

1. 核医学装置の技術革新が広げる循環器画像診断の可能性

4) 3検出器型ガンマカメラを用いた
心臓核医学検査の実際
——低投与量²⁰¹Tl 心筋血流シンチグラフィの有用性

井上 淑博 済生会熊本病院中央放射線部

当院は、病床数400床、標榜科20診療科の規模を有する中核病院であり、「医療を通じて地域社会に貢献します」の理念のもと、救急医療、高度医療、地域医療と予防医学、医療人の育成に尽力している(図1)。また、国際的医療機能評価である「Joint Commission International (JCI)」の認証を2013年に取得し、国際水準の医療提供と、安全性のさらなる向上へ向け、地域の医療機関と連携し取り組んでいる。

当院の核医学検査部門は、キヤノンメディカルシステムズ社製3検出器ガンマカメラ「GCA-9300R」(図2)を含むSPECT装置2台、PET/CT装置1台の計3台体制(SPECT:約1500例/年、PET/CT:約1400例/年)で、地域の医療機関と大型機器の共同利用を推進し、日々の診療を提供している。

3検出器型SPECT装置
GCA-9300Rの概略と
選定

GCA-9300Rの検出器を示す(図3)。3つの検出器を搭載したことにより、2検出器型汎用装置と比較して1.5倍の収集効率を実現し、同じ収集時間で、より高画質な画像が得られる。さらに、収集時間もしくは薬剤投与量を2/3に低減しても、2検出器型汎用装置と同等の画質を得ることができ、患者負担の軽減や患者被ばく、職業被ばくの低減が可能となる。

また、2検出器型汎用装置では3インチ径の光電子増倍管を採用しているのに対し、本装置の各検出器には2インチ径の光電子増倍管を採用したことで、心臓検査のFOVにおいて、2倍以上の高密度配置を実現している(図4)。それ

により、 γ 線検出の位置を推定する精度と均一性が格段に向上する。

コリメータ特性として、本装置に標準搭載している低中エネルギー汎用パラレルホールコリメータ(以下、LMEGP)は、心臓検査で使用するすべての核種(²⁰¹Tl, ^{99m}Tc, ¹²³I)に対応するよう設計されており、低エネルギー高分解能パラレルホールコリメータ(以下、LEHR)と比較して約1.8倍の感度を実現し、かつ優れた遮へい能力を有し、高エネルギーピークに伴う散乱線の影響を抑えた良好なコントラストを実現することが可能である(図5)。当院でもGCA-9300Rのコリメータ特性に関して検証し(図6)、「第39回日本核医学技術学会総会学術大会」にて結果を報告している¹⁾。

以上の理由より、スループットの向上はもちろんのこと、高画質を維持しつつ、患者の被ばく低減を実現できる本装置を導入するに至った。



図1 当院の外観



図2 当院の核医学診断装置GCA-9300R

左から中央放射線部・沖川隆志技師長、放射線科・荒川昭彦部長、中央放射線部・井上淑博係長(筆者)

