



|              |                                                                                     |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 81mKrガス吸入検査の慢性閉塞性肺疾患への応用-各吸入法によるイメージの比較-                                            |
| Author(s)    | 川上, 憲司; 勝山, 直文; 阿武, 泉 他                                                             |
| Citation     | 日本医学放射線学会雑誌. 1978, 38(11), p. 1044-1053                                             |
| Version Type | VoR                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/16749">https://hdl.handle.net/11094/16749</a> |
| rights       |                                                                                     |
| Note         |                                                                                     |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# $^{81m}\text{Kr}$ ガス吸入検査の慢性閉塞性肺疾患への応用

— 各吸入法によるイメージの比較 —

東京慈恵会医科大学放射線医学教室 (主任: 望月幸夫)

川上 憲司 勝山 直文 阿武 泉 原田 潤太

黒田 敏道 多田 信平 望月 幸夫

同 第3内科

島 田 孝 夫

(昭和53年 4 月 7 日受付)

(昭和53年 4 月27日最終原稿受付)

## An Application of Kr-81m Gas for Chronic Obstructive Pulmonary Disease.

—A Comparison of Various Inhalation Techniques—

Kenji Kawakami\*, Naofumi Katsuyama\*, Izumi Anno\*, Junta Harada\*,

Toshimichi Kuroda\*, Simpei Tada\*, Sachio Mochizuki\* and

Takao Shimada\*\*

\*Department of Radiology, Jikei University School of Medicine, Minato-ku, Tokyo, Japan

\*\*Third Department of Medicine, Jikei University School of Medicine, Minato-ku, Tokyo, Japan

---

Research Code No.: 722

---

Key Words: Kr-81m, Xe-133, Ventilation study, Inhalation technique Chronic obstructive pulmonary disease

---

This investigation was undertaken to compare the various inhalation techniques for early detection of chronic obstructive pulmonary diseases. A total of 28 subjects having chronic obstructive pulmonary diseases was studied with Xe-133 and Kr-81m gas.

The Kr-81m ventilation study was performed by the following four inhalation techniques. 1) Spontaneous respiration with Kr-81m in air (Sp). 2) Serial inhalation of Kr-81m from residual volume to total lung capacity (VC). 3) Bolus inhalation of 50 ml of Kr-81m from the level of functional residual capacity (FRC), and 4) residual volume (RV), followed by air, to total lung capacity.

Scintiphotos were taken during 10 sec of breathholding for VC, FRC, RV inhalation techniques and during tidal breathing for Sp technique, in a sitting position, by a scinticamera (Pho/Gamma HP).

Twenty-three of the 28 subjects showed uneven distribution of the washout time in the Xe-133 study, 5 cases have a normal Xe-133 study.

In severe obstructive changes with marked delay of the Xe-133 washout time, inhalation defects of Kr-81m were imaged in all techniques. In minor degrees of obstruction associated with slight delay of

the washout, FRC and RV techniques detected abnormalities, whilst images by Sp and VC techniques showed homogeneous distribution of Kr-81m. This is due to rebreathing effect on Sp and to opening of partial airway obstruction in a high lung volume on VC technique.

RV technique had a disadvantage for imaging of abnormalities in the lower lung fields, because Kr-81m concentration is low in the lower lung fields, due to physiological closure of the small airway.

In 3 of 5 cases of asymptomatic asthma with a normal Xe-133 study, uneven distribution in RV technique was the only abnormality detected.

FRC technique was most sensitive for slight obstructive changes in the upper lung fields as well as in the lower.

For the ventilation study using Kr-81m, a combined test of Sp, VC, RV and FRC inhalation techniques is useful for early detection of the small airway disease and evaluation of the degree of abnormalities.

### はじめに

肺内不均等換気の地理的分布をみるために、 $^{133}\text{Xe}^{1)}$ ,  $^{127}\text{Xe}^{2)}$ ,  $^{15}\text{O}_2^{3)}$ ,  $\text{C}^{15}\text{O}_2^{4)}$ ,  $^{13}\text{N}^{5)}$  などを用いた局所換気機能検査が行われている。

しかし、前2者は半減期がそれぞれ5.3日、36.4日と長く、被検者、検者への被曝、環境汚染が問題となる。また、 $^{15}\text{O}_2$ ,  $\text{C}^{15}\text{O}_2$ ,  $^{13}\text{N}$  はサイクロトロンを有する施設以外では使用が不可能であるという短所がある。

$^{81\text{m}}\text{Kr}$  は半減期が13秒と短い、本邦においても  $^{81}\text{Rb}$ - $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ジェネレーターが開発され<sup>6)</sup>、親核種の半減期が4.6時間であり、一般の施設でも利用が可能となった。

これまでに、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  による換気機能検査の報告はあるが<sup>7)3)</sup>、慢性閉塞性肺疾患への応用はみられない。今回、慢性閉塞性肺疾患について  $^{133}\text{Xe}$  と  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  の併用検査を行い、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  の有用性について検討した。

