

骨 SPECT/CT 定量解析ソフトウェア GI-BONE の紹介

日本メジフィジックス株式会社 画像情報センター
大崎 洋充

1. はじめに

核医学は、定量評価の能力に長けるため、多施設共同研究を推進しやすく、エビデンスの構築が得意である。骨転移診断における骨シンチの役割は、造骨性病変の高い検出能から、他のモダリティにない優位性を有する。しかし、長い間、医師の経験則に基づく定性的な評価が主体であったため、脳血流や心筋血流評価などの他の核医学診断に比してエビデンスの構築に遅れをとってきた。

他方、近年では SPECT/CT の普及が進んでおり、本邦では 2016 年 1 月時点で、298 台導入されている¹⁾ (図 1)。それらの SPECT/CT 装置を用いることで、減弱・散乱補正を行うことが可能となり、定量性の向上が期待される。最近の報告²⁾では、膀胱内の放射能濃度を高い精度で評価できることが示唆されており、市販されている SPECT/CT 装置の高い補正精度が示されたと言って良い。これからは、SPECT/CT 装置の活用が、定量評価の新たな幕明けをもたらすことと思われる。

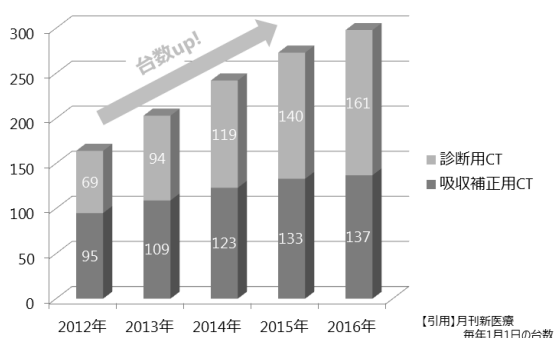


図 1 SPECT/CT 装置の国内台数

2. GI-BONE の特徴

GI-BONE は、日本メジフィジックス社が独自に開発した骨 SPECT/CT 画像を用いたベンダーフリーな骨シンチの SUV 定量ソフトウェアである。AZE 社により、AZE Virtual Place 準 (薬事認証番号 : 22000BZX00379000) として単体ソフトウェア販売されており、GI-BONE は腫瘍解析パッケージに含まれる 1 アプリケーションである。近年、SUV 解析が可能な SPECT/CT 装置が販売されているが、多くの SPECT/CT 装置は、SUV 解析を行うことが不可能である。

GI-BONE は、SPECT 画像をカウントスケールから PET と同様の放射能濃度スケールに変換する BCF (Becquerel Calibration Factor) を算出するツールを有しており、既知の放射能濃度の円柱ファントムをスキャンして BCF を求める。BCF は臨床データにも適用され、臨床の SPECT 画像は、カウントスケールから、PET と同様の放射能濃度を有する画像に変換される。放射能濃度の SPECT 画像は、主に投与量と体重で正規化された SUV に変換することが可能であり、集積強度を定量することが可能となる。

2-1. BCF の設定

BCF は、30-100MBq 程度の ^{99m}Tc 溶液を封入した円柱ファントムをスキャンして算出する。シリンジ (点線源様) でも BCF

は算出可能であるが、円柱ファントムの方が、人体に近い散乱線分布を示すことやカウントオーバーフローのリスクを考慮すると、円柱ファントムの方が安定した定量を可能とする(図2、図3)。BCFは、導入時に必須で設定する必要がある。経時的なBCFの変動は未知な部分が多いので、定期的な測定(例えば、1年に1度)を推奨する。



