

Tc-99m 骨シンチグラフィにおける 散乱線低減のためのエネルギーウィンドウ 設定および画像処理法に関する検討

尾方光一郎¹⁾ 石橋 正敏²⁾

1) 福岡徳洲会病院放射線部

2) 久留米大学医学部放射線医学講座

Study of the Energy Window Setting and Image Processing Method for Reduction of Scatter Fraction in Tc-99m Bone Scintigraphy

Kouichiro OGATA¹⁾ and Masatoshi ISHIBASHI²⁾

1) Division of Radiological Technology, Fukuoka Tokushukai Hospital

2) Department of Radiology and Division of Nuclear Medicine, Kurume University School of Medicine

(article received : Nov 2, 2010)

Key words : Optimal energy window, Triple energy window method, 13% window method, scatter fraction, Bone scintigraphy

緒 言

骨シンチグラフィ（以下、骨シンチ）に代表されるような Tc-99m による RI imaging は、従来 single energy window として 140 keV を中心とした 20% 幅（以下、20% 法）を用いた撮影が主流である。しかし、画質改善を図り、より診断価値の高い画像を提供する意味において、エネルギー分解能 (9.35%) を考慮したエネルギーウィンドウとして 140 keV を中心とした 13% 幅（以下、13% 法）を用いることで、直接線成分を減少させることなく散乱線含有割合を効果的に減少させようとする方法が提唱されている¹⁻³⁾。また散乱線補正を簡便に精度よく行う方法に TEW (triple energy window) 法⁴⁾がある。臨床において、どのエネルギーウィンドウ設定を選択し収集することが適切なのか、臨床データを用いて比較検討を行った。

方 法

Tc-99mHMDP (hydroxy methylene diphosphate) による骨シンチでの胸部 planar imaging を single energy window 13% 法と main window 20%

sub window 7% の TEW 法で時間を一定にして収集を行った。Tc-99mHMDP (740~925 MBq) 投与後、約 3 時間後に撮像を開始した。時系列的には、全身像の撮像後、追加スポット撮像が必要と考えられた被検者に対して、最初に TEW 法にて収集し、その直後 13% 法にて収集を行った。得られた 3 つの 20% 法、13% 法および TEW 法の画像データを Prominence Processor Ver. 2.5 (核医学画像処理技術カンファレンス) を用いて処理し、以

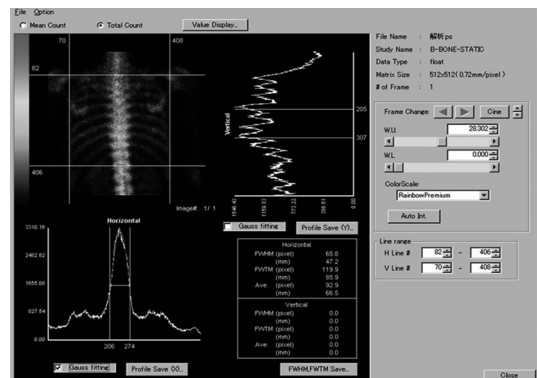


Fig. 1 Prominence Processor を用いた FWHM および FWTM 解析画面

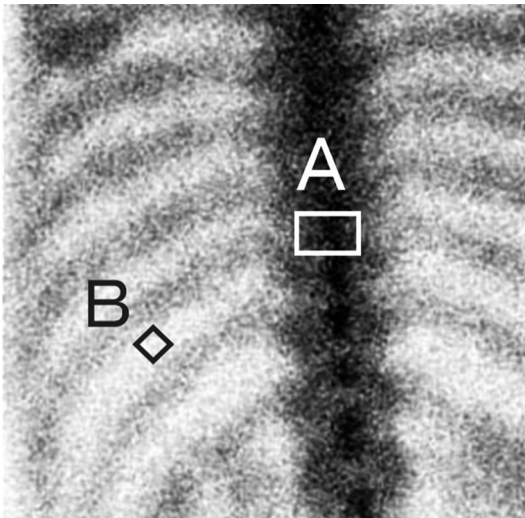


Fig. 2 関心領域の設定

A : 椎体部 (35×25ピクセル), **B** : 肋骨間 (15×15ピクセル)

