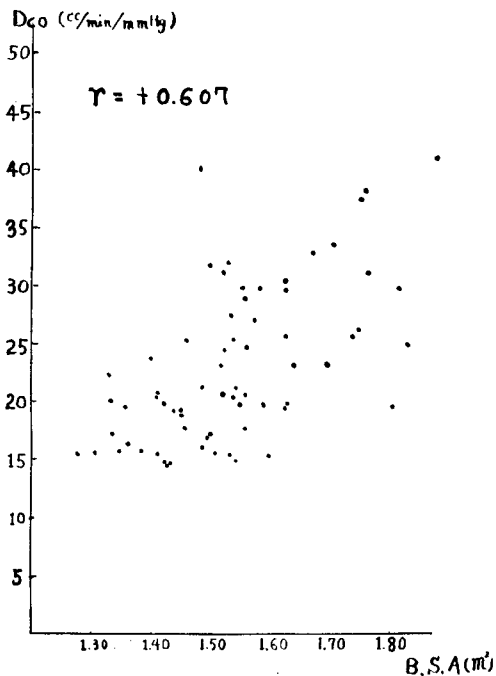
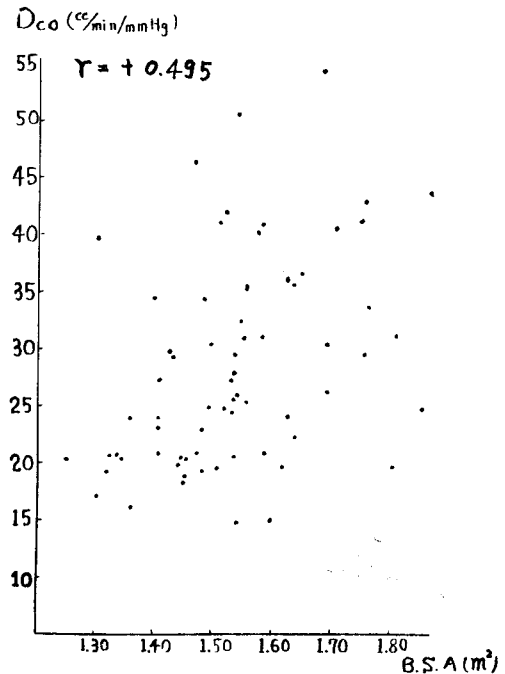


図 3 [Exercise]



ると考えられる。然るに以上の研究者の DL_{CO} の平均値を比較すると、同じ測定法でも各自異った値が報告されているが、これは CO -Analyzer の種類、測定装置の相違 (Dead space の違い)、 VA (肺胞容量) のとり方 (これは残気量の測定方法によって異なる)、Sample gas の採り方等により差が生ずるものと考えられ (各研究室の標準予測値を予め求めておく必要性はこの表を見て明らかである。尚金上ら¹²⁾ の標準予測式は Liston Becker の CO -Analyzer によるものであるが、平均値は著者のそれよりも高い。

[B] 肺結核の CO -肺拡散能力について

(1) 軽症肺結核

軽症肺結核 (M)20例の成績は表4に示すように、 DL_{CO} は第1, 第15, 第19の3症例は中等度またはそれに近い低下を示し、更に第6, 第13, 第17の3症例には軽度低下を見たが、その他の14例では正常値を示した。その範囲は $14.60 \sim 36.35$ cc/min/mmHg で平均値は 21.74 cc/min/mmHg (予測値の91.5%) であった。また上記中等度の低下を示した3症例は、いずれも発病時胸部レ線写真はMAの病巣を有し、且つ罹患治療期間も長期に亘るものである。とくに第1症例では、換気面では1秒率を除いてはすべて正常範囲にあり、軽度の呼出障害を示すに過ぎないが、拡散機能のみは著しく障害されている。

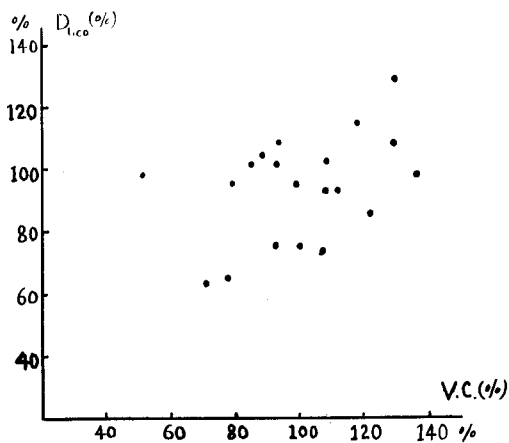
Gale¹³⁾, 城¹⁴⁾らによると、一度結核病変に冒された肺胞域は比較的早期に Endoarteritis obliterans を惹起し、早期の化学療法でX線上病巣陰影が消失しても、その部分の肺毛細管壁の病理的变化は回復されず、血流及びガス交換が障害され、且つ病巣が広汎に及んだものは、後遺症として、とくに肺胞毛細管膜の線維性変化によるガス透過性障害が残る場合があると述べているが、前記症例の拡散障害も非可逆性の肺胞毛細管膜の変化にその主因があるものと考えられる。即ち以上の成績から、発病時の病巣が広範囲に亘り、且つ疾患持続が長期に及ぶ時は、レ線上の軽快と拡散機能の回復とは一致せず、拡散障害のみが残存し得ることが指摘される。

一方、拡散能力と換気面の関係を見ると、比肺活量 (%VC) とはやや相関が見られるが (図4)、比肺活量が正常でも DL_{CO} の低下を示したものは5例あり、逆に DL_{CO} が正常で比肺活量が低下していたものは1例のみであった。また1秒率とも関係があり (図5)、 DL_{CO} , 1秒率ともに低下したものは5例に見られ、1秒率が正常で DL_{CO} が低下しているものは2例に過ぎなかった。更に DL_{CO} と比最大換気量 (%MBC) の関係にも、図6のように、軽度の正相関があり、比最大換気量が正常で DL_{CO} 低下例は2例のみであった。然し酸素摂取量 (図7)、残気率、気速指数、換気予備率、ヘリウムの肺内平

表 4 軽症肺結核の DLCO 並びにその他の肺機能について

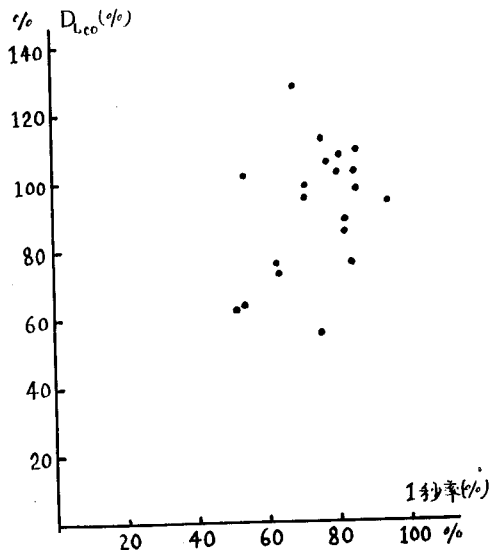
No.	Subject	Sex	Age	X線所見 (学 研 分 類)	DLco (cc/min/ mmHg)	DLco (%)	V.C. (%)	% F.E. V. ₁ ''	T.L.C. (%)	$\frac{R.V.}{T.L.C.}$ Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. ($\frac{l}{100cc}$)	\dot{V}_{O_2} ($\frac{cc}{min}/m^2$)	Eq. Time
1	Y. K.	♂	19	C ₁ Plv	15.25	55	98	76	102	24	96	0.97	95	3.7	129	3'00''
2	K. T.	♂	31	C ₁	20.54	85	122	82	128	23	95	0.78	96	3.0	130	2'00''
3	T. M.	♂	27	C ₁ Plv	23.05	93	109	95	110	19	75	0.68	94	3.8	124	2'15''
4	Y. S.	♂	17	C ₁	20.62	95	99	71	95	17	79	0.80	96	3.4	167	2'50''
5	M. T.	♀	22	C ₁	16.84	102	93	54	90	16	72	0.69	94	3.1	132	2'40''
6	J. Y.	♂	21	C ₁ Plv	21.62	75	93	63	105	29	77	0.82	92	4.4	135	1'42''
7	M. A.	♂	40	B ₁	19.36	98	137	71	128	20	97	0.72	96	3.5	127	2'00''
8	I. T.	♂	24	C ₁	29.82	102	107	81	100	23	89	0.84	95	3.7	133	2'30''
9	K. K.	♂	27	C ₁	20.31	105	87	78	93	24	99	1.12	96	3.0	124	3'00''
10	S. I.	♀	29	C ₁ Plv	17.97	109	94	86	113	32	95	1.09	96	2.8	153	3'30''
11	H. K.	♂	37	C ₁	20.75	113	118	76	123	28	104	0.88	96	2.9	142	2'10''
12	K. O.	♂	26	C ₁	30.17	107	130	81	127	19	105	0.81	94	6.0	107	2'15''
13	T. M.	♂	25	C ₁	19.36	75	101	85	97	16	87	0.88	95	3.0	145	3'00''
14	J. K.	♂	29	Cb ₁	23.27	97	79	86	79	20	104	1.31	97	2.6	138	3'00''
15	T. O.	♀	46	Bc ₁	13.19	64	79	54	90	31	68	0.84	92	3.0	118	1'50''
16	M. K.	♀	29	C ₁	36.35	128	130	68	135	28	93	0.72	94	3.7	146	3'33''
17	Y. M.	♀	45	B ₁	14.60	73	107	64	110	27	76	0.72	94	4.4	111	2'30''
18	M. I.	♂	23	C ₁	20.53	88	112	83	130	33	80	0.71	91	4.0	153	3'00''
19	Y. N.	♂	25	C ₁	18.15	63	71	54	107	35	71	0.80	88	3.2	125	2'45''
20	H. T.	♂	16	B ₁	23.22	102	85	89	80	16	83	0.97	90	5.7	151	3'00''

