

## 《原 著》

## Kr-81m による間質性肺炎の換気・血流分布の検討

関 根 広\* 川 上 憲 司\* 島 田 孝 夫\*\*

**要旨** 間質性肺炎12症例について、Kr-81mを用いて気道および血管系の器質的変化について検討した。Kr-81m ボーラス吸入法を低肺気量位、安静呼気位、高肺気量位より行い、また連続吸入法と Kr-81m ブド一糖液連続静注法により局所換気血流比 ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) の分布を求めた。さらに7例については運動負荷を加え、 $\dot{V}/\dot{Q}$  の変化について検討した。進行例では、高肺気量位よりのボーラス吸入で下肺野の放射能が弱く、低肺気量位よりのボーラス吸入では下肺野まで放射能が認められた。このことは、下肺野におけるコンプライアンスの低下を示唆する所見である。しかしながら、初期例あるいは可逆的症例ではボーラス吸入法は正常パターンを示した。運動負荷を施行した7例中6例において、安静時よりすでに  $\dot{V}/\dot{Q}$  が上下肺においてやや均等化し、3例は 10W～20W の軽い負荷で均等化が著明となった。このことは、進行例では安静時より上肺野の血流増加が認められ、軽度の負荷でそれが著明になったためと考えられる。しかしながら、初期あるいは可逆的症例については、 $\text{PaO}_2$  の減少がありながら 40W の負荷に耐え、正常同様の  $\dot{V}/\dot{Q}$  の上下肺における均等化を示した。したがって、負荷量、 $\dot{V}/\dot{Q}$  分布の変化、および  $\text{PaO}_2$  の変化より、初期あるいは可逆的な間質性肺炎を推定できると考えられる。

## I. はじめに

従来、RI を用いた呼吸器疾患に対する検査として、閉塞性疾患へは広く応用されているのに反して、間質性肺疾患についての報告は少ない。このことは、閉塞性換気障害のない後者では、安静呼吸下の洗い出し過程に異常が認められず、血流分布においても局所的な不均等性が少ないとある。

ところで近年、超短半減期核種である Kr-81m が臨床応用され、短時間に反復した検査が可能になり、さまざまな動態検査にも応用され、多くの生理学的情報を得ることが可能になった<sup>1)</sup>。

そこで今回、間質性肺炎を対象として、Kr-81m を使用し、安静時の換気分布・血流分布のみなら

ず、ボーラス法による局所コンプライアンスの分布特性、および運動負荷時の換気血流比分布の変動を、正常対象と比較検討した。

## II. 方 法

Rb-81 ジェネレータよりミルкиングした Kr-81m を、座位で連続吸入または連続静注により換気分布 ( $\dot{V}$ ) および血流分布 ( $\dot{Q}$ ) を求めた。背面に接したガンマカメラ LFOV およびシンチビューリーにて、30,000 カウントをプレセットカウントとし、それぞれ 1 フレームに収集した(約30秒)。さらにシンチパック 1200 により、肺の放射能を  $\dot{V}$ 、 $\dot{Q}$  について 1:1 に正規化した後、肺を 6 mm 間隔で縦方向に分割したのち、各 ROI において  $\dot{V}/\dot{Q}$  を求め、肺の重力方向における換気血流比 ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) の分布として表示した。

さらに、ボーラス吸入を次のように行った。10 ml の Kr-81m ガスを 0.25 l/sec 以下のゆっくりとした吸入速度で、残気量位 (RV)、安静呼気位 (FRC)、および高肺気量位 (TLC-400 ml) より行い、各肺気量位でのボーラス吸入分布パターン

\* 東京慈恵会医科大学放射線科

\*\* 同 第三内科

受付：58年5月23日

最終稿受付：58年7月7日

別刷請求先：港区西新橋3-19-18 (郵105)

東京慈恵会医科大学放射線科

関 根 広

を検討した<sup>1)</sup>。

また、運動負荷は同様のポジションで、エルゴメータにより行い、連続吸入および静注時のイメージと、 $\dot{V}/\dot{Q}$  の重力方向分布を求めた (Fig. 1)。本検査の前にすでに運動負荷検査を行っていた症例では、それに基づいて最適負荷量をきめたが、他の症例では段階的に負荷量を上げていき、10W～50W の範囲で耐えられる最適負荷量をきめた。

### III. 対 象

対象は、特発性間質性肺炎 (IIP) 4例、進行性全身性強皮症 (PSS) 2例、多発性筋炎 (Polymyositis) 1例、肺野型サルコイドーシス 1例、慢性関節リウマチ (RA) 3例、および過敏性肺臓炎 1例の12例である。7症例で  $\text{PaO}_2$  は低下しており、拡散能 (DLco%) についても、施行した9例全例に低下が認められた。特発性間質性性肺炎 4例中3例には組織学的診断がついており、PSSの1例については、 $\text{FEV}_{1.0\%}$  および %VC で正常であるが、聴診上異常を示した。さらに、以上の症例と比較するために、健康なボランティア 3名を対象に含めた (Table 1)。

