

3DVHを用いたVMAT線量検証手法の精度検証とその有用性の検討

東北大学大学院医学系研究科 ○ 小笠原 誠 (Ogasawara Makoto)
 土橋 卓 武田 賢
 東北大学病院 診療技術部 岸 和馬 佐藤 清和
 東北大学病院 放射線治療科 角谷 倫之 藤田 幸男 松下 晴雄 神宮 啓一

【背景・目的】

VMAT治療前の線量検証としてファントムを用いた線量分布測定が行われている。現在の線量検証ではファントムに照射された線量が正確であるかの評価にとどまっておき、線量検証で明らかになったビームの線量/位置誤差が患者体内の線量分布に及ぼす影響を評価できていない。近年、ファントムでの線量検証で明らかになった線量/位置誤差を考慮して患者体内の線量分布を予測するアルゴリズムが開発され、そのアルゴリズムが組み込まれたソフトウェアである3DVH(Sun Nuclear Corporation)が市販化された。本研究では、3DVHによる線量検証手法の精度検証を行い、この手法の有用性の検討を行った。

【方法】

本研究では前立腺癌に対してVMATで治療した3症例を検討対象とし、CLINAC 23EX(Varian Medical Systems)、Eclipse ver. 11.0.3(Varian)、3DVH、ArcCHECK(Sun Nuclear)を用いた。治療計画装置(TPS)で計算された治療計画に対して、すべてのリーフ位置に-1.5、-1.0、-0.5、+0.5、+1.0、+1.5 mmの位置誤差をそれぞれ一律に付加した治療計画を作成した。位置誤差が負のときはMLCが閉じる向き、正のときは開く向きとした。これら3症例とError Freeの治療計画との平均相対線量差をTable 1に示す。3DVHでは、TPSで計算したファントム検証プランの線量分布と半導体検出器で実測した線量分布の差異から、PDPアルゴリズム¹⁾を用いてTPSで計算した体内三次元線量分布を修正し、実際の三次元投与線量分布を予測する。故意にMLC位置誤差を付加した治療計画におけるファントム検証プランをArcCHECKにより測定し、これと元の治療計画のファントム検証プランとの差異から3DVHにより修正された体内線量分布を作成した。位置誤差を付加した治療計画の体内線量分布をTPSで再計算し、3DVHで計算した線量分布と比較した。PTVの平均線量(D_{mean})とRectumの D_{mean} を線量評価指標とした。

【結果・考察】

PTVの D_{mean} とRectumの D_{mean} におけるTPSと3DVHの線量計算結果の比較をそれぞれFig.1に示す。ここで、縦軸は各プランにおいてTPSの線量を基準とした場合の3DVHの相対線量差を表す。MLCに正の位置誤差を加えて故意に線量を増加させた治療計画に対して、3DVHの計算結果はTPSと比較して低線量となり、負の位置誤差を加えた治療計画に対しては高線量となる傾向がみられた。また、Table 1より、MLC位置誤差を付加したことによる線量差がPTVに比べて大きかったRectumでは、3DVHとTPSの比較においても線量差が大きい傾向を示した。これらより、PDPアルゴリズムによる線量予測では、ファントム検証プランと実測との線量差が大きい場合、線量修正が不足して体内線量分布を過少または過大評価してしまう可能性が考えられる。

| MLC 位置誤差 | 平均相対線量差 | |
|----------|----------------|---------------|
| | PTV D_{mean} | 直腸 D_{mean} |
| -1.5 mm | -3.1% | -5.1% |
| -1.0 mm | -2.1% | -3.4% |
| -0.5 mm | -1.0% | -1.7% |
| +0.5 mm | 1.1% | 2.0% |
| +1.0 mm | 2.2% | 3.9% |
| +1.5 mm | 3.3% | 5.9% |

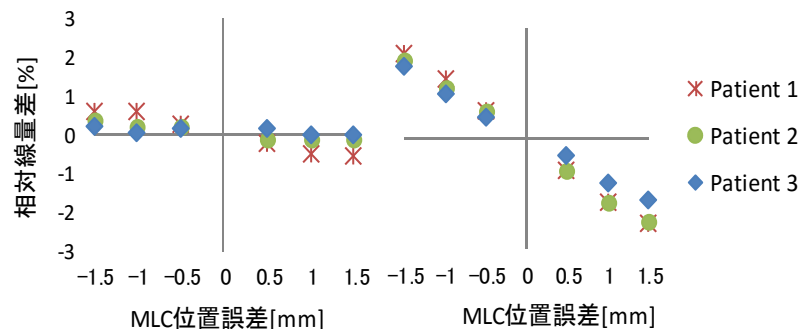


Fig.1 TPS と 3DVH の相対線量比較 (左) PTV D_{mean} 、(右) Rectum D_{mean}

【まとめ】

本研究では、MLCに位置誤差を付加した治療計画を用いて3DVHにおけるPDP アルゴリズムの精度を検証した。3DVHで計算された線量分布は、付加したMLC位置誤差に応じて概ね良好に一致したが、付加した線量差が大きくなるほどTPSの計算値と乖離する傾向がみられた。

【参考文献】

- 1) H. Zhen et al.: Moving from gamma passing rates to patient DVH-based QA metrics in pretreatment dose QA, Med Phys, 38, 5477-5489, 2011
- 2) B.E. Nelms et al.: VMAT QA: Measurement-guided 4D dose reconstruction on a patient, Med Phys, 39(7), 4228-38, 2012