

《原 著》

Xe-133 肺換気シンチグラム洗いだし相の 因子分析による不均等換気の診断

本田 憲業* 町田喜久雄* 間宮 敏雄* 高橋 卓*
瀧島 輝雄* 長谷川典子* 釜野 剛* 大野 研*

要旨 連続 50 例の Xe-133 肺換気シンチグラム洗いだし相に因子分析を施行し、本法による肺内不均等換気の診断を、洗いだし相動態シンチグラム診断と比較し、検討した。因子分析から肺内平均通過時間(MTT)を求め、高さ／面積法(H/A)、および 2 コンパートメント法(2C)による MTT と比較した。正常シンチグラム所見者 12 例では、1 因子はバックグラウンドを、もう 1 因子は左右各肺に均一に分布する洗いだしのコンパートメントを、それぞれ示した。異常シンチグラム所見者 38 例中 31 例(82%)で、因子分析による遅延洗いだし部位とシンチグラム上の遅延洗いだし部位とは一致した。5 例(13%)で因子分析の方が多数の遅延洗いだし部位を示した。因子分析による MTT は主に正常シンチグラム所見者でのみ 2C と相關したが H/A とは相關しなかった。因子分析は換気不均等分布の診断に有用と思われた。

I. はじめに

因子分析¹⁾は動態シンチグラムの解析法の 1 つである。本法は、動態の異なる複数のコンパートメントからなる核医学画像をそれぞれのコンパートメント(因子)に分離する方法であるが、肺の核医学診断に適用した報告はまだ少ない^{2,3)}。橋本ら²⁾は、少數例での検討ではあるが、Xe-133 肺換気シンチグラム洗いだし相に本法を適用し有用であったと報告している。

われわれは本法を 50 例の Xe-133 肺換気シンチグラム洗いだし相に適用し、洗いだし相の動態シンチグラム診断と比較した。また従来の 2 コンパートメント法、および高さ／面積法^{4,5)}による肺平均通過時間(MTT)と因子分析から求めた MTT との比較も行ったので報告する。

II. 対象および方法

対象は埼玉医大総合医療センター放射線科核医学診療部で 1987 年 1 月から 1988 年 6 月の間に肺換気シンチグラムを施行した連続 50 例である。年齢は 9 歳～82 歳、平均年齢(SD) 50.0(16.8) 歳である。診断は膠原病 12 例、特発性間質性肺炎 4 例、心不全または胸膜炎 9 例、慢性閉塞性肺疾患または喘息 8 例、肺癌、肺炎各 3 例、その他 11 例である。

肺換気シンチグラムは被験者を座位とし、ガンマカメラを用い、後面から 30 秒／フレームで撮像した。同時に、 64×64 ピクセル(6 mm/pixel)のデジタルデータも 5 秒／フレームで収集した。総データ収集時間はボーラス吸入から洗いだしまで、10 分間とした。放射性医薬品は Xe-133 ガス 370 MBq(10 mCi)を用い、残気量位からのボーラス吸入に続いて、閉鎖回路内で、安静呼吸下に平衡に達しさせた(閉鎖回路内ガスのカウントが一定になったことを確認した)後、回路を解放して安静呼吸による洗いだしを施行した。平衡に達するまでの時間の長短により、被験者ごとに洗いだし相のデータ収集時間は異なったが、5 分～7 分の

* 埼玉医科大学総合医療センター放射線科学教室
受付：63 年 12 月 9 日
最終稿受付：元年 2 月 13 日
別刷請求先：埼玉県川越市鴨田辻道町 1981 (番 350)
埼玉医科大学総合医療センター放射線科
本 田 憲 業

範囲であった。使用した Xe-133 吸入装置は、Xe-133 ガスコントロールシステム AZ-701-NTS (安西総業) である。

洗いだし相の動態シンチグラムは因子分析の結果を知らされていないで、遅延洗いだし部分の存在について読影診断した。デジタル収集した画像もシンチグラムと相補的に読影し、診断した。本研究では、シンチグラムの視診により、洗いだしが均一で、限局性の洗いだし遅延部位を認めないものを、洗いだし時間の長短にかかわらず、洗いだし正常とした。