### IV. 結 果

Kr-81m 連続吸入による正常人の換気分布 ( $\dot{V}$ ) では、全肺野にわたりほぼ均等な分布を示すが、座位における血流分布 ( $\dot{Q}$ ) では、上肺野で血流低下が認められる。また、Kr-81m ガスのボーラス吸入時の分布は、残気量位 (RV) で下肺野に放射能がみられず、安静呼気位 (FRC) では上・下肺ほぼ均等に放射能が認められ、高肺気量位 (TLC-400 ml) では、下肺野に放射能が強く認められる (Fig. 2)。

次に、肺の重力方向における局所換気血流比 ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) の分布をみると、安静時では上部肺の  $\dot{V}/\dot{Q}$  は増大している。また下肺へ向かって  $\dot{V}/\dot{Q}$  は低下するが、肺底部で再び  $\dot{V}/\dot{Q}$  は増加傾向にある。運動負荷を加えると、上部肺の  $\dot{V}/\dot{Q}$  は低下し、20W 負荷ではやや均等化し、50W 負荷で完全に均等化している。 $\text{PaO}_2$  は、この間 86 mmHg から 107 mmHg と上昇している<sup>4)</sup> (Fig. 3)。他の正常2例も同様であった (Table 1)。

今回対象とした症例について  $\dot{V}$  および  $\dot{Q}$  を見ると、case No. 8 以外のいずれにも異常分布や欠損は明らかには認められなかった (Table 2)。case

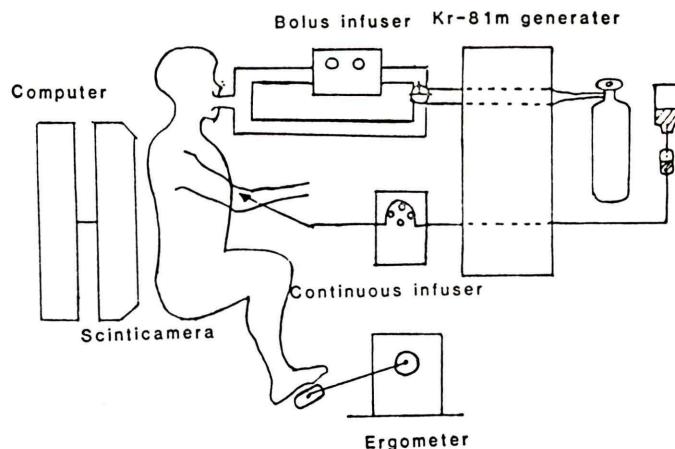


Fig. 1 Schematic representation of Kr-81m delivery system. Posterior lung scans during bolus inhalation, continuous inhalation and infusion of Kr-81m at rest and during exercise by the ergometer. The regional distribution of ventilation-perfusion ratio ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) in the lung was calculated from the data of scinticamera by the computer analyzed system.

**Table 1** Age, sex, diagnosis, vital capacity (%), forced expiratory volume (1.0%), exercise by ergometer, and Xe-133 washout test in patients with interstitial pneumonia and in normal subjects

Case	Diagnosis	Age	Sex	%VC	FEV1.0%	DLCO%	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	Excercise	Xe-133
1	MS	PSS	61	F	65	81	27	66.5	30.9	—
2	SM	Sarcoidosis	41	M	82	81	56	60	26	+
3	YO	IIP	57	F	57	74	24	60.6	41.8	+
4	SU	Polymyositis	66	M	—	—	—	74	41	+
5	KT	RA	46	F	60	78	34	52	36.9	—
6	IM	PSS	56	F	88	96	—	87*	37*	20W
							104**	31**		
7	MY	IIP	68	M	57	88	32	66*	39*	20W
							63**	36**		
8	ST	IIP	58	M	60	78	30	62*	41*	10W
							58**	36**		
9	SH	RA	53	F	54	72	—	83*	39*	10W
							79**	37**		
10	TS	IIP	34	M	94	78	77	88*	38*	40W
							79**	37**		
11	TH	#	61	M	93	69	46	80*	33*	40W
							76**	24**		
12	MK	RA	62	F	76	67	66	78*	39*	20W
							90**	36**	40W	
13	ST	Normal	36	M	118	95	100	86*	42*	50W
							107**	40**		
14	TK	Normal	53	M	100	76	100	84*	40*	50W
							102**	32**		
15	KK	Normal	45	M	120	88	100	93*	39*	50W
							105**	35**		

#: Hypersensitive pneumonitis, \*: At rest, \*\*: During exercise,

+: The examination performed, -: The examination not performed.

