

## ■ 特集-2 心臓血管イメージングと放射線被曝

## 心臓核医学検査に従事する者の被ばく

金谷信一

東京女子医科大学病院 核医学・PET 検査室

## 1. はじめに

現在の心臓核医学検査は SPECT 検査が主流を占めている。初期の時代は静態画像のシンチグラムや RI アンギオによる動態画像に始まり、さらに画像処理装置が発展する中で、心電図同期平衡時法（心プール検査）が受け入れられ、今では心電図同期付きの SPECT 処理が普及している。さらに短時間収集による画像処理が要望されると同時に RI 投与量も増加の傾向が見受けられる。

心臓核医学に従事する医療従事者の被ばく対策は、個人線量計による診療現場での実測定に始まる。その被ばく線量値を 0.0mSv にまで低減することは困難である。なぜなら、我々医療従事者は核医学受診患者から微量ではあるが常に被ばくを受けつつ診療をしている。一人ひとりの患者からの被ばく線量は高感度の測定器で検出される程度で少ない線量と言える。患者数が多ければ、また SPECT 装置と操作卓のレイアウトが近接しているなどで被ばく線量が増加をしている。

## 2 心臓核医学従事者の被ばく線量

核医学検査の種類による被ばく線量を調べると、低い順から一般核医学（骨全身検査など）、心臓核医学（SPECT 検査など）、陽電子検査（FDG-PET）の順に増大している。RI 投与量、接遇時間、患者間距離等の総合的な結果として、個人被ばく線量が実測されている。

図 1. に SPECT 検査室と RI 準備室にあるエリアモニタの線量率の時間変動値をグラフに示す。左下の RI 準備室は大量の線源を扱うので容易に  $10 \mu\text{Sv/h}$  を超える鋭いピークを示している。

このように RI 検査薬剤の標識や分注作業で一時的なピークの曲線になる。されど  $\gamma$  線の遮へいは容易なので取り扱いの時は上昇するが、直ぐにバックグラウンドレベルまでに遮へいし低

減できる特徴をもつ。図 1. の上の左右は SPECT 検査室にあるエリアモニタである。このグラフは一日の診療時間中の放射線量率を計測している。SPECT 患者撮像の時間帯で線量率が数  $\mu\text{Sv/h}$  程度で平行に推移しているのがわかる。このエリアモニタは SPECT 検査中に患者から放出される  $\gamma$  線を検知している。検査台の患者からの線量率である。核医学従事者の被ばく線量はこの縦軸の線量率と横軸の時間を乗算した面積になっている。もちろん、遮へいや距離の違いで変動する。

心臓核医学を担当する医師の静注時の被ばくは、表 1 の如くである。大きい体格の患者は体内での  $\gamma$  線減弱の関係から  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核種を増量する事がある。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  検査薬の投与量を増加すると検査担当医師の被ばく線量も増加していることが解釈できる。

当施設には 5 台の SPECT 装置がある。機器により検査項目別の使い分けをしているが、担当者技師の被ばく線量を調べると、多くなる装置と少ない装置がある。少ない装置は骨シンチなどの一般核医学検査で、患者が自立している検査である。多かった装置は脳 SPECT で担当技師の被ばく線量は月平均で  $0.12\text{mSv}$  程度になる。脳 SPECT 検査は、時に介助が必要な患者が多く、この近接した接遇は術者の被ばく線量を上昇させている。

検査に立ち会う核医学技師の被ばく線量は、表 2. に示している。心臓核医学分野で心筋 SPECT 検査に用いる  $^{201}\text{Tl}$  核種を  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  製剤に設定すると、技師の被ばく線量は増加をしている。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  製剤への使用は投与量と被ばく線量も増す結果になっている。検査の種類では脳血流 SPECT 検査の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  製剤の方が多く被ばくしている。毎日ある検査数では無く、一週間に 2 日程度であるが心臓核医学に比して 1 検査当たりの被ばく線量は高い結果となった。

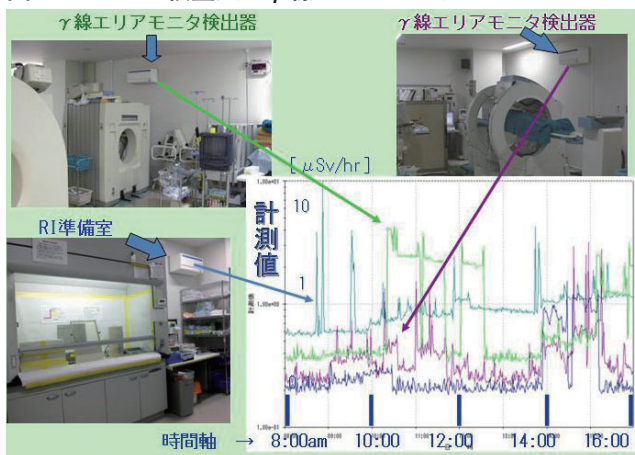
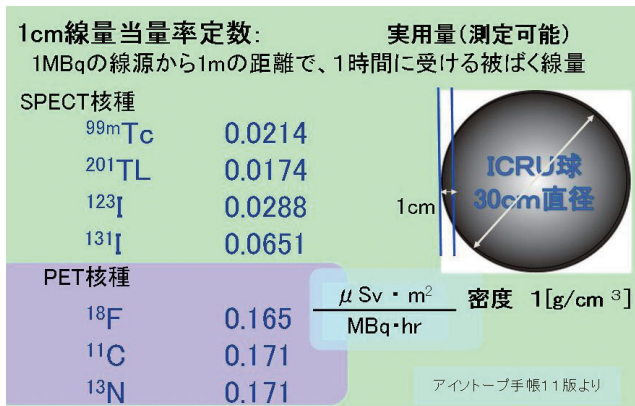
図 1 SPECT 検査室の  $\gamma$  線エリアモニタリング