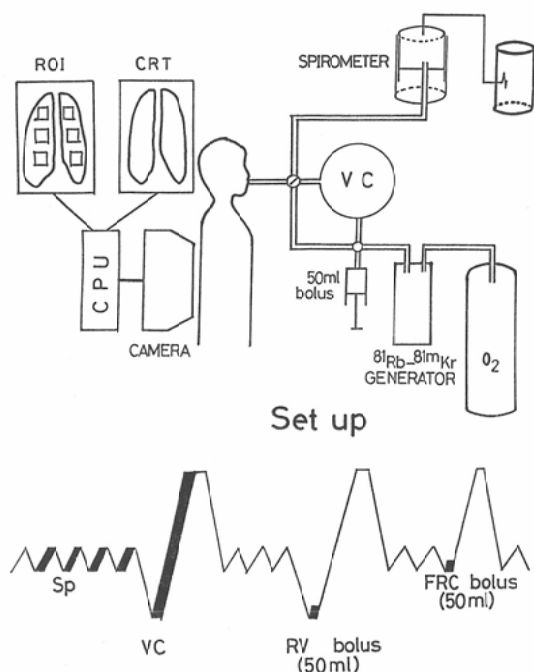
### 対象・方法

対象は、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  と  $^{133}\text{Xe}$  による換気機能検査を施行した63例のうち、 $^{133}\text{Xe}$  検査において7分間の反復呼吸時の分布は均等であつたが、洗い出し時間に不均等分布のみられた23例と、 $^{133}\text{Xe}$  検査では異常の認められなかつた喘息寛解期の症例5例、計28例である。いずれも、慈恵医大放射線科において、昭和51年12月より53年1月の間に検査依頼のあつた症例である。これらの症例については、スパイロメーターによる呼吸機能検査、お

よび一部の症例では  $\text{N}_2$  洗い出し検査(7分間)、 $\Delta\text{N}_2$  (750~1,250)、クロージングボリュームを同時に測定した。

これら疾患例のほかには正常人における  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  の分布をみるために、呼吸機能正常であつたヴォランティア10名について、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  吸入検査を行った。

吸入方法は、Fig. 1 下段に示すように被検者を坐位とし、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ガス検査の場合、1) 安静呼吸時(Sp.)、2) 残気量位より全肺気量位まで連続して吸入させた場合(VC)、3) 残気量位(RV)または、4) 安静呼吸呼出位(FRC)より50mlの $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ガスをボーラス吸入させ、続いて空気を全肺気量位まで吸入させた場合の各条件における放射能の分布をみた。Sp.の場合、 $^{81}\text{Rb}$ - $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ジェネレーター(Nihon Medipysics 社製)の入口部に500ml/分の流量で酸素を供給し、出口部における $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ガスをマウスピースに室内空気と混合して流し、安静呼吸の状態で1分間反復吸入を行つた。一方、VCでは、Fig. 1 上段に示すように、5,000ml バッグ内に肺活量分の  $\text{O}_2$  を入れ、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ガスをバッグ内に充分注入し、攪拌したのち、吸入させた。ボーラス吸入法では、50mlのシリンジ内に $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ガスを入れ、VC バッグを通さないで、シリンジより直接吸入させたのち、スパイロメーター内のairを最大吸気位まで吸入させた。VC、FRC ボーラス、RV ボーラス吸入法における吸入速度は、各被検者の重症度によ



### Inhalation Techniques

Fig. 1 The set up and the inhalation technique of Kr-81m ventilation study. In Sp technique the subject breathed Kr-81m gas with air for 1 min. In VC technique, the subject inspired Kr-81m-air mixture in a bag (VC bag) from the level of residual volume to total lung capacity. In RV or FRC bolus techniques, the subject breathed out to residual volume (RV) or functional residual capacity (FRC) and then inhaled Kr-81m gas from syringe, followed by air, to total lung capacity.

り一定しなかつたが、最大吸入速度に近い流速 ( $2l \sim 5l/\text{秒}$ ) で行つた。Sp. では10秒毎に1枚のシンチフォトを、また、VC, RV ボーラス, FRC ボーラス吸入時では10秒間の呼吸停止時におけるシンチフォトをとつた。なお、シンチフォトはガンマカメラ (Searle Graphics, Pho/Gamma HP 型シンチカメラ) に低エネルギー高分解コリメーターを装着して撮像した。カウント数はSp., VC, RV ボーラス, FRC ボーラス吸入のそれぞれにおいて20,000~25,000カウント/10秒であつた。

また、各吸入時におけるデータは、シンチパッ

ク200に入れ、上・中・下肺野に等大の ROI (関心領域) を設定し、各部位におけるカウントの分布を求めた。

$^{133}\text{Xe}$  ガス検査では、肺活量分の  $\text{O}_2$  に  $^{133}\text{Xe}$  10mCi を稀釈し、安静呼吸のもとに7分間反復呼吸させたのち、室内空気にて肺内  $^{133}\text{Xe}$  を洗い出した。 $\text{O}_2$  の減少分は適宜、追加した。

6分30秒~7分の間の30秒間におけるシンチフォトを平衡時の放射能の分布とし、7分後の洗い出し相では、洗い出し開始時より全肺の放射能が1/3になるまでの時間に1枚、その後、洗い出し時間の早さにより30~60秒間隔でシンチフォトをとり、洗い出し時の分布をみた。 $^{133}\text{Xe}$  ガス吸入検査の場合にも  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  と同位置に ROI を設定し、time-activity curve を描き、洗い出し時間を計測した。