因子分析は洗いだし相 30 枚のデジタルデータを 8×8 ピクセル画像に変換後、施行した。因子分析には、両肺に相当する部分のみのディクセルを選択し、使用した。被検者の肺の大小により、使用ディクセル数は 13~20 となった。因子数は、5% 以上の寄与率を有する因子の総数とした。1 因子でも、因子曲線が負値をとる場合は因子分析は不成功とした。因子分析が不成功の場合は、ディクセル数は不变のまま因子数を減らし、可能になるまで因子分析を繰り返した。因子分析はシンチパック 2400(島津)を用いて施行した。時間(3点移動平均)および空間スムージング(3×3)は、因子分析で因子曲線が小刻みな凹凸を呈した症例にのみ行った。この場合、因子分析は再施行した。因子分析結果を洗いだし相のシンチグラム所見と比較した。

因子分析による MTT は本法により得られた因子曲線に指數関数近似を行い求めた ($A = A_0 e^{-kt}$, A_0 は初期値, t は時間, $MTT = 1/k$)。近似が不良の場合は 2 指数関数近似を行ったが、この場合 1 本の因子曲線から 2 個の MTT が求まることがある。因子曲線がほとんど平坦な場合には MTT はその曲線からは計算しなかった。

MTT は両肺に関心領域を設定して得られた時間放射能曲線から 2 コンパートメント法、および高さ/面積法^{4,5)}により算出し、前述の因子分析による MTT と比較した。危険率 5% をもって統計的有意とした。

III. 結 果

2 因子分析が可能であった症例は 33 例、3 因子または 4 因子分析が必要であった症例は、それぞれ、16 例、1 例であった。3 因子および 4 因子分析を必要とした症例に、疾患による統計的有意($p < 0.05$)な偏りはなかった (Table 1)。

換気シンチグラム洗いだし相正常と診断されたものは、12 例(以下、正常群) であった。正常群のすべてで 2 因子分析が可能であった。正常群の因子分析は、1 因子が因子画像上各肺に均一に分布し、因子曲線は指數関数的減少を示した。残りの 1 因子画像は胸郭、肝臓等のバックグラウンドを示し、因子曲線はほとんど水平(僅かに上昇、あるいは下降)であった (Fig. 1)。以上より因子分析は両肺からの均一な洗いだしとバックグラウンドとを正しく分離することがわかった。

シンチグラム洗いだし相が異常と診断されたものは、38 例(以下異常群) であった。異常群中、因子分析は、21 例で 2 因子、16 例で 3 因子、および 1 例で 4 因子分析が、それぞれ、可能であった。

異常群の因子分析では肺内に 2, 3, ないし 4 因子 (Figs. 2, 3, 4) が認められ、それらの因子は肺内に不均一に分布した。因子曲線はそれぞれ、2, 3, ないし 4 本の傾きの異なる指數関数的減少を示した。シンチグラム上洗いだし遅延部位は、

Table 1 Number of patients in whom three- or four-factor analysis was performed

Diagnosis	Number of patients (total number)
Lung cancer	2 (3)
Pleuritis	2 (4)
COPD* or asthma	4 (8)
Heart failure	4 (5)
CVD** or IIP**	2 (16)
Hemodialysis	1 (1)
Takayasu arteritis	1 (1)
Pneumothorax	1 (1)
Total	17 (39)