下の2つのデータを算出した。まず **Fig. 1** に示すように胸部背面像に対して、horizontal 方向でのプロフィールカーブを Gauss fitting させ半値幅 (full width at half maximum, 以下 FWHM) と 1/10 値幅 (full width at tenth maximum, 以下 FWTM) を算出した。つぎに、コントラスト値 (C) として、椎体 (35×25ピクセル) と背面肋骨間 (15×15ピクセル) に矩形の関心領域 (region of interest, 以下 ROI) を設定し (**Fig. 2**), 椎体における ROI 内の 1 ピクセルあたりの平均カウント (A) と、背面肋骨間における ROI 内の 1 ピクセルあたりの平均カウント (B) から次式により算出した。

$$C = (A - B) / A$$

さらに、画像の視覚的評価も行った。視覚評価担当は診療放射線技師 3 名、核医学専門医 1 名にて行い、視覚的評価の手段として、汎用カラー液晶モニターにおいて検討を行った。画像は linear スケールを使用し、window level は 0 ~ 100%, 白黒表示とした。

使用機器および収集条件

東芝製対向 2 検出器型ガンマカメラ (GCA7200 A/DI), データ処理装置は GMS5500/DI を用い、コリメータは低エネルギー高分解能コリメータ

(LEHR) で、イメージマトリックス 512×512, 収集時間は 2 ないし 3 分間のデータ収集を行った。

対 象

臨床データの中から、十分なカウントが得られた群として 20% 法において、収集カウントが 1,000 k カウント前後 (平均 1,081 k カウント) のデータを⁵⁾, カウントが不足した群として 20% 法において、収集カウントが 450 k カウント前後 (平均 475 k カウント) のデータを用いた。両群ともに 5 例, 合計 10 例を用い、年齢は 56~86 歳の男性 (平均 73 歳) であった。なお、追加撮影することに関しては予め同意を得ている。

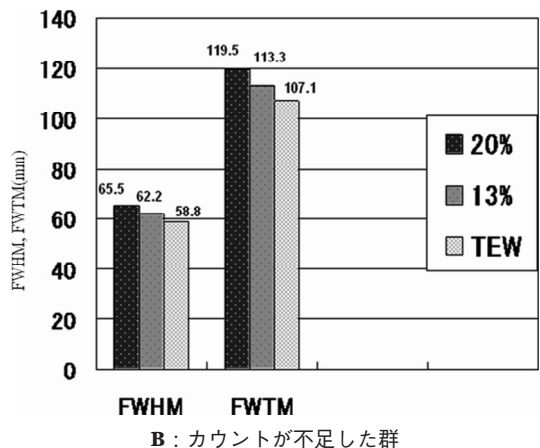
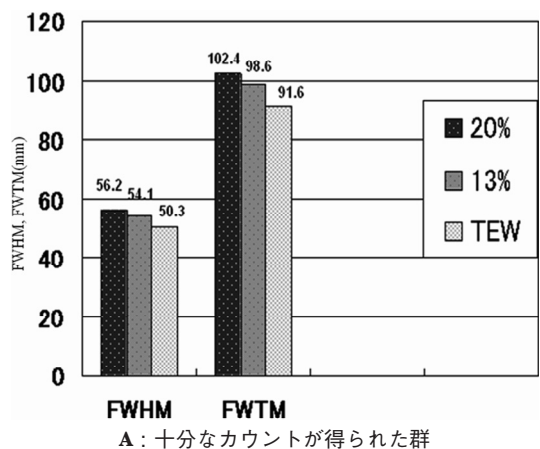


Fig. 3 Prominence Processor を用いた FWHM および FWTM 解析

結 果

1) FWHM および FWTM による評価

Fig. 3 に測定された FWHM および FWTM の平均値の比較を示す。十分なカウントが得られた群において、平均値 FWHM と FWTM での比較では、TEW 法が FWHM 50.3 mm, FWTM 91.6 mm と最も小さな値を示し、最も優れていた。13%法においては、それぞれ 54.1 および 98.6 mm で中間的位置よりはやや20%（それぞれ 56.2 および 102.4 mm）寄りであった。

カウントが不足した群においては、全体的に FWHM および FWTM とともに低下する中、十分なカウントが得られた群と同様に TEW 法がそれぞれ 58.8 および 107.1 mm で最も優れていた。なお、13%法においては、それぞれ 62.2 および 113.3 mm で中間的位置づけであった。20%法は、それぞれ 65.5 および 119.5 mm であった。

2) コントラストによる評価

Fig. 4 に測定されたコントラストの平均値の比較を示す。十分なカウントが得られた群においては、TEW 法が0.848と最も大きな値を示し、その評価において最も優れていた。なお、13%法においては0.806で、中間的位置よりはやや20%法(0.780)寄りであった。

