

令和元年5月25日現在

機関番号：33916

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21455

研究課題名(和文) 新規概念(線量分布法)を利用した被ばく線量評価法の確立とそのソフトウェアの開発

研究課題名(英文) Software Development for Estimating the Conversion Factor (k-factor) at suitable scan areas, Relating the Dose Length Product to the Effective Dose

研究代表者

小林 正尚 (Kobayashi, Masanao)

藤田医科大学・保健学研究科・講師

研究者番号：80720979

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：X線CT検査の被ばく線量評価にはdose length productから実効線量を換算するための係数が広く利用されている。しかし、対象領域は、頭部、頸部、頭頸部、胸部、腹部、躯幹部の6領域のみである。さらには、1960年代に開発された簡易な数学ファントムを評価対象とした換算係数であるためより精度の高い数学ファントムを利用することが望ましい。本研究では、国際的な標準人ボクセルファントムに対してのみならず、性別(妊娠女性含む)、年齢、体型、を評価対象にした新たな換算係数法を確立するための研究を行い、6領域以外の任意の検査領域に対しても換算係数を評価可能なソフトウェアを構築を行うことが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果はCTの被ばく線量を簡便に評価可能である。そのため、この研究がもたらす効果は、第一に放射線医学研究報告における線量の信頼性が向上すること、第二に研究報告を集約している国連調査報告書、アンケートやDose-SRを集約している診断参考レベルなど被検者の安全を守る線量指標の信頼性が向上すること、第三に信頼性のある線量値がインフォームド・コンセントにおいて被検者に安心を与えることである。

研究成果の概要(英文)：We developed a k-factor-creator software (kFC) that provides the k-factor for CT examination in an arbitrary scan area. It provides the k-factor from the effective dose and dose-length product by boundary representation phantoms.

研究分野：放射線防護

キーワード：CT 実効線量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

X線CT検査は、白血病・脳腫瘍のリスク増加を助長する、及び、日本において非常に発がん率が高いとの学術報告や福島第一原子力発電所事故の影響を受けて、現在、多くの国民は放射線・放射能に対する不安感を有している。この問題を解消するためには、適正な線量値を明確に示し検査の安全性を公表すること、被ばく線量の低減に務めることを継続する必要がある。現在、多くの医学系研究において、X線CT検査の被ばく線量評価には利便性が高い換算係数法(以下;従来法)が利用されている。算出された線量値は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会が発表する国連報告書にも多く引用されているほど、方法・結果ともに国際的に普及している。その換算係数(k-factor)とは、国際放射線防護委員会が勧告102において報告したCTの線量指標 dose length product; DLP から実効線量を換算するための係数である。一方で、従来法で算出した実効線量が適正に算出されていないこと、評価対象となる人体ファントム間で臓器吸収線量・実効線量に差が生じる可能性がある。被ばく線量の評価対象の定義は、従来法にも利用されている1960年代に開発された簡易的な数学ファントム(medical internal radiation dose; MIRD)であったが、近年、CTやMRI画像から得られた詳細な人体構造データをもとに構築された国際的な標準人ボクセルファントム(国際放射線防護委員会;勧告110)へ変更された。従って、今後は、標準人ボクセルファントムを評価対象にした線量評価が求められる。また、k-factorは、頭部、頸部、頭頸部、胸部、腹部、躯幹部の6領域に対してのみ与えられているため、本来、厳密に線量管理をするべきである限局した領域を重点的に撮影する特殊検査(例:冠動脈CT検査等)への利用が推奨されていない。その結果、撮影範囲は心臓のみにもかかわらず胸部のk-factorを利用する「適応範囲の拡大解釈」が普及し、線量値に50%もの影響を及ぼす深刻な問題が生じており、被検者の安全を脅かしている。

2. 研究の目的

国際的な標準人ボクセルファントムに対してのみならず、性別(妊娠女性含む)、年齢、体型、を評価対象にした新たな換算係数法(以下;線量分布法)を確立するための研究を行い、6領域以外の任意の検査領域に対しても換算係数を評価可能なソフトウェアを構築することを目指す。

