

撮像及び画像再構成条件がラットの心臓 SPECT イメージングに及ぼす影響

水谷 明日香

要 旨

単一光子放射断層撮影 (single photon emission computed tomography; SPECT) 等を用いた核医学分野において、前臨床の小動物分子イメージングは、新しい薬剤の開発や診断治療技術の評価に非常に有用な手法であり循環器領域でも注目されている。特にマルチピンホールコリメータを搭載した小動物用 SPECT は、陽電子断層撮影 (positron emission tomography; PET) とは異なり比較的長半減期の核種が多いため汎用性があり、ピンホールコリメータを使用した場合には空間分解能にも優れるため、PET と比較して高汎用性かつ高分解能な画像が得られることを期待されているが、投与放射能やコリメータ、画像処理等、様々な因子が画質や測定の再現性に影響を及ぼす。本研究では、小動物へ投与する放射性薬剤の投与放射能、コリメータ、再構成後平滑化処理という撮像・再構成に関わる 3 条件に焦点をあて、それぞれが循環器領域の前臨床イメージングに多く使われているラットの心筋血流 SPECT の画質へ及ぼす影響について検討を行った。また、これらの条件がラットの心筋血流欠損の測定へ影響を与えるかどうかを検討した。

テルル化カドミウム亜鉛 (cadmium-zinc telluride; CZT) 半導体検出器を搭載した eXplore speCZT CT120 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) を使用した。コリメータには、従来使用してきたピンホール直径 1 mm のラット用ピンホールコリメータ (standard rat 5-pinhole collimator; STD) と、STD よりも高感度になることを期待して、ピンホール直径を 1.5 mm に拡大した高感度ピンホールコリメータ (custom made rat 5-pinhole high sensitivity collimator; HS) を新たに開発して使用した。

正常ラットに、 ^{99m}Tc -tetrofosmin (^{99m}Tc -TF) を 25-200 MBq 尾静脈投与し、約 20 分間の心筋血流 SPECT イメージングを行った。翌日コリメータを交換し同一ラットを同条件で撮像し、得られた結果を比較検討した。また、別のラットを使った心筋梗塞モデル (myocardial infarct model; MI) ラットに ^{99m}Tc -TF を 25, 200 MBq 尾静脈投与し正常ラットと同様に STD および HS の 2 種類のコリメータを使って撮像を行い、それらを比較した。

ラット心筋 SPECT の解析は画像解析ソフト MunichHeart と PMOD を用いた。視覚的に画質スコアを評価するとともに、定量評価として、信号雑音比 (contrast-to noise ratio; CNR), 鮮鋭度 (sharpness index; SI), 画像の均一性 (coefficient of variation; CV), 左室心筋血流欠損サイズを解析した。

その結果は、以下の 6 点にまとめられた。

1. 投与放射能の影響に関して、平滑化処理の有無に関わらず、両コリメータとも投与放射能を増加することで画質スコアが向上し、欠損サイズは減少したが、CV は低下した。
2. コリメータの違いに関して、投与放射能を一定とした場合、平滑化処理の有無に関わらず、HS 使用時では STD 使用時と比べて、画質スコアが向上したとともに、MI ラットの欠損サイズは減少したが、CV は低下した。
3. 平滑化処理の影響は、投与放射能を一定とした場合、両コリメータとも画質スコアが向上したとともに、MI ラットの欠損サイズは減少したが、CV は低下した。また、フィルターの Gaussian kernel size に従って、CNR は向上したが、SI は低下した。
4. 低放射能の 25 MBq 投与かつ平滑化処理なしの条件下では、STD 使用時、正常ラットには本来ないはずの欠損があるというアーチファクトが得られ、その正常ラットと実際に欠損部を有する MI ラットを区別することはできなかった。HS 使用時では、正常ラットと MI ラットを有意に区別することができたものの、STD 使用時と同様にアーチファクトが確認された。
5. 低放射能の 25 MBq 投与かつ平滑化処理ありの条件下では、両コリメータとも、フィルターの Gaussian kernel size に従って、正常ラットにおいて、前述のアーチファクトは減少し、正常ラットと MI ラットをより正確に区別することができた。
6. MI ラットにおいて、STD と HS のそれぞれを使用して測定した心筋血流欠損サイズの再現性を級内相関係数 (intra-class correlation coefficient; ICC) で評価したところ、低放

射能 25 MBq 投与かつ高度平滑化処理 (2.5 mm kernel size) 適用時と、平滑化処理の有無に関わらず 200 MBq を投与した場合で、Good あるいは Excellent という結果になった。

以上の結果より、ラットを用いた心筋 SPECT 研究において、不適切な条件では、正常ラットと MI ラットを区別することさえできず、良い画像、信頼に足る測定結果を得るには適切な撮像条件の設定が重要である。本研究結果より、25 MBq 程度の低放射能投与しか許されない場合では、HS の使用かつ軽度平滑化処理 (1.5 mm kernel size) 適用条件を推奨し、200 MBq 程度の高放射能投与が可能な場合は、STD の使用かつ平滑化処理なしの条件を推奨する。このような使用する小動物用撮像装置に対する撮像条件の検討や最適化は、前臨床心筋 SPECT において不可欠である。