カウントが不足した群においては、全体的にコントラスト値が低下する中、十分なカウントが得られた群と同様に TEW 法(0.815)が、その評価において最も優れていた。なお、13%法(0.795)においては、中間的位置づけであった。

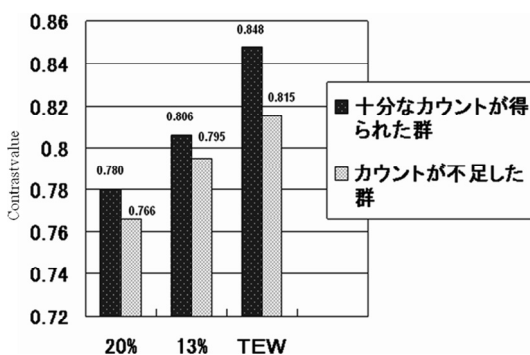


Fig. 4 コントラスト値の比較

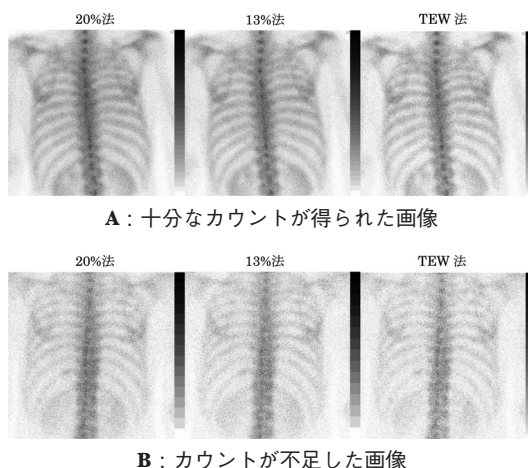


Fig. 5 臨床画像

3) 視覚的評価

Fig. 5 に臨床画像の1例を示す。十分なカウントが得られた群では、20%法との比較において、13%法、TEW 法に画質改善が認められた。特に TEW 法は、有意に画質改善の効果が認められた。13%法はその評価において中間的位置よりはやや20%よりであった。カウントが不足した群においては、評価が難しい中、特に、TEW 法は、計数値の減少に伴い、統計ノイズが強調される結果となった。

4) 計数値の比較

Table 1 に計数割合を示す。20%法の全計数値を100%としたとき、十分なカウントが得られた群では、13%法における計数割合は79.6%、

Table 1

20%を基準にしたときの各種法の全計数値割合(平均)

	十分なカウントが得られた群	カウントが不足した群
20%	1	1
13%	0.796	0.777
TEW	0.689	0.709

20%を基準にしたときの各種法の ROI-A 内の計数割合(平均)

	十分なカウントが得られた群	カウントが不足した群
20%	1	1
13%	0.821	0.812
TEW	0.751	0.748

TEW 法における計数割合は68.9%であった。カウントが不足した群においては、13%法における計数割合は77.7%、TEW 法における計数割合は70.9%であった。

また、ROI-A の計数値の比較では20%法を100%としたとき、十分なカウントが得られた群では、13%法における計数割合は82.1%、TEW 法における計数割合は75.1%であった。

カウントが不足した群においては、13%法における計数割合は81.2%、TEW 法における計数割合は74.8%であった。13%法は、全計数値、ROI-A、群にかかわらず、約20%の減少であったが、TEW 法での全計数値では、両群ともに約30%減少であったが、ROI-A では25%減少となり、ROI の設定において差異を認めた。

考 察

骨シンチは、形状、大きさの違う骨が複合した構造であり、単純な構造ではない。また、骨転移、骨折、変形性変化との区別が求められ、特に骨転移においては、骨硬化型に見られる hot spot あるいは骨溶解（溶骨）型にみられる cold spot のように、カウントの高い部分だけではなく、カウントの低い部分も同時に観察することが重要であり、分解能・コントラストの高い画像が要求される。

本研究における FWHM、FHTM、コントラスト値を用いた定量的評価において、十分なカウントを得られた場合、従来の20%法に比べて13%法や TEW 法に有意な差異を認めたことは、診断価値の高い画像を提供する意味において、有用な方法として考慮すべきであると考えられる。なお、TEW 法は、カウントが不足した場合でも20% window の情報も存在することから、柔軟に対応できると考える。

視覚的評価では、十分なカウントが得られた群では13%法や TEW 法画像に画質改善が有意に認められたが、カウントが不足した群において評価を難しくした。定量的評価結果が示すように、20%と比較して、13%、TEW 法は、散乱成分が少ない分、コントラストは高く評価できた。しかし、計数の絶対値が不足する中で、13%、TEW 法はさらに計数の減少に繋がりが、特に集積の低い