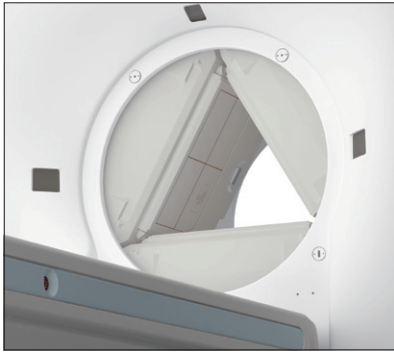


図3 GCA-9300Rの検出器

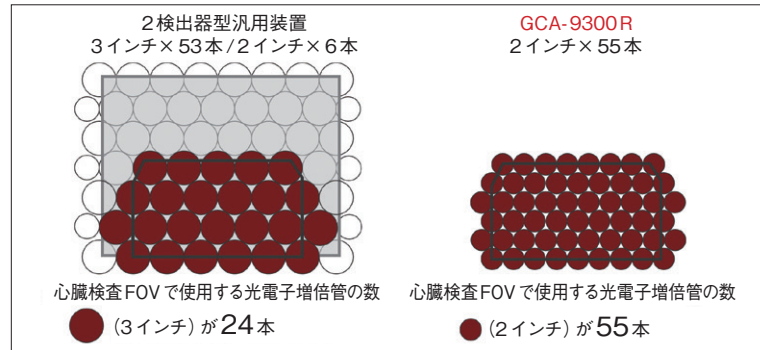


図4 2検出器型汎用装置とGCA-9300Rの検出器比較：光電子増倍管の配置

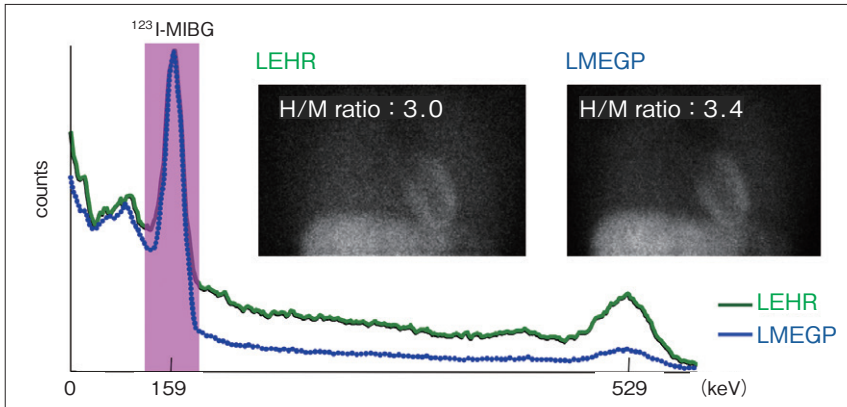


図5 LMEGPとLEHRの比較
($^{123}\text{I-MIBG}$)

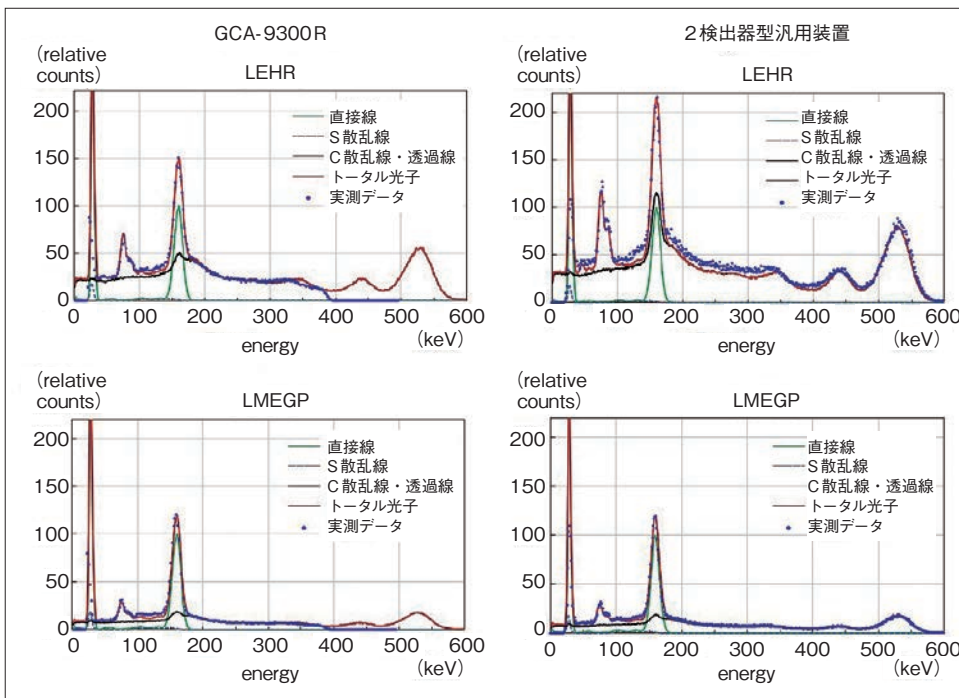


図6 GCA-9300Rにおける
LMEGPとLEHR
シミュレーションと
実測データ¹⁾

GCA-9300Rを用いた off-peak window 収集の 有用性

当院では、GCA-9300Rを用いた²⁰¹Tl心筋血流SPECTにおいて、off-

peak window 設定での収集を行っている。また、off-peak + energy window (以下、EW) 167 keVにて収集を実施することで、さらなるカウントおよびコントラストの向上が期待できる。当院にて、off-peak + EW 167 keV 収集について基礎的検討を行った²⁾ (図7)。検証の結