No. 8 は高度進行例であり、検査後半年の短い経過で死亡した。

ボーラス吸入法による Kr-81m ガス吸入分布では、前述の正常例と比べて、RV 吸入法で異常を認めたもの、あるいは TLC-400 ml 吸入法で異常を認めたものについて検討した(Table 2)。すなわち、RV 吸入法で下肺野まで放射能を認めたものは、検査を行った11例中 7 例であり、TLC-400 ml 吸入法で下肺野の放射能が弱いものは11例中 4 例であった。RV または、TLC-400 ml 吸入法のいずれかにおいて異常を呈したものは、11例中 8 例であった。残りの 3 例については、RV, FRC, および TLC-400 ml 吸入法のいずれも正常と同様の変化を示した。この 3 例中、サルコイドーシスと過敏性肺臓炎の 2 例は、ステロイドの投与により著

明な改善が認められた。他の 1 例は特発性間質性肺炎 (case No. 10) であり、胸部 X 線写真および経気管支肺生検で診断された症例であるが、肺機能では軽度の拡散能の低下以外良好であった。

運動負荷は 7 症例および正常 3 例に施行した (Table 3)。6 例については、いずれも安静時から上部肺での  $\dot{V}/\dot{Q}$  が正常に比し減少し、正常人の 20 W 負荷時に似たパターンを示した。その中の 3 例は、10 W または 20 W の耐容負荷量で  $\dot{V}/\dot{Q}$  の均等化、あるいは逆転を認めた。

また、7 症例中 3 例は耐容負荷量 40 W であったが、いずれも負荷により  $\dot{V}/\dot{Q}$  の均等化を示した。しかし、正常人とは異なり、PaO<sub>2</sub> の減少を 2 例に認めた。残りの 1 例については、1 側肺の  $\dot{V}$ ,  $\dot{Q}$  イメージ、ボーラス吸入時のイメージ、および

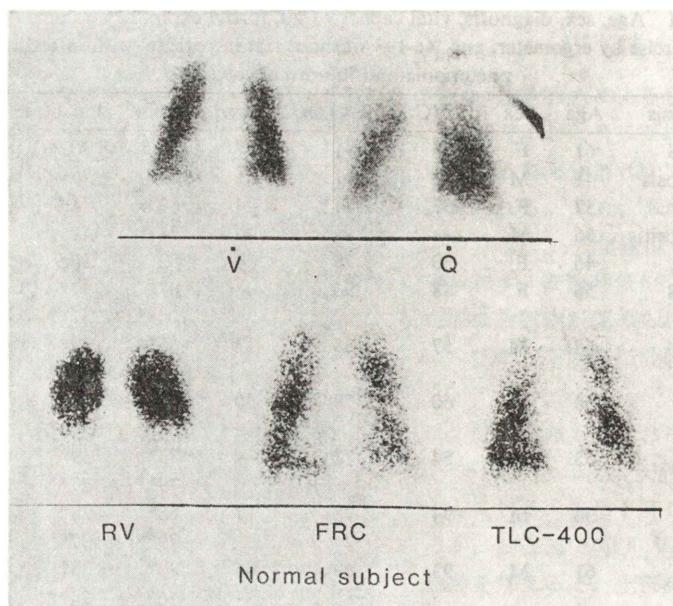


Fig. 2 Posterior lung scans during continuous inhalation ( $\dot{V}$ ) and infusion ( $\dot{Q}$ ) of Kr-81 m in normal subject (upper row). Bolus inhalation of Kr-81 m from three different lung volume levels in the same subject (lower row).

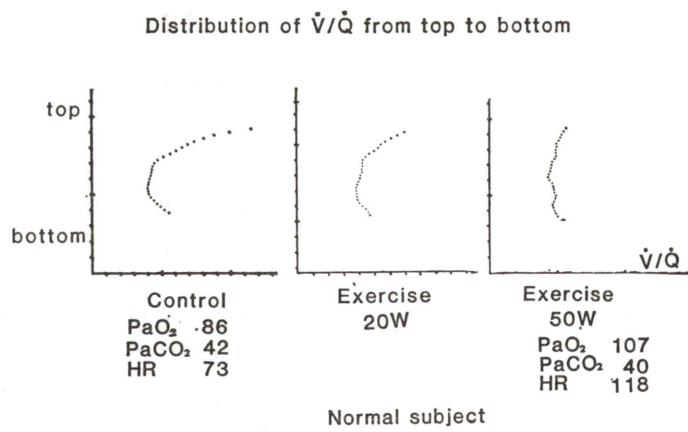


Fig. 3 Regional distribution of ventilation-perfusion ratio ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) at rest and during exercise (20W and 50W) plotted against lung area from top to bottom.  
HR: Heart rate per minute.

X線写真で明らかな異常を認めなかった。

また、Xe-133による洗い出し検査を4例に行つたが、いずれにも洗い出しの遅延は認められなかった。

## V. 症例提示

症例1: (case No. 1) 61歳 女性.  
PSS. DLCO% 27, %VC 65と低下し, PaO<sub>2</sub>も66.5と低い。換気分布 ( $\dot{V}$ ), および血流分布 ( $\dot{Q}$ )

**Table 2** Only one patient with advanced IIP (Case 8) shows abnormal images of Kr-81 m continuous inhalation ( $\dot{V}$ ) and infusion ( $\dot{Q}$ ) at rest. Bolus inhalation test performed in 11 patients of interstitial pneumonia.