図2 BCF スキャンの様子

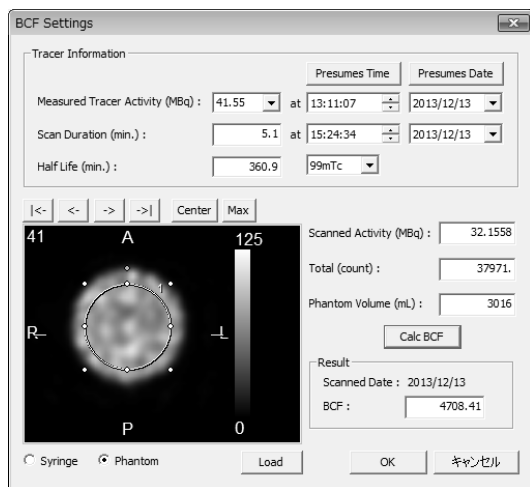


図3 BCF 算出ツール

2-2. SUV 化の概要と有用性

SUV 変換は、BCF を乗算した SPECT 画像に Volume of Interest (VOI) をとったのち、VOI 計測値を、“撮像開始時の投与量 (Bq) ÷ 体重 (g)” で除することで行われる。したがって、体重や投与量と投与

時刻(もしくは検定放射エネルギーと検定時刻)と撮像開始時間、撮像時間 (min/bed) などの情報が必要となる。撮像開始時間と撮像時間は、DICOM ヘッダーから自動で入力される SPECT/CT 装置が多い。

SUV 化された SPECT 画像は表示濃度が自動で正規化されるため、例外的な症例を除き、予め適切な SUV 上限値を表示濃度に設定しておけば患者の膀胱内トレーサ量や体重、投与量に依存する濃度調整が不要となり、客観的な比較が可能となる(図4)

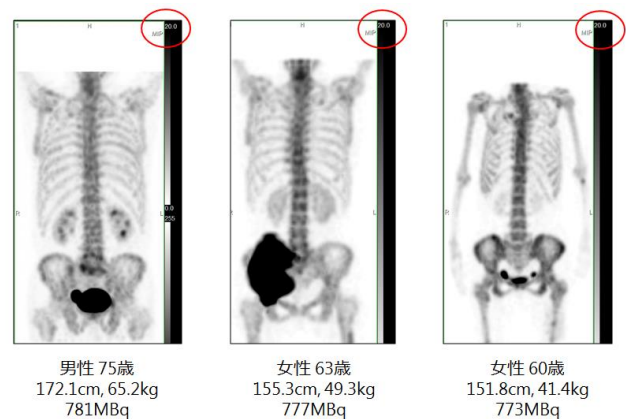


図4 SUV スケールの MIP 画像
(SUV 上限=20 に設定)

従来、骨 SPECT 画像の集積強度は、VOI を用いて“カウント”で計測した場合、投与量や体重などに依存するため、正確な比較評価が困難であった。しかし、SUV 化された SPECT 画像は、それらを加味した集積強度を示す数値指標となり、同一被検者の経時的な集積強度比較や患者間の比較が可能となる。図5は、治療前後の SPECT/CT 撮像を行った症例である。上段の治療前の MIP 画像と下段の治療後の MIP 画像を定性的に比較しても、集積強度の変化を捉えるのは困難である。しか

し、SUV で評価すると、治療前が SUVmax=19.9 であるのに対し、治療後に SUVmax=13.6 となっており、骨代謝が減少している状況を捉えることができる。