果、off-peak window 収集ではカウント増加、およびコントラストの向上が期待できることがわかった。

さらに、EW 167 keVを追加して収集した場合、約15%カウントが増加し、コントラストもさらなる向上が期待できる結果が得られた(表1, 2)。詳細は当

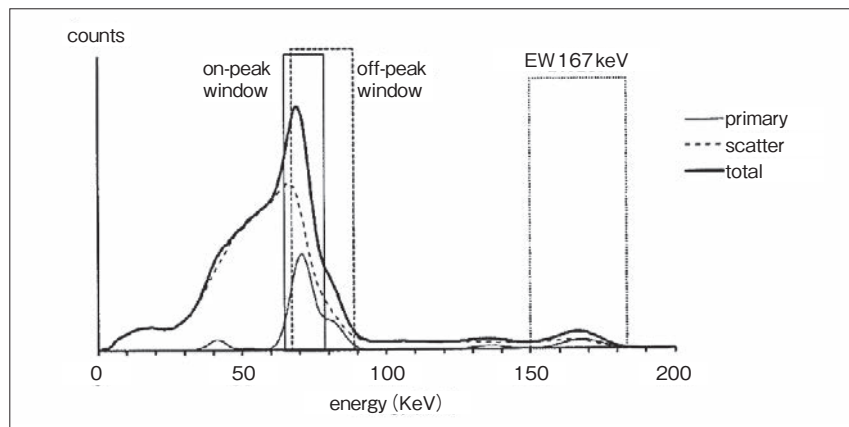


図7 当院におけるGCA-9300Rでの²⁰¹Tl-イメージングにおけるEW設定
off-peak+EW 167 keV 収集
(参考文献2)より引用転載)

表1 GCA-9300Rにおける²⁰¹Tl心筋イメージの総カウントおよびon-peak windowに対するカウント比
(参考文献2)より引用転載)

SPECT system	collimator	counts (on-peak window ratio)			
		on-peak window	off-peak window	on-peak window + EW 167	off-peak window + EW 167
GCA-9300R	LMEGP	2,108,712 (100%)	2,398,653 (113.7%)	2,425,602 (115.0%)	2,712,121 (128.6%)
	LEHR	1,143,276 (100%)	1,294,599 (113.2%)	1,323,013 (115.7%)	1,481,118 (129.6%)

表2 HL型ファントムによるGCA-9300R ²⁰¹Tl心筋イメージの心筋欠損部コントラスト比
(参考文献2)より引用転載)

SPECT system	collimator	contrast			
		on-peak window	off-peak window	on-peak window + EW 167	off-peak window + EW 167
GCA-9300R	LMEGP	0.343	0.357	0.348	0.380
	LEHR	0.473	0.484	0.448	0.475

院の永田らが報告²⁾しているので参照されたい。

GCA-9300Rのピーキングにおける画像均一性の担保

当院で使用している2検出器型汎用装置とGCA-9300Rのピーキングにおける画像均一性の担保について述べる。

2検出器型汎用装置でのピーキングは、EWのlower側とupper側で、(俗に写真で言う)ネガポジのような画像を作成し、おのおのに入射するγ線のカウント数をそろえることで、lower側とupper側を足した時に均一な画像が得られるように調整している。当院で使用している²⁰¹Tlのoff-peak window収集は、ピーキング後にEWをシフトさせているため、lower側とupper側に入射するγ線の差異によって画像の不均一が問題になる。

一方で、GCA-9300RはEWのすべて

の領域において均一な画像になるよう調整されているため、off-peak window収集においても均一な画像を得ることができる(図8)。

GCA-9300Rの臨床における評価と今後の展望

当院では、先に述べたoff-peak + EW 167 keV収集および画像均一性担保の観点などから、低投与量²⁰¹Tl心筋血流シンチグラフィを臨床に採用している。