Case	Diagnosis	$\dot{V}$	$\dot{Q}$	Bolus	
				RV	TLC-400
1	MS	PSS	—	+	+
2	SM	Sarcoidosis	—	—	—
3	YO	IIP	—	+	+
4	SU	Polymyositis	—	+	—
5	KT	RA	—	+	—
6	IM	PSS	—	+	—
7	MY	IIP	—	—	+
8	ST	IIP	+	+	+
9	SH	RA	—	—	
10	TS	IIP	—	—	—
11	TH	#	—	—	—
12	MK	RA	—	—	—

#: Hypersensitive pneumonia, +: Abnormal image, -: Almost normal image.

**Table 3** Diagnosis, exercise by ergometer, decrease of  $\text{PaO}_2$  after exercise (#1), abnormality of  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution at rest (#2), and change of  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution after exercise (#3) in patients with interstitial pneumonia and in normal subjects

Case	Diag.	Ex.	#1	#2	#3
6	IM	PSS	20 W	—	+
7	MY	IIP	20 W	+	+
8	ST	IIP	10 W	+	±
9	SH	RA	10 W	+	+
10	TS	IIP	40 W	+	+
11	TH	#	40 W	+	+
12	MK	RA	20 W	—	+
			40 W		
13	ST	Normal	50 W	—	+
14	TK	Normal	50 W	—	+
15	KK	Normal	50 W	—	+

Diag.=diagnosis, Ex.=exercise.

#: Hypersensitive pneumonitis.

+: Positive examination.

-: Negative examination.

では、明らかな分布の異常はとらえられない。ボーラス吸入法を行うと、RV 吸入法で下肺野まで放射能を認め、TLC-400 ml 吸入法で下肺野の放射能が弱いことが特徴的である (Fig. 4)。

症例 2: (case No. 9) 45 歳 女性。

RA. 安静時の  $\dot{V}$  および  $\dot{Q}$  では、明らかな分布

異常は認められない。また、10 W 負荷時の  $\dot{V}$  および  $\dot{Q}$  イメージでも、放射能分布の変化は明らかではないが、 $\text{PaO}_2$  は 83 mmHg から 79 mmHg と低下している (Fig. 5)。肺の重力方向に対する  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布をみると、安静時では上部肺に向かって  $\dot{V}/\dot{Q}$  は増加傾向にあるが、正常人の 20 W 負荷時に似た傾向を示す。ところが、10 W の軽い負荷により、 $\dot{V}/\dot{Q}$  は均等化を示した (Fig. 6)。

症例 3: (case No. 7) 68 歳 男性。

特発性間質性肺炎 (IIP)。安静時の  $\dot{V}$ ,  $\dot{Q}$  イメージ、および 20 W 負荷時の  $\dot{V}$ ,  $\dot{Q}$  イメージでは、明らかな分布の異常は指摘できないが、 $\text{PaO}_2$  は 66 mmHg から 63 mmHg と低下している (Fig. 7)。肺重力方向での  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布をみると、安静時では上部肺の  $\dot{V}/\dot{Q}$  が大きく、下肺に向かって小さくなるが、肺底部で再び軽度の増加を認める。しかし、このパターンは正常人の 20 W 負荷時に似ている。この症例に 20 W 負荷をかけると、 $\dot{V}/\dot{Q}$  は逆転を示した (Fig. 8)。

## VI. 考 察

Kr-81 m 連続吸入法による放射能分布は、局所換気量を表しているといわれている<sup>2)</sup>。また、Kr-81m 連続静注法による肺局所血流量の測定では、

