

《ノート》

Xe-133 吸入法による局所脳血流 SPECT 用の
最適コリメータシステムの開発とその性能評価Development of the Most Suitable Collimator System for Xe-133
Inhalation rCBF SPECT and its Performance

駒谷 昭夫* 山口 昂一* 虻 眞弘* 渡邊 順久*
東 義文** 山岡 信行**

Akio KOMATANI*, Koichi YAMAGUCHI*, Masahiro KERA*, Yori-hisa WATANABE*,
Yoshifumi HIGASHI** and Nobuyuki YAMAOKA**

*Department of Radiology, Yamagata University School of Medicine, Yamagata

**Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan

I. はじめに

Xe-133 クリアランス法による局所脳血流の測定法は、根拠とするモデルが比較的単純であるため、ゴールドスタンダードとなりうる測定法であり、最近では、マルチプローブによる二次元法から三次元的な情報が得られる dynamic SPECT による方法が主流となってきた¹⁾。この方式では、刻々変化する Xe-133 の動態変化を SPECT にて追跡するので、コリメータの感度と分解能のバランスがシステム全体の性能を大きく左右する重要因子となる。

Ring 型 Dynamic SPECT (HEADTOME SET-021 島津)^{2~4)} のコリメータは、ターボファンの形状で、高感度型と高分解能型の 2 種類を搭載しているが、Xe-133 ガスの使用量を、実践に即して 1,850 MBq (50 mCi) とした上で、感度と分解能

のバランスを考慮した新しいコリメータシステムを設計し、その製作と性能の評価を行った。

II. コリメータのデザインとデータ収集法

1) コリメータのデザイン

脳血流は、 32×32 マトリックスの画素ごとの 1 分間の計数値によって計算されるので、この計数値に依存する統計変動が精度上重要な因子となる⁵⁾。従来の高感度型コリメータを用いての健常者における、Xe-133 1,850 MBq (50 mCi) による代表的な計数値、すなわち脳血流計算の基となる 1 分ごとの計数値は 100~330/pixel で、平均 180/pixel であった。この平均計数値を精度上の限界と考えられる 100 cpm/pixel となるまで感度を下げて、そのぶん分解能を向上させることを設計の基準とした。

すでに搭載してある高感度型 (HS) と高分解能型 (HR) のコリメータにおけるシンチレーション検出器 1 個分に相当する 1 ユニットの拡大図を Fig. 1 に示す。1 ユニットの大きさはコリメータ

* 山形大学医学部放射線科

** 島津製作所

受付：元年 8 月 9 日

最終稿受付：元年 12 月 7 日

別刷請求先：山形市飯田西 2-2-2 (☎ 990-23)

山形大学医学部放射線科

駒谷 昭夫

Key words: Regional cerebral blood flow, Single photon emission CT, Xe-133 inhalation method, Turbo-fan collimator.

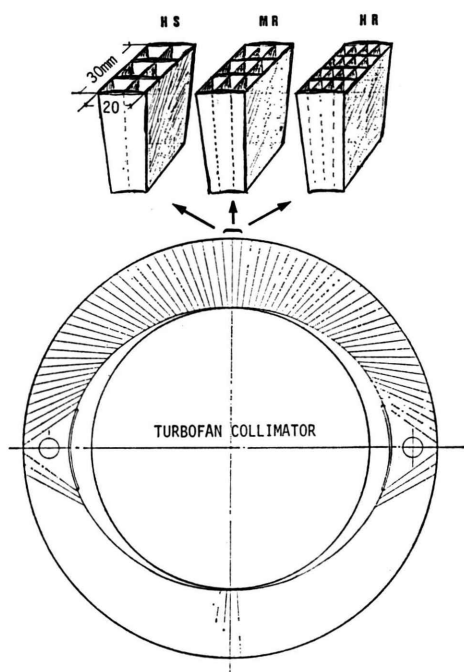


Fig. 1 Turbopan collimator. Magnified illustration shows each collimator unit of high sensitive type (HS), middle (MR) and high (HR) resolution type.