図 4 軽症肺結核の DLCO と肺活量との関係



平衡時間等とはとくに相関が見られなかった。以上の成績より軽症肺結核では換気の閉塞性、拘束性障害に応じ

図 5 軽症肺結核の DLCO と1秒率との関係



て、DLCO の低下がある程度推測し得ると考えられる。

図 6 軽症肺結核の DLco と最大換気量と関係

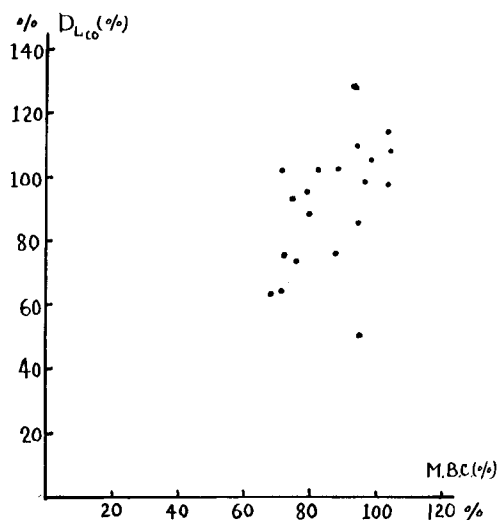
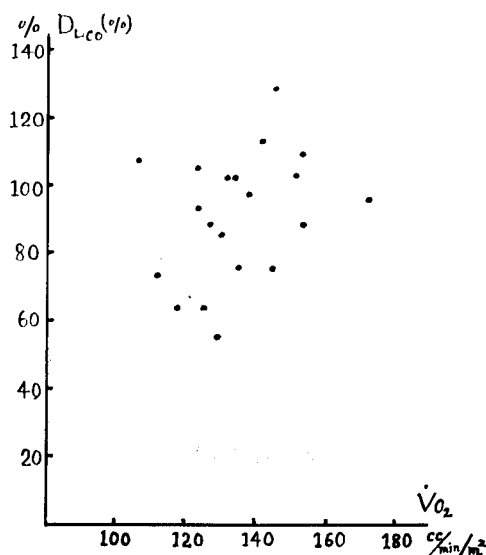


図 7 軽症肺結核の DLco と酸素摂取量との関係



(2) 中等症肺結核

表 5 に示すように、20例の中等症肺結核(MA)の DLco は最低 9.67 cc/min/mmHg, 最高 26.53 cc/min/mmHg で、平均値は 17.86 cc/min/mmHg (予測値の 73%) で

あり、軽度低下は11例に見られ、中等度低下は3例に認められた。換気機能面では、閉塞性障害が5例、拘束性障害が2例、混合性障害が3例あった。またこれらの換気機能障害を示した第1, 第3, 第9, 第13, 第19の5

表 5 中等症肺結核の DLco 並びにその他の肺機能について

No.	Subject	Sex	Age	X線所見 (学 分 研 類)	DLco (cc/min/ mmHg)	DLco (%)	V.C. (%)	% F.E. V.1''	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (ℓ/ 100cc)	V̇O ₂ (cc/ min/ m ²)	Eq. Time
1	S. F.	♀	20	C ₂ Plv	9.67	44	92	57	96	34	72	0.78	95	3.0	130	4'15''
2	J. I.	♂	29	C ₂ Ka ₁	18.29	82	99	78	98	19	81	0.82	94	3.8	133	3'30''
3	T. N.	♂	29	C ₂ Kc	12.67	59	77	63	81	32	60	0.78	88	5.6	127	4'50''
4	T. M.	♂	42	C ₂ Ka ₂ Plv	18.86	72	108	76	108	25	113	1.05	95	3.9	140	3'40''
5	A. U.	♂	32	C ₂ Plv	12.34	63	69	87	76	27	94	1.37	94	4.0	144	3'40''
6	M. T.	♂	22	C ₂ Kc	24.61	93	105	94	107	21	73	0.69	95	2.5	144	2'45''
7	Y. M.	♂	23	C ₂ Ka ₁	22.21	89	140	81	135	17	90	0.64	96	3.2	123	2'00''
8	N. M.	♂	39	C ₂	25.14	95	107	89	105	24	101	0.94	97	3.3	144	3'33''
9	G. K.	♂	57	C ₂ Kz	16.84	63	68	66	70	35	48	0.70	91	3.7	114	5'10''
10	K. S.	♂	37	C ₂ Ky ₂	14.22	65	74	76	75	26	54	0.73	93	3.1	131	2'30''
11	N. K.	♂	50	C ₂ Kx ₁ Plv	15.06	56	131	92	120	27	95	0.72	94	4.8	111	3'00''
12	M. T.	♂	28	C ₂	26.53	104	103	87	114	28	86	0.96	96	2.5	145	3'00''
13	Y. S.	♂	28	C ₂ Ka ₁	18.28	70	101	65	125	35	85	0.81	93	3.6	137	5'00''
14	T. A.	♂	30	C ₂	18.77	66	104	71	102	19	63	0.61	91	4.1	143	2'00''
15	S. K.	♂	25	C ₃ K ₂ Plv	15.48	71	95	52	85	11	62	0.65	94	3.8	117	1'30''
16	T. N.	♂	31	CB ₂ Plv	18.35	72	89	62	91	22	98	0.83	92	4.0	150	3'15''
17	H. S.	♂	44	C ₂ Plv	19.36	79	117	97	113	23	93	0.79	95	3.5	137	1'45''
18	T. K.	♂	28	C ₃ K ₂ Pls	15.19	66	68	65	77	19	59	0.87	75	4.1	139	3'30''
19	T. M.	♂	47	C ₃	14.86	65	110	60	125	34	66	0.66	94	4.0	138	4'00''
20	T. A.	♂	19	B ₂	20.54	86	82	91	89	26	101	1.23	95	3.5	128	2'00''

図8 中等症肺結核の DLco と肺活量との関係

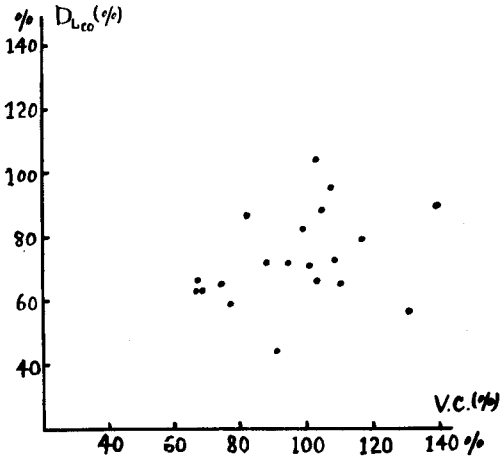
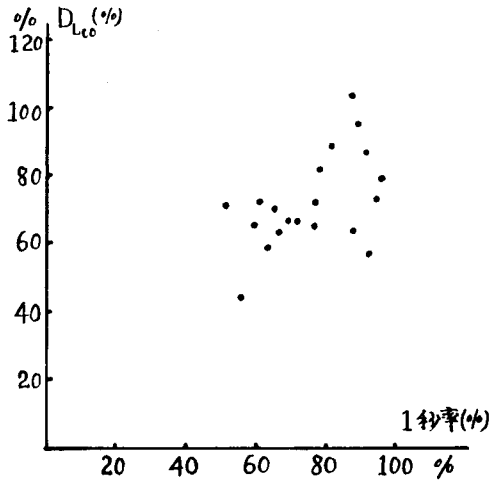
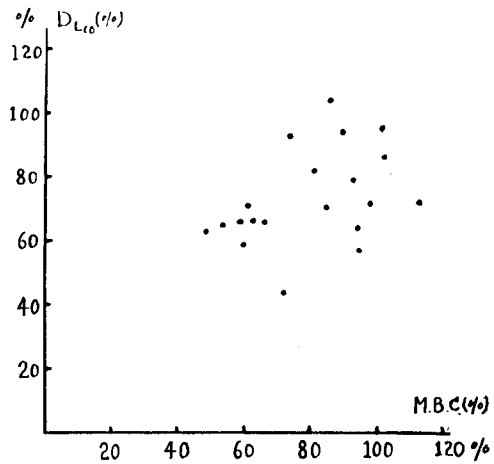


図9 中等症肺結核の DLco と1秒率との関係



症例には1秒率, 比最大換気量の低下, 残気率の上昇, 肺内ガス分布障害などが見られ, 気腫性変化の合併が推測され, 且つ DLco も軽度または中等度に低下していた。また DLco と比肺活量の相関は中等度肺結核ではもはや見られず(図8), 比肺活量が正常で, DLco の低下していたものは全症例の半数の10例を数えた。DLco と1秒率の間には軽度の相関が見られ(図9)たのは興味深い, DLco と比最大換気量の非関連性(図10)及びその他の肺機能との非関連性から考えて, 本症群においては, 呼出障害の程度に応じて DLco の障害度がある程度推測出来ると言及することは早計であろう。