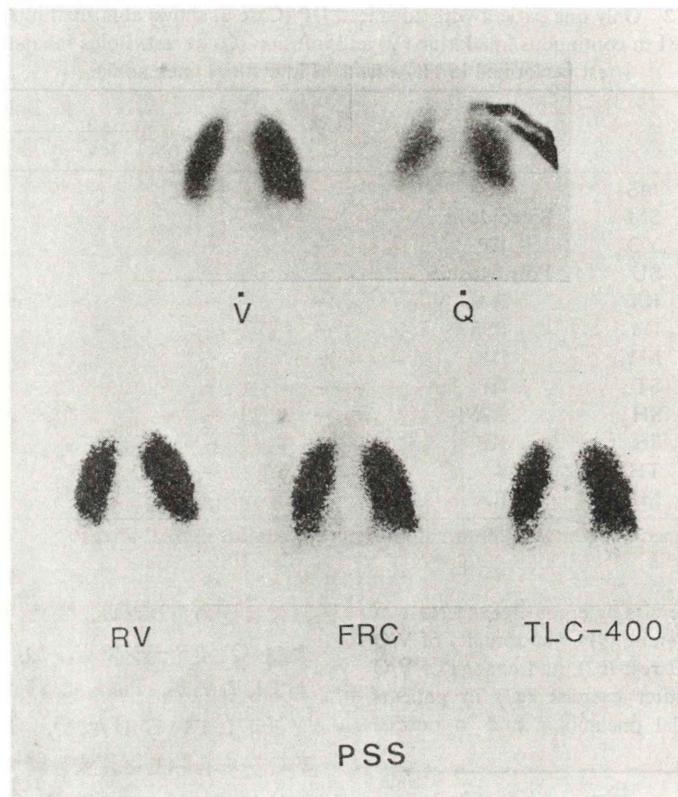


Fig. 4 Posterior images of Kr-81m continuous inhalation ( $\dot{V}$ ) and infusion ( $\dot{Q}$ ) study of 61-year-old woman with PSS (case 1, upper row). No abnormal distribution of radioactivity can be detected in these images. Posterior images of Kr-81m bolus inhalation from three different lung volumes (RV, FRC and TLC-400 ml) of the same patient (lower row). Although radioactivity in lower lung fields can be detected by the bolus inhalation from RV, only faint activity in lower lung fields can be detected by TLC-400 ml.

局所へ到達する血流量以外に、単位肺容量当たりの換気量 ( $\dot{V}/V$ )、および Kr-81m の半減期が関係している。そのため、 $\dot{V}/V$  の少ない部分の放射能は過大評価され、逆に、 $\dot{V}/V$  の多い部分では過小評価されるが<sup>3)</sup>、本疾患では肺機能検査上閉塞性病変が認められておらず、換気分布 ( $\dot{V}$ ) のイメージも、高度進行例の case No. 8 を除いて、全例とも均等であったことより、閉塞性換気障害は伴っていないといえる。また、Xe-133洗い出し法を行った4例でも、洗い出しの遅延は認められなかつた。したがって、今回の対象例については、Kr-81m連続静注法によって、局所肺血流分布の評価

が可能と考えられる。

正常人では、 $\dot{Q}$  のイメージで上肺野に血流低下が認められた (Fig. 2)。これは、肺循環系が低圧系のためである。West および Hughes は、肺末梢血管系を垂直方向に上から 4 つの zone に分けて、肺動脈圧 (Part), 肺胞気圧 (Palv), 肺静脈圧 (Pven), および肺間質圧の差より説明している<sup>4)</sup>。すなわち、zone 1 は Palv が Part より高く、安静時では毛細血管が閉じていて、vascular reserve として働く。zone 2 は Part が Palv より高く、Palv が Pven より高いため、血流は Part と Palv の圧差に従い、下方に向かって多くなる。zone 3 では、Pven が

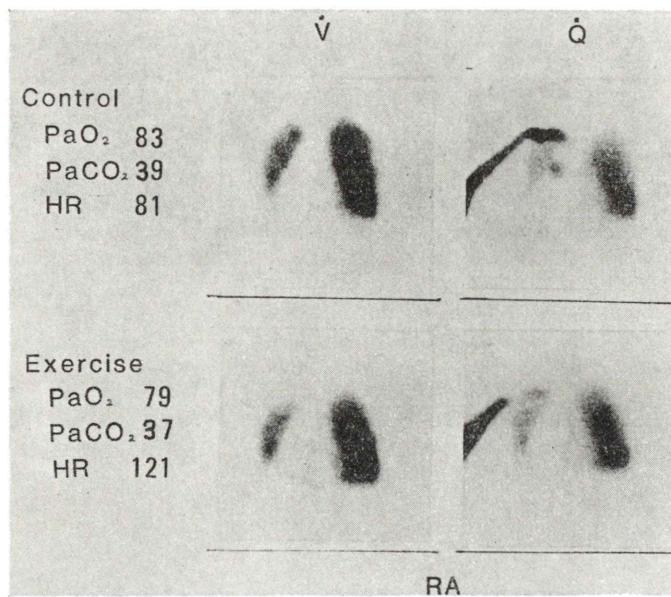


Fig. 5 Case 9. Posterior lung scans during continuous inhalation ( $\dot{V}$ ) and infusion ( $\dot{Q}$ ) at rest (upper row) and during 10 w exercise (lower row). Although  $PO_2$  decreased with exercise, these images do not show any particular abnormality.

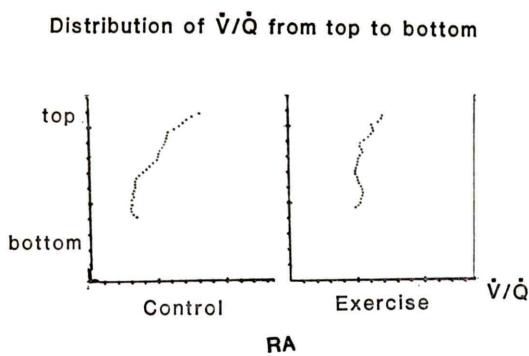


Fig. 6 Case 9. Regional distribution of  $\dot{V}/\dot{Q}$  at rest (control) and during exercise (10 w) plotted against lung area as for patient in Fig. 5.  $\dot{V}/\dot{Q}$  in upper lung fields (top) is smaller than for normal subjects at rest. Weak exercise about 10 w has already lead to a uniform distribution of  $\dot{V}/\dot{Q}$ .