Table 1 Absolute and relative sensitivity in HS, MR and HR type collimator estimated with 20 cm ϕ cylindrical pool phantom filled with 3.7 MBq (0.1 mCi) of Tc-99m solution

Sensitivity (Tc-99m pool phantom)		
Collimator	kcps/ μ Ci/ml	Ratio
HS type	21.5	100 (%)
MR type	13.5	62.8
HR type	5.0	23.3

外周面上 2 \times 3 cm であり, HS 型は, 接線方向を 2 分割, 体軸方向を 3 分割, 一方, HR 型は接線, 体軸方向ともに 4 分割する構造となっている。隔壁は厚さ 0.5 mm のタングステン板で, 長さはいずれも 68 mm である。HS 型と HR 型コリメータの感度は, 実測の結果, それぞれ 21.5, 5.0 kcps/ μ Ci/ml であった (Table 1)。隔壁の厚さと長さを変えずに接線方向, 体軸方向ともに 3 分割の

構造 (Fig. 1 の MR 型) とした場合の感度は, HS 型と HR 型の感度により推定すると, HS 型の約 60% となり, 設計基準とほぼ一致したので, コリメータの構築は上記構造とすることにした。

2) データ収集法

シンチレーション検出器自体の大きさによって制限される位置検出能, すなわち空間分解能の限度を打破するために, コリメータの回転 180 度ごとに, 検出器リングを検出器の大きさの 1/2 に相当する 2.8 度の回転を繰り返しながらデータを収集する方法 (2-rotation 法) を用いてきた。新しい MR 型コリメータでは, この検出器リングの回転を検出器の大きさの 1/4, すなわち 1.4 度ずつの回転を繰り返す 4-rotation 法を導入して検討を行った。

III. 性能評価

1. 感 度

感度の評価は, Tc-99m 約 37 MBq (1 mCi) を満たした直径 20 cm, 高さ 15 cm の円筒形プールファントムにて行った。HS 型および HR 型との比較における測定結果を Table 1 に示す。HS 型および MR 型, HR 型コリメータの感度はそれぞれ 21.5, 13.5, 5.0 kcps/ μ Ci/ml で, 今回製作した MR 型の感度は, HS 型の約 63%, HR 型の約 2.7 倍であった。設計段階で期待した HS 型の 60% にほぼ一致する実測感度が得られた。

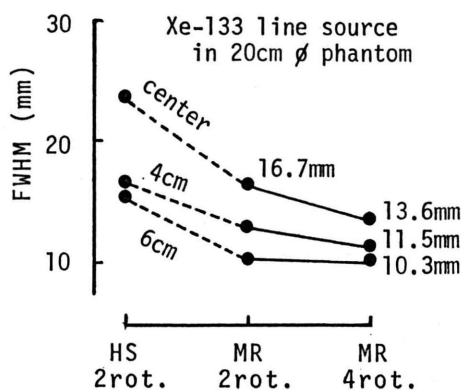


Fig. 2 Spatial resolution (FWHM) in the mode of dynamic SPECT using Xe-133 line source in 20 cm ϕ cylindrical phantom.

