

高精度な乳がん検出を目的とした乳房専用 PET の 撮像条件の最適化

藤田医科大学 医療科学部

分子イメージング学分野 准教授 椎葉拓郎

藤田医科大学病院 放射線部 内藤愛子

高村マキ

1. 研究の背景・目的

^{18}F -フルオロデオキシグルコース (FDG) 全身 PET は、乳癌患者の病期分類や再病期分類、治療効果のモニタリング、予後予測における有効性が、多くの研究で実証されている。腫瘍の大きさが 1cm を超えると死亡率が上昇するため[1]、病変が小さい乳がんを早期に発見することが極めて重要である。しかし、全身 PET による小さな乳がんの検出は、空間分解能が限られているため検出は困難である。近年、シリコン光電子増倍管 (SiPM) ベースの検出器を用いた頭部・乳房専用 time of flight (TOF)-PET (SiPM-dbPET) が開発された。SiPM-dbPET は、全身 PET よりも小型の検出器リングを使用することで、光子に対する感度を高め、空間分解能を向上させる[2]ことができる。しかし、SiPM-dbPET では乳がん検出における最適な撮像時間と再構成条件は報告されておらず、装置の性能を十分に発揮するための条件設定が望まれている。したがって、本研究では、SiPM-dbPET の画質を乳房ファントムによって検証し、乳がんを高精度に検出するための最適な撮像および再構成条件、ならびに画質に影響する因子を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の対象ならびに方法

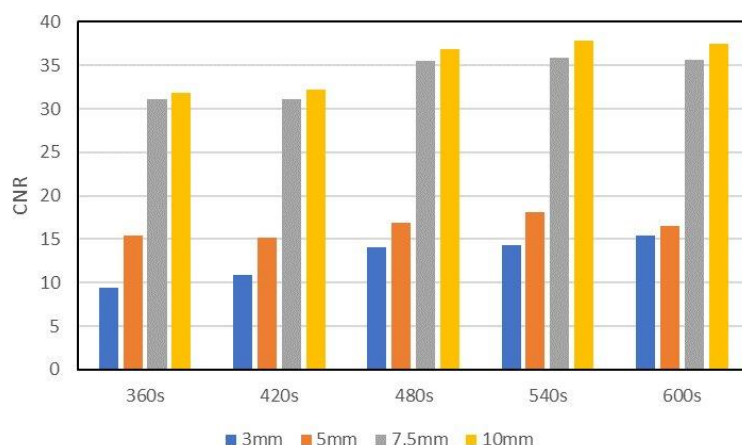
藤田医科大学病院に設置された SiPM-dbPET (BresTome、島津) を用いて腫瘍を模擬したホット球 (3、5、7.5、10 mm) とバックグラウンドの放射能濃度比 (SBR) が 4 対 1、6 対 1、8 対 1 となるように調整した乳房ファントムをリストモードにて 10 分間撮像した。

2-1. 撮像時間の最適化

5 分から 10 分まで変化させたときのバックグラウンド変動性および 3 mm ホット球のコントラスト、コントラストノイズ比から最短の撮像時間を求めた。

2-2. 再構成条件の最適化

3D list-mode dynamic row-action maximum likelihood algorithm (LM-DRAMA) 法にお



ける緩和係数 β ならびに non-local means (NLM) フィルタ強度を変化させた時のバックグラウンド変動性、コントラスト、検出能を算出し、最適な再構成条件を求めた。

2-3. 視野外放射能の存在による影響の評価

放射能濃度の異なる模擬心筋ファントム（バックグラウンド対模擬心筋放射能比：1 対 1, 1 対 5, 1 対 10, および 1 対 15）を乳房ファントムの上部に配置して撮像した。バックグラウンド変動性、コントラスト、検出能を算出し、視野外放射能の影響を評価した。

3. 研究結果

3-1. 撮像時間の最適化

撮像時間を長くするにつれて、バックグラウンド変動性とコントラストは改善される傾向を示した。8 分以上の撮像時間では 3mm ホット球のコントラスト、およびコントラストノイズ比はほぼ一定であった（図 1）。これらの結果から 8 分以上の撮像時間が妥当と結論した。

図 1. 撮像時間とコントラストノイズ比の関係

3-2. 再構成条件の最適化

バックグラウンド変動性とコントラスト、および検出能はトレードオフの関係を示し、 β が 50-100、NLM フィルタ強度 1.0-1.5 が最適な設定条件範囲であった（図 2）。

