

論文内容の要旨

Diagnostic Performance of Quantitative Ga-SPECT/CT for Patients with Lower-limb Osteomyelitis

下肢骨髓炎例における定量解析併用 Ga-SPECT/CT の診断能

日本医科大学大学院医学研究科 臨床放射線医学分野

大学院生 西川 慈 人

*European Journal of Hybrid Imaging* 第6巻 第27号(2022)掲載



## 背景

下肢骨髄炎 (lower-limb osteomyelitis: LLOM) 患者はしばしば下肢切断術を必要とし、死亡などの重大な有害事象を生じることから、転帰の改善のため、早期診断とリスク層別化が重要である。LLOM が疑われた症例に対する画像診断としては単純 X 線写真やコンピュータ断層撮影 (CT)、磁気共鳴画像 (MRI) が広く行われている。また、これらの検査による形態的評価とともに、機能的評価を行うために核医学検査も行われており、このために用いられる放射性医薬品の一つがクエン酸ガリウム (Ga) である。Ga を用いた検査として従来から行われてきたプラナー画像や SPECT 画像では、機能的評価しか行うことができないため、局所病変に対する診断能に限界があるが、近年行われている SPECT/CT 画像では、機能的評価と形態的評価とを同時に行うことができることから、診断の信頼性を大きく向上させる結果をもたらしている。これに定量解析を併用することは、診断向上のための新たなアプローチであるが、その診断能についてはこれまで十分に検討されてこなかった。

本研究の目的は、LLOM 患者を対象として、Ga を用いた SPECT/CT 画像について定量解析を併用した場合の診断能を評価することである。

## 方法

2012 年 4 月から 2016 年 10 月までに日本医科大学付属病院において LLOM が疑われた症例 111 例のうち、併存疾患の増悪や転院などによって所定の経過観察を行えなかった例などを除外して、連続する 103 例を解析した。ルーチンプロトコルに基づき、全例に Ga を静注して、SPECT/CT 画像によるガリウムシンチグラフィ (Ga-SPECT/CT) 検査を施行した。

プラナー画像、SPECT 画像、SPECT/CT 画像のそれぞれについて視覚的評価を行い、健側組織をバックグラウンドとして、これより高い集積を陽性とした。また SPECT/CT 画像を用いて、ソフトウェアによる定量解析を行い、病変・バックグラウンド比 (lesion-to-background ratio: LBR)、最大標準化取込値 (maximum standardized uptake value: SUVmax)、全病変取込値 (total lesion uptake: TLU) を算出した。プラナー画像および SPECT 画像、SPECT/CT 画像について視覚的評価を行った。また特に SPECT/CT 画像については LBR・SUVmax・TLU の 3 つの定量解析指標を計測、ROC 曲線を作成し、各指標についてカットオフ値を決定した。

予後の評価のため、5 年間の観察期間を設定し、骨髄炎再発・下肢切断術・死亡の 3 つの発生を有害事象 (major adverse event: MAE) とした。検査後、有害事象が発生するまでの期間について Cox 比例ハザード回帰分析によって検討し、まず単変量解析を行ったのち、有意差を認めたものについて多変量解析を行った。

## 結果

103 例中 54 例が LLOM と診断された。LBR、SUV<sub>max</sub>、TLU は LLOM 症例で有意に高かった（それぞれ 12.23 vs 1.00、4.85 vs 1.34、68.77 vs 8.63;  $p < 0.001$ ）。SPECT 画像を用いた視覚的評価によって LLOM を診断した場合、感度は 80%、特異度は 35%であった。SPECT/CT 画像を用いて LLOM を診断した場合の感度と特異度は、視覚的評価で 81%と 92%、LBR による評価で 91%と 96%、SUV<sub>max</sub> による評価で 89%と 94%、TLU による評価で 91%と 92%であった。MAE は LLOM 患者 54 例中 23 例(43%)に発生した。それぞれの定量解析手法について検討した結果、TLU は独立した予後予測因子であることが確認された ( $p = 0.047$ )。

## 考察

SPECT/CT では、SPECT による機能的評価と CT による形態的評価とを加味することによって診断能が向上すること、またこれに定量解析を導入することによって更に診断能の向上が得られることが確認された。今回検討した 3 つの定量解析手法のうち、LBR は健側の組織の集積と病巣の集積とを比較するという放射線科医の読影手法に近い原理であり、手動の部分が多いため、評価者ごとの差異を生じやすいという問題がある。また SUV<sub>max</sub> は FDG-PET/CT の評価において臨床で広く用いられている手法だが、全身における放射性医薬品の分布を加味して算出されるため、LLOM のほかにも炎症の病巣があった場合、その影響を受けやすいという問題がある。これに対し、TLU は LBR よりも客観的・自動的に算出できるために評価者ごとの差異が生じにくく、また SUV<sub>max</sub> よりも局所の炎症活性を正確に評価できる手法である。今回、Ga-SPECT/CT において TLU を用いた定量解析が予後予測に有用であることが確認されたが、LLOM に対する診断という点では FDG-PET/CT も有用であることが報告されている。現在、日本では LLOM において FDG-PET/CT は保険適用の範囲外とされているが、世界的には保険適用が拡大される傾向にあることから、今後、これらの定量解析手法の敷衍・応用に関する研究が望まれる。

## 結論

LLOM 患者に対する Ga-SPECT/CT 検査は、定量解析を併用することにより、従来の画像診断と比較して優れた診断能を示し、また特に TLU を用いた定量解析では予後予測能も優れていた。この結果は、保険適用や放射性医薬品の供給などのため、感染症患者に対する FDG-PET/CT が一般的に利用できない国において、Ga-SPECT/CT が LLOM の診断のための良い代替手法となることを示唆するものである。