表 1 静注時の医師の被ばく線量

( $\mu\text{Sv/件}$ )

核種	投与量 (MBq)	n 回	平均値 (SD) ( $\mu\text{Sv}$ )	中央値 ( $\mu\text{Sv}$ )
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	185	7	0.10 (0.05)	0.09
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	555	11	0.20 (0.09)	0.20
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	740	39	0.33 (0.13)	0.33
$^{67}\text{Ga}$	100	10	0.30 (0.11)	0.31

図2 核種とその1cm線量当量率定数



3 防護と対策

図2. 核医学検査室で使用する代表核種である。放射性核種には1cm線量当量率定数<sup>1)</sup>が核種ごとに示されている。この定数は、1MBqの線源から1mの距離において1時間に被ばくする物理的な量である。30cm直径のICRU球表面から1cm深さの線量で計算されている。従って放射性医薬品から放出されるγ線の強さでも異なっている。

図2. に示すPET核種については、511keVの消滅放射線の理由で高い値となる。同じ陽電子核種なのに数値に差があるのは、陽電子崩壊を100%する核種と、そうでない核種がある。この値は、<sup>201</sup>Tl製剤が低く、<sup>99m</sup>Tc製剤で少し上昇する。従って検査核種を<sup>201</sup>Tlから<sup>99m</sup>Tc製剤に替えると微量ではあるが上昇する。<sup>99m</sup>Tc製剤は投与量も増すことが多く、その量に比例して上昇する。

防護の対策としては、SPECT製剤はγ線のエネルギーが比較的低く、この放射線の遮へいは比較的容易に行える。γ線防護のプロテクターも着用可能で、遮へい効果も期待ができる。表3. は0.5mmPb当量の防護エプロンを使用している。診断領域のX線プロテクターは、一般的に鉛の含有量が少なく、0.2mmPb当量のものを使用しているが、核医学診療では0.5mmPb当量の方が適切である。表3. を見ると7割の遮へい効果が期待できる。SPECT製剤なら約70%程度の遮へい効果が可能である。

表2 技師の被ばく線量(一般検査の撮像) (μSv/件)

検査	核種	投与量 (MBq)	n 回	平均値 (SD) (μSv)	中央値 (μSv)
肺血流	<sup>99m</sup> Tc	185	44	0.21 (0.17)	0.17
骨シンチ	<sup>99m</sup> Tc	740	147	0.28 (0.33)	0.17
脳血流	<sup>99m</sup> Tc	740	63	2.84 (1.48)	2.65
腫瘍	<sup>67</sup> Ga	74	75	0.18 (0.13)	0.14
甲状腺腫瘍	<sup>131</sup> I	370	11	0.56 (0.50)	0.39
心筋	<sup>201</sup> Tl	110~140	93	0.13 (0.10)	0.11
心筋	<sup>99m</sup> Tc	296~740	34	0.47 (0.27)	0.36

4 まとめ

各個人の被ばく線量は、月1回程度の蓄積型個人線量計(ガラスバッジ)の事後報告では、何時、何処で被ばくを生じていたのか証明出来ない。原因がわからなければ対策がとれない。そこで直読式の個人線量計を付けて行為行動の都度に確認すると被ばく線量の発生源が自覚できる。被ばく原因が明確になると対策を立てることができる。職種により行動も原因も様々なので各自の立場で対応することになる。

核医学診療での被ばくの発生源は患者からの線量が無視できない。患者と接する中で医療従事者の被ばく線量が蓄積される。核医学診療の安心、安全の検査を実施する上で避けられない被ばくである。表2. の脳血流のように介助が原因なので、平均値も高いがSDの変動値も大きくなっている。患者と医療従事者の立ち振る舞いが被ばく線量の大きな差を生じている。しかし心臓核医学では介助の必要な患者は少なく、検査人数が多くなければ、問題になるほどの被ばく線量には達しない。医療従事者の身体前面と後面では、表3. のように前面の線量が2から3倍近く多い。患者に相対して接遇していることがよくわかる。放射線防護エプロンを考慮するなら前面を強化することは効果的である。患者への検査投与量を増量すると医療従事者の被ばく線量も比例して増加する。核種は<sup>201</sup>Tlから<sup>99m</sup>Tcの切り替えでも、被ばく線量も増加する。この根底には1cm線量当量定数にある物理的定数としてのγ線の放射エネルギーの高さにある。将来、心臓核医学にPET核種を使用するようになると、この1cm線量当量定数が<sup>201</sup>Tl核種の8倍になる。検査数が多ければ被ばくの対策が必要である。被ばくの低減には運用としてのソフト対応とハード構成としての施設のレイアウトや遮へいの物理的強化を考える。

心臓核医学診療における従事者の被ばく線量は、過剰に被ばくすることは無いと言えるが、将来、短時間収集処理が普及し、多数の患者を少人数で接遇すると、また陽電子核種による心臓核医学検査が普及すると従事者の被ばく線量が増大する。

一人ひとりの医療従事者が職業被ばくを認識することで、過剰に怖がることなく、心臓核医学患者の診療に応じられる。

<参考文献>

- 1) アイトープ手帳 11 版 机上版;平成 23 年 5 月 13 日 11 版 I 刷発行 日本アイトープ協会、20-82

表3 核医学従事者のプロテクター装着効果と身体の前後面の被ばく線量の比較

核種	前面	防護内	遮へい率 (プロテクター)	後面
医師	27.2	13.9	49%	14.5
技師	15.7	4.1	73%	6.5
看護師	31.7	8.2	74%	13.8
事務員	1.3			