* chronic obstructive pulmonary disease

** collagen vascular disease, idiopathic interstitial pneumonitis

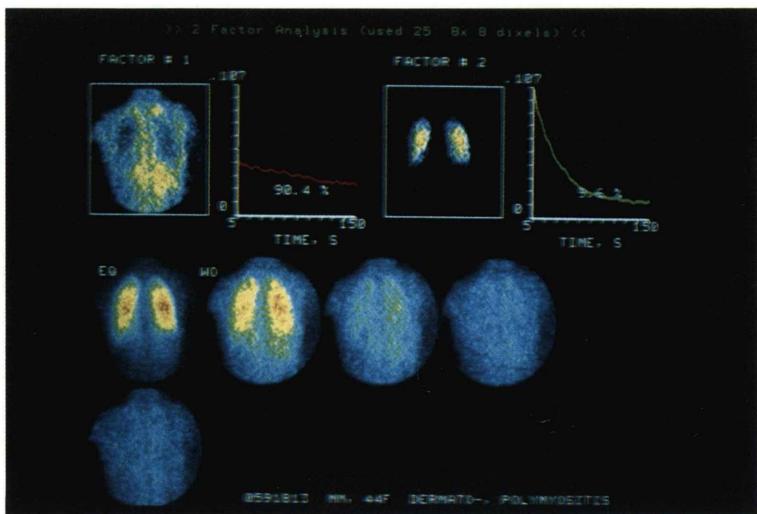


Fig. 1 Normal factor analysis of Xe-133 washout. A 44-year-old female with polymyositis had no rale, normal chest radiograph, and pulmonary function test. In 2-factor analysis (upper), compartments of background (left) and washout (right) were isolated. Washout compartment showed uniform distribution in the both lungs. Dynamic scintiphotos (30s/frame) were interpreted as normal.

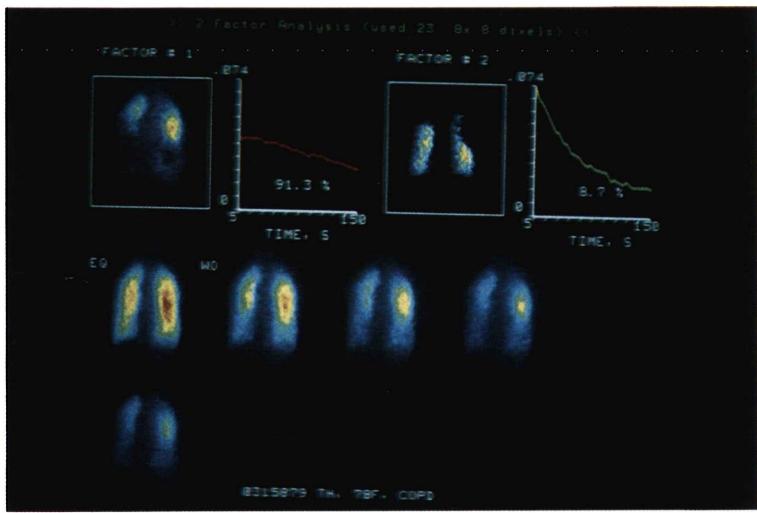


Fig. 2 Abnormal 2-factor analysis. A 78-year-old female with chronic bronchitis. Pulmonary function test revealed severe obstructive defect (%VC 70.4%, FEV_{1.0} 46.2%). Areas of delayed washout were noted at the left apex and the right middle lung field by both factor analysis (upper) and dynamic scintiphotos of 30s/frame (lower). This case is an example of concordant diagnosis by both methods.

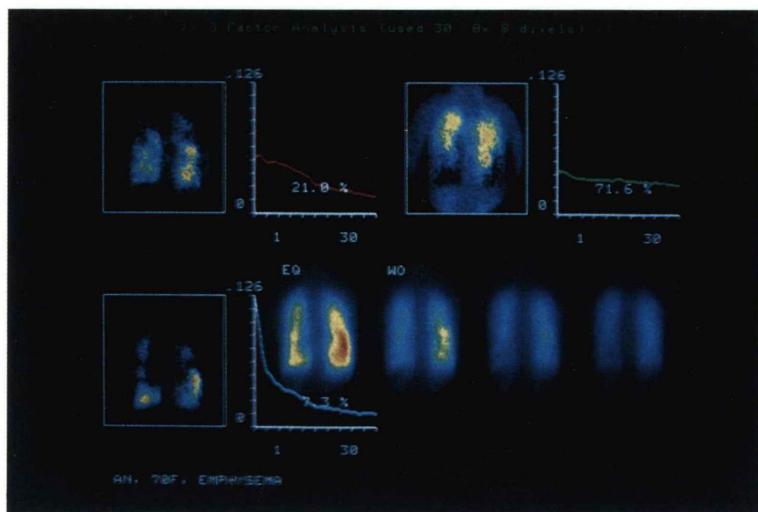


Fig. 3 Abnormal 3-factor analysis. A 70-year-old female with pulmonary emphysema. Pulmonary function test revealed severe obstructive defect (%VC 70.4%, FEV_{1.0} 36.6%). Factor analysis (upper) isolated 3 compartments of fast, intermediate, and slow washout. Dynamic scintiphotos of 30s/frame (lower) showed only the delayed washout at the right middle and lower fields.

