

受賞報告

第14回杏林医学会研究奨励賞受賞報告

白川佑也

杏林大学医学部付属病院 放射線部

この度は、第14回杏林医学会研究奨励賞を賜り、大変光栄に存じます。ご選考いただいた選考委員の先生方、杏林医学会の関係者の皆様方に深く感謝申し上げます。本研究の遂行および論文執筆に際し、多大なるご指導とご支援をいただきました須山淳平教授(医学部放射線医学教室)、松友紀和先生(現川崎医療福祉大学 特任准教授)をはじめとする関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

受賞対象論文は「Feasibility of noise-reduction reconstruction technology based on non-local-mean principle in SiPM-PET/CT. Phys Med. 2024; 119: 103303.」です。本論文では、シリコン光電子増倍管(Silicon Photomultiplier, SiPM)を用いたPositron Emission Tomography(PET) / Computed Tomography(CT)システムにおける非局所平均(Non-Local Mean, NLM)原理に基づくノイズ低減再構成技術の実用性について検討しました。

PET診断においては正確な定量化が重要であり、Standardized Uptake Value(SUV)が定量指標として広く用いられています¹⁾。しかし、SUVは様々な因子の影響を受けやすく、特に臨床においてもっとも用いられているSUVmaxは画像ノイズの影響を強く受けます²⁾。従来のノイズ低減法であるガウシアンフィルタ(GF)は、ノイズの低減と同時に信号の平滑化も行うため、部分容積効果により定量値の過小評価が生じることが課題となっていました³⁾。

これに対して、エッジ保存フィルタの一つであるNLMは、ノイズを低減しながらPET信号や基礎構造を保持するため、GFと比較して信号損失が少なく、より効果的なノイズ抑制が可能とされています³⁾。近年、SiPMを用いたPET/CTシステムが臨床使用されるようになってきました。SiPM検出器は優れた空間分解能およびTime-of-Flight(TOF)時間分解能を有し、従来型のPET装置では困難であった小病変に対する検出能の向上が可能となります。したがって、空間分解能が向上したSiPM-PETにおけるNLMの使用は、従来法と比較してより少ない信号損

失でより定量性高く病変検出が可能になると考えられます。

本研究では、SiPM-PET/CTシステムにおけるNLM再構成技術の定量性を、ファントムおよび臨床画像を用いて評価しました。評価には、直径4~13mmの微小球を含むNEMA IECボディファントムと、肺癌78症例の臨床画像を使用しました。画像再構成は、従来のGF(4mm)およびClear adaptive low-noise method(CaLM)のmild, standard, strongの各強度で行いました。

ファントム研究では、8mm球体においてGFよりもCaLMが高い定量性を得られ、ノイズ低減効果はCaLMの強度が高いほど強くなることが示されました。

臨床画像では、全ての結節サイズにおいてCaLMのSUVmaxがGFより高値を示し、直径1cm以下の結節では、CaLMにおいてGFより約1.7倍の定量性の改善を認めました。肝臓のノイズもCaLMで向上し、視覚評価ではCaLMのmildとstandardが診断に最適であることが示されました。

本研究の結果、NLMに基づく再構成技術であるCaLMは、適切なパラメータ選択により、コントラスト向上とノイズ低減の両方において有効であり、特に小病変の定量性向上が明らかとなりました。SiPM-PET/CTシステムにおいて、CaLMはGFと比較して部分容積効果を最小限に抑えながら、より高い定量精度と診断性能を提供できる可能性があります。今後は、様々な病変での評価や最適化されたパラメータ設定の検討を通じて、臨床応用の拡大を図っていく予定です。

参考文献

- Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, Verzijlbergen FJ, Barrington SF, Pike LC, Weber WA, Stroobants S, Delbeke D, Donohoe KJ, Holbrook S, Graham MM, Testanera G, Hoekstra OS, Zijlstra J, Visser E, Hoekstra CJ, Pruijm J, Willemse A, Arends B, Kotzerke J, Bockisch A, Beyer T, Chiti A, Krause BJ; European Association of Nuclear Medicine

- (EANM). FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015 Feb; 42(2): 328-54. doi: 10.1007/s00259-014-2961-x. Epub 2014 Dec 2. PMID: 25452219; PMCID: PMC4315529.
- 2) Lodge MA. Repeatability of SUV in oncologic 18F-FDG PET. J Nucl Med. 2017; 58: 523-532.
- 3) Chan C, Fulton R, Barnett R, Feng DD, Meikle S. Postreconstruction nonlocal means filtering of whole-body PET with an anatomical prior. IEEE Trans Med Imaging. 2014; 33: 636-50.