Palv より高くなり、Part と Pven の圧差で下方に向かって血流はさらに多くなる。肺底部に近い zone 4 では、逆に肺の自重を含んだ間質圧により血管径が減少するため、血流は減少していく。 $\dot{V}$  の分布が、血流分布に比し上下肺において均等で

あることから、Fig. 3 の安静時 (control) のように、上肺野で  $\dot{V}/\dot{Q}$  が大きく、中肺野に向かって減少し、肺底部付近で再び増大していく。Hughes らも同様の報告をしている<sup>5)</sup>。われわれの 12 症例に關しては、高度進行例の 1 例 (case No. 8) を除いては、 $\dot{Q}$  のイメージからは明らかな異常をとらえることはできなかったが、 $\dot{V}/\dot{Q}$  をみると 7 例中 6 例に異常をとらえることができた。したがって、本疾患では  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布を求めるこにより、換気・血流の病態変化を把握できると考えられる。

次に、Kr-81m ガスのボーラス吸入法について検討する。今回は、ボーラスガスの吸入を非常にゆっくり (0.25 l/sec 以下) と行ったので、その分布は各吸入肺気量位における局所の肺の広がりやすさ、つまり肺のコンプライアンス (静肺コンプライアンス) を表している。正常人の場合、残気量位 (RV) からのボーラス吸入では、下肺野の気道虚脱のため放射能が下部肺に認められない。安静呼気位 (FRC) では上下肺ほぼ均等に分布し、高肺気量位 (TLC-400 ml) では、下部肺のコンプライアンスが大きいため、下肺野に放射能が多く

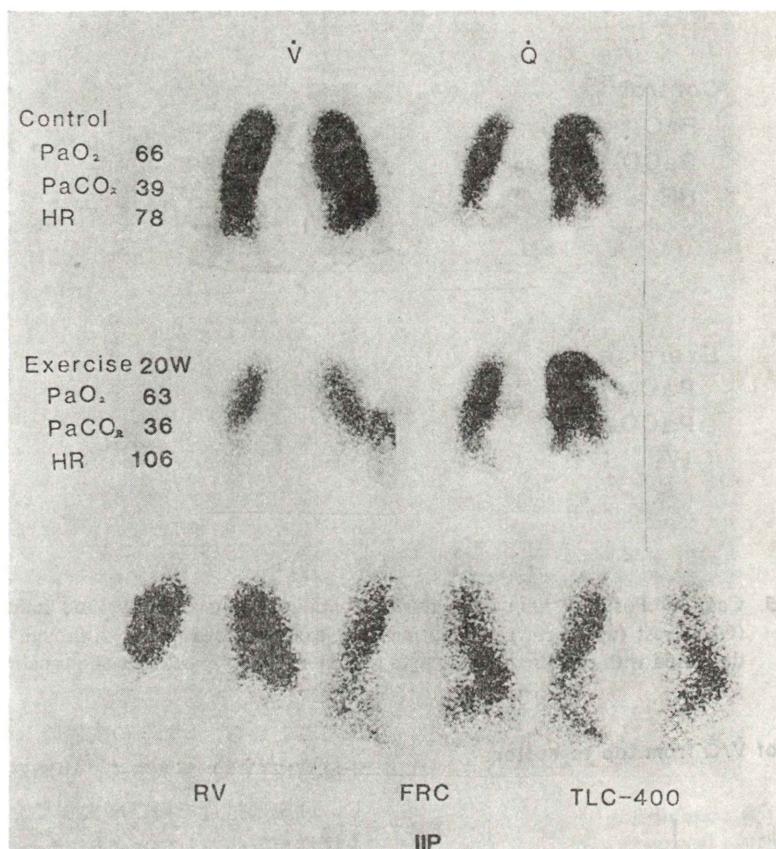


Fig. 7 Case 7. 68-year-old man with IIP. Posterior lung scans during continuous inhalation ( $\dot{V}$ ) and infusion ( $\dot{Q}$ ) at rest (upper row) and during exercise about 20 w (middle row). Although  $PO_2$  decreased with exercise, these images do not show any particular abnormality. Bolus inhalation from three different lung volume levels (lower row). Only faint activity noticed in the lower lung fields on the image of TLC-400 ml.

みられる (Fig. 2)。間質性肺炎では、RVからのボーラス吸入において下肺野まで放射能を認めたもの、あるいは、TLC-400 ml からのボーラス吸入で下肺野の放射能が低いものは11例中8例であった。このことは、下肺野では高肺気量位でコンプライアンスが低く、低肺気量位では気道虚脱をおこしにくいことを示唆している。すなわち、間質性肺炎では下肺野の病変が強いことと一致している<sup>6)</sup>。

