

氏名	小林正尚
学位の種類	博士(医学)
学位記番号	乙第514号
学位授与の日付	平成27年10月6日
学位論文題名	Evaluation of organ doses and effective dose according to the ICRP Publication 110 reference male/female phantom and the modified ImPACT CT patient dosimetry. 「修正を加えたImPACTソフトウェアとICRP publication110標準ファントムを利用した臓器吸収線量、実効線量の評価」 Journal of Applied Clinical Medical Physics 15(5): 246–256. 2014
指導教授	外山 宏
論文審査委員	主査 教授 八谷 寛 副査 教授 才藤 栄一 教授 尾崎 行男

論文内容の要旨

【緒言】

X線CT検査による患者の実効線量の正確な推定は、検査に伴う被曝量を最小限にするために重要である。その方法には、1)数学ファントムを利用したモンテカルロ法、2)人体等価ファントムと放射線量測定機器を利用した実測法、3)被ばく線量推定ソフトウェアを利用した推定法、4)検査後のX線CT装置操作卓に示される線量指標(dose length product; DLP)と国際放射線防護委員会が報告した係数を利用した換算法の4種類がある。迅速な実効線量の算出が求められる医療現場では、簡便な方法である実測法や推定法、換算法が選択されることが多い。推定法は換算法より正確で、実測法より簡便なため利便性が高いが、その信頼性を高める方法は検討されてきていない。

【目的】

本研究は、代表的な推定法であるImPACT dose patient dosimetryソフトウェア(ImPACT)による実効線量推定の信頼性を向上させることを目的とした。すなわち第一に、2011年よりX線CT装置の基礎データが更新されていないImPACTに最新X線CT装置の基礎データを追加することを目的とした。次に、実効線量の定義は、簡易的人体構造のmedical international radiation dose five(MIRD-5; 1969年)ファントムによるものからCT・MRI画像をもとにボクセル単位で詳細に人体構造を模したReference personファントム(国際放射線防護委員会勧告110; 2009年)によるものへ変更された。既存のImPACTはMIRD-5における評価に基づく推定結果しか得られないため、本研究では第二の目的として、評価対象の人体構造をMIRD-5からReference personへ修正することを掲げた。本研究を通して、現行の線量定義に準拠しつつ、最新のX線CT装置を利用した場合の実効線量をImPACTにより推定可能とすることを目的とした。

【方法】

ImPACTに追加する基礎データには、320列X線CT装置(Aquilion ONE ViSION Edition)による測定で得られた線量指標(CT dose index; CTDI)を利用した。MIRD-5からReference

personへの補正係数は、Zhangらの報告を参考に算出した。改変ImPACTによる推定結果の信頼性は、1)既存データの16列X線CT装置と追加した320列X線CT装置とで線量を推定した結果の比較、2)MIRD-5とReference personを評価対象とした場合の線量比較によって評価した。

【結果】

320列X線CT装置の線量推定には、現在まで16列X線CT装置を選択することが推奨されてきた。改変ImPACTでは、320列X線CT装置の線量を推定することが可能となり、16列X線CT装置と比較した結果は、約10%実効線量の低減を認めた。MIRD-5は、Reference personと比較して特に精巣、卵巣、食道で臓器吸収線量がそれぞれ約400、30、200%過大評価になっていることを認めたが、ImPACTの線量評価対象をReference personにすることで差が改善された。

【考察】

本研究では、医療現場で迅速により信頼性の高い実効線量を得ることが可能となるよう、代表的な線量推定ソフトウェアであるImPACTソフトウェアによる推定を改善する方法を実証的に提示した。本研究の限界は、被ばく線量をシミュレーションで得るという定義に由来している。つまり、定義に準拠したモンテカルロ法では、X線CT装置のエネルギースペクトルを正確に再現することが困難であるため真値が得られないという矛盾が生じる。これを克服するためには、Reference person相当の人体等価ファントムを作成し実測法で線量を評価する必要がある。

【結語】

推定法の利便性を維持しつつ、実効線量の信頼性を向上する方法を示した。

論文審査結果の要旨

X線CT検査に伴う被ばく量を最小限にするために、検査時の患者の実効線量の正確かつ迅速な推定が重要である。実効線量の推定にはモンテカルロ法、実測法、ソフトウェアによる推定法、換算法の4法があるが、一定の正確性と簡便さ併せ持つ推定法が臨床現場における実用性の面で優れている。しかし、推定法の代表的ソフトウェアであるImPACT dose patient dosimetry(ImPACT)には、(1)最新CT装置への適用可能性が保証されていないこと、(2)実効線量の定義として、国際放射線防護委員会勧告110による最新のReference personファントムではなく、簡易的人体構造のmedical international radiation dose five(MIRD-5)を用いていることの二点の問題点があった。

そこで本研究では、現行の線量定義に準拠しつつ、最新のX線CT装置を利用した場合の実効線量の推定が可能となるようImPACTを改変し、その信頼性を評価することが目的とされた。改変は、ImPACTに320列X線CT装置(Aquilion ONE ViSION Edition)による測定で得られた線量指標(CT dose index; CTDI)と、Zhangらによって報告されたMIRD-5からReference personへの補正係数を追加することによって行われた。

本研究の結果、320列X線CT装置の線量推定では、従来の推定値が実効線量を約10%過大評価していたこと、またMIRD-5ではReference personと比較して臓器吸収線量が過大評価され、特に精巣、卵巣、食道ではその程度が大きいことが示された。

本研究では、推定法の利便性を維持しつつ、実効線量の信頼性を向上する方法が示された。本研究で示された推定法の改変によって、信頼性の高い実効線量を迅速に推定でき、国際的にも問題になっているCTの被ばく線量の低減に繋がる可能性が示唆された。臨床現場で簡便に被ばく線量を測定できる有益な研究と評価された。

この研究成果の一部は“Evaluation of organ doses and effective dose according to the ICRP Publication 110 reference male/female phantom and the modified ImPACT CT patient dosimetry. J Appl Clin Med Phys. 2014; 15: 4823”に掲載された。

以上より、本研究は学位授与に十分値するものと評価された。