図10 中等症肺結核の DLco との最大換気量との関係



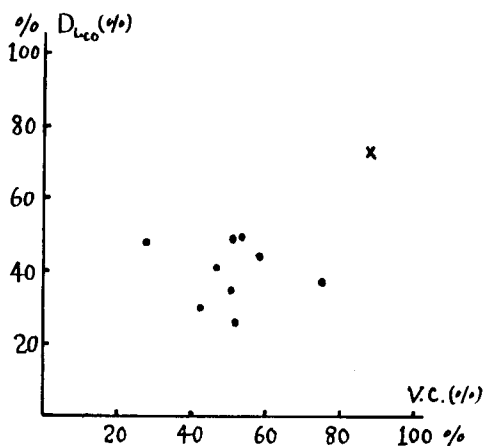
本疾患の DLco と肺活量との関係については, 瀬在ら¹⁰⁾は著明な相関があったと報告し, 金上ら¹⁶⁾も活動性肺結核20例につき測定し, DLco と肺胞容量との間には密接な相関があり, 肺容量の減少が DLco の低下に大きな役割を演じていると云っている。然し中村¹⁷⁾は肺の予備血管床が大きいため, 肺活量の減少から拡散障害を推測することは困難であるとし, 且つ DLco と肺活量の間には有意な相関が認められないと述べている。著者の成績では, 前述したように, 軽症肺結核では DLco と肺活量の相関性は見られたが, 中等症ではみられず, 且つ両者を通じて他の換気機能が比較的障害を受けずに, DLco のみが低下するA-Cブロック型を認めたことは興味ある知見である。本群の DLco の低下は不均等肺内ガス分布障害群に多く, 換気, 血流関係の不均衡による有効肺胞面積の減少と軽症肺結核の低下例と同じく肺胞毛細管膜の線維性変化(肥厚, 硬化)によるガス透過性障害が要因であると考えられる。

表6は重症肺結核9例と治癒性粟粒結核1例の DLco 並びにその他の肺機能の成績である。重症例では DLco は 5.67~11.03 cc/min/mmHg の範囲にあり, 平均 8.92 cc/min/mmHg (予測値の 39.1%) であった。即ちいずれも DLco は低値を示し, 中等度低下は5例, 高度低下は4例に見られた。換気機能面でも混合性障害7例, 拘束性障害2例と全症例に換気機能障害が証せられ, 且つ1秒率及び最大換気量の高度の低下, 残気率の高度の上昇, He の肺内平衡時間の延長等, 気腫性の病理組織的变化を示すものが半数以上に存在した。DLco と比肺活量の相関は見られなかったが(図11), 一般に比肺活量の著減した例では DLco も低値を示していた。更に

(3) 重症肺結核及び治癒性粟粒結核

表 6 重症肺結核の DLCO 並びにその他の肺機能について

No.	Subject	Sex	Age	X線所見 (学分類)	DLCO (cc/min/ mmHg)	DLCO (%)	V.B. (%)	% F.E. V ₁ ''	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V. I.	B.R. I.	Vent. Eq. (l/ 100cc)	$\dot{V}O_2$ (cc/ min/ m ²)	Eq. Time
1	I. N.	♂	53	F	11.03	49.0	51	63	57	33.4	47.9	0.95	90.6	3.3	136	2'30''
2	K. K.	♀	24	F	8.99	48.0	27	47	35	42.3	16.8	0.63	68.1	3.5	148	6'20''
3	T. H.	♂	54	F	10.53	44.4	58	44	84	34.9	43.1	0.59	86.9	4.2	135	4'12''
4	K. S.	♂	42	F	10.61	73.0	75	67	110	27.8	63.3	0.76	93.8	3.9	138	3'15''
5	T. H.	♂	60	F	10.34	49.5	52	64	78	49.5	54.0	0.86	82.0	3.3	132	3'50''
6	T. O.	♂	29	F	6.32	30.0	42	46	67	48.4	52.1	1.01	86.7	2.9	129	4'15''
7	K. K.	♂	48	F	7.84	35.0	50	39	63	40.8	48.0	0.96	90.0	2.9	133	4'48''
8	S. T.	♂	20	F	5.67	46.4	51	77	57	30.1	38.4	0.76	88.5	2.9	153	5'15''
9	R. K.	♀	28	F	7.12	41.1	46	71	59	47.9	40.0	0.87	74.5	5.1	139	2'03''
10	Y. Y.	♀	22	Miliar Tbc.	13.94	74.1	88	66	95	22.4	71.1	0.81	95.4	3.2	122	3'00''

図11 重症肺結核の DLCO と肺活量との関係
(但し×は軽快粟粒結核)

DLCO とその他の肺機能成績とも関連性は認められなかった。

重症肺結核では、中等症と異り DLCO の低下が著しく、このことはもはや病巣部の機能障害を残存健康肺が代償し得ないためと云われているが、本症における拡散障害の原因として、Anno¹⁸⁾ は有効肺胞拡散面積の減少と混合静脈血及び無効換気の増加による肺の換気血流関係の不均衡をあげており、また Hurst¹⁹⁾、Gale¹⁹⁾ 城¹⁴⁾ は病巣部毛細管の Endoarteritis obliterans による毛細管床の減少が主因であると述べている。著者も以上の成績から重症肺結核の DLCO の低下は肺実質の破壊、減少による有効肺胞拡散面積の絶対的減少が主役をなし、

肺胞毛細管膜の線維性変化によるガス透過性障害が潜在し、同時に程度の差こそあれ併存すると思われる換気の拘束性及び閉塞性障害のため、換気血流関係の unbalance が生じ、これらの諸変化が協働して拡散障害を起したものと推察される。

第10症例の治療性粟粒結核はレ線上線維性陰影を残すのみであるが、DLCO は 13.94 cc/min/mmHg (予測値の 74%) とやや低値を示し、その他の肺機能は、1 秒率及び比最大換気量の軽度の低下を除いては、殆んど正常に回復した。従来の治療性粟粒結核における肺機能の報告^{13),16),19)} では、レ線上陰影が消失しても、肺拡散障害は依然として存在し、X線上の治療と肺拡散能力の回復とは並行しないと述べているが、このことは著者の成績とも稍々一致する。この理由としては肺胞毛細管膜の線維性変化による透過性障害²⁰⁾ 及び不可逆的な Endoarteritis obliterans による毛細管床の減少と血流障害等が要因であろうと考えられる。

〔C〕 健康人並びに各種心肺疾患の肺拡散能力 (DLCO) と膜拡散能力 (DM), 肺毛細管血量 (Vc) との関係について

(1) 健康人

健康人 15 例についての成績は、表 7 に示すように、DLCO, DM, Vc の各平均値は 25.89 cc/min/mmHg, 55.8 cc/min/mmHg, 71.4cc であり、DM, Vc の標準偏差 (S.D.) は ± 16.9 cc/min/mmHg (30.3%), 18.2cc (25.4%) であった。それ故 DM の正常範囲を 39~73 cc/min/mmHg, Vc は 53~90cc とした。また年齢, 身長, 体表面積, 比肺活量の平均は, 30.3 才, 160.2 cm, 1.60 m²,

表 7 健康者における Dco, %Dco, DM, Vc

No.	Subject	Sex, Age	Height (cm)	Weight (kg)	B. S. A. (m ²)	V. C. (%)	Dco cc/min/mmHg	Dco (%)	DM cc/min/mmHg	Vc (cc)
1	T. S.	♂ 29	162	48	1.49	90	32.06	148	58.5	70.6
2	M. K.	♀ 17	150	48	1.41	121	21.61	110	39.5	55.6
3	S. Y.	♂ 42	168	77	1.87	119	32.85	105	39.5	84.1
4	A. I.	♂ 22	165	58	1.64	105	26.67	105	55.5	80.9
5	A. F.	♀ 23	143	45	1.32	96	70.72	117	32.4	40.6
6	S. O.	♀ 38	156	64	1.64	115	19.33	76	50.4	60.6
7	K. A.	♀ 42	154	54	1.51	118	18.21	82	43.1	55.5
8	T. S.	♂ 59	157	54	1.53	116	20.40	90	47.4	76.9
9	K. S.	♂ 43	172	75	1.89	92	37.26	117	91.4	105.2
10	T. A.	♂ 19	168	58	1.54	82	26.31	103	51.6	100.1
11	S. Y.	♂ 31	160	55	1.56	104	28.21	123	60.5	63.8
12	S. A.	♀ 16	159	54	1.54	89	21.54	94	48.7	54.2
13	Y. S.	♀ 26	150	50	1.50	100	18.02	82	44.8	52.3
14	F. A.	♀ 19	167	68	1.77	109	31.82	111	74.3	85.7
15	S. E.	♂ 29	171	58	1.68	98	33.42	126	70.4	84.5
	Mean	30.3	160.2	56	1.60	10.34	25.89	106	55.8	71.4

103.4%であり、これらに対する DM, Vc の値は統計学的には有意な相関が見られなかった。尚 DLCO の標準値は著者の出した $DLCO = B.S.A.(m^2) \times 25.44 - 16.25$ の Regression formula より求め、%DLCO を算出した。

健康者の DM, Vc については Ogilvie²⁰⁾ は $DM = 57$ cc/min/mmHg, $Vc = 79$ cc の予測値を出し DM は DLCO の略々 2 倍に相当し、 $\frac{1}{DM}$ (膜抵抗) と $\frac{1}{\theta Vc}$ (赤血球抵抗) とは略等しい値を示したと報告し、Lewis ら²¹⁾ は $DM = 98.1$ cc/min/mmHg, $Vc = 65.0$ cc を得、岡ら²²⁾ は $DM 80 \pm 22.4$ cc/min/mmHg, $Vc 64.2$ cc の予測値を報告している。これらの違いは、測定装置の差異、 $\frac{1}{\theta}$ の取り方 (λ を 1.5, 2.5 または ∞ にするか)、Back-pressure 等の問題によっても生ずるが、Lewis らが述べているように、その主因は DLCO, DM, Vc 間の数式上の関係であろうと考えられる。