### 結 果

Fig. 2 は、正常人の各吸入法における  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  の右肺における分布を示す。分布は、上・中・下肺野に設定した ROI の10秒間におけるカウント数を求め、3つの ROI に対する各 ROI の百分率として算出した。縦軸に上・中・下肺野を、横軸に百分率を示す。Sp., VC, FRC ボーラス吸入法

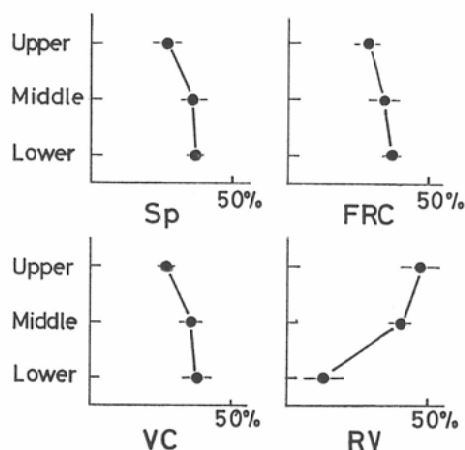


Fig. 2 The distribution of inspired Kr-81m gas in the 3 regions (upper, middle and lower lung fields) of the right lung of 10 normal subjects. Abscissa: regional activity, expressed as percentage of activity in the 3 regions.

Table 1 A comparison of abilities of Sp, VC, RV bolus and FRC bolus inhalation techniques to detect abnormalities in Kr-81m inhalation study. Images were assessed by the authors and rated on a scale of 0-3, according to clarity with which inhalation abnormality was presented.

- 0: Homogeneous distribution of Kr-81m throughout both lungs  
 1: Abnormality suspected.  
 2: Definite abnormality or abnormalities reasonably well seen.  
 3: Extent and shape of abnormality and abnormalities very well recognized.

On the numerical scale, FRC bolus inhalation technique scored the highest with a mean of 2.3.

|                          | SP  | VC  | RV  | FRC |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| No. cases rated          | 17  | 20  | 22  | 20  |
| mean score               | 1.5 | 1.4 | 2.1 | 2.3 |
| cases with highest score | 2   | 4   | 10  | 12  |

では、上肺より下肺にかけて放射能の増強が認められた。FRC ボーラス吸入法における分布は、上肺より下肺にむかつて、ほぼ直線的な増加を示していた。一方、RV ボーラス法では、逆に上肺野への吸入が多く、下肺野への吸入が少なかった。

Table 1 上段は、 $^{133}\text{Xe}$  検査で洗い出し時間の延長がみられた部位における  $^{81}\text{mKr}$  の分布異常の描出状態を各吸入法について比較した結果を示す。各吸入法の評価は、シンチフォトを以下のような判定基準にしたがつて採点し、平均スコアでもって行つた。本症例中には、 $^{133}\text{Xe}$  検査の正常であつた喘息寛解期の5例は含まれていない。

- 0: 欠損の認められない場合  
 1: 欠損を疑われる場合  
 2: 欠損の存在する場合  
 3: 欠損の形状を2より明瞭に表わしている場合の4段階に分けた。

判定は、3人の医師で行い、各吸入法におけるシンチフォトを at random に配列し、採点した。判定に際しては、 $^{133}\text{Xe}$  検査所見および胸部X線写真を参照した。

スコアの平均値は Sp. で1.5, VC で1.4, RV

ボーラスで2.1, FRC ボーラスで2.3となり、FRC ボーラス吸入法が最も高いスコアであつた。

一方、各症例について4つの吸入法のうちスコアの最も高かつた症例数を Table 1 下段に示す。一部の症例では、4つの吸入法全てを行っていないので各吸入法において症例数は異なる。また、同一症例において、病巣を同程度に表示している場合には、2つ以上の吸入法に最高点がつけられたため、最高点の症例数は対象数より多くなっている。

Sp. では17例中2例において、最もよく病巣を描出していた。VC では20例中4例、RV ボーラスでは22例中10例、FRC ボーラスでは20例中12例において、最も優れたイメージが得られた。

Fig 3 は、 $^{133}\text{Xe}$  洗い出し時間と FRC ボーラス吸入時の  $^{81}\text{mKr}$  分布の関係を示している。横軸は、左右、上・中・下肺野、各々3ヶ所計6ヶ所に ROI をとり、各部における洗い出し時間 (T 1/3) の逆数を算出し、6ヶ所において最も洗い

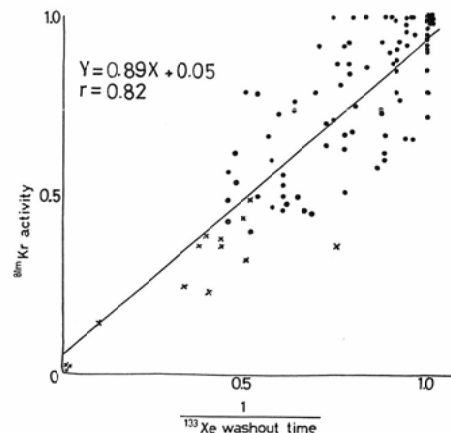


Fig. 3 The relationship between Xe-133 washout and Kr-81m activity.

Ordinate: Kr-81m activity in 6 regions (upper, middle, lower lung fields of the each lung). By the highest count region, resting 5 regions were normalized.

Abscissa: Reciprocal of Xe-133 washout time (T 1/3). By the largest region of 1/Xe-133 washout, resting 5 regions were normalized.