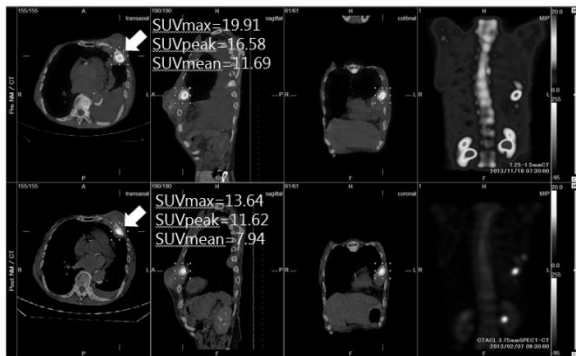


図5 定量的な骨代謝量の比較例

2-3. オリジナルの SUV 解析ツール

正確な定量評価、特に Inter-observer Variability の少ない定量評価を行うことは、エビデンスの構築にとって、重要である。GI-BONE は、骨の評価にとって、“ノイズ”となる生理的集積を除外するための生理的集積をマスクする機能（日本メジフィジックス特許技術）を搭載している。これは、CT 画像を用いて骨領域を特定することが可能である過去の論文報告を応用した技術である。また、評価病変を半自動で抽出する機能を有している。具体的には、例えば「SUVpeak が高い5つの病変の VOI を取る」などの処理を、ある程度自動に行うことが可能である（もちろん、最終的には読影医による確認が必要であるが）。

2-4. 多種の SUV 指標

GI-BONE は、最も一般的な体重で正規化した SUV に加えて、PET の治療効果判定で推奨されている除脂肪体重で正規化

した SUL、体表面積で正規化した SUVbsa、日本人に最適な除脂肪体重の近似式を用いた SULj、日本人骨ミネラル量で正規化した SUVbmc などを搭載している。また、統計ノイズの影響を受けやすい最大値を用いた SUVmax に加えて、Peak 値や% threshold (Max 値の任意の%領域を抽出する機能) を用いた SUV などを提供している。今後、臨床的有用性の検証が研究的に行われることを期待している。

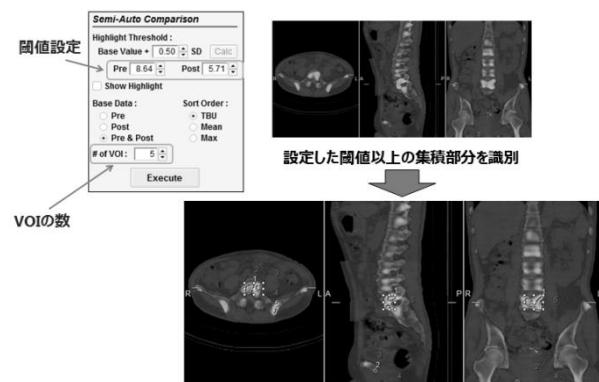


図6 オリジナル SUV 解析ツール群

3. 骨 SPECT における SUV の臨床的可能性

近年、臨床において骨転移の治療法の多様化が進んでいる。特に、前立腺がんにおける骨修飾薬（ゾレドロン酸やデノスマブなど）や ^{223}Ra を用いた α 線内用療法などは注目されている。多様性は、患者に次なる治療法の選択肢を提供し、引いては QOL の向上や生命予後の延長が期待される。

一方、診療科の医師や骨転移を評価する放射線科医は、治療法の変更や継続を判断するための情報を得なければならない。長い間、骨シンチは Planar 画像を用いた 2 次元的な評価が主体であったが、SPECT/CT 装置が普及してきた本邦の環

境において、今後は3次元的に、かつCTなどの形態情報も加味した診断を提供することがインフラの有効活用に繋がることと思われる。過去のReview論文においても骨転移診断は、SPECT/CT（≡ NaF-PET/CT）>SPECT>Planarであると報告されている³⁾。また、補正技術の向上は、SPECTに定量化という新しい可能性を提供した。今後は、SUVを用いた定量評価が治療法および治療薬の選択にとって有用な情報を提供することが個別化医療への道を開くものと期待している。

4. 参考文献

1) 月刊新医療 2016年3月号

2) Zeintl J1, Vija AH, Yahil A, et al. Quantitative accuracy of clinical ^{99m}Tc SPECT/CT using ordered-subset expectation maximization with 3-dimensional resolution recovery, attenuation, and scatter correction. J Nucl Med 2010; 51:921-928.

3) Evangelista L, Bertoldo F, Boccardo F, et al. Diagnostic imaging to detect and evaluate response to therapy in bone metastases from prostate cancer: current modalities and new horizons. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2016 Jul;43(8):1546-62.