臨床におけるGCA-9300Rを用いた低投与量²⁰¹Tl心筋血流シンチグラフィ(74MBq)は、2検出器型汎用装置における従来の投与量(111MBq)を用いた²⁰¹Tl心筋血流シンチグラフィと比較し、同等以上の画像が期待でき、収集時間の短縮も可能である(図9)。²⁰¹Tlでは、^{99m}Tcと比べ投与できる放射エネルギーが少なく、患者の被ばく線量増加などエ

ネルギー特性上の観点から懸念もあるが、高感度のGCA-9300Rを用いることで投与量を低減させることが可能である。薬剤投与量74MBqを利用することで、患者の被ばく線量は^{99m}Tcとほぼ同等の10mSvに抑えることができる³⁾(図10)。また、心臓核医学検査に関する職業被ばくは、無視できるレベルとはいえ、^{99m}Tcと比して、1回投与ですむため²⁰¹Tlの方が少ないとされている。さらに、薬剤価格も安価となる。患者の経済的負担軽減はもちろんだが、病院の収益を意識した検査運用が求められる中、外来患者だけでなく、今後、診断群分類(DPC)下の入院患者への積極的なRI検査の活用にも大いに期待できる。²⁰¹Tlを用いた心筋血流シンチグラフィでは、フォトン減衰(attenuation)による下壁のアーチファクトが問題となる。SSPAC法を用いることで、被ばくを増加させることなく吸収補正が可能である(図11)。

しかし、体形によって過補正となる場

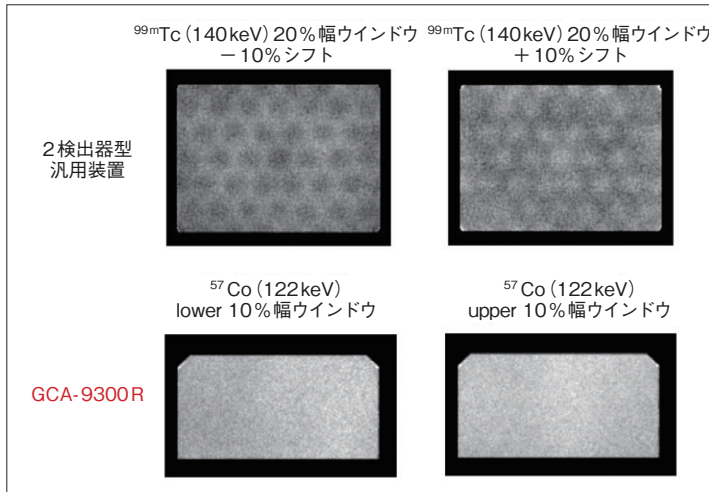


図8 2検出器型汎用装置と3検出器型のGCA-9300Rによるピーキングにおける画像均一性

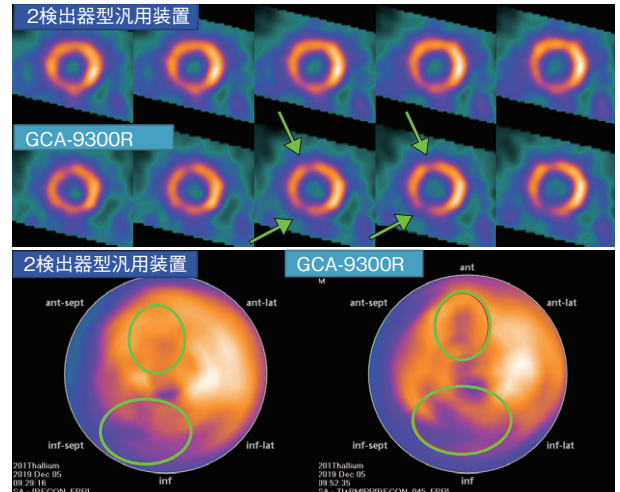


図9 同一症例での画像比較：低投与量²⁰¹Tl心筋血流シンチグラフィ

GCA-9300Rにて10分収集/2検出器型汎用装置にて15分収集
GCA-9300Rでの撮影にて、下壁～下後壁および前壁の梗塞が指摘
(→)できた症例(陳旧性心筋梗塞、下壁～下後側壁および前壁梗塞
疑い)

