

研 究

MU 独立検証ソフトウェアの許容差

－ 施設基準の決定 －

浜松赤十字病院 医療技術部 特殊放射線技術課
名倉大樹, 坪井孝達, 北野光浩, 戸倉一美

要 旨

【目的】放射線治療計画装置 (RTPS) から算出されるモニタユニット (MU) 値と, MU 独立検証ソフトウェア (RadCalc) から算出される MU 値との差を比較検討し, 当院における両者の差の許容範囲基準を設定すること。

【方法】RTPS にて, 仮想水ファントムを作成した。X 線の 6MV と 10MV を用いて照射野サイズと深さを変え, RTPS と RadCalc からそれぞれ算出された MU 値を比較した。次に放射線治療医が作成した約 1 年間の前立腺がんと乳がんの患者プランを使用して両法による MU 値を求め, RadCalc から算出された前立腺および乳房への MU 値を RTPS によるそれと比較して差を求めた。

【結果】RTPS と RadCalc から算出された MU 値の差を, 後者の前者からの差とし, 前者を 100% とした除の百分率 (%) に換算した。仮想ファントムでは, 6MV および 10MV とともに, MU 値の差は, 照射野サイズや深さに関係なくすべて 1% 以内であった。患者プランでは, 前立腺にて 1% の差であったが, 乳房では 2% を越えた。

【結論】乳房にて差が大きかった理由として, 照射野内に空気が多く含まれることによる側方散乱成分の減少と, RTPS と RadCalc の計算アルゴリズムの違いが考えられた。これらの点を考慮し, MU 値の RadCalc における RTPS との差を, 差の平均とその標準偏差の 2 倍から求め, 前立腺は 0.2% から 1.8%, 乳房は -5.2% から +0.4% と設定し, 施設基準とした。今後は設定した施設基準を用いて, RTPS から算出された MU 値の検証を行っていききたい。

Key words

MU 値, 独立検証ソフトウェア, RTPS

I. 緒 言

放射線治療において, モニタユニット (monitor unit : 以下 MU) 値は患者処方線量を決定するための重要な因子であり, 放射線治療計画装置 (radiation treatment planning system : 以下 RTPS) を用いてその算出を行う。一方で算出された MU 値に対して, RTPS とは別の独立した MU 計算システムを用いて数値の再検証を行う必要があると報告されている¹⁾。当院においても, RTPS とは別の計算アルゴリズムを使用した MU 独立検証ソフトウェ

アにて, RTPS から算出された MU 値の再検証を行っている。しかし当院では, MU 独立検証ソフトウェアから算出された MU 値の RTPS からの同値との差の許容範囲が決定されていない。

本研究では, RTPS から算出された MU 値と, MU 独立検証ソフトウェアから算出された MU 値の差を検討し, 当院の施設基準となる両者の値の差の許容範囲を決定した。

II. 方 法

1. 仮想水ファントムでの検討

放射線治療装置は Clinac2100C (Varian 社製), RTPS は XiO (Elekta 社製), MU 独立検証ソフトウェアは RadCalc (LifeLine Software 社製) を使用した. RTPS にて, 立方体 35cm × 35cm × 35cm の中身を水とした仮想水ファントムを作成した. X 線の 6MV と 10MV の正方形照射野サイズ (5, 10, 15, 20, 30cm) と深さ (Dmax, 5, 10, 15, 20cm) をそれぞれ変えて RTPS と MU 独立検証ソフトウェア (以下 RadCalc) から算出されたそれぞれの MU 値を比較し, 以下の式を用いて両者の差を求めた.

$$\text{差}(\%) = 100 \times \left(\frac{\text{RadCalc から算出された MU 値}}{\text{RTPS から算出された MU 値}} - 1 \right)$$

2. 患者プランでの検討

当院において 2011 年 1 月から 2012 年 3 月までに放射線治療を受けた前立腺がん患者 (20 名, 82 プラン) と乳がん患者 (12 名, 39 プラン) を対象とした.

RTPS と RadCalc から算出された前立腺および乳房への各プランにおける MU 値は, 以下の式より吸収線量 (100cGy) あたりの MU 値を換算して比較を行った.

$$\text{MU 値} = \text{RTPS または RadCalc から算出された MU 値} \times \frac{100}{\text{医師の処方した吸収線量}}$$

数値は平均 ± 標準偏差で示し, 各数値の有意差の検定には paired-t 検定を使用した. 危険率 5% 未満を有意差ありとした.