びまん性肺線維症とサルコイドーシスにおいて、肺のコンプライアンスを比較した報告では、前者

が優位に低かったのに比して、後者は正常またはきわめて軽度の低下であった<sup>7)</sup>。さらに、コンプライアンスが正常でも  $DL_{CO}$  の低下したサルコイドーシスの報告がある<sup>8)</sup>。われわれの経験したサルコイドーシスも過敏性肺臓炎も、コンプライアンス分布(ボーラス吸入分布)は正常であったが、 $DL_{CO}$  の低下を伴っていた。つまり、拡散能の低下がコンプライアンスの低下を伴わずに起こり得ることを示している<sup>8)</sup>。このことは、ガス交換を行う場と肺の弾性を維持している場は同一ではなく、ガス交換の障害は肺胞壁の問題であり、大

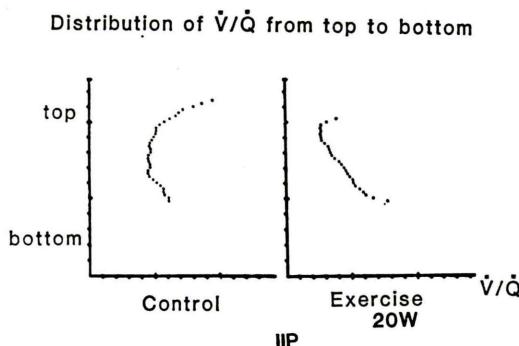


Fig. 8 Case 7. Regional distribution of  $\dot{V}/\dot{Q}$  at rest (control) and during exercise (20W) plotted against lung area as in Fig. 7. The pattern of  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution at rest is like pattern of normal subject with 20 w exercise. 20 w exercise in this patient reverses the pattern of distribution of  $\dot{V}/\dot{Q}$ .

部分の間質性肺炎に伴うのに対し、弾性の障害としての肺胞管、細気管支、および支持組織の障害は相対的に遅く起こると考えられる<sup>10)</sup>。DLco低下にもかかわらず、コンプライアンス分布が正常であった3例中2例は、ステロイドで著効を示したことから、ボーラス吸入法により可逆的な間質性病変をとらえうると考えられる。

換気血流比( $\dot{V}/\dot{Q}$ )分布は、前述のように正常人では上方の  $\dot{V}/\dot{Q}$  が大きく、中肺野で小さくなり、肺底部でわずかに大きくなる<sup>5)</sup>(Fig. 3)。間質性肺炎では、下肺野の病変が強いために、血流は vascular reserve である上方の zone へ分布するため、 $\dot{V}/\dot{Q}$  分布は重力方向で均等化してくるといわれている<sup>10)</sup>。検査を行った7症例中6例では、安静時からすでに正常人の 20 W 負荷時と同様のパターンを示した。

運動負荷を行うと、正常人では reservoir である上肺野の血流が増大するために  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布は均等化する<sup>5)</sup>。このとき、心拍出量は増加して肺毛細血管を通過する血流速度は増大し、毛細血管通過時間は短縮するが、ガス交換に必要な時間はさらに短かいために、十分酸素化され  $\text{PaO}_2$  は増加する<sup>6)</sup>。さらに、 $\dot{V}/\dot{Q}$  分布が均等化してするために、効果的な酸素化が行われる。一方、case No. 6, 7,

9 の 3 例では、10 W および 20 W の軽い負荷で  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布の均等化が起こった。このことは、前述のように安静時より上肺野への血流が増加し<sup>10)</sup>、vascular reserve が減少しているため、軽度の負荷で上肺野の血流が正常人 50 W 負荷時と同様になったと考えられる。

また、case No. 10, 11 では正常人に近い 40 W の負荷で  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布が均等化したが、 $\text{PaO}_2$  は正常人と異なり減少した。負荷を施行した他の 5 症例中 3 例に同様の  $\text{PaO}_2$  の減少がみられた。サルコイドーシス 14 例について運動負荷を加えた報告でも、11 例に  $\text{PaO}_2$  の減少を認めている<sup>11)</sup>。

正常人では運動負荷で  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布は均等化し  $\text{PaO}_2$  は増加したのに対して、間質性肺炎では  $\dot{V}/\dot{Q}$  の均等化にもかかわらず、 $\text{PaO}_2$  は減少傾向にあった。このことは、間質性肺炎に運動負荷を加えた場合、換気血流比よりも、肺胞膜を通じての拡散能の低下が、 $\text{PaO}_2$  減少の重要な因子になっていると考えられる。DLco と耐容負荷量には相関は認めないが<sup>9)</sup>、40 W の耐容負荷量の 3 例中で、1 例はステロイドで著効を示し (case No. 11)，もう 1 例は初期の特発性間質性肺炎 (case No. 10) であり、他の 1 例は一側肺がほぼ正常であったことより、可逆的な症例、あるいは初期の症例を推定するたすけになると考えられる。

以上をまとめると、 $\dot{V}$  および  $\dot{Q}$  のイメージでは、間質性肺炎の明らかな変化をとらえられなかったが、コンピュータ処理を行った  $\dot{V}/\dot{Q}$  分布図により、その肺血行動態の異常を推定できる。また、ボーラス吸入法により、下肺野を中心としたコンプライアンスの低下をとらえることができる。さらに運動負荷を施行し、 $\dot{V}/\dot{Q}$  変化および  $\text{PaO}_2$  の変化を負荷前後で求めることにより、肺血行動態の変化だけでなく、可逆的な症例や初期の症例を推定できると考えられる。