(2) 肺結核

a) 軽症肺結核

10 例の軽症肺結核患者について測定した。DLCO, Vc は殆んど正常範囲にあり、DM は 2 例のみ軽度低下を認め (表 6), その平均値は $DLCO = 24.41$ cc/min/mmHg (予測値の 98.6%), $DM = 51.2$ cc/min/mmHg, $Vc = 76.9$

cc であった。DLCO と DM とは図 12 に示すように、やや相関傾向が認められたが DLCO と Vc との間にはそ

図 12 軽症肺結核の Dco と DM 及び Vc との関係

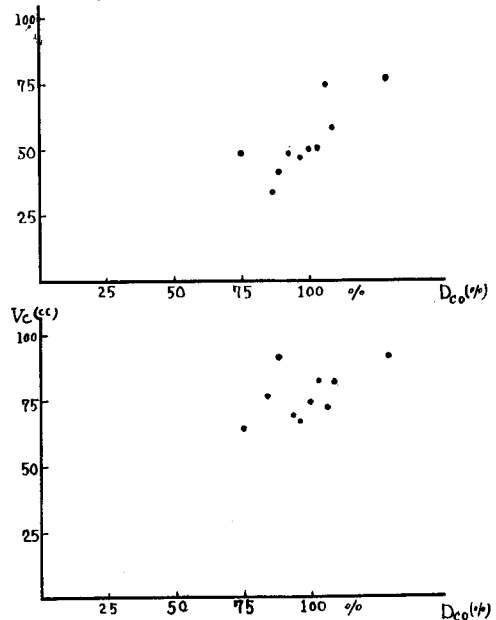


表 8 軽症肺結核の DLCO 並びにその他の肺機能

No.	Sub ject	Sex	Age	DLCO (cc/min/ mmHg)	DLCO (%)	DM (cc/ min/ mmHg)	Vc (cc)	V.C. (%)	F.E. V. ₁ ' (%)	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (ℓ/ 100cc)	$\dot{V}O_2$ (cc/ min/ m ²)	Eq. Time
1	H. T.	♂	16	23.22	100	50.0	74.1	85.3	88.7	81	15.8	83.1	0.97	89.7	5.7	151	3'00''
2	Y. I.	♂	23	20.53	88	40.5	92.1	111.5	23.2	129	32.6	79.5	0.71	91.1	4.0	153	3'00''
3	M. K.	♂	46	36.35	128	76.9	90.9	129.7	68.3	135	27.7	92.9	0.72	94.1	3.7	146	3'33''
4	J. K.	♂	23	23.27	96	45.5	66.6	79.0	86.3	79	19.7	104.0	1.31	96.5	2.6	138	2'40''
5	K. O.	♂	29	30.17	106	74.1	71.4	130.0	78.8	127	18.2	105.0	0.81	93.9	6.0	107	2'15''
6	S. I.	♀	29	17.97	108	57.7	82.5	94.3	86.4	111	32.2	95.3	0.01	95.5	2.8	153	3'30''
7	I. T.	♂	26	29.82	102	50.0	82.0	106.5	80.9	99	22.5	88.8	0.84	94.5	3.7	133	2'30''
8	J. Y.	♂	24	21.62	75	35.1	64.3	93.3	68.2	105	29.0	76.5	0.82	92.3	4.4	135	1'42''
9	Y. S.	♂	17	20.62	94	47.7	58.5	98.9	70.6	95	17.3	78.9	0.80	95.7	3.4	167	2'50''
10	K. T.	♂	31	20.54	84	33.0	76.9	121.6	81.9	128	23.4	95.1	0.78	96.0	3.0	131	2'00''

表 9 中等症肺結核の DLCO 並びにその他の肺機能

No.	Sub ject	Sex	Age	DLCO (cc/min/ mmHg)	DLCO (%)	DM (cc/ min/ mmHg)	Vc (cc)	V.C. (%)	F.E. V. ₁ ' (%)	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (ℓ/ 100cc)	$\dot{V}O_2$ (cc/ min/ m ²)	Eq. Time
1	J. I.	♂	29	18.29	81.6	54.0	62.0	99.4	78	97	18.9	81.0	0.82	93.8	3.8	133	3'30''
2	T. M.	♂	42	18.86	71.9	24.3	75.0	107.5	76	108	25.2	113.2	1.05	95.1	3.9	140	3'40''
3	M. T.	♂	22	24.61	92.9	35.7	63.5	105.0	94	107	21.4	72.9	0.69	95.0	2.5	144	2'45''
4	N. M.	♂	39	25.14	94.9	65.2	45.4	107.4	89	105	23.5	100.6	0.94	96.8	3.3	144	3'33''
5	K. S.	♂	37	14.22	64.7	25.6	40.0	74.1	76	75	26.1	54.1	0.73	62.6	3.1	131	2'30''
6	M. T.	♂	28	26.53	104.1	54.1	68.9	103.2	87	114	27.7	85.6	0.96	95.6	2.5	145	3'00''
7	T. A.	♂	30	18.77	66.3	31.2	66.6	104.1	71	102	18.8	63.2	0.61	90.9	4.1	143	2'00''
8	T. N.	♂	31	18.35	27.0	23.3	50.4	88.9	62	91	22.0	93.0	0.83	91.7	4.0	150	3'15''
9	T. K.	♂	28	15.19	66.0	34.4	38.8	68.0	65	77	19.2	59.0	0.87	74.5	4.1	139	3'30''
10	T. A.	♂	19	20.54	85.7	33.0	76.9	82.2	91	89	26.3	100.7	1.23	95.5	3.5	128	2'00''

うした関係は見られなかった。また換気機能面では、2例のみ軽度閉塞性障害を示したほかは、すべて正常であった。以上の成績より、軽症肺結核では DLCO は DM の因子にある程度左右されることが推察された。

b) 中等症肺結核

中等症肺結核患者10例の測定成績は、表9に示すように、DLCO の軽度または中等度低下を認めたものは5例で、DM の低下は7例に、Vc は3例のみ低下していた。DLCO が正常でも DM が軽度減少しているものが2例あった。DLCO, DM, Vc の各平均値は 20.25 cc/

min/mmHg (予測値の78%), 38.1 cc/min/mmHg, 58.8 ccであり、DLCO の低下は Vc より DM の因子による影響が大きいようである(図13)。また換気面では、閉塞性障害を認めたものは2例、拘束性障害及び混合性障害を示したものの各1例あったが、総体的に見て、DLCO の減少例は前述した20例の中等症肺結核の1原因でもあった換気機能障害群に多く存在したが、更に肺拡散能力の分離測定により、DLCO の低下は DM の減少度により多くの影響を受けることが理解され、肺胞毛細管膜の線維性変化による透過性障害が要因であることも実証され

図13 中等症肺結核の Dco と DM 及び Vc との関係

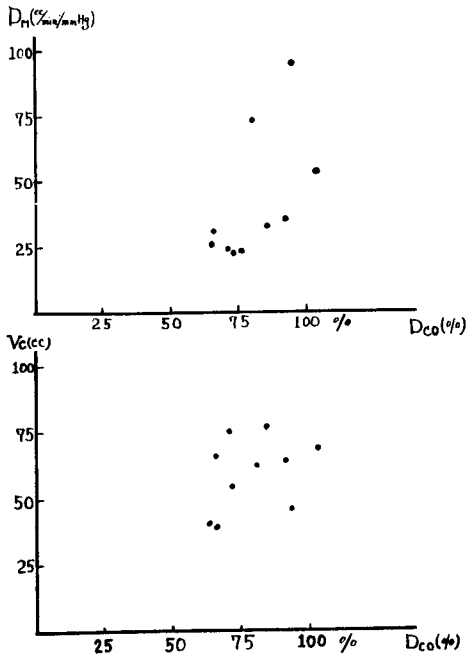
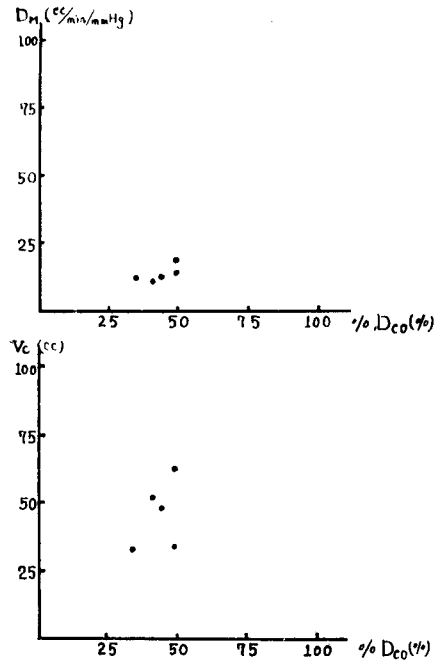


図14 重症肺結核の Dco と DM 及び Vc との関係



た。

c) 重症肺結核

本重症例では表10に示すように、 $DLCO$, DM , V_c はいずれも低下を認めた。各平均値は $DLCO=9.37\text{cc}/\text{min}/\text{mmHg}$, $DM=13.76\text{cc}/\text{min}/\text{mmHg}$, $V_c=45.9\text{cc}$ であり、 $DLCO$ と DM の減少度が大きく、 V_c は第1症例のみが正常値を示したほかは、軽度または中等度低下を認めた。図14に示すように、 $DLCO$ の著減は DM の高度減少に原因があるように考えられた。また換気面では、殆んど混合性障害を認め、1例のみが拘束性障害であり、その他最大換気量の著明な減少、残気率の高度上昇が各症例に見られ、且つ肺内ガス分布障害も3例に存