部分では、統計ノイズが強調された。総合的評価として、コントラスト中心に評価するのか、雑音により少なく見える画像を中心に評価するのかによって、結果が違ってくると考えられる。

散乱線は偽計数であり、広義的には雑音（ノイズ）に含まれ、不必要な計数である。しかし、計数の低下した画像に TEW 法で処理したとき、散乱線というノイズは除去できるが、そのことで統計ノイズが強調される結果を招いたと考えられる。計数の絶対値が不足した状況では、統計ノイズが目立つ画像の視覚的評価から、イメージ全体のカウントを増加させる散乱線は、線源の周りにボケを生じさせ、いわゆるスムージング効果の役割を果たしている可能性があると考えられる（Fig. 5）。

計数割合について、1ピクセルあたりのカウントが高い領域すなわち信号成分の多い領域である ROI-A 計数値では、13%法では約18%減少し、TEW 法では約25%減少となったが、1ピクセルあたりのカウントが低いすなわち散乱線成分を多く含む領域が多く占める全計数値では、13%法で約20%減少であったが、TEW 法では約30%減少となった。この計数値減少についての ROI-A 計数値と全計数値との相違は、信号成分の減少が低く抑えられ、散乱線成分の効果的な減少がなされていることを示しているものと考えられる（Table 1）。

第6回全国核医学診療実態調査報告書⁶⁾によると、検査数の最も多いのは骨シンチである。その骨シンチは従来から20%の single energy window を用いた収集が踏襲され、コントラストや画質を良くするための検討があまり行われていないのが現状である。また、今までは、フィルム出力が主流で、出力パラメータ、フィルム特性によって低濃度部分がカットされ、コントラストの高い画像として加工出力することも可能であったが、最近では、PACS や電子カルテの導入により、モニター診断が主流となり、今までは観えにくかった散乱線によるカブリがより鮮明に確認できるようになってきている。今後、モニター診断を考慮した画像収集・処理が求められる。

使用機器に TEW 法のソフトが搭載されていて、十分なカウントを得ることが可能であるなら

ば TEW 法による画像処理がコントラストや画質を向上させ、視覚的評価でも他と比較して有意な差異を示唆していると考ええる。しかし、TEW 法のソフトが搭載されていないと、十分なカウントを得ることが可能であるならば、13%収集はその有用性を評価できると考える。

結 語

骨シンチにおける RI imaging の適切なエネルギーウィンドウ設定を、従来の20%法を基準にエネルギー分解能を考慮した13%法と TEW 法について臨床データを用いて評価を行った。その結果、TEW 法は散乱線補正を簡便に精度良く行うことが臨床的にも確認できた。13%法は TEW 法が搭載されていない施設において有効な手法であり、十分なカウントを得ることを前提に使用することは、散乱線含有割合を効果的に減少させ、画質の向上に繋がることが認められた。

謝 辞

本研究にあたりご助言をいただきました、前熊本大学医学部保健学科 松本政典先生に深く感謝致します。

なお、本論文の要旨は第29回日本核医学技術学

会総会学術大会（平成21年10月、旭川）にて発表した。

引用文献

- 1) 藤田 透，渡辺洋一編：放射線医療技術学叢書（9）「核医学検査技術学入門」：63-65，日本放射線技術学会，1995
- 2) 古嶋昭博，渡辺裕之，荒尾裕一，他：核医学イメージングにおけるエネルギー分解能を考慮した適性エネルギーウィンドウ設定についての検討—第1報：エネルギースペクトルによる解析—，核医学技術，**26**(3)：167-175，2006
- 3) 古嶋昭博，渡辺裕之，荒尾裕一，他：核医学イメージングにおけるエネルギー分解能を考慮した適性エネルギーウィンドウ設定についての検討—第2報：プランナーイメージングによる評価—，核医学技術，**27**(4)：245-255，2007
- 4) 市原 隆，本村 信 篤：Triple Energy Window (TEW) 法による散乱線補正法の開発，日放技学誌，**49**：1809-1811，1993
- 5) 日本核医学技術学会核医学画像の定量化・基準化のための調査研究ワーキンググループ：核医学診療の実態と画像の収集・処理・表示・出力のポイント，核医学技術，**28**：13-66，2008
- 6) 社団法人 日本アイソトープ協会 医学・薬学部会 全国核医学診療実態調査専門委員会：第6回全国核医学診療実態調査報告書，RADIOISOTOPES，**57**：498-500，2008