31例で因子画像と一致した(Fig. 2)。7例では因子画像とは一致しなかった。不一致例中5例は3または4因子分析が施行されており、この5例ではシンチグラム診断よりも多数の遅延洗いだし部位が示されていた(Figs. 3, 4)。

因子分析によるMTTと高さ／面積法、および2コンパートメント法によるMTTの比較は算出が可能であった47例を次の4群にわけて行った。第1群(因子分析によるMTTが1個のみ算出可能であった症例)9例、第2群(同じく2個)14例、第3群(同じく3個)22例、第4群(第2群中の正常者)8例である。MTT4個算出可能であった2例は症例数が少ないので相関を調べなかった。第1群のうち4例は正常群であり、5例は2因子分析が施行された異常群である。

因子分析によるMTTは、第1群から第4群のすべてで、高さ／面積法によるMTTとは有意の相関を示さなかった($p < 0.05$)。同様に、因子分析によるMTTは、第1群、および第4群(ただし、

小なるほうのMTTのみ)を除いて、2コンパートメント法によるMTTとも相関しなかった。Fig. 5に第1群と第4群での因子分析によるMTTと2コンパートメント法によるMTTとの相関を示す。

IV. 考 察

正常群での因子分析結果は、この分析法が両肺からの均一な洗いだしと、バックグラウンドとを正しく分離することを示している。正常例の因子分析法によるMTTは、第1群中の4例と第4群の8例とに分かれているが、両群とも、高さ／面積法によるMTTとは相関せず2コンパートメント法によるMTTとのみ相関した。高さ／面積法では血中に溶解し胸壁などに分布するXe-133は無視されている⁴が、因子分析ではバックグラウンドが別の因子曲線、画像として分離されることを考慮すれば、高さ／面積法によるMTTとの相関がなかったのは合理的な結果である。