在し、この見地からもその障害度の大きいことを示している。

以上肺結核症における $DLCO$ の低下は、この分離測定法により、軽症、中等症、重症の3群を通じて、 V_c より DM の障害度により多くの影響を受ける傾向が推察され、換言すれば血管系より肺胞膜における変化の方が拡散障害の主役をなすものと考えられる。

(3) 気管支拡張症

本症では3例共、 $DLCO$, DM , V_c の低下を認めたが(表11)、比較的 DM の障害度の方が大きいように思われた(図15)。換気機能は2例は軽度の混合性障害、1例は拘束性障害であり、ガス分布障害は全例に見られた。

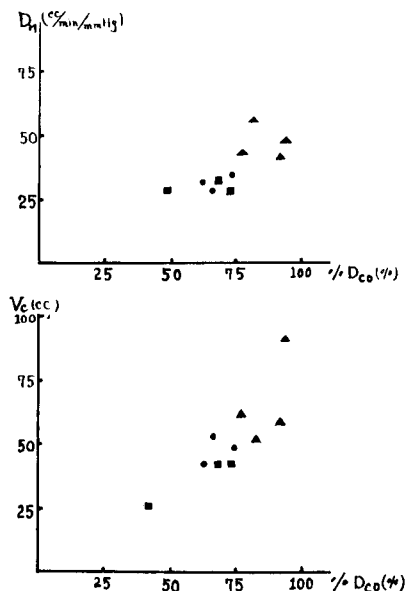
表 10 重症肺結核の $DLCO$ 並びにその他の肺機能

No.	Sub ject	Sex	Age	$DLCO$ (cc/min/ mmHg)	$DLCO$ (%)	DM (cc/min/ mmHg)	V_c (cc)	V.C. (%)	F.E. $V_{1''}$ (%)	T.L.C. (%)	$\frac{RV}{T.L.C.}$ Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (ℓ / 100cc)	\dot{V}_{O_2} (cc/ min/ m^2)	Eq. Time
1	I. N.	♂	53	11.03	49.0	14.5	62.5	51	63	57	33.4	47.9	0.95	90.6	3.3	136	2'30''
2	T. H.	♂	54	10.53	44.4	12.8	48.0	58	44	84	34.9	43.1	0.59	86.9	4.2	135	4'12''
3	T. H.	♂	60	10.34	49.5	18.2	34.5	52	64	78	49.5	45.0	0.86	82.0	3.3	132	3'50''
4	K. K.	♂	48	7.84	35.0	12.8	33.0	50	39	63	40.8	48.0	0.96	90.0	4.6	133	4'48''
5	R. K.	♀	28	7.12	41.1	10.5	51.8	46	71	59	37.9	40.0	0.87	74.5	5.1	139	2'03''

表 11 気管支拡張症 } の DLco 並びにその他の肺機能
 気管支喘息 }
 肺 }

	No.	Sub ject	Sex	Age	DLco (cc/min/ mmHg)	DLco (%)	DM (cc/ min/ mmHg)	Vc (cc)	V.C. (%)	F.E. V.1'' (%)	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (ℓ/ 100cc)	\dot{V}_{O_2} (cc/ min/ mf)	Eq. Time
気管支拡張症	1	I. N.	♂	30	16.16	66.2	28.0	52.5	75.6	65.3	84.0	29.0	69.5	0.92	92	3.9	144	3'40''
	2	T. H.	♂	44	15.24	62.8	30.6	41.8	70.5	62.6	90.0	34.7	64.1	0.91	93	3.7	134	4'50''
	3	M. I.	♀	51	18.62	74.6	34.6	48.5	89.0	71.5	82.0	25.1	70.4	0.81	88	4.1	140	3'20''
気管支喘息	1	O. N.	♂	58	20.66	77.2	43.0	61.5	93.1	59.5	97.7	42.2	62.1	0.61	95	2.3	143	4'10''
	2	K. N.	♀	69	15.49	82.1	55.4	52.8	80.4	65.4	107.2	35.8	61.2	0.77	86	4.2	139	3'10''
	3	T. T.	♂	28	23.27	94.2	47.0	90.9	66.8	48.7	86.4	38.1	47.6	0.72	81	3.6	145	3'33''
	4	I. A.	♀	44	14.44	92.8	42.2	58.8	94.7	52.6	119.9	40.8	81.0	0.86	95	3.0	130	3'35''
肺 癌	1	F. T.	♀	47	15.64	73.1	32.5	4.31	75.8	77.0	81.0	26.2	52.1	0.74	79	3.9	140	2'40''
	2	K. K.	♂	57	14.89	68.4	31.8	42.3	71.7	69.6	82.2	23.5	56.9	0.79	90	4.4	134	2'30''
	3	Y. S.	♂	56	8.84	42.8	29.6	26.3	64.2	65.5	81.5	31.2	51.4	0.64	71	3.5	126	3'14''

図15 気管支拡張症 ● の Dco と DM 及び Vc
 気管支喘息 ▲ との関係
 肺 癌 ■ との関係



Campbell²³⁾ によれば、気管支拡張症では、気管支、肺胞系に著明な炎症性変化、線維化などが見られることが多く、気管支、肺胞系の弾性の減少、気管支閉塞、無気肺などの所見を合併すると述べているが、著者の本疾患の DLco の低下も、気管支の拡張、狭窄、無気肺等

による換気機能障害のため換気血流関係の不均衡が起り、且つ DM の低下を示したことにより、肺胞膜の線維性変化によるガス透過性障害等が原因であろうと考えられる。

(4) 気管支喘息

本症については、Bates²⁴⁾, Williams²⁵⁾, Shepard²⁶⁾ らは、いずれも DLco 正常値を示したと報告し、中村ら²⁷⁾, 岡ら²²⁾等は DLco, Vc は正常だが、DM はやや減少の傾向を認めたと述べている。また金上ら²⁸⁾は肺毛細血管の充血に由来する肺毛細血管量の増加により、肺毛細血管床の増大が起り、DLco は増加すると述べ、更にこれは気管支喘息患者の一つの特徴であり、肺気腫における DLco 低下と比較し、両者を鑑別し得る唯一の検査法であると報告している。

著者は喘息患者 4 例を測定し、4 症例とも DLco, DM, Vc が殆んど正常範囲にあったことを認めたが(表11)、相対的には DM やや低下の傾向を示した(図15)。また各症例はいずれも 1 秒率、最大換気量の低下が著明であったが、DLco は 23.27 cc/min/mmHg (予測値の 92.8 %) と低下せず、Vc は 90.9 cc とやや増加していた。以上の成績から考えると、気管支喘息では肺実質の破壊を伴わぬ過膨張のため有効肺胞面積の減少が起らず、且つ肺毛細管の充血によりその血管床の増加が起り、多少肺胞膜の病理組織的变化が潜在していても全体として拡散能力が低下しないのであろうと推察される。

(5) 肺 癌

本疾患3例中、2例(第1, 第2症例)は肺野外側の限局性のもので、他1例(第3症例)は肺内部孤立型の症例である。前者では DLco, DM, Vc いずれも軽度の減少を示し、後者では DLco, Vc は著減し、DM の障害は中等度であった(表11, 図15)。即ち前者の拡散能力の低下は、膜拡散能力及び肺毛細管血量の両者の減少に左右され、後者は肺毛細管血量の著減がその主因となっている。また換気機能は、前者では軽度の拘束性障害、後者では混合性障害が認められ、更に全症例共比最大換気量が50%近く低下していたことは特徴ある所見のように思われた。

肺癌の拡散能力については宮本ら²⁹⁾、山田³⁰⁾、瀬在ら³¹⁾は、いずれも DLco の低下を報告し、その原因として肺胞における Blood-air pathway の Basement membrane の肥厚によるガス透過性障害をあげており、且つ比肺活量とは高度の相関があり、特に比肺活量60%以下の肺門型では拡散障害が著しいと報告している。また Larmi³²⁾ は27例の患者について DLco を測定し、27例中24例に DLco の低下を認め、その原因として第1に気腫性変化の合併をあげ、次いで肺実質の破壊、減少及び線維性変化による肺胞膜の肥厚に帰している。然し著者の成績から検討すると、3症例共比最大換気量の低下

は目立ったが、いずれも広義の肺気腫の診断基準の範疇に入らず、Larmi の述べるように、肺癌における拡散障害は肺気腫の合併が主因とは考えられなかった。また DLco と比肺活量とは、瀬在らが述べるように、やや相関傾向が認められたが、症例が少ないため、この関係については今後の研究に待ちたいと思う。本症では、腫瘍の大きさ及び存在位置により、拡散障害の程度が異なり、同時に DM, Vc の障害度も変わってくると推定されるが、DLco の低下の原因は、腫瘍の圧迫により肺血流量の減少が起り、そのため肺毛細管床の減少を招来し、同時に気道の閉塞障害による有効肺胞面積の減少などにあるものと考えられる。

(6) サルコイドーシス

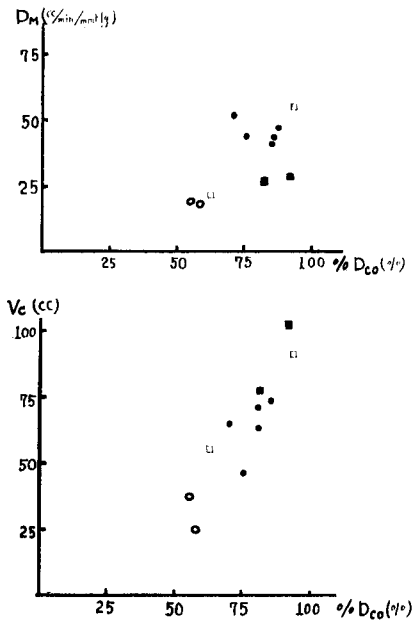
5例はすべて肺門型で、此中すでに治療により軽快し殆んど肺門腫脹の消失した例が3例(第3, 第4, 第5症例)あった。DLco, CM, Vc の測定成績は表12に示すように、殆んど正常範囲にあり、1例(第2症例)のみ DLco, Vc の軽度減少を認めた。また DLco と DM の関連性はなかったが、DLco と Vc とはやや相関傾向があった(図16)。また換気機能も概ね障害が見られなかった。

