

2019年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注: 学位論文題名が英語の場合は和訳をつけること)

半導体 SPECT 装置を用いた心筋 SPECT 検査における患者被ばく線量の低減に関する研究

学位の種類: 修士 (放射線学)

首都大学東京大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 放射線科学域

学修番号 17897605

氏名: 奥山 幹大

(指導教員名: 井上 一雅)

注: 1 ページあたり 1,000 字程度 (英語の場合 300 ワード程度) で、本様式 1~2 ページ (A4 版) 程度とする。

近年、常温で使用可能な CdTe や CdZnTe (CZT) 半導体検出器が注目され、核医学イメージング装置に採用されている。従来の NaI(Tl)シンチレーション検出器と比較した半導体検出器の特徴は、エネルギー分解能および信号変換効率 (感度) が優位な点である。そのため、特に心筋 SPECT 検査で実施される二核種同時撮像においては、エネルギー分解能の向上によりエネルギーウィンドウを狭く設定することが可能となりクロストークの問題を回避することが可能となる。さらに、信号変換効率の向上により従来よりも検査時間を短縮、もしくは投与量を低減させることが理論的に可能となる。

米国心臓核医学会は、2010 年に心筋 SPECT 検査の患者被ばく線量を 9 mSv 以下にすることを提言した。日本では、 ^{99m}Tc 製剤に比べ半減期が長い $^{201}\text{TlCl}$ を使用している施設が多くあり、9 mSv を超えてしまうことがしばしばある。現在の二核種同時撮像プロトコル (SDI 法) は、 ^{99m}Tc 製剤 150 MBq および $^{201}\text{TlCl}$ 74 MBq を投与しており、被ばく線量は 11.71 mSv であり、9 mSv を超えているのが現状である。本研究では、上記の半導体 SPECT 装置の特徴を活かして、投与量を最適化することで、SDI 法における患者被ばく線量を 9 mSv 以下に低減可能か検討を行った。

被ばく線量の低減には、RI 投与量を減少させる方向で検討する必要がある。ICRP レポートによれば、投与量あたりの全身被ばくの実効線量は、 ^{99m}Tc -tetrofosmin で 0.008 mSv/MBq、 ^{99m}Tc -MIBI で 0.009 mSv/MBq、 $^{201}\text{TlCl}$ で 0.14 mSv/MBq であり、 $^{201}\text{TlCl}$ の被ばく線量に対する寄与が大きい。そのため、 $^{201}\text{TlCl}$ の投与量を減少させることで被ばく線量を 9 mSv 以下に低減することを検討した。検討項目として、RI 投与量を減少させることにより収集カウント数が低下するため画質劣化が生じる。これを補うために撮像時間 (検査時間) を延長する必要性が生じるが、現在の限られた検査時間で ^{201}Tl の投与量を低減する方法が適用可能か検討を行った。

心肝ファントムを用いた基礎検討では、 ^{99m}Tc 製剤を 150 MBq、 $^{201}\text{TlCl}$ を 25 MBq、50 MBq、74 MBq および 111 MBq 投与を想定して画質評価を行った。心肝ファントム内に直径 15 mm および 20 mm の二つの欠損を作成し、それぞれの条件下で 10 分撮像した場合と、撮像時間を調整して同一カウントが得られる条件で検討した。撮像時間を 10 分に固定した検討では、 $^{201}\text{TlCl}$ が 25 MBq 投与条件下で欠損部位を描出することは困難であったが、撮像条件を延長することで $^{201}\text{TlCl}$ が 74 MBq 投与条件下と同等の描出能を得ることが可能であった。しか

し、撮像時間を通常の検査時間（15分）の2倍の検査時間を確保する必要があり、現在の検査スケジュールの観点から臨床検査に適用することは困難であった。そのため、心肝ファントムを用いた基礎検討では $^{201}\text{TlCl}$ を50 MBqに低減する方法が妥当であると考えられた。

実際の臨床では、被検者ごとに体格が異なるため $^{201}\text{TlCl}$ の投与量を低減させた場合の適正な撮像時間が異なることが予想される。そこで、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤を150 MBq、 $^{201}\text{TlCl}$ を50 MBq ($n = 150$) および74 MBq ($n = 150$) として、撮像時間の変動を体格指標であるBMIを用いて検討した。従来型のSPECT装置による心筋SPECT検査の撮像時間である15分を基準にすると、 $^{201}\text{TlCl}$ を50 MBq投与した群で、early撮像で全症例において15分未満となった。delay撮像では、BMI 22からその割合が増加し、BMI 24で約30%、BMI 27では約半数の症例が15分を超えた。また、BMIによらず撮像時間が他に比べ逸脱した症例として、虚血・梗塞が広範囲に及ぶ場合や、心臓の大きさが極端に小さい場合および不整脈が頻発する場合などが確認された。これらの症例については、事前に心臓エコーやCTなど、他の検査結果を確認することで撮像時間の延長を予測することが可能である。

本結果により、 $^{201}\text{TlCl}$ の投与量を50 MBqとすることで、SDI法における患者被ばく線量を画質の劣化なく9 mSv以下に低減可能であることを明らかにした。また、BMIの高い症例および極度の虚血や梗塞がある症例に対しては、撮像時間の大幅な延長が懸念されるため、投与量を慎重に決定する必要があることを確認した。