● and × indicates the decreased activity areas and the [defects, respectively, on Kr-81m inhalation images.

出し時間の短い部分を1として基準化した値を示す。縦軸は、上述の6ヶ所における $^{81m}\text{Kr}$ の放射能の分布を示し、最も高い部分を1として基準化したものを示す。すなわち、肺内 $^{133}\text{Xe}$ の排泄され易さを横軸に、 $^{81m}\text{Kr}$ の入り易さを縦軸に表示している。×印はシンチフォト上で欠損としてみられた部分を示す。●印は、シンチフォト上、正常または放射能の減少部として表わされた部位である。

両者の回帰直線は、 $Y=0.89X+0.05$ で、相関係数は0.82であつた。

以下、症例を呈示する。

症例1：68歳、女性。

発熱、軽度呼吸困難を訴え、来院した症例で、胸部X線写真上、両下肺野に網状陰影が認められた。

$^{133}\text{Xe}$ ガス吸入検査(Fig. 4右)では、反復呼吸時には、ほぼ均一な分布を示しているが、洗い出し時には両下肺野において、洗い出し時間の遅

延が認められる。左右肺、上・中・下肺野における洗い出し時間(T1/3)は右上、中、下肺野でそれぞれ、31、21、43秒、左肺で30、26、42秒であつた。

Fig. 4左は、 $^{81m}\text{Kr}$ ガス吸入分布を示す。Sp.およびVCでは、全肺にほぼ均一に分布し、不均等換気存在を指摘できない。一方、FRC、RVボラス吸入法では、下肺野におけるactivityが減少し、換気機能の低下が示唆される。

症例2：45歳、男性。

咳嗽、喀痰を訴え、来院した症例で、胸部X線写真上、特記すべき変化は認められなかつた。

$^{133}\text{Xe}$ ガス吸入検査(Fig. 5右)：反復呼吸時における $^{133}\text{Xe}$ 分布は均一で、欠損は認められない。肺内 $^{133}\text{Xe}$ 洗い出し時の分布は、左下肺野において軽度の遅延が認められる(矢印)。

$^{81m}\text{Kr}$ ガス吸入検査(Fig. 5左)：Sp.、VC吸入法では左下肺野への吸入減少がみられるが、はつきりとした欠損は認められない。RVボラス

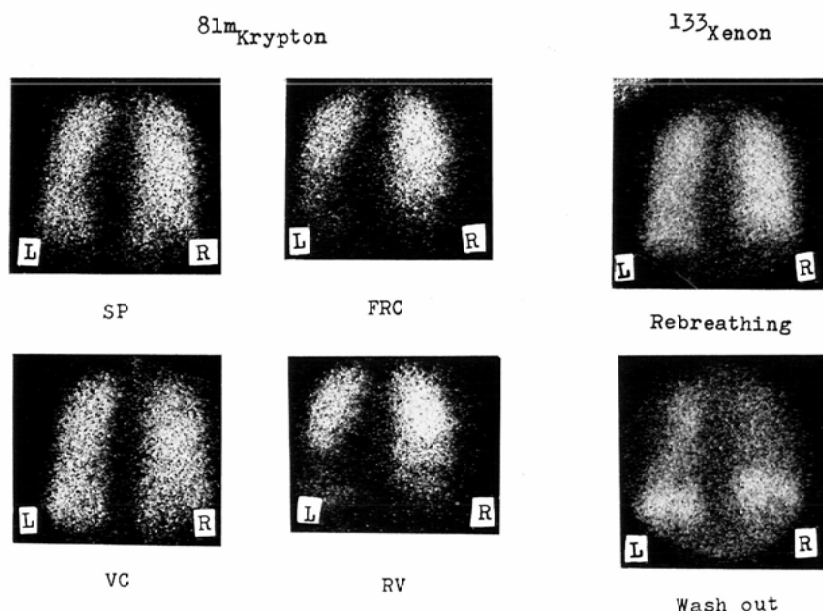


Fig. 4 Scintiphoto images of Kr-81m(left and middle columns) and Xe-133(right) study. 68year old female. In Xe-133 inhalation study, the washout is delayed in both lower lung fields. In Kr-81m study, ventilatory abnormality is not visualized in SP and VC inhalation techniques. In FRC and RV bolus techniques, there are defects in both lung fields.