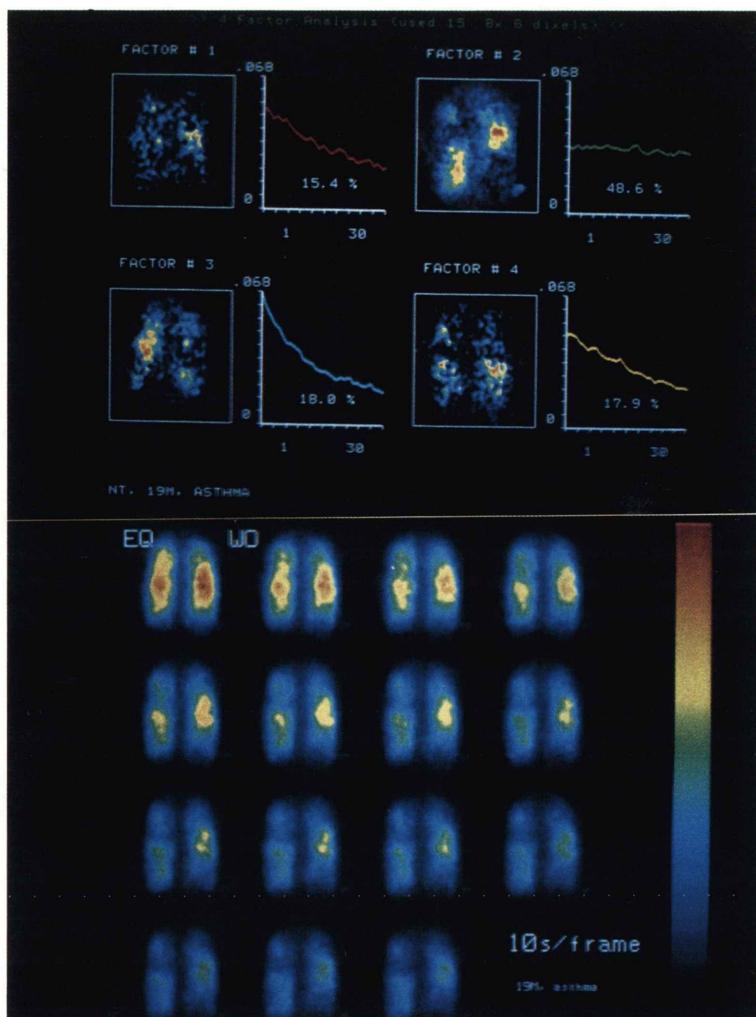


Fig. 4 Abnormal 4-factor analysis. A 19-year-old male with asthma. Factor analysis (upper) disclosed more areas of delayed washout than dynamic scintiphotos of 10s/frame (lower).

Xe-133 洗いだしの 2 コンパートメント法では緩徐相をバックグラウンドとし、肺からの洗いだしは 1 つのコンパートメントとみなしている。因子分析による MTT が、このモデル化に合致する第 1 群で、2 コンパートメント法による MTT と相關したのも、合理的である。

正常群 12 例中 8 例で、1 本の因子曲線から 2 個の MTT が算出された(第 4 群)が、その原因は

今回の検討では不明である。1 つの可能性としてコンプライアンスと気道抵抗の不均等分布⁶⁾が考えられる。換気は、太く短い気道に支配される肺胞へは早期に流入し早期に排気される⁶⁾結果、肺内に最低でも 2 つのコンパートメントが生じる。これを因子分析が検出したとも考えられ、興味深い結果である。いわゆる “First in is last out”⁶⁾ は上記の MTT 2 個算出とは、関係は薄いと思わ

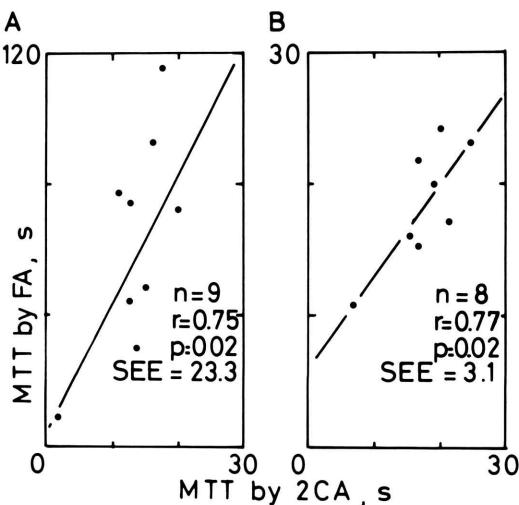


Fig. 5 Correlation of mean transit time by factor analysis (MTT by FA) on y-axis with that by 2-compartment analysis (MTT by 2CA) on x-axis. Coefficients of regression (r) were also shown. A: correlation in 9 patients who had only 1 MTT by FA. B: in 8 patients with normal washout scintigram who had 2 MTT's by FA. The shorter MTT between the two correlated with MTT by 2CA. Regression formula are: A; $y = 4.2x + 1.9$, B; $y = 0.69x + 6.2$.

れる。正常群の洗いだしコンパートメントは、因子分析では上下肺で不均一分布を示さなかったからである。

異常群のうちシンチグラム診断と因子分析結果とが完全には一致しなかった7例中5例では、3因子分析(4例)または4因子分析(1例)により、シンチグラム診断で異常のあった部位以外にも、洗いだし遅延部位が示されている。したがって、この5例では因子分析のほうがより詳細な診断を行ったとも考えうる。結局、38例の異常洗いだしシンチグラム所見者において、因子分析は95%で、遅延洗いだし部位を、動態シンチグラムと同等、あるいは同等以上に、検出したことになる。また著者らの印象では、因子分析と動態シンチグラム診断が一致した症例でも、静的画像の視診ですむ、前者による診断のほうが容易と思われた。

因子分析による診断は2例ではシンチグラム診断とまったく一致しなかった(5%)。この2例と

も、総肺カウントが少なく、シンチグラム画像は濃度が薄く、デジタル画像の視診で洗いだし相の異常の有無を判定した例であった。因子分析が正しい結果を示さなかったのはデータの統計変動が大きかったためと思われる。データ収集時の注意で防止可能と考えられるので、因子分析の有用性を損うほどの失敗率とは考え難い。