本症に関しては、Bates³³⁾、Marshall ら³⁴⁾等は DLco の低下とくに Vc の減少を指摘し、McNeill³⁵⁾は肺野

表12 サルコイドーシス } の DLco 並びにその他の肺機能
肺線維症 }
心 疾 患 }

	No.	Sub ject	Sex	Age	DLco (cc/min/ mmHg)	DLco (%)	DM (cc/ min/ mmHg)	Vc (%)	V.C. (%)	F.E. V ₁ ''	T.L.C. (%)	R.V. T.L.C. Ratio (%)	M.B.C. (%)	A.V.I.	B.R.I.	Vent. Eq. (l/ 100cc)	V _O (cc/ min/ m ²)	Eq. Time
サル コイ ド ー シ ス	1	K. M.	♂	34	22.30	100.6	51.7	65.4	105.8	80.0	120.0	28.0	118.5	1.32	95.2	4.8	130	2'15''
	2	M. S.	♂	30	16.76	75.6	43.0	46.2	85.6	95.0	109.1	27.0	114.5	1.34	90.4	5.6	158	2'50''
	3	H. M.	♂	23	22.67	85.6	40.2	74.6	99.6	84.0	106.7	25.0	106.8	1.07	93.1	4.0	174	1'30''
	4	K. S.	♀	30	16.16	80.3	40.9	71.4	104.0	97.0	119.0	20.0	90.5	0.90	78.5	3.7	169	1'40''
	5	T. I.	♂	12	19.67	86.1	45.6	64.5	107.5	99.6	114.0	21.0	98.0	0.93	90.8	4.2	144	1'50''
肺 線 維 症	1	K. I.	♂	71	11.86	55.4	18.8	37.4	87.5	86.0	93.4	22.3	89.4	1.03	79.6	3.2	125	2'10''
	2	Y. K.	♂	62	13.40	56.8	17.5	25.8	64.0	70.0	69.0	25.6	71.4	1.12	89.0	2.9	133	2'42''
M S	1	I. H.	♂	52	13.40	81.3	25.4	78.0	56.1	45.6	76.5	45.0	71.5	12.7	88.2	6.8	123	3'00''
	2	K. T.	♀	51	20.11	90.7	27.7	105.2	59.8	32.8	85.8	47.8	53.5	0.92	91.3	3.4	141	4'30''
M I	1	H. S.	♀	28	17.23	6.20	20.8	58.8	84.6	74.8	112.3	29.8	63.2	0.75	90.2	3.9	160	3'00''
	2	T. U.	♂	48	18.25	9.35	55.5	82.6	110.1	70.0	118.3	30.2	87.3	0.79	77.0	4.7	137	2'30''

図16 Sarcoidosis ● の Dco と DM 及び Vc
Fibrosis ○ との関係
MS ■
MI □



型2例について測定を試み、DM、Vcの減少を報告し、またSvanvolg³⁶⁾はFilleyのSteady state法にてDLcoを測定し37例中33例が予測値の80%以下に低下していたと述べ、いずれもその低下を認めている。本邦でも金上³⁷⁾は両側肺門部リンパ腺腫脹の3例では、DLco、DM、Vcいずれも正常範囲にあり、両肺野のびまん性陰影と肺門部リンパ腺腫脹を伴う症例では、DLco、Vcの減少を認め、DMは正常であったと報告している。即ち本症におけるDLcoの減少はVcの変化に影響を受けることを認めているものが多く、Vcの減少の原因としては、血管周囲結節形成を伴う肺毛細管の圧迫及び閉塞即ちPerfusionの障害に由来すると力説し、且つDMの減少度が少ないのは、線維性変化が肺毛細血管床の変化に遅れて現われるためであると述べている。著者の測定成績では肺門型ではたしかに図16に示すように、DLcoとPulmonary capillary blood volumeとの関連性は首肯出来るが、本症において換気機能障害がなく、軽度の肺門部リンパ腺腫脹のみ見られる病理組織的变化では、拡散障害が起ってもその程度は軽いものと考えられる。

(7) 肺線維症

本症についてはCugell⁹⁾は4例、Marks³⁸⁾は6例、Zohman¹⁹⁾は47例について測定し、DLcoの低下が最も早期に現われることを報告している。またRankin

ら⁴⁰⁾もびまん性肺線維症7例について測定を試みDLcoの低下を試み、DMも高度減少し、Vcは $\frac{1}{2}$ に減少したことを述べている。

著者の測定対象としたFibrosisはその原因は不明であるが、DLco、Vcは中等度低下、DMは高度減少を認めた(表12)。即ち本症における肺拡散障害はMembrane factorに主に影響を受けることが推測された(図16)。また換気機能は1例に軽度の拘束性障害を認めたが、他の1例は正常であった。前述したSarcoidosisと本症のFibrosisとはAustrian⁴¹⁾が提唱した肺胞毛細管ブロック症候群(Alveolar-capillary block syndrome)と呼ばれる一連の疾患群に属するものである。即ち一次的に肺拡散機能のみが障害され、他の肺機能が殆んど障害されない疾患群を指し、またこれについては1957年Marks³⁸⁾は、Austrian⁴¹⁾らがあげた臨床的並びに生理学的特徴に更に補足を加え、4つの診断基準を発表した。即ち①X線肺実質びまん性の微細な陰影が認められ、②換気機能は殆んど正常、あるいは換気機能障害の程度に比して呼吸困難の強いもの、③肺拡散能力の低下を認めるもの、④肺機能検査上閉塞性慢性肺気腫の所見を認めないものである。著者の症例ではSarcoidosisの5症例はこの診断基準を満足させず、肺線維症群ではやや一致し、拡散障害のみが他の換気機能障害に比較し高度に認められ、A-Cブロックの存在が首肯し得る。また肺線維症のDLco低下の原因として、Rankin⁴⁰⁾は肺胞毛細管膜の肥厚及び硬化によるガス透過性障害と線維性変化による肺毛細管床の減少の2つをあげているが、著者の測定成績によれば、DLcoの減少はVcよりDMの著減に左右される傾向を認め、肺胞膜の病理的变化によるMembrane factorの方が肺毛細血管床の減少よりも主因をなしているものと解釈される。

(8) 心疾患

a) 僧帽弁狭窄症

本症2例の測定成績は表12に示すように、DLcoは正常、Vcは正常またはやや増加していたが、DMは2例とも中等度減少を認めた。また換気機能は2例とも混合性障害を示し、且つ残気率の上昇、最大換気量の低下が目立ったが、1例にはガス分布障害があった。

本症に関してはRankin⁴²⁾は肺毛細血管の充血のためDLcoは増加するが、DMの減少度が大きい時はDLcoも低下の傾向があると報告し、Turino⁴³⁾は14例に対しDLcoを測定し、安静時、負荷時ともに正常値を認めたといい、Bates³³⁾は5例中3例にDLco、DMの減少をみたが、Vcは増加していたと報告している。上記の研究者の報告と著者の測定成績から本症にお

ける DLCO の増減について検討すると、肺毛細管充血 (Capillary engorgement) を主とする初期には血流量が増加するため、肺毛細管床の増大により DLCO が増加するが、更に病状が悪化し肺胞膜における非可逆性の器質の変化 (肥厚、硬化) が起る時期には、DLCO、DM は却って低下し、またこれらの経過中、充血の程度と膜障害の程度により正常値を示す病期があるのではないかと推察される。著者の症例のように、DLCO は正常でも DM の減少を認めたことは(図16)、潜在する肺胞膜の障害が本検査法によって非観血的に検出され、DLCO を DM、Vc に分離測定する意義の重要性が痛感される。

b) 僧帽弁閉鎖不全症

本症2例の成績では、1例(第2症例)は、DLCO 18.25 cc/min/mmHg (予測値の93.5%)、DM 55.5cc/min/mmHg、Vc 82.6cc とそれぞれ正常値を示し、他の1例(第1症例)では、DLCO、DM は 17.23 cc/min/mmHg (予測値の62%)、20.8cc/min/mmHg と低下し、Vc は58.8 cc と正常範囲内にあった。また2症例とも軽度の残気率の上昇が見られ、更に第1症例では最大換気量の低下があったが、その他の肺機能には特別な異常が認められなかった(表12、図16)。

本疾患の DLCO に関する報告は寡聞にして知らないが第1症例のように、DLCO の低下が DM の減少に由来したことは、肺胞膜の肥厚による透過性障害が主因をなしているものと考えられる。