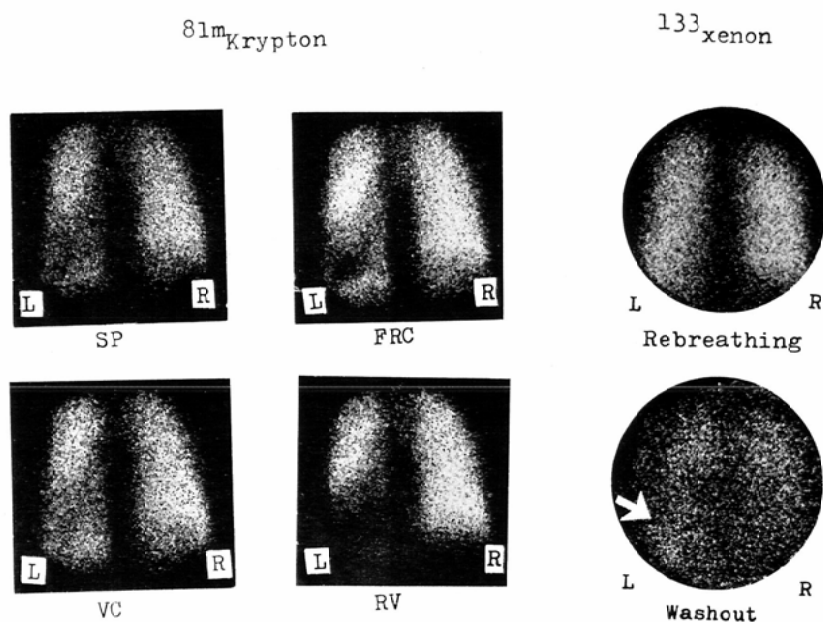


Fig. 5 Scintiphotos of Kr- $^{81m}$  and Xe- $^{133}$  [inhalation study. 45year old male. There is a slight delay of Xe- $^{133}$  washout time in the left lower lung field (arrow). In Kr- $^{81m}$  study, abnormality is clearly seen in FRC bolus technique.

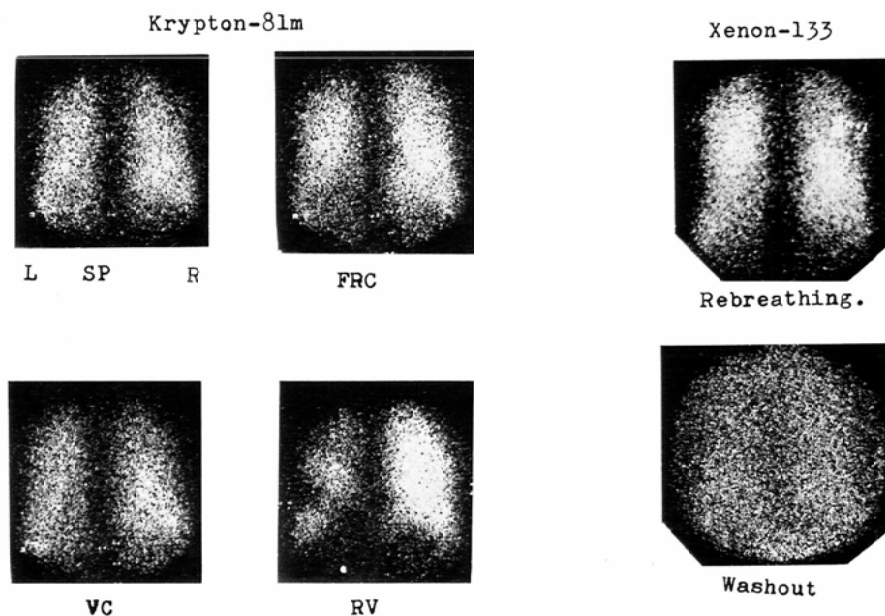


Fig. 6 Scintiphotos of Kr- $^{81m}$  and Xe- $^{133}$  inhalation study. 28 year old male with asymptomatic asthma. There is no remarkable delay of Xe- $^{133}$  washout time in the both lungs. In Kr- $^{81m}$  study, multiple ventilatory abnormalities are detected by RV bolus technique.

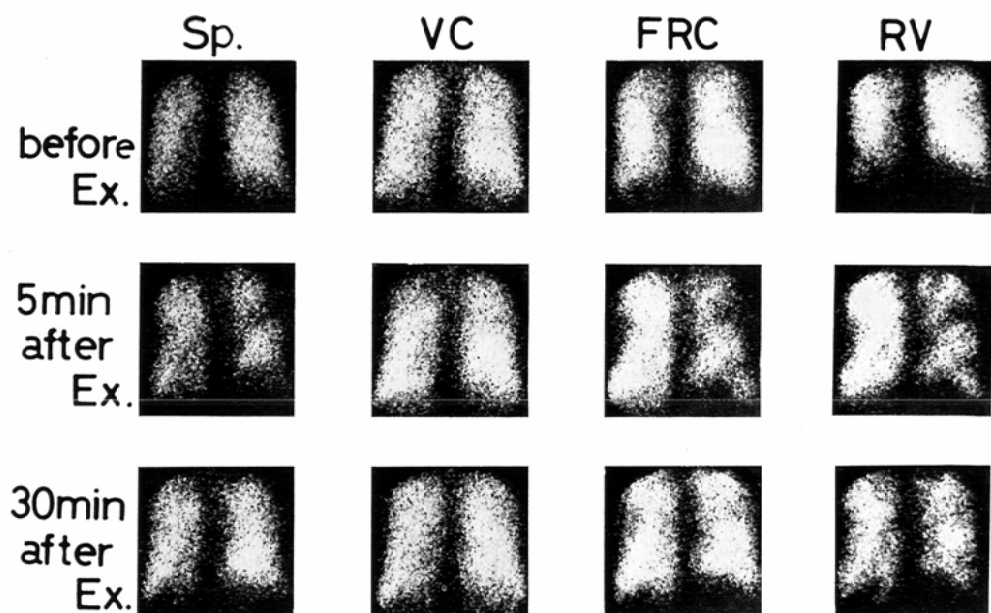


Fig. 7 Scintiphotos of Kr-81m inhalation study. Before exercise (Ex), a slight inhalation abnormality is seen along lateral border of the right lungs in images of FRC and RV bolus inhalation. Five min. after exercise, multiple defects are present in the both lungs in Sp, FRC bolus and RV bolus inhalation. The defect is not clear in VC inhalation image. Even 30min., abnormalities are markedly visualized on RV bolus inhalation image.