RTPS と RadCalc から算出されたそれぞれの MU 値の差を, 以下の式より求めた.

$$\text{差}(\%) = 100 \times \left(\frac{\text{RadCalc から算出された MU 値}}{\text{RTPS から算出された MU 値}} - 1 \right)$$

III. 結 果

1. 仮想水ファントムでの結果

図1に 6MV の結果を示す. 照射野 10 × 10cm, 深さ 10cm における RTPS での MU 値は 129.1 だった. 一方, RadCalc では 130.1 であり, 両者の差は 0.7% だった. すべての照射野および深さにおいて, RTPS と RadCalc での両者の差は 1.0% 以内であった.

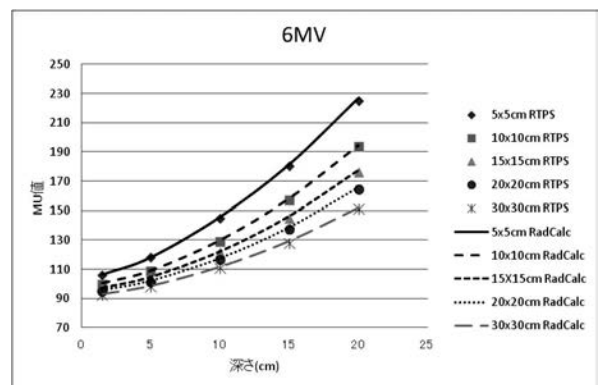


図1 仮想水ファントムにおける 6MV での MU 値 RTPS にて仮想水ファントムを作成し, 6MVX 線の正方形照射野サイズ (5, 10, 15, 20, 30cm) と深さ (Dmax, 5, 10, 15, 20cm) をそれぞれ変えて RTPS と RadCalc から算出されたそれぞれの MU 値を比較したもの.

図2に 10MV の結果を示す. 照射野 10 × 10cm, 深さ 10cm における RTPS での MU 値は 119.1 だった. 一方, RadCalc では 119.3 であり, 両者の差は 0.2% だった. 6MV の結果と同様に, すべての照射野および深さにおいて RTPS と RadCalc での MU 値の差は 1.0% 以内であった.

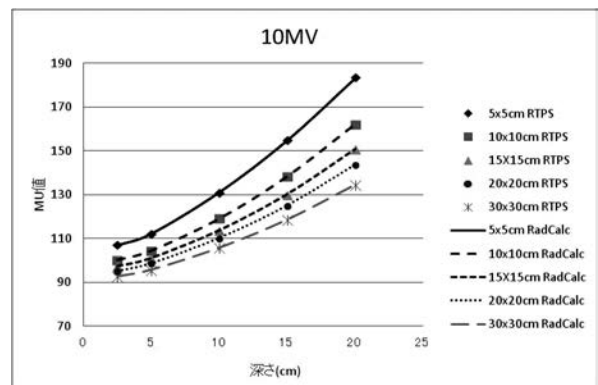


図2 仮想水ファントムにおける 10MV での MU 値 図1と同様で 10MVX 線のもの.

2. 患者プランでの結果

前立腺がん患者における前立腺への MU 値は、RTPS では 149.6 ± 10.5 、RadCalc では 151.0 ± 10.5 と算出され、RadCalc にて高値を示した ($p < 0.05$)。差は $1.0 \pm 0.4\%$ であった。

乳がん患者における乳房への MU 値は、RTPS では 153.1 ± 31.6 、RadCalc では 149.3 ± 29.5 と算出され、RadCalc にて低値を示した ($p < 0.05$)。差は $-2.4 \pm 1.4\%$ であり、前立腺と比較し大きな差となった。前立腺および乳房の MU 値の比較を表 1 に示し、差を図 3 に示した。

表1 患者プランにおけるMU値の比較

	RTPS(n=82)	RadCalc(n=39)	検定
前立腺	149.6 ± 10.5	151.0 ± 10.5	< 0.001
乳房	153.1 ± 31.6	149.3 ± 29.5	< 0.001

