

平成30年度奨励研究

「放射線内用療法における投与線量推定システムの

開発のための基礎的検討」

放射線技術科学科 助教 中島 修一

1. 研究目的

放射線内用療法製剤は、骨病変を始めとした全身にまたがる病変であって局所療法が困難な場合に用いられている。近年では、Therapeutics (治療)とDiagnostics (診断)を融合しTheranosticsといわれ、効果的に診断と治療を進め患者の負担軽減を図るために投与した放射性内用療法製剤の分布を把握することが重要となっている。有痛性骨転移に対する疼痛緩和を目的とした治療方法として、多発骨転移が認められる場合⁸⁹Sr放射線内用療法製剤を用いた疼痛緩和療法が行われ一定の効果を上げている。しかし、⁸⁹Sr放射線内用療法製剤の体内分布を正確に認識することが困難であり、先行研究において得られた画像は、骨転移の好発する脊椎においてどの部位に⁸⁹Sr放射線内用療法製剤が集積しているのか判断しがたく、およその集積が観察できるという画像にとどまっている。そして、治療効果判定やリニアックを用いた外照射を行う際に⁸⁹Srからの病巣への投与線量推定を行うことでより効果的な治療を進めることができると考えられる。

そこで、本検討では⁸⁹Sr放射線内用療法製剤のイメージングに寄与している放射線を解明し、使用するコリメーターに関する基礎的検討を行うことで、⁸⁹Sr放射線内用療法製剤イメージングにおける画質の改善を目的とし基礎的検討を行った。

2. 研究方法

SPECTファントムJSP型 (PH-28, 京都科学)に、5 mLのアクリル容器内に4種類の異なる放射能濃度の⁸⁹Sr放射線内用療法製剤 (メタストーン注, 日本メジフィジックス)を (1: 5.6 MBq/mL, 2: 3.0 MBq/mL, 3: 0.75 MBq/mL, 4: 水)を充填し固定し核医学診断装置 (Bright View X, Philips)で撮像した。エネルギーウィンドウは⁸⁹Sr放射線内用療法製剤を製造する際に混入したと思われる⁸⁵Srのガンマ線のピーク514 keV \pm 10 %に設定し、コリメーターは低エネルギー高分解能型(Low Energy High Resolution: LEHR)と同等の性能を持つロングボア型低エネルギー高分解能コリメーターである心臓用高分解能型コリメーター (Cardiac High Resolution: CHR), 中エネルギー汎用コリメーター (Middle Energy General Purpose: MEGP), 高エネルギー汎用コリメーター (High Energy General Purpose: HEGP) を使用し、ファントム - 検出器間距離を変化させ撮像時間を1200秒としてStatic像を撮像した。そして、SPECT撮像においては180度収集, 1検出器あたり60 viewで収集しプロジェクションデータを得た。プロジェクションデータは画像処理ワークステーション (Extended Brilliance Workspace: EBW, Philips)で、Filtered Back Projection (FBP)法及びOrdered Subset Expectation Maximization(OSEM)法を用いて画像再構成を行い、視覚的・物理的評価を行った。物理的評価はContrast to background Noise Ratio(CNR)を求め評価を行った。

3. 研究結果

Static撮像により得られた画像を図1Aに示す。CHR, MEGP, HEGPすべてのコリメーターにおいて、検出器 - 線源間距離0 cmの時よりも、検出器 - 線源間距離20 cmの場合において得られたカウントが高い傾向にあった。総カウント数をそれぞれのコリメーターと比較すると、CHR 1.7倍, MEGP 3.4倍, HEGP 1.3倍となりMEGPが最も高いカウント数が得られた。しかし、MEGPコリメーターにおけるStatic画像においてはペネトレーションによるスターアーチファクトが見られた。

SPECT撮像で得られた画像を図1Bに示す。CHRにおいてノイズの際立つ画像となり、線源の識別が困難な画像となった。MEGPとHEGPでは視覚的に線源を識別できるようになり、特にHEGPにおいて各線源の識別が容易であった。SPECT撮像で得られた画像CNRの計算結果を図1Cに示す。CNRはどの放射能濃度においてもHEGPが高く、画像再構成法によっても差が見られOSEM法での画像再構成方法で優れた値となった。