吸入の場合、左下肺野に大きい吸入欠損部が認められるが、FRC ボーラス吸入では、 $^{133}\text{Xe}$  の洗い出し遅延部に一致して換気不全部が明瞭に描出されている。

症例3：28歳，男性。

夜間に軽度の咳嗽を訴え，来院した喘息寛解期の症例である。胸部単純写真で異常所見は認められなかった。

$^{133}\text{Xe}$  ガス吸入検査 (Fig. 6 右)：反復呼吸時には均一な分布を示し，洗い出し時間にも異常は認められなかった。

$^{81}\text{mKr}$  ガス吸入検査 (Fig. 6 左)：Sp., VC 吸入時ともに均一に分布しているが，FRC ボーラス吸入時には，左下肺野内側で吸入減少が疑われる。一方，RV ボーラス吸入法では左肺への吸入が著明に低下し，多発性欠損が認められる。

症例4：38歳，男性。

夜間に軽度の咳嗽を訴え，来院した喘息寛解期の症例である。胸部単純写真で異常所見は認められ

なかった。 $^{133}\text{Xe}$  ガス吸入検査においても，均一な分布を示し，洗い出し遅延部は認められなかった。

本症例では，マスター2段法による運動負荷を5分間行つた前後において  $^{81}\text{mKr}$  ガス吸入検査を施行した (Fig. 7)。

運動負荷前には，Sp., VC 吸入ともに欠損は認められなかったが，FRC, RV ボーラス吸入時には，右上肺野外側に軽度吸入減少部位が検出されている。運動負荷5分後の検査では，Sp., FRC ボーラス，RV ボーラス吸入のいずれにおいても，左右両肺に吸入不全部位が明瞭に描出されているが，VC 吸入時には右上肺野への吸入が，軽度減少している程度である。負荷30分後の検査においても，なお，不均等分布の存在が認められるが，RV ボーラス吸入時に特に著しい。

#### 考 察

今回は，吸入方法をかえた場合の肺内  $^{81}\text{mKr}$  ガスの分布について検討した。

安静呼吸下の検査は、被検者の協力を必要とせず、また前述のように、 $^{81m}\text{Kr}$ の半減期が極めて短いので、反復呼吸時にも換気不全部位を欠損として描出しうることは、 $^{81m}\text{Kr}$ 検査の利点の1つである。しかし、呼吸性移動のため葉間肋膜に沿った減少部位の描出、肺野内における病巣の形状、広がりなどを明瞭に把握できない (Fig. 5)。また、半減期が短いとはいえ、Fig. 4, 6, 7に示すように反復呼吸により閉塞部位への吸入がみられ、病変部の明瞭な把握は困難となることが多い。VC吸入時には、呼吸性移動の影響は除かれるが、病変部の検出は更に低下する (Fig. 4, 5, 6, 7)。

Wilson ら<sup>9)</sup>は、 $^{133}\text{Xe}$ 検査において、最大吸気位で息ごらえた時の $^{133}\text{Xe}$ 分布と安静呼吸時の分布を比較している。安静呼吸時の分布として、吸入相における最初の5回程度のカウント分布から1回吸入時の分布をコンピュータにより求めているが、以下のような理由から、安静呼吸法の利点をあげている。すなわち、最大呼気位より最大吸気位まで吸入させる方法 (VC法) では肺容量が大きくなるにつれて、安静呼吸状態では閉塞している気道が開放し、軽度の閉塞性病変は検出されない。したがって、安静呼吸時の分布を正確に表現していない。また、重症の患者や人工呼吸下にある患者では、深呼吸や短時間であつても息ごらえは無理である。などの点で安静呼吸法をすすめている。

我々の結果においても、Sp.吸入法のスコアは1.5であり、VC吸入法の1.4に比し高かつたが、我々の行つたSp.吸入法は、60秒間の安静呼吸時に10秒間のイメージをとつていたので、数回の呼吸が重なつたものである。Wilsonらの方法は、安静呼吸時における1回吸入時の分布であり、むしろ、我々の方法では後述するFRCボーラス吸入法に近いといえる。

少量のガスをボーラスとして残気量位から吸入させた場合、ガスは主として上肺野に分布する。これは胸腔内圧の影響によるもので、坐位においては肺尖周囲の胸腔内は肺底部周囲よりも陰圧が

強く、上部の肺泡が下部の肺泡よりも、より拡張しているためである<sup>10)</sup>。すなわち、残気量位では肺の下部で末梢気道の閉塞が起こり、吸入ガスのほとんどが上部肺に分布する。我々の行つたRVボーラス吸入法でも、Fig. 2に示すように右肺上、中、下の3つのROIの合計カウントに対する各部のカウント百分率は、上肺野に50%、下肺野では13%であつた。