V 総括

肺におけるガス代謝については、1910年 Krogh ら⁴⁴⁾ が肺胞内の酸素分圧 (PAO₂) が動脈血中の酸素分圧 (PaO₂) よりも高いことを実験的に精確に測定し、更に 1915年 Krogh¹⁾ が一酸化炭素を用いて、初めて肺拡散能力の測定法を発表したことにより、O₂ と CO₂ の肺における Exchange は分圧の高い方から低い方に移動するという単純な物理学的な拡散現象により行われるという拡散説が今日では一般に認められている。一方物理学では拡散の良否は拡散係数によって表わされるが、Fick の法則によると、単位時間に単位面積を通過する物質の量はその濃度勾配に比例するので、あるガスが単位時間 (t) に肺内で拡散移動して行く量 (Q) は、肺胞気分圧 (PA) と肺毛細管血液中のガス分圧 (Pc) の差に比例する。

$$\therefore \frac{dQ}{dt} \propto PA - Pc \dots\dots\dots(1)$$

であり、今この肺の拡散係数を δ, 肺胞面積を A とすると(1)式は次のようになる。

$$\frac{dQ}{dt} = \delta \cdot A (PA - Pc) \dots\dots\dots(2)$$

この(2)式より解るように、拡散係数が等しく、圧較差が等しければ拡散量 (Q) は拡散面積に比例する。然し拡散機能を営んでいる肺の拡散面積を算出することは難かしいので(2)式を変形し

$$A \cdot \delta = \frac{dQ}{dt} / PA - Pc \dots\dots\dots(3)$$

とし、拡散係数と拡散面積の積を拡散能力 (Pulmonary Diffusing Capacity, DL) と呼んでいるのである。即ちあるガスの肺拡散能力とはそのガスについて肺毛細管膜の内外に 1 mm Hg の分圧差がある時、1 分間にこの膜を通過して移動するそのガスの量 (STPD) を mL で表わしたものである。

また肺における拡散過程に関するものは、肺胞膜、間質液、毛細管壁を形成する内皮細胞、血漿、赤血球膜、赤血球内の間質液等、肺胞血液間に介在する組織及び体液があり、この隔壁を O₂ 及び CO₂ が通過しなければならぬ。またこの O₂ と CO₂ の拡散速度 (D) の関係は、Graham の拡散の法則と Henry の溶解の法則を結合すると

$$\begin{aligned} \frac{D_{CO_2}}{D_{O_2}} &= \frac{CO_2 \text{溶解度}}{O_2 \text{溶解度}} \times \frac{\sqrt{\text{分子量 } O_2}}{\sqrt{\text{分子量 } CO_2}} \\ &= \frac{0.592}{0.0244} \cdot \sqrt{\frac{32}{44}} = 20.7 \end{aligned}$$

となり、CO₂ の拡散速度は O₂ の約 20 倍大であるので⁴⁵⁾、CO₂ に関する拡散不良は肺生理学では問題とならない。

また他方 O₂ による肺拡散能力の測定については、1951年 Riley²⁾、1955年 Anno⁴³⁾、1958年安曾⁴⁶⁾、1958年城⁴⁷⁾らの報告があるが、この測定法では肺の毛細管平均ガス分圧を求めることがかなり複雑であるので、近年では Hb との親和性が O₂ より 210 倍も大きい CO ガスを使用して測定する方法が一般に用いられて来た。CO による肺拡散能力 (DLCO) の測定法は、前述したように 1915年 Krogh 女史が初めて発表したものであるが、当時は CO 濃度の測定は化学的分析に頼り操作の繁雑さのため、その後約 40 年間省り見られなかった。然し 1954年 Forster ら³⁾ が Krogh の方法を改良し、更に Infra red CO-Analyzer を用いて臨床的に極めて簡単に測定し得る Single breath Method を発表し、また同年 Filley ら⁴⁾ は Steady state Method による DCO の測定を報告し、1955年 Bates ら⁵⁾ は End-tidal sampling による Steady state 法を、また Kruhoffer⁴⁸⁾ は Radioactive isotope C¹⁴O による Rebreathing 法を発表し、その後 Marshall⁴⁹⁾、Lewis⁵⁰⁾、Burrows⁵¹⁾ らの変法も次々と発表されて来たが、今日では代表的な測定法としては Single breath

method, または Steady state 法が一般に用いられている。更にこの拡散能力とはガスが肺胞より肺毛細管血の Hb と結合する過程であるので, DL 値は肺胞毛細管膜の状態のみならず, 肺循環の因子である肺毛細管血流量の変化, Hb との化学的結合速度などによって左右されるので, 肺胞膜そのものの成分 (Membrane component) と, 血液に関する成分 (Blood component) の2つに分けて測定すべきことを Gibson ら⁵²⁾は提唱し, ついで Roughton-Forster が 1957年にこの分離測定法を臨床的に可能ならしめた。即ち Membrane component は膜拡散能力 (DM) と呼ばれ, 一方 Blood component (DB) は血液因子と呼ばれ, 後者は肺毛細管血流量 (Vc) と血液と CO の結合速度 (θ) の2つの因子によって左右されることが明かにされ, これらの間には,

$$\frac{1}{DL} = \frac{1}{DM} + \frac{1}{DB} = \frac{1}{DM} + \frac{1}{\theta Vc}$$

なる関係式が成立することを証明した。これにより DL の概念は一層飛躍的發展のいとぐちが与えられた。即ち Krogh によって創始された DL の測定は, 1950年代になって初めて日の目を見る様になり, 今日迄以上の種々の測定法により, 数多の臨床成績及び臨床的意義づけの発表がなされ, 現在では肺機能検査として必要欠くべからざる分野の一つとなった。

然し本邦では CO-Analyzer の価格が高価のためか報告例が少なく, 且つその測定方法に対して比較検討すべき標準予測式は僅か金上ら¹²⁾の報告にすぎないため, 著者は第1に健康人68名を検査対象として肺拡散能力の測定を試み, 従来の成績と比較検討するとともに, 第2に肺結核患者50名を N.T.A. 分類により軽症, 中等症, 重症と3群に分けて, 各群について DLco の臨床的意義を解明し, 第3に各種心肺疾患の DLco と DM, Vc の関連性について考察を加えた。

健康人の DLco の平均値に関しては, Marks ら³⁸⁾は13名を測定し 30.2cc/min/mmHg, 金上ら¹²⁾は39名を対象とし 30.16cc/min/mmHg, Ogilvie ら³⁾は28名について測定し 24.9 cc/min/mmHg と報告し, 著者の平均値 22.87cc/min/mmHg より高値となっている。これらの差違は既述したように種々の条件の相違によっても起るであろうが, 著者の場合はとくに Forster の原法のガス混合 (CO 0.3%, He 10%, O₂ 20%, N₂ 70%)によらず, CO ガス及び He ガスはやや低濃度を使用している。何故なら Godart 社製の CO-Analyzer は CO 濃度は最高 0.25%迄より測定出来ず, また Pulmo-analyzer は He 濃度の測定範囲は Calibration しても 5.5%迄が測定上限であり, そのため使用ガスは CO 0.2~0.25%, He 4~

5%, O₂ 20%, 残りが N₂ という混合ガスとしたのである。肺の換気は正常人でもある程度の不均衡があると言われ, この濃度差からも実際の測定に当ってはある程度の相違が出てくるのではないかと推測される。また健康人では DLco 値と年齢, 身長, 体重などの間に関連性は認められなかったが体表面積 (B.S.A.) とは正の相関が見られ, DLco と B.S.A. の標準予測式として,

$$\text{安静時 DLco} = \text{B.S.A. (m}^2) \times 25.44 - 16.25$$

$$\text{運動時 DLco} = \text{B.S.A. (m}^2) \times 25.14 - 10.63$$

を得, これより各心肺疾患の DLco 値を比較し, 拡散機能障害を考察した。

肺結核症における DLco の低下は肺気量の減少に主因があり, 且つ肺活量とは密接な相関があるとの報告^{14, 28, 53)}が多いが, 著者の成績では DLco と肺活量との関係は軽症例では認められたが, 中等症, 重症では両者の関連性は見られなかった。また本症に見られる拡散障害の様式を総括的に考えると, DLco の低下が肺胞面積の減少によるか, 肺毛細管膜に潜在する線維性変化による透過性障害によるかの2型に大別出来ると考えられる。後者は過去において比較的病巣が広範囲に及んだ軽症, 中等症群に見られ, 所謂 A—C ブロック型を呈しており, 前者は重症群及び重症化に近い中等症群に見られ肺実質そのものの破壊, 減少により, 残存健康肺及び比較的肺に多いといわれている予備血管床が, もはや荒蕪肺の拡散障害を代償し得ないためであろうと思われる。また DLco の分離測定法により, 肺結核症の DLco の減少は肺胞膜の器質的変化による DM の障害度が主因であることが理解された。健康人の DM, Vc の平均値は, DM 55.8±16.9cc/min/mmHg, Vc 71.4±18.2cc と Ogilvie の平均値と稍々一致したが, 然し DM, Vc の平均値も報告者^{3, 20, 26, 48)}によりそれぞれ異なる。これに対して Lewis ら²¹⁾は数式上の関係よりその変動性を説明しているが, 著者もまた同様に考えている。

気管支拡張症においては, DM, Vc の報告例は殆んど見られず, ただ DLco に関しては, 病巣の範囲に比例して低下を認めたとの報告²⁹⁾があるが, 著者の成績では換気機能障害の程度に応じて DLco, DM, Vc の低下を認め, とくに DM の低下が目立った。

気管支喘息ではいずれも換気機能障害が高度にも拘らず, DLco, DM, Vc が殆んど正常範囲にあったことは特異的所見と考えられたが, 本症の様にガス分布障害が高度であるとき, 肺胞気 CO 濃度を正確に測定し得るか, 更に言及すれば, かかる場合 DLco の値が再現性があるか否やは拡散能力測定における最も重要な問題点である。これに関して Marshall⁴⁹⁾は健康人及び肺気腫