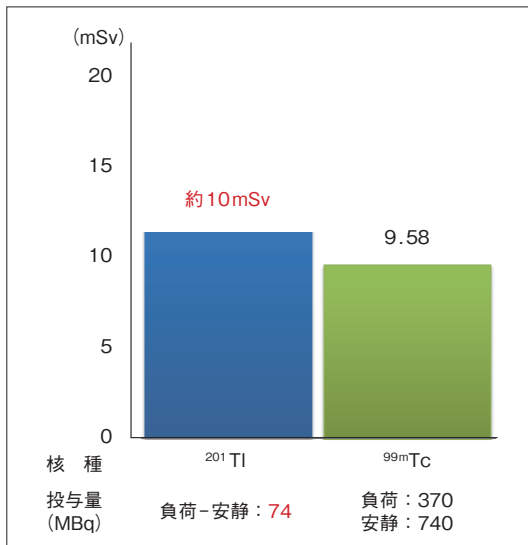


図10 心筋血流製剤の被ばく線量³⁾

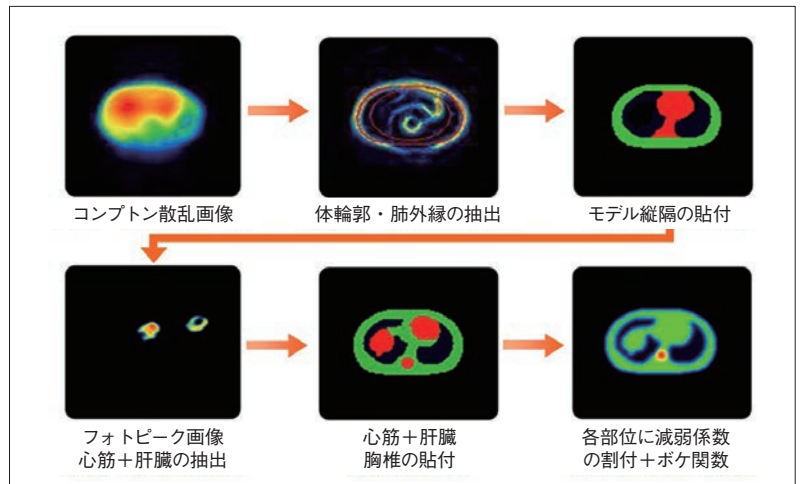


図11 SSPAC法による減弱MAP作成

合も見られるため、SSPAC法あり、なしの画像は両方作成の上、運用することが一般的に必要である。とはいえ、後下壁の吸収補正に有効な手段であると考えられるため、当院でも今後検討していきたい。

◎

GCA-9300Rは、従来の2検出器型汎用装置に比べ高感度であるため、投与量を抑えることにより、患者被ばく低減、かつ、高画質での検査実施が可能である。

近年の診療報酬改定で、虚血評価が重要視される中、当院においても虚血性心疾患をはじめとする循環器領域の画像診断において、GCA-9300Rを活用した心筋血流シンチグラフィは治療前後の診断能向上に大きく寄与できていると考える。当院が検討した²⁰¹Tl製剤の投与量低減が、全国の病院での検討の参考になれば幸甚である。今後も臨床現場でのさらなる活用を大いに期待したい。

●参考文献

- 1) 井上淑博：I-123イメージングにおけるコリメータ特性のモンテカルロシミュレーションによる解析. 第39回日本核医学技術学会総会学術大会, T111C1, 2019.
- 2) 永田智信, 山田耕一郎, 井上淑博, 他: Tl-201心筋血流SPECTにおけるOff-Peak Window設定に関する基礎的検討. 核医学技術, 38(4): 499-505, 2018.
- 3) Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: A Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. ICRP Publication 128, 2015.