末梢気道部は大気汚染、喫煙などの影響を最も強く受け、閉塞性肺疾患の初発部位となり易く、全気道抵抗の10%以下であるため、高度の閉塞性病変を示さないかぎり検出困難とされ、silent zoneといわれている。この領域における病変を早期に検出するために、RV位から $^{133}\text{Xe}$ 、Arなどの指示ガスをボーラスとして吸入させることにより、クロージングボリュームの測定が行われている。mouth部位における指示ガス濃度の変化を知ると同時に、その際のガスの地理的分布がわかれば病変の把握は、更に正確なものとなる。

喘息の症例では、寛解期には自覚症状も殆んどなく、一般の肺機能検査も正常範囲にあることが多い。このような場合にも、末梢気道部においては、閉塞性変化が残存していることが知られている。McCarthy ら<sup>11)</sup>は、19例の喘息寛解期症例のうち7例 (37%) では、クロージングボリュームのみに異常が検出されたと報告している。また、McFadden ら<sup>12)</sup>は喘息の場合、1秒率やmouth部で測定した気道抵抗に異常が認められなくても、 $\text{N}_2$ 洗い出し時間や動肺コンプライアンスには、なお、異常が残っており、不均等換気存在を指摘している。我々の吸入法においても症例3 (Fig. 6) は喘息寛解期の症例であり、Sp., VC, FRCボーラス吸入法で、ほぼ均等な分布を示していたが、RVボーラス吸入法で左肺に欠損が認められている。 $^{133}\text{Xe}$ 吸入検査で、異常の認められなかつた喘息寛解期5例のうち3例では、RVボーラス吸入法のみに異常が認められた。これら5例に運動負荷を行つたが、ボーラス吸入法における不均等分布が顕著で、回復過程をみた場合、RVボーラス吸入法で最も遅くまで異常が検

出された。

運動負荷を行つた場合、負荷後に呼吸数が増加するので、Sp. 吸入法では吸気速度が速くなり、不均等分布が強調される。ボーラス吸入法では、負荷前と同様、最大吸気速度に近い流速で吸入させているので、吸気速度による影響は少ないと考えられ、負荷前後の気道の変化をより忠実に反映していると思われる。

クロージングボリューム測定に際して、ボーラス吸入前の呼吸数、呼吸の深さの変化は検査値にはほとんど影響を与えないといわれているが<sup>13)</sup>、換気分布に対する影響については、今後、検討を加えていく。

このように RV ボーラス吸入法は、<sup>133</sup>Xe 洗出し検査で異常の認められないような喘息寛解期の症例においても、軽度の病変を検出する点で最も鋭敏な吸入法といえる。しかし、換気分布をイメージとしてみる場合、Fig. 2, 右下段 (RV) に示すように下肺野では生理的なクロージング現象を反映して、<sup>81</sup>mK<sup>r</sup> の吸入が減少する。したがって、下肺野において放射能の低下がみられた場合、図4にも示されるように、生理的減少によるものか、病的吸入減少によるものか識別しがたい場合がある。このような理由から、RV ボーラス法のみでは病変の性状を正確には把握できなく、他の吸入法との併用を必要とする。

FRC ボーラス吸入法は、2.3と最も高いスコアを示したが、これは、各吸入法の評価の対象としたのが、<sup>133</sup>Xe 洗出し時間に不均等分布の認められた症例であり、したがって、FRC レベルで異常の認められた症例を対象としていること、および、下肺野において異常の認められた症例の多かつたことによるとと思われる。今回は、各 ROI における放射能の肺容量による補正は行っていないが、正常者における FRC ボーラス吸入時の分布は、図2に示すように、上肺より下肺にわたり、ほぼ直線的に増加している。そのため FRC ボーラス吸入法では換気不良部が上肺野にある場合にも、下肺野にある場合にも欠損部の位置、形状などを明瞭に描出した。

前述のように Wilson らも <sup>133</sup>Xe ガス吸入相における5呼吸の放射能の平均をとり、安静呼吸時の吸入分布を求め、良好な結果を得ているが、<sup>81</sup>mK<sup>r</sup> ガスの FRC ボーラス吸入法もボーラスの量を1回換気量にすれば、1回安静呼吸時の分布をみることができる。ボーラス吸入法とした場合、十分なカウント数が得られるので鮮明な像が得られる。

FRC ボーラス吸入時の放射能の分布と、<sup>133</sup>Xe ガス洗出し時間分布の間には0.82の相関があり、洗出し時間の絶対値の測定は半減期の補正などを必要とし、難しいが、その分布の推定は可能と考えられる。

換気分布は気道における時定数（抵抗×コンプライアンス）の変化によつて左右されるが<sup>14)</sup>、我々が行つたボーラス吸入法は、速い吸気速度（2l/sec 以上）で行つているので、閉塞性肺疾患における不均等性は抵抗変化によるものと考えられる。

正常肺では、RV レベルから吸気速度を早くしてボーラス吸入させた場合、上部肺と下部肺の吸入量の差が小さくなり、より均等に分布する<sup>15)</sup>。しかし、閉塞性肺疾患の症例では、大きい時定数をもつ肺領域が換気量への参加から除外され、不均等換気が強調されるため<sup>13)</sup>、今回のボーラス吸入法における描出能がすぐれていたと思われる。<sup>81</sup>mK<sup>r</sup> 吸入分布に与える吸気速度の影響については、現在、検討中である。