3. 研究の方法

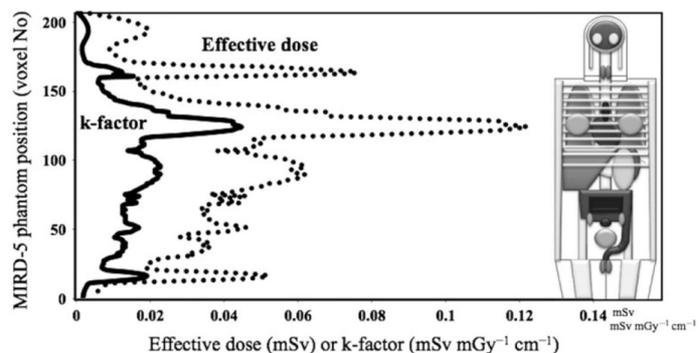
(1)簡易的な人体構造を備えたMIRDファントムに対する線量分布法について
線量分布法概念の正当性を検証するために、線量分布法でMIRDファントムを解析して得た換算係数($k\text{-factor}_{\text{dose profile, MIRD}}$)と、従来法として報告された換算係数(k-factor)との比較を行う。k-factorが6領域に限定されている問題を解決するために、MIRDファントムを評価対象とした線量分布法の結果を利用したソフトウェア(Ver.0)を構築し、任意の検査領域に対する $k\text{-factor}_{\text{dose profile, MIRD}}$ を評価可能にする。同時に、ソフトウェアの操作性に関する問題を明らかにする。ソフトウェア(Ver.0)の動作確認と推定精度を検証するために、臨床の条件にて線量測定を行った結果とソフトウェア(Ver.0)を利用した線量推定結果との比較を行う。

(2)詳細な人体構造を備えたボクセルファントムに対する線量分布法について
線量分布法で国際的な標準人ボクセルファントム(以下;reference person:Ref.P)をはじめ、性別(妊娠女性含む)・年齢・体型が異なるファントム(以下;boundary representation:BREP)を解析し、得られる換算係数($k\text{-factor}_{\text{dose profile, Ref.P or BREP}}$)の違いを検証する。k-factorが有する問題を全て解決するために任意の検査領域に対する $k\text{-factor}_{\text{dose profile, Ref.P or BREP}}$ を評価できるソフトウェア(Ver.1)を構築する。ソフトウェア(Ver.1)の動作確認と推定精度を検証するために、臨床の条件にて線量測定を行った結果とソフトウェア(Ver.1)を利用した線量推定結果との比較を行う。

4. 研究成果

(1)MIRDファントムに対する線量分布法について

提案するk-factorの線量分布法を図1に示す。これより得た6領域のk-factorは国際規格のICRPと線量分布法で頭頸部(0.0031, 0.0037)、頭部(0.0021, 0.0021)、頸部(0.0059, 0.0061)、胸部(0.014, 0.0205)、腹部(0.015, 0.015)、体幹部(0.015, 0.0169)となった。最も誤差の大きい胸部の係数に関してはボクセルファントム形状に由来する下の考える。



(2)詳細な人体構造を備えたボクセル

図1. 線量分布法の基礎データ

ファントムに対する線量分布法について：

詳細なボクセルファントムによる k-factor の線量分布法を図 2 に示す。これより ICRP の提案する k-factor は多くの部位で過小評価となっていることが示唆された。また、頭頸部と下肢領域を除く体幹部では体重の増加に従い k-factor が小さくなった。これより年齢ではなく身長と体重の観点から k-factor を決定することの必要性が認められた。これらを簡易的に評価可能なソフトウェアを図 3 に示す。

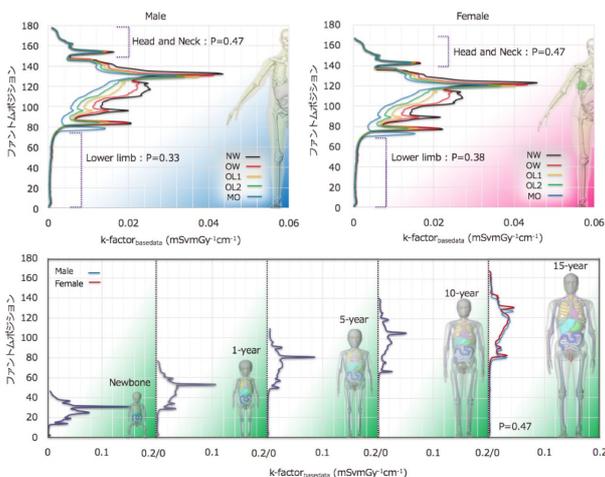


図2.年齢・体型別の線量分布法の基礎データ

(a)