謝辞：稿をおわるにあたり、終始、ご指導、ご校閲を賜った望月幸夫教授に深甚なる謝意を表します。また、多大なるご協力を頂いた順天堂大学医学部呼吸器内科、富永 滋博士に深く感謝します。

## 文 献

- 1) 川上憲司, 島田孝夫, 西川和子, 他: 気管枝における RI (Kr-81 m) による呼吸機能検査. 医学のあゆみ **123**: 447-455, 1982.
- 2) Fazio F, Jones T: Assessment of regional ventilation by continuous inhalation of radioactive Kr-81 m. British Medical J **3**: 673-676, 1975
- 3) Ciofetta G, Pratt TA, Hughes JMB: Regional pulmonary perfusion assessed with continuous intravenous infusion of Kr-81 m: A comparison with Tc-99 m macroaggregates. J Nucl Med **19**: 1126-1130, 1978
- 4) Hughes JMB, Glazier JB, Maloney JE, et al: Effects of lung volume on the distribution of pulmonary blood flow in man. Resp Physio **4**: 58-72, 1968
- 5) Harf A, Pratt T, Hughes JMB: Regional distribution of  $\dot{V}_A/\dot{Q}$  in man as rest with exercise measured with Krypton-81 m. J Appl Physiol **44**: 115-123, 1978
- 6) Betes DV, Macklem PT, Christie RV, et al: Respiratory function in disease. 2nd edition W.B. Sanders Company, Philadelphia, 1971, p. 276-280
- 7) Englert M, Yernault JC, Coster AD, et al: Diffusing properties and elastic properties in interstitial disease of the lung. Alveolar interstitium of the lung. Prog Resp Res **8**: 177-185, Karger, 1975
- 8) Svaborg N, Holmgren A: Studies on cardiopulmonary function in sarcoidosis. Act Med Scand **170** (suppl 366): 1961
- 9) Ting EY, Williams MH Jr: Mechanics of breathing in sarcoidosis of lung. JAMA **192**: 619-624, 1965
- 10) Renzetti AD, Kobayashi T, Bigler A, et al: Regional ventilation and perfusion in silicosis in the alveolar-capillary block syndrome. Amer J Med **49**: 6-13, 1970
- 11) Sellers RD, Siebens AA: The effects of sarcoidosis on pulmonary function, with particular reference to changes in pulmonary compliance. Amer Rev Resp Dis **91**: 660-664, 1965

## Summary

### Regional Distribution of Ventilation-perfusion Ratio in Patients with Interstitial Pneumonia Using Kr-81m

Hiroshi SEKINE\*, Kenji KAWAKAMI\* and Takao SHIMADA\*\*

\*Department of Radiology, \*\*Third Division, Department of Internal Medicine,  
Jikei University School of Medicine, Tokyo

In order to know the pathophysiological change of interstitial pneumonia, it is important to detect the morphological change of vascular and air way systems in the lung.

The study group consisted of 12 patients of interstitial pneumonia including IIP, PSS, RA, sarcoidosis, and hypersensitive pneumonia. The Kr-81m bolus inhalation from 3 different lung volumes were analyzed to detect regional ventilation abnormalities. The regional distribution of ventilation-perfusion ratio ( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) in the lung was obtained from the continuous inhalation and infusion Kr-81 m. In 7 patients, regional distribution of  $\dot{V}/\dot{Q}$  was also measured at rest and during exercise.

In advanced stage of interstitial pneumonia, radioactivity in lower lung fields was decreased in bolus inhalation from TLC-400 ml lung volume, and present in lower lung in bolus inhalation from RV level. These findings are representing air way rigidity especially in lower lung fields. However, in early stage or reversible cases, it is difficult to detect the abnormal distribution of radioactivity in lung, in spite of decreased  $PO_2$ . So it seems impossible to screen early stage or reversible cases

of interstitial pneumonia by bolus inhalation method alone.

At rest for normal subjects in the upright position, the apical zone had a high  $\dot{V}/\dot{Q}$ , but in the lower parts two third of  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution was relatively homogeneous. During exercise at 50W, the distribution became more uniform. In most cases of the disease, weak exercise (less than 40W) produced the same uniform  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution. It should be noted that in the disease not only was perfusion in upper lung fields increased, but that perfusion of lower lung fields was reduced. So late in the course of extension of the disease, pulmonary vascular bed in the lower lung fields is restricted.

However, in early stages or reversible cases,  $\dot{V}/\dot{Q}$  distribution at rest and with exercise at some 40W produced same change as normal subject in spite of decreased  $PO_2$ . So, it seems possible to differentiate early stage or reversible cases from advanced cases by the exercise with monitoring  $PO_2$ .

**Key words:** Krypton-81m, Interstitial pneumonia, Ventilation-perfusion ratio, Exercise, Blood gas.