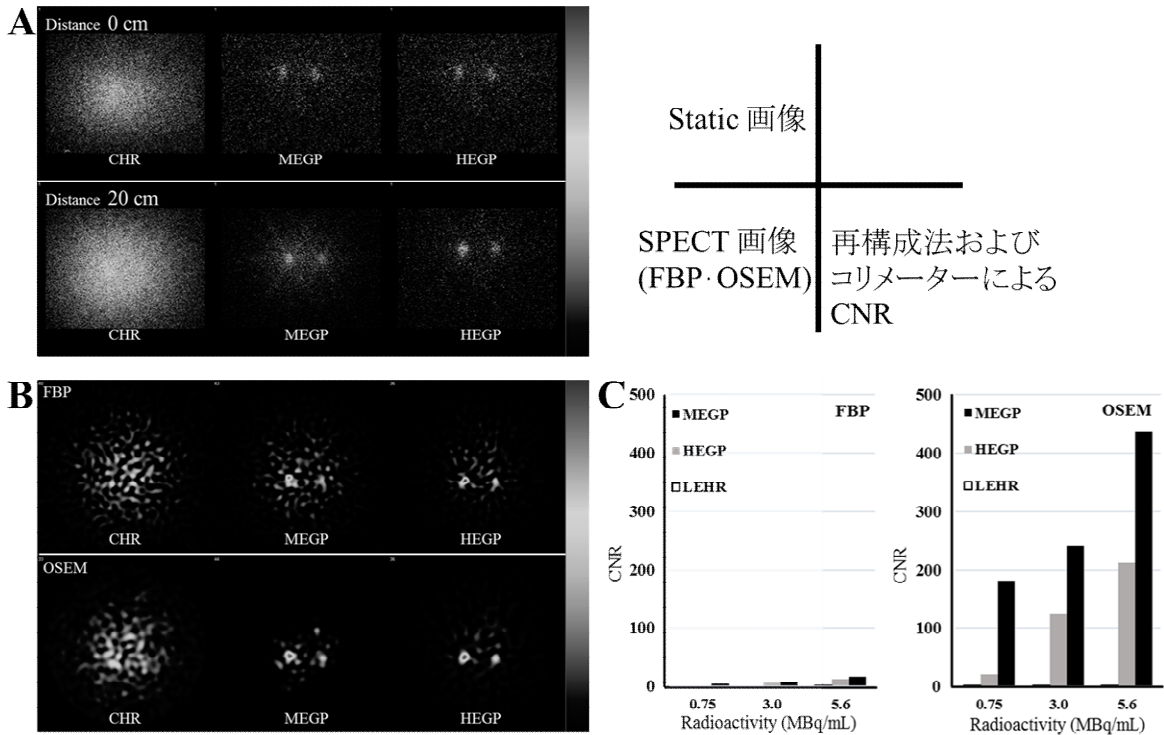


図1 Static画像, SPECT画像, SPECT画像によるCNR

4. 考察(結論)

先行研究における⁸⁹Sr イメージング方法は、エネルギーウィンドウを74 keVと514 keVを含む状態で広域に設定し撮像しているが、エネルギーウィンドウを514 keV ± 10%程度に設定することでより鮮明な画像を得られる可能性が示唆された。しかし、通常の核医学診断装置において514 keVというエネルギーは、高エネルギーガンマ線であることから、本検討においてStatic撮像の際にMEGPコリメーターで生じた隔壁通過(ペネトレーション)や、シンチレーター内で相互作用を生じることなくガンマ線が通過することでカウントが低下するなどの現象が見られ改善が必要とされた(図1A)。そこで、一般的には核医学診断装置での撮像は検出器 - 線源間距離を出来るだけ近接させ撮像を行い、空間分解能とカウントを維持するが、⁸⁹Sr放射線内用療法製剤においてはHEGPコリメーターを用いて検出器 - 線源間距離を取り撮像を行うことで画質の改善が図れるものと思われる。また、SPECT撮像においては、OSEM法での画像再構成方法が優れていた(図1A, B)。⁸⁹Sr放射線内用療法製剤でのイメージングは^{99m}Tc製剤などと比較し得られるカウント数が少ないことから、低カウント領域におけるS/Nの改善が図れるOSEM法での画像再構成法が適切であるものと示唆された。

今後は、収集条件・画像再構成条件の最適化を行い骨シンチグラフィーでの画質に匹敵する画質の改善を目指す。画質の改善が図られることで、治療効果についての患者説明や、Standardized Uptake Value (SUV)等の集積率の推定が可能となり、放射線治療としての投与線量推定など応用性が図れるものと考えられる。

5. 成果の発表(学会・論文等, 予定を含む)

- 1) 中島修一, 佐藤斉, 榎村治樹, 高倉和馬, 鹿野直人, 谷田部克彦, 倉田悟至, 對間博之, 中島光太郎. 塩化ストロンチウム - 89イメージングにおける画質改善を目指した基礎的検討. 第57回全国自治体病院学会. 福島県郡山市. 2018年10月.
*分科会推薦優秀演題(最優秀演題審査中)
- 2) 全国自治体病院協議会雑誌 投稿中

6. 参考文献

- 1) Yoshiki owaki, et al. risticX-ray imaging for palliative therapy using strontium-89 chloride: understanding the mechanism of nuclear medicine imaging of strontium-89 chloride. Radiol Phys Technol. 2017;10:227-233.
- 2) 小田瞳ら. ⁸⁹Sr 制動放射線の画像化における基礎的検討. 日本放射線技術学会雑誌 2010;66:764-773.