患者の Fractional sampling によって検討し、大体肺胞ガスはどの部分を採っても均一な DLco 値を示したと述べている。然し中村ら²⁷⁾は、DLco 測定時の He の閉鎖回路法による残気量は、7分間で開放回路系で測定した値より小さいことが多く、この差はガス分布障害が強い程増大する傾向があると述べ、換言すれば、前者の残気量を使用した DLco は1回吸入によってガスが行きわたらない換気不良部分の拡散能力を除外した値であり、後者を使用した DLco は換気不良部分も換気良好と同様の拡散能力を営んでいると仮定した値であり、ガス分布障害の強い場合過大評価の危険性があると述べている。著者のガス分布障害のある症例では、DLco 値は低下の傾向を認めたが、然しこの問題については諸家はかなり批判的であり、今後更に掘りさげて検討する必要があると考える。

肺癌については、腫瘍の大きさ及び存在位置により、拡散障害の程度が異なり、末梢に近づくにつれて DLco の障害度が減少して行く傾向が見られたが、何れにしても腫瘍による肺実質の破壊、減少及びその圧迫による肺毛細血管床の減少が要因であろうと考えられる。

サルコイドーシス及び肺線維症はA—Cブロック症候群に属する疾患であるが、サルコイドーシス5例の肺門型では換気機能障害がなく、DLco, DM, Vc は殆んど正常範囲にあり、且つ DLco と Vc とは相関傾向が認められた。然し線 上 肺野に陰影が認められない肺門型でも、DLco の低下する場合があるとの報告^{33, 34, 36)}もあり、この理由としては Subradiological な granuloma が肺実質内に出現していることを意味していると説明されており、このような場合中村³⁴⁾はA—Cブロックとして取扱うべきであると言っている。また肺線維症2例は Marks らがあげたA—Cブロック症候群の4つの診断基準に略一致し、且つ DLco, DM, Vc は低下を示し、特に DM は著減していた。即ち分離測定により、肺胞膜の線維性変化が主因であることが実証され、A—Cブロック症候群に対する DLco の測定の意義の重要性を再認識した。

心疾患における僧帽弁狭窄症及び僧帽弁閉鎖不全症の拡散能力は、肺胞膜の障害度と肺うつ血による肺毛細血管床の増大による肺毛細血管量の増加の程度によって、その増減が影響されるので、DLco のみの測定成績だけでは肺胞膜の器質的変化を窺知し得られず、著者の症例のように、DM, Vc に分離測定することにより、初めて肺胞膜の潜在性変化が理解され得る場合のあることは極めて有意義である。

VI 結 語

Single breath method による健康人及び各種心肺疾患者の肺拡散能力の測定を行い、次の成績を得た。

1) 健康人68名の安静時並びに運動時の DLco の平均値及び標準偏差はそれぞれ、 22.87 ± 4.21 cc/min/mmHg, 28.03 ± 7.35 cc/min/mmHg, である。また DLco と B.S.A. とは正の相関があり次の標準予測式を得た。

$$\text{安静時 DLco} = \text{B.S.A. (M}^2) \times 25.44 - 16.25$$

$$\text{運動時 DLco} = \text{B.S.A. (M}^2) \times 25.14 - 10.63$$

2) 健康人15名の DM, Vc 平均値及び標準偏差はそれぞれ、 55.8 ± 16.9 cc/min/mmHg, 71.4 ± 18.2 cc である。

3) 肺結核においては、軽症群では換気機能障害の程度に応じて DLco の低下を認め、中等症では DLco の低下は気腫性変化を予測される換気機能障害群に多いが肺活量が正常でも DLco の低下例も多い。これは肺胞膜の線維性変化による透過性障害の潜在による。重症例では肺実質の破壊、減少による有効肺胞拡散面積の減少が DLco 低下の主因である。しかも各群とも DLco の低下はいずれも DM の減少が主役をなしている。

4) 気管支拡張症では DLco の減少があり、その原因は DM, Vc 両者の低下による。

5) 気管支喘息では DLco, DM, Vc は殆んど正常範囲にあるが、DM はやや低下している。

6) 肺癌では腫瘍の位置により拡散障害は異なり、肺門部孤立型では DLco の低下は Vc の減少が主因をなし肺野外側型では DLco の軽度低下があるが、これは DM, Vc 両者の低下による。

7) 肺門型サルコイドーシスでは DLco, DM, Vc は正常域にあり、DLco と Vc とはやや相関する。

8) 肺線維症では DLco の減少は DM の著減に左右され、A—Cブロックの特徴を示す。

9) 心疾患では DLco が正常でも、DM の障害が潜在しているものがあり、分離測定により肺毛細管膜の器質的変化が推察される。

本稿を終るに臨み、ご懇篤なご指導、ご校閲を賜った恩師山田豊治教授に深甚な感謝の念を捧げると共に、ご助言、ご鞭撻下された長浜文雄助教授及び多大のご援助をいただいた梶南病院長小野純一博士に衷心よりお礼申し上げる。

文 献

- 1) Krogh, M. : J. Physiol., **49**, 271, 1915
- 2) Riley, R.L., et al. : J. Appl. Physiol., **4**, 77, 1951
- 3) Forster, R. E., et al. : J. Clin. Invest., **33**, 1135, 1954
- 4) Filley, G. F., et al. : J. Clin. Invest., **33**, 530, 1954
- 5) Bates, D. V., et al. : J. Physiol., **129**, 237, 1955
- 6) Roughton, F. J. W., et al. : J. Appl. Physiol., **11**, 290, 1957
- 7) Sjöstrand, T. : Acta Physiol. Scand., **16**, 201, 1948
- 8) Ogilvie, C. M., et al. : J. Clin. Invest., **36**, 1, 1957
- 9) Cugell, D. W., et al. : Am. Rev. Tuberc., **74**, 317, 1956
- 10) Linderholm, Hakam : Acta Med. Scandinav., **163**, 61, 1959
- 11) 金上晴夫 他 : 呼吸と循環, **11**, 381, 1963
- 12) 金上晴夫 他 : 呼吸と循環, **8**, 387, 1960
- 13) Gale, G. L. : Am. Rev. Tuberc., **75**, 410, 1957
- 14) 城 鉄男 : 日内誌, **47**, 1135, 1958
- 15) 瀬在幸安 他 : 肺と心, **7**, 138, 1960
- 16) 金上晴夫 他 : 日本胸部臨床, **19**, 859, 1960
- 17) 中村 隆 : 結核, **8**, 365, 1961
- 18) Anno, H., et al. : Am. Rev. Tuberc., **71**, 333, 1955
- 19) Hurst, A., et al. : Dis. Chest, **24**, 41, 1953
- 20) Mc Clement, J. H., et al. : Am. Rev. Tuberc., **64**, 583, 1951
- 21) Lewis, B. M., et al. : J. Clin. Invest., **37**, 1061, 1958
- 22) 岡 捨己 他 : 第16回, 日内会総会, 1964
- 23) Campbell, J. A. : Bronchopulmonary Disease, p. 631, 1957
- 24) Bates, D. V., et al. : Quart. J. Med., **25**, 137, 1956
- 25) Williams, M. H., et al. : Am. Rev. Resp. Dis., **80**, 689, 1959
- 26) Shepard, R. H., et al. : Am. Rev. Tuberc., **71**, 249, 1955
- 27) 中村 隆 他 : 呼吸と循環, **11**, 375, 1963
- 28) 金上晴夫 他 : 最新医学, **15**, 2834, 1960
- 29) 宮本 忍 他 : 胸部外科, **14**, 669, 1961
- 30) 山田教和 : 日胸外誌, **9**, 747, 1961
- 31) 瀬在幸安 他 : 肺と心, **10**, 108, 1963
- 32) Larmi, T. K. : Ann Chir. Gynaec. Fenn., **48**, 341, 1959
- 33) Bates, D. V., et al. : J. Clin. Invest., **39**, 1401, 1960
- 34) Marshall, R., et al. : Thorax, **13**, 48, 1958
- 35) Mc Neill, R. S., et al. : Clin. Sc., **17**, 465, 1958
- 36) Svanvolg, N. : Acta Med. Scand., Supl. 366, 1961
- 37) 金上晴夫 他 : 呼吸と循環, **10**, 637, 1962
- 38) Marks, A., et al. : Am. J. Med., **22**, 51, 1957
- 39) Zohman, L. R., et al. : Am. Rev. Tuberc., **80**, 700, 1959
- 40) Rankin, J., et al. : J. Clin. Invest., **36**, 922, 1957
- 41) Austrian, R., et al. : Am. J. Med., **11**, 667, 1951
- 42) Rankin, J. et al. : Circulation, **18**, 768, 1958
- 43) Turino, G. M., et al. : J. Clin. Invest., **38**, 1186, 1959
- 44) Krogh, A., et al. : Arch. Physiol., **23**, 236, 1910
- 45) Comroe, J. H. : The Lung, p. 350, 1962.
- 46) 安曾武夫 : 北大応電研究彙報, **10**, 201, 1958
- 47) 城 鉄男 : 呼吸器診療, **13**, 381, 1958
- 48) Kruhoffer, P. : Acta Physiol. Scand., **32**, 106, 1954
- 49) Marshall, R. : J. Clin. Invest., **37**, 394, 1958
- 50) Lewis, B. M., et al. : J. Clin. Invest., **38**, 2073, 1959
- 51) Burrows, B., et al. : J. Clin. Invest., **39**, 943, 1960
- 52) Gibson, O. F., et al. : J. Physiol., **129**, 65, 1955
- 53) Dietikel, F., et al. : Am. Rev. Resp. Dis., **84**, 807, 1961
- 54) 中村 隆 : 日内会誌, **50**, 1093, 1962

(本文の要旨は、第4回日本胸部疾患学会総会並びに第11回北海道結核談話会にて発表した。)