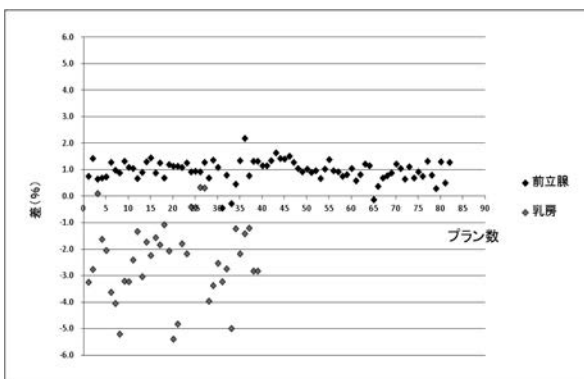


図3 前立腺および乳房における RTPS と RadCalc での MU 値の差

当院において2011年1月から2012年3月までに前立腺と乳房に照射した患者プランの MU 値を RTPS と RadCalc で比較し、求めた差。

IV. 考 察

仮想水ファントムでの結果より、RTPS と RadCalc における MU 値の差は、6MV、10MV とともに照射野サイズおよび深さに関係なく 1.0% 以内であり、両者の差はほとんど認められなかった。この理由として、RTPS とは別のより精度の低い計算アルゴリズムを使用した RadCalc であっても、治療対象が水のような均一な物質の場合は、RTPS と同程度の MU 値算出が可能であると考え

られた。しかし、RTPS および RadCalc の MU 値は、各測定点にて1回ずつしか算出していないため、今後複数回の算出を行い、MU 値の再現性の確認を行う必要があると考えられる。

患者プランにおける前立腺では、RTPS より RadCalc にて高い MU 値を算出したが、差は 1.0% と少なかった。前立腺は骨盤内にあり、前立腺周囲は膀胱や直腸など比較的密度が均一な臓器に囲まれている。このため、仮想水ファントムと同様に、RadCalc は RTPS と同程度の MU 値算出が可能であったと考えられた。一方、乳房では、RTPS の MU 値 153.1 ± 31.6 に対して RadCalc での 149.3 ± 29.5 は低値を示した。差は $-2.4\% \pm 1.4\%$ で、大きな値を示した。RTPS では、Superposition 法という高精度の計算アルゴリズムが用いられている。RadCalc では、Clarkson 法という計算アルゴリズムを用いられている。Superposition 法では1次線と散乱線の不均質を考慮した線量計算が行われるが、Clarkson 法では体内の不均質による散乱線の密度補正が十分に考慮されずに線量計算が行われる²⁾。乳房では接線照射が行われ、照射野内に空気が含まれる場合が多い。照射野は空気と乳房によって不均質となり、側方散乱成分の減少に対する計算アルゴリズムの違いが原因となり、RadCalc から算出された MU 値は RTPS からのそれと比べて大きな差を生じたと考えられた。乳房では両者の差の標準偏差も 1.4% と大きかった。患者ごとに乳房の大きさが異なるため、照射野内の空気と乳房の割合も異なり、不均質の割合も異なることによって、前立腺より乳房での差の標準偏差が大きくなったと考えられる。

放射線治療を行う部位によって、両法による MU 値の差とその標準偏差が異なるため、部位ごとに RadCalc の許容差を設定する必要がある。RTPS に対する RadCalc での MU 値の許容差を標準偏差の2倍の範囲内と設定し、前立腺は 0.2% から 1.8% とし、乳房は -5.2% から $+0.4\%$ とした。今後当院においては、RTPS から算出された MU 値に対して RadCalc での差が許容範囲外だった場合は、RTPS の MU 値を再計算するか、放射線治療医へ報告して再計画を行ってもらうなどの検討

が必要と考えられる。

本研究では、前立腺および乳房に限定して検討を行った。今後は、他の部位に関しても同様の検討を行い、RTPSとRadCalcでのMU値の差の許容範囲を決定していきたい。

V. 結 語

RTPSから算出されたMU値と、MU独立検証ソフトウェアから算出されたMU値の差を検討し、当院の施設基準となる両者の差の許容範囲を決定した。

文 献

- 1) 熊谷孝三. 放射線治療の具体的な安全対策. 熊谷孝三ほか編集. 医療安全のための放射線治療手順マニュアル. 東京: 日本放射線技師会出版会; 2005. p.10-11.
- 2) 工藤 淳. Pinnacle³について -Convolution/Superposition-. 治療計画装置におけるMU値の検討. [internet].[accessed 2012-9-10]. http://tohoku-b.umin.ac.jp/data/20bukaizassi/20_page077.pdf