

氏名	白川 誠士
学位の種類	博士(医学)
学位記番号	乙第511号
学位授与の日付	平成27年3月12日
学位論文題名	デュアルエネルギーを用いる ¹¹¹ Inプラナー画像の減弱補正 - モンテカルロシミュレーション定量解析環境における研究 -
指導教授	外山 宏
論文審査委員	主査 教授 八谷 寛 副査 教授 尾崎 行男 教授 井澤 英夫

論文内容の要旨

【諸言】

ガンマ線の減弱は、核医学検査の定量性を低下させる因子の一つである。減弱補正法は、多方向から撮像し、3次元の情報に再構成するSPECT(single photon emission computed tomography)収集を対象とした多くの方法が存在するが、一方向から撮像するプラナー収集は深さ方向のない2次元の情報しか得られないため行われていない。しかし、プラナー収集においても、減弱補正を行うことで、より正確な診断、治療の適不適の判断が可能と考えられる。プラナー画像はSPECT画像よりも解像度が高く、1枚の画像で全身の集積の分布を把握できるため、悪性腫瘍の転移巣の全身分布を評価するのに有用である。我々は¹¹¹Inのデュアルエネルギーを用いるプラナー画像の減弱補正法を考案した。第一章は本法の評価で使ったシミュレーションの精度評価を行った。第二章は本法の方法理論の構築及び有用性についてまとめた。

<第一章>モンテカルロシミュレーションを用いる定量解析環境の構築

【方法】

シミュレーションコードはSIMIND(Simulation of imaging nuclear detectors)を使用した。プラナー、SPECT画像、及びエネルギースペクトルについて、実測実験との比較によりSIMINDの精度を評価した。そして、各種補正法の評価を可能にするため理想画像を作成し、減弱、散乱、空間分解能劣化、統計的変動の影響を検討した。

【結果】

SIMINDより得られたプラナー、SPECT画像、及びエネルギースペクトルは、実測実験とほぼ一致した。また、SIMINDは減弱、散乱などによる画像劣化の影響を個々に評価することができた。

【考察・結語】

SIMINDは、実測実験に用いたガンマカメラを高い精度でシミュレートできることが確認された。さらに、実測実験では取得できない減弱、散乱などのパラメータの推定が可能であり、様々な核医学検査の定量解析への応用が示唆された。

<第二章>デュアルエネルギーを用いる¹¹¹In プラナー画像の減弱補正

【方法】

¹¹¹Inが放出する2つのガンマ線(171、245keVエネルギー)における透過率の差を利用して、点線源の深度を算出した。SIMINDを用いて、数値ファントム(水)内で深度0~20cmまで2cm間隔の点線源のプラナー画像を作成した。その点線源のカウントを測定し、両エネルギーの線減弱係数、171/245keVカウント比-深度の関係式から、点線源の深度を算出し減弱補正を行った。なお、シミュレーションは実測データを想定して減弱と散乱を加味した条件(A(+))S(+))と、完全な散乱補正が行われたと仮定して減弱のみを加味した(A(+))S(-))で行った。減弱補正の評価は、軟部組織、骨、肺の減弱を考慮した均一ファントムと、それらを組み合わせた不均一ファントムを対象として行った。

【結果】

本法はA(+))S(+))では水と軟部組織の深度4~8cmで、誤差が大きくなったが、10cm以降では±10%以内となった。また骨で-30%前後の補正不足、肺で+70%前後の過補正を示した。A(+))S(-))の場合、すべての検討において、誤差は±5%以下となり、良好な結果が得られた。

【考察・結語】

A(+))S(+))の場合、本法は深度4~8cmで、また骨、肺のように吸収体が異なる場合で、2つのエネルギー内の散乱分布が異なるため、誤差が大きくなったと考えられた。しかし、A(+))S(-))の場合、高い精度で補正できることが確認された。今後の臨床応用には散乱補正法を併用していくことで、精度の高い減弱補正が期待できた。現在、臨床的に用いられている¹¹¹In-モノクローナル抗体(Zevalin)、octreotideなどの全身の集積分布評価、治療適応判断がより正確になると考えられた。また、本法は¹¹¹Inの他に²⁰¹Tlや⁶⁷Gaのような複数のエネルギーのガンマ線を放出する核種に対しても応用可能と考えられた。さらに、¹²³Iと¹³¹Iの組み合わせにより、ホットスポットの深度を算出することが可能であり、それにより¹³¹Iによる甲状腺癌術後再発、遠隔転移の治療効果をより正確に判断できる可能性が示唆された。

論文審査結果の要旨

核医学検査は体内から放出されるガンマ線を体外から計測する。3次元の情報を再構成したシングルフォトン・エミッションCT(SPECT)は深部からのガンマ線の減弱が大きいため、多くの減弱補正法が存在する。プラナー画像は深さ方向のない2次元の情報しか得られないため行われていない。しかし、プラナー画像はSPECT画像よりもピクセルが細かく高解像度であること、1枚の画像で全身の集積分布を把握することからプラナー収集においても減弱補正を行いより正確な画像が得られれば、有用と考えられる。本研究は、¹¹¹Inが複数のエネルギーを持つことを利用してプラナー画像の減弱補正法を考案した。第一章はシミュレーションの精度を基礎的に検討した。第二章は考案した減弱補正法の精度をファントム実験とシミュレーションによって確認した。本法は散乱線の影響を受けたが、散乱線がない場合、良好な結果が得られた。これらの研究の一部は、国際的医学雑誌に採択されており、今後の臨床応用において、散乱補正を行うことにより、高精度の減弱補正が期待できた。近年核医学領域では画像診断と治療を融合した新しい概念(Theranostics)が注目されており、¹¹¹In標識のモノクローナル抗体、octreotideの全身集積分布評価による治療戦略に有用性が期待され、学位論文として十分値するものと評価した。