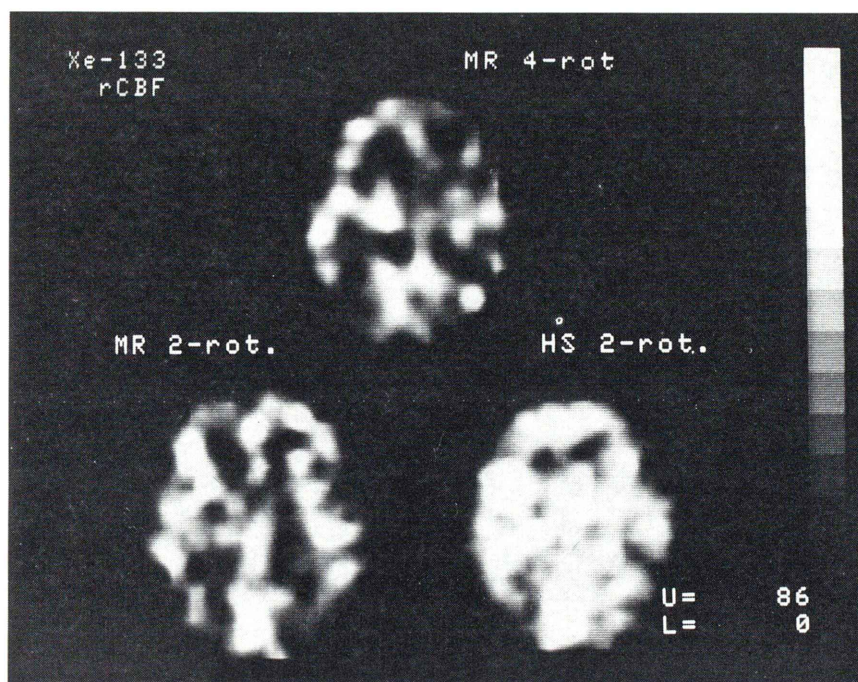


Fig. 3 The examples of rCBF SPECT by Xe-133 inhalation method in comparison between MR (2 or 4-rotation) and HS (8-rotation) collimator system.

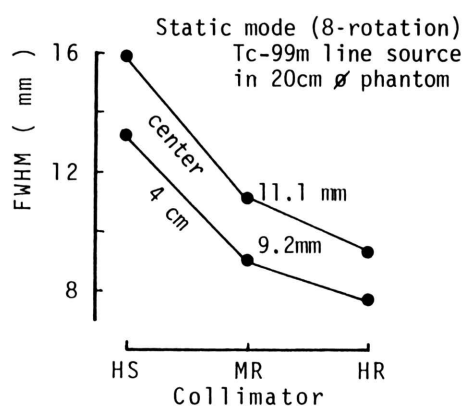


Fig. 4 Spatial resolution (FWHM) in the mode of static SPECT using Tc-99m line source in 20 cm ϕ cylindrical phantom.

2. 空間分解能

空間分解能の評価は、Xe-133 線線源 (line source) 法により、直径 20 cm のファントムの中心、および中心より 4 cm と 6 cm 離れた点にお

ける SPECT 画像上の半値幅 (FWHM: mm) で行った。中心以外の点では、接線方向の FWHM 値を評価に用いた。MR 型コリメータでは、データ収集法を 2-rotation 法と 4-rotation 法の 2 とおりで行い、従来の HS 型による 2-rotation 法と比較した。その結果を Fig. 2 に示す。4-rotation 法では、中心部の FWHM 値は 13.6 mm、中心から 4 cm、6 cm の点ではそれぞれ 11.5 mm、10.3 mm で、2-rotation 法に比しいずれも優れていた。特に深部 (中心部に近い所) ほど 4-rotation の効果が大きかった。HS 型コリメータとの比較でも深部ほど空間分解能の改善が顕著であった。

体軸方向の分解能は、中心部の FWHM 値 25.0 mm で、HS 型コリメータと同値であった。

実際の画像上で比較するため、それぞれの方法で得られた平均的な画像の例を Fig. 3 に示す。画像再構成フィルタの係数は、それぞれの方法において最良の画質となるように変えてある。同一症例でないため、厳密な比較は困難であるが、画