| Region of Body | k (mSvGy ⁻¹ cm ⁻¹) | | | | | |
|--------------------|---|------------|------------|-------------|-------------|--------|
| | 0 year old | 1 year old | 5 year old | 10 year old | 15 year old | Adult |
| Head and neck | 0.018 | 0.0094 | 0.0080 | 0.0063 | 0.0054 | 0.0051 |
| Head | 0.010 | 0.0057 | 0.0051 | 0.0043 | 0.0033 | 0.0020 |
| Neck | 0.030 | 0.0175 | 0.0136 | 0.0097 | 0.0084 | 0.0079 |
| Chest | 0.061 | 0.038 | 0.026 | 0.019 | 0.027 | 0.024 |
| Abdomen and Pelvis | 0.038 | 0.025 | 0.018 | 0.013 | 0.020 | 0.018 |
| Trunk | 0.044 | 0.029 | 0.020 | 0.015 | 0.023 | 0.020 |

(b)

| Region of Body | k (mSvGy ⁻¹ cm ⁻¹) | | | | |
|--------------------|---|--------|--------|--------|--------|
| | NW | OW | OL1 | OL2 | MO |
| Head and neck | 0.0051 | 0.0049 | 0.0049 | 0.0050 | 0.0049 |
| Head | 0.0020 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 |
| Neck | 0.0079 | 0.0075 | 0.0074 | 0.0077 | 0.0074 |
| Chest | 0.024 | 0.021 | 0.019 | 0.018 | 0.016 |
| Abdomen and Pelvis | 0.018 | 0.015 | 0.012 | 0.011 | 0.0081 |
| Trunk | 0.020 | 0.017 | 0.015 | 0.013 | 0.011 |

表1.年齢(a)・体重別(b)のk-factor

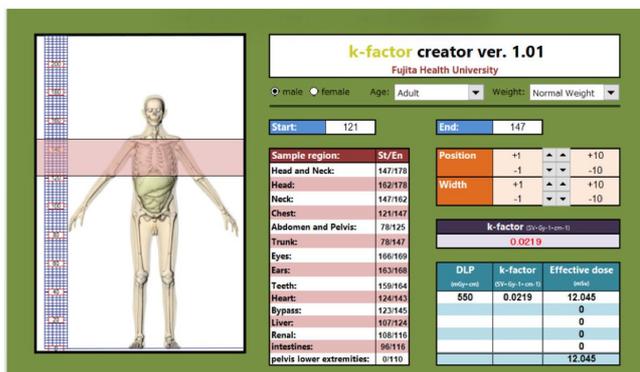


図3. K-factor算出ソフトウェア

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Masanao Kobayashi, Yasuki Asada, Kosuke Matsubara, Syouich Suzuki, Yuta Matsunaga, Ai Kawaguchi, Tomonobu Haba, Hiroshi Toyama, Ryouichi Kato. Software Development for Estimating the Conversion Factor (k-factor) at suitable scan areas, Relating the Dose Length Product to the Effective Dose. Radiation Protection Dosimetry. 174(4):565-574 2017. Doi:10.1093/rpd/ncw256

〔学会発表〕(計 2 件)

小林正尚, 浅田恭生, 鈴木昇一, 松永雄太, 川口愛, 羽場友信, 片岡由美, 木野村豊. 患者体型と撮影領域を考慮した DLP-実効線量換算係数(k-factor)の考案. 第 32 回日本診療放射線技師学術大会. 2016/9/16

Masanao Kobayashi, Yasuki Asada, Syouichi Suzuki, Takumi Ukai, Tomonobu Haba, Yujiro Doi, Ryouichi Kato. Evaluation of k-factor (DLP to Effective dose) with ICRP 110 reference phantom. 日本放射線技術学会第 72 回総会. 2016/4/10-13

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。