V. 結論

1) 正常洗いだしシンチグラム患者(12例)は2因子分析が全例可能で、1因子はバックグラウンド、1因子は各肺に均一に分布する洗いだしのコンパートメントを示した。

2) 異常洗いだしシンチグラム患者38例中、31例(82%)で因子分析はシンチグラム診断と一致した。5例(13%)ではシンチグラム診断より多くの遅延洗いだし部位を示した。2例(5%)ではシンチグラム診断と一致しなかった。

3) 因子分析から求めた MTT は、一部の患者(因子分析により MTT 1 個求まった例、および正常シンチグラム所見者で因子分析により MTT 2 個求まった例)で 2 コンパートメント法による MTT とのみ相關した($r=0.75, 0.77$)が高さ/面積法による MTT とは、すべての患者群で相關しなかった。

以上より、 $Xe-133$ 肺洗いだしシンチグラムの因子分析は肺内不均等換気の診断に有用と考えられる。

謝辞：核医学診療部の鈴木敬次技師をはじめ、他のすべての職員の助力に深謝する。

本論文の要旨は第28回日本核医学総会(1988年11月、東京)で発表した。

文献

- 1) Di Paola R, Bazin JP, Aubry F, et al: Handling of dynamic sequences in nuclear medicine. IEEE Trans Nucl Sci NS-29: 1310-1321, 1982
- 2) 橋本廣信、島田孝夫、間島寧興、他： $Xe-133$ 洗い出し曲線の因子分析による検討。核医学 23: 955-958, 1986
- 3) Cinotti L, Bazin JB, Meignan M, et al: Factor

- analysis of 81m-Kr lung ventilation studies. Eur J Nucl Med **10**: 511-518, 1985
- 4) 飯沼 武, 松本 徹: 肺 RI 像, 医用画像処理, 尾上守夫編, 朝倉書店舎, 東京, 1982, pp. 183-195
- 5) Alpert NM, McKusick KA, Correia JA, et al: Initial assessment of a simple functional image of ventilation. J Nucl Med **17**: 88-92, 1976
- 6) Cotes JE: Lung function, 4-th ed, Blackwell, Oxford, 1979, pp. 132-136

Summary

Clinical Assessment of Uneven Ventilation by Factor Analysis of Xe-133 Washout Scintigram

Norinari HONDA, Kikuo MACHIDA, Toshio MAMIYA, Taku TAKAHASHI,
Teruo TAKISHIMA, Noriko HASEGAWA, Tsuyoshi KAMANO and Ken OHNO

Department of Radiology, Saitama Medical Center, Saitama Medical School

Factor analysis (FA) was applied to 50 consecutive Xe-133 washout lung scintigrams, and its findings were compared with dynamic scintigrams of Xe-133 washout (DSW). Mean transit time (MTT) of radioactive xenon measured by FA also was compared with that measured by height/area (H/A) or two-compartment analysis (2CA). In 12 patients with normal DSW, FA separated and located two factors: one represented background activity, and the other uniform washout from the lung. In 31 out of 38 patients (82%) with abnormal DSW, FA separated the same areas where the washout was delayed on DSW. In 5 (13%) patients, FA diagnosed more areas of delayed washout than DSW. FA failed in 2 (5%) patients, but this

failure was due to small number of counts of pixels. Diagnosis by FA was seemed easier than diagnosis by DSW in 95% of all patients by the authors' impression. MTT by FA (y) correlated with MTT by 2CA (x) in small groups of patients: in 9 patients in whom only one MTT was obtainable by FA ($r=0.75$, $p=0.02$, $y=4.2x+1.9$), and in 8 patients of normal DSW in whom two MTT's were obtainable by FA ($r=0.77$, $p=0.02$, $y=0.69x+6.2$, y ; shorter MTT by FA between the two). MTT by FA did not correlate with MTT by H/A. In conclusion, FA is useful for diagnosing uneven Xe-133 washout from the lung.

Key words: Ventilation scintigram, Factor analysis, Mean transit time, Xe-133, Washout.