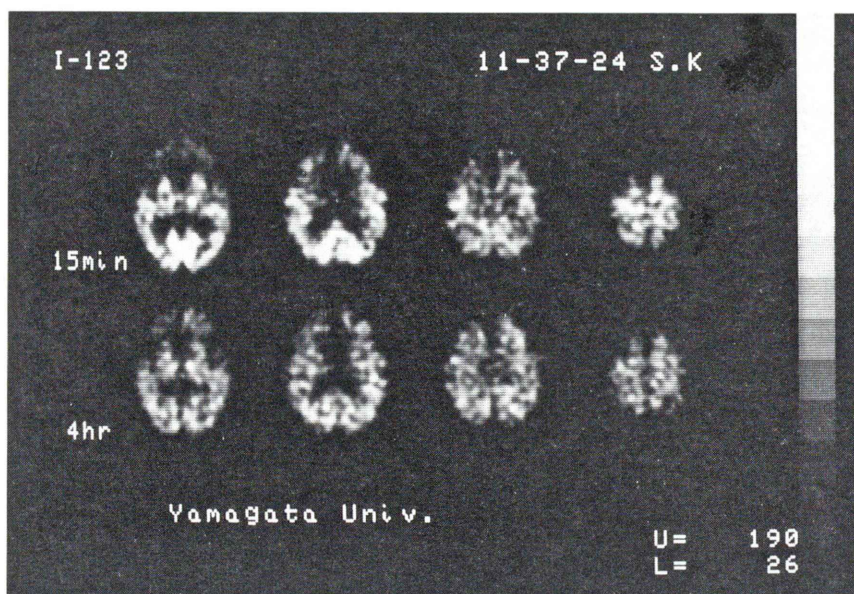


Fig. 5 An example of ^{123}I -IMP SPECT using static mode MR collimator in a patient with Pick disease.

像の視覚的な比較でも上段に示すMR型コリメータによる4-rotation法が最も優れていると思われる。

3. static SPECT における有用性

本MR型コリメータは、Xe-133 クリアランス法による脳血流SPECTだけでなく、I-123-IMPやTc-99m, Tl-201, In-111等によるstatic SPECTにも使用可能である。この場合、検出器の大きさを8分割する8-rotation法となるので、空間分解能はさらによくなる。Tc-99m line sourceによるMR型コリメータのFWHMを測定し、HS型、HR型との比較を行った。その結果をFig. 4に図示する。MR型では、中心部で11.1 mm、中心から4 cm離れた点では9.2 mmで、空間分解能はHR型よりやや劣るが、感度はHR型の2.7倍と高いので、長時間の固定が困難な症例などでは有用であった。MR型コリメータによるピック病(前頭葉)のI-123-IMP 111 MBq (3 mCi)によるSPECT像の一例をFig. 5に示す。この例では、データ収集時間は10分と短く、MR型コリメータが有用であったケースである。

IV. まとめ

Xe-133 クリアランス法によるrCBF SPECTにおいて、Xe-133の1回使用量を実践にあわせて1,850 MBq (50 mCi)と定めた上で、感度と分解能のバランスを考慮した新しいコリメータシステムを設計し、その製作と性能の評価を行った。

感度は、21.5 kcps/ $\mu\text{Ci/ml}$ (Tc-99m)で、HS型コリメータの63%であった。

空間分解能は、20 cm ϕ ファントム中心におけるXe-133でのFWHM値で、dynamic modeの2-rotation法では16.7 mm、4-rotation法では13.6 mmであった。

本コリメータシステムにより、Xe-133吸入法によるrCBF SPECT像の画質は、著明に改善された。

本研究は昭和63年度文部省科学研究費(課題番号: 63480247)の補助によるものである。

文 献

- 1) Uemura K, Kanno I, Miura Y, et al: A tomographic study of regional cerebral blood flow using ^{133}Xe clearance and the Headtome. Method and clinical application for the patient with ischemic cerebrovascular disease. Fundamental Radionuclide Imaging of the Brain, edited by Philippe L. Magistetti, Raven Press, New York, 1983, pp. 131–143
- 2) 菅野 巖, 上村和夫, 三浦修一, 他: ハイブリッド型エミッション CT 装置 HEADTOME とその臨床応用. 核医学 **18**: 49–61, 1981
- 3) Kanno I, Uemura K, Miura S, et al: HEADTOME: A hybrid emission tomograph for single photon and positron emission imaging of the brain. J Comput Assist Tomogr **5**: 216–226, 1981
- 4) Hirose Y, Ikeda Y, Higashi K, et al: A hybrid emission CT-HEADTOME II. IEEE Nucl Sci **NS-29**: 520–523, 1982
- 5) Kanno I, Lassen NA: Two methods for calculating regional cerebral blood flow from emission computed tomography of inert gas concentrations. J Comput Assist Tomogr **3**: 71–76, 1979