<sup>81</sup>mK<sup>r</sup> の被曝量は、1mCi を1分間吸入した場合、2.5mrad となり<sup>16)</sup>、25万カウントを集めた場合、80mrad と報告されている<sup>9)</sup>。VC, RV ボーラス、FRC ボーラス吸入法の場合、それぞれ多くとも25,000程度のカウント数であるので、各イメージにおける被曝量は10mrad 以下と考えられる。

なお、今回の検査で <sup>81</sup>mK<sup>r</sup> による副作用は全く認められなかつた。

## 結 語

<sup>133</sup>Xe ガスと <sup>81</sup>mK<sup>r</sup> ガスの併用検査を行つた慢性閉塞性肺疾患63例のうち、<sup>133</sup>Xe 反復呼吸時

には均一な分布を示したが、洗い出し時間に不均等分布の認められた23例、および $^{133}\text{Xe}$ 検査で異常の認められなかった5例を対象とした。

超短半減期核種 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ を用い、種々の吸入法(Sp., VC, RV ポーラス, FRC ポーラス吸入)で検査を行い、それぞれの長所、短所について考察し、換気機能検査への応用について検討した。その結果、

1) FRC ポーラス吸入法は、FRC レベルにおける換気分布を反映しており、上・下肺野における病変を同程度に描出しえた。

2) RV ポーラス吸入法は、末梢気道のみに変化のある症例においても異常を検出しえ、最も鋭敏な吸入法と考えられるが、読影には下肺野における生理的吸入減少を考慮に入れる必要がある。

3)  $^{133}\text{Xe}$  洗い出し時間に軽度不均等分布のある例では、VC 吸入法で均一な分布を示したが、FRC ポーラス, RV ポーラス吸入法では遅延部位に一致して欠損が描出された。

4) RV ポーラス, FRC ポーラス, VC 吸入法は、それぞれ異なった情報をとらえており、慢性閉塞性肺病変の程度、広がり把握するには、これら3つの吸入法を併用することが望ましいと考えられた。

現在、10回の強制深呼吸を行わせた後のイメージをとり、併せて検討している。

#### 文 献

- 1) Ball, W.C., Stewart, P.B., Newsham, L.G.S. and Bates, D.V.: Regional pulmonary function studied with Xenon-133. *J. Clin. Invest.*, 41: 519—531, 1962
- 2) Atkins, H.L., Susskind, H., Kloppe, J.F., Ansari, A.N., Richards, P. and Fairchild, R.G.: A clinical comparison of Xe-127 and Xe-133 for ventilation studies. *J. Nucl. Med.*, 18: 653—659, 1977
- 3) Dyson, N.A., Hugh-Jones, P., Newberry, G.R., Sinclair, J.D. and West, J.B.: Studies of regional lung function using radioactive oxygen. *Brit. Med. J.*, 1: 231—238, 1960
- 4) West, J.B. and Dollery, C.T.: Distribution of blood flow and ventilation-perfusion ratio in the lung, measured with radioactive  $\text{CO}_2$ . *J. Appl. Physiol.*, 15: 405—410, 1960
- 5) Green, R., Hoop, B. and Kazemi, H.: Use of  $^{13}\text{N}$  in studies of airway closure and regional ventilation. *J. Nucl. Med.*, 12: 719—723, 1971
- 6) 加藤 真, 葉杖正昭: 医用 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ -ジェネレーターの試作と評価. *Radioisotopes* 26: 27—31, 1977.
- 7) Yauo, Y., Mc Rae, J. and Anger, H.O.: Lung function studies using short lived  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  and the scintillation camera. *J. Nucl. Med.*, 11: 674—679, 1970
- 8) Goris, M.L., Daspi, S.G., Walter, J.P., McRae, J. and Lamb, J.: Applications of ventilation lung imaging with  $^{81\text{m}}\text{Krypton}$ . *Radiology*, 122: 399—403, 1977
- 9) Wilson, III, J.E., Bynum, L.J. and Rawanathan, M.: Dynamic measurement of regional ventilation and perfusion of the lung with Xe-133. *J. Nucl. Med.*, 18: 660—668, 1977
- 10) Milic-Emili, J., Henderson, J.A.M., Dolovich, M.B., Trop, D. and Kaneda, K.: Regional distribution of inspired gas in the lung. *J. Appl. Physiol.*, 21: 749—759, 1966
- 11) Mc Carthy, D. and Milic-Emili, J.: Closing volume in asymptomatic asthma. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 107: 559—570, 1973
- 12) Mc Fadden, E.R. Jr. and Lyons, H.A.: Airway resistance and uneven ventilation in bronchial asthma. *J. App. Physiol.*, 25: 365—370, 1968
- 13) Make, B. and Lapp, N.L.: Factors influencing the measurement of closing volume. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 111: 749—754, 1975
- 14) Otis, A.B., Selverstone, N.J. and Radford, E.P.: Mechanical factors in distribution of pulmonary ventilation. *J. Appl. Physiol.*, 8: 427—443, 1956
- 15) Robertson, P.C., Anthonisen, N.R. and Ross, D.: Effect of inspiratory flow rate on regional distribution of inspired gas. *J. Appl. Physiol.*, 26: 438—443, 1969
- 16) Synder, W.S., Ford, M.R., Warner, G.G. and Fisher, H.L. Jr.: Estimates of absorbed fractions for monoenergetic photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom, MIRD pamphlet #5. *J. Nucl. Med.*, 10(Suppl. 3): 7—12, 1969