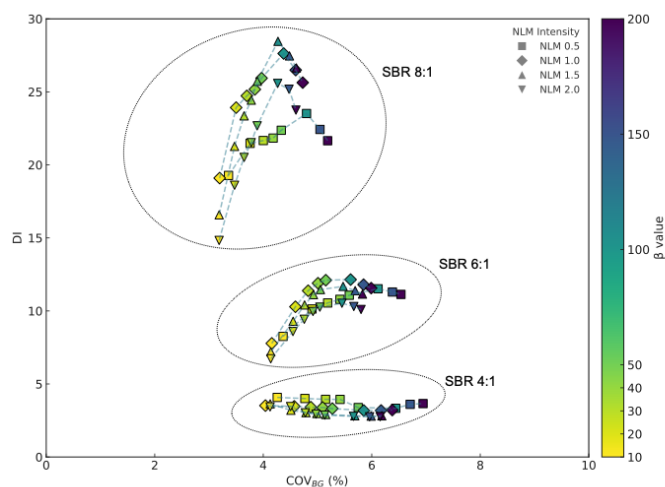


図 2. β および NLM フィルタ強度を変化させたときのバックグラウンド変動性と検出能の関係

3-3. 視野外放射能の存在による影響の評価

模擬心筋の放射能濃度の上昇に伴い、バックグラウンド変動性が増加し、3 mm ホット球のコントラストおよび検出能は低下した (図 3)。

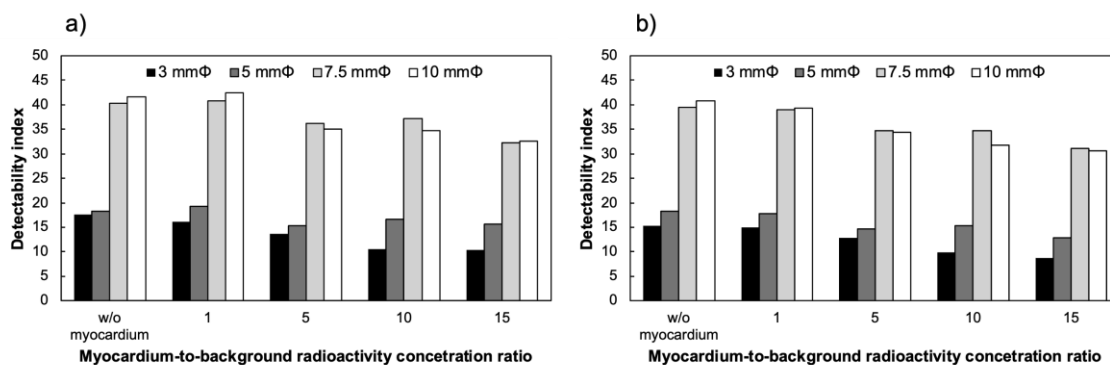


図 3. 模擬心筋放射能濃度比と検出能の関係 a) 10 分撮像、b) 8 分撮像

4. 考察

本研究により、SiPM-dbPET の最適な撮像条件ならびに再構成条件が明らかとなった。これらの結果は臨床における最適な撮像条件の設定において重要な基礎データを提供する。また、SiPM-dbPET の検出器視野外に位置する心筋に ^{18}F -FDG が多量に集積した場合に微小な球体の検出能が低下することが示唆された。この原因として、視野外の放

射能の増加により、偶発同時計数が増加し適切に補正ができていないことが考えられた。これらの結果を一般化するために、今後は多施設共同による症例を用いた検討が必要である。

5. 文献

- [1] Carter CL, Allen C, Henson DE. Relation of tumor size, lymph node status, and survival in 24,740 breast cancer cases. *Cancer*. 1989;63(1):181-187.
- [2] Satoh Y, Hanaoka K, Ikegawa C, Imai M, Watanabe S, Morimoto-Ishikawa D, Onishi H, Ito T, Komoike Y, Ishii K. Organ-Specific Positron Emission Tomography Scanners for Breast Imaging: Comparison between the Performances of Prior and Novel Models. *Diagnostics*. 2023; 13(6):1079.

6. 論文発表

[学会発表]

- [1]片上波奈, 椎葉拓郎, 内藤愛子, 高村マキ. 頭部・乳房専用 PET 装置における収集および再構成条件と画質の関係-乳房分解能ファントムを用いた検討-. 第 44 回日本核医学技術学会総会学術大会, 2024 年 11 月 9 日, 横浜市, パシフィコ横浜

[論文発表]

- [1]Impact of ^{18}F -FDG Radioactivity Outside the Field of View on Image Quality in a SiPM-Based Time-of-Flight Dedicated Breast PET Scanner: A Phantom Study.

EJNMMI Physics 投稿中

- [2]Optimizing LM-DRAMA Parameters and Non-Local Means Filtering to Improve Small-Lesion Detectability in SiPM-based TOF Breast PET.

Physical and Engineering Sciences in Medicine 投稿中