

超音波イメージガイドシステムを用いた前立腺の intrafractional motion の検討

日本海総合病院 放射線部 ○五十嵐 郁美(Igarashi Ikumi)
佐藤 公彦 大川 紗知 佐藤 龍二 川村 司
日本海総合病院 放射線科 黒田 勇気

【背景】

当院では限局性前立腺癌に対し超音波イメージガイドシステムClarity™ (Elekta) を使用し、2022年より強度変調回転照射 (VMAT) にて治療を行っている。従来の画像誘導放射線治療である kV-X線による骨照合では、前立腺やその他の臓器の位置関係を把握することが難しく、CBCTでは臓器の位置を把握し照合できるが、被ばく線量の増加につながる。さらに治療中のintrafractional motionを把握することができない。

Clarity™を用いることで被ばくのない位置照合ができ、intrafractional motionをリアルタイムでモニタリングし評価することが可能となる。

【目的】

Clarity™を用いたintrafractional motionを解析し、前立腺の動きの特性を把握する。さらに解析結果から算出したPTVマージンと現在のPTVマージン(全方向4 mm)を比較して、安全性が確保されているか検証する。

【方法】

対象は2022年1月から12月までにClarity™を用いVMATを行った30名(計1189フラクション)とし、前処置として治療前に排便し、治療1時間前から蓄尿した。

モニタリングデータを解析するため、セットアップ後のモニタリング開始から照射終了までの前立腺の移動量と変位を左右、前後、頭尾方向でそれぞれ算出した。本研究では、前立腺の変位の大きさの絶対値を移動量、変位の中間値を前立腺中心座標と定義した。患者毎の中心座標における平均値の標準偏差を系統誤差 (Σ)、患者毎の中心座標における標準偏差の2乗平均平方根をランダム誤差 (σ) とし、van Herkの式 ($2.5\Sigma + 0.7\sigma$) と Stroomの式 ($2.0\Sigma + 0.7\sigma$) を用いてPTVマージンを算出した。なお、今回の検討ではinterfractional motionについては考慮していない。

【結果】

・前立腺の移動量

モニタリング中の移動量の平均±標準偏差は左

右、前後、頭尾方向で (1.05 ± 0.52 、 1.67 ± 1.44 、 1.08 ± 0.77) mmとなった。左右、頭尾方向に比べ、前後方向の移動量が大きく、平均値も標準偏差も前後方向が一番大きい結果となった (Fig.1)。移動量が4 mmを超えた割合は前後方向が最大となり、次いで頭尾、左右方向の順であった (Fig.2)。

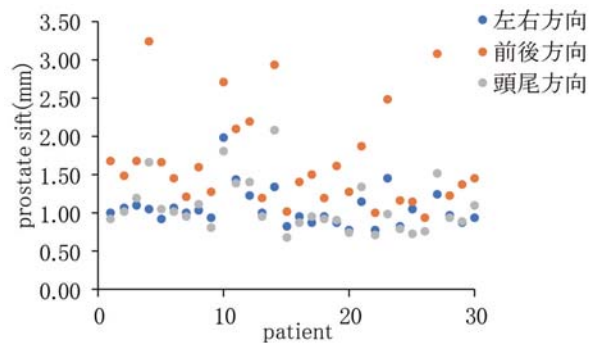


Fig.1 患者毎の前立腺の移動量

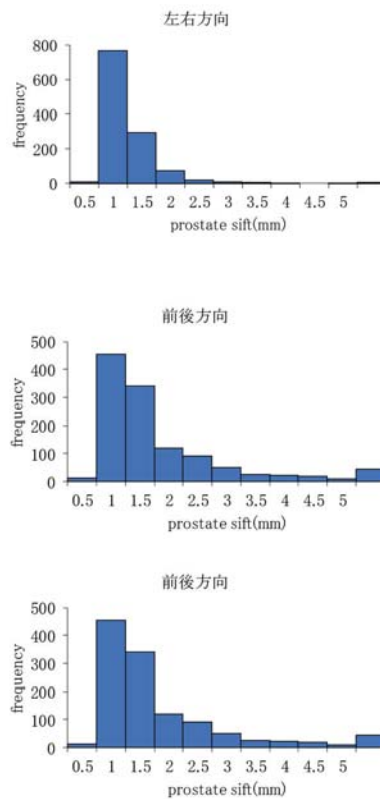


Fig.2 方向毎の前立腺の移動量

・前立腺中心座標の変位

前立腺中心座標の変位の平均±標準偏差は左

右、前後、頭尾方向で $(0.01 \pm 0.68, -0.75 \pm 1.48, -0.58 \pm 0.83)$ mmとなった。移動量と同様に、左右、頭尾方向に比べ、前後方向の変位が大きい結果となった (Fig.3)。さらに前後方向では後側、頭尾方向では尾側に変位する傾向がみられた。左右方向では、方向への偏りは特にみられなかった (Fig.4)。

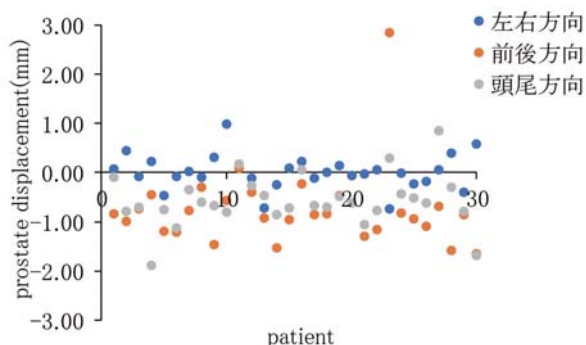


Fig.3 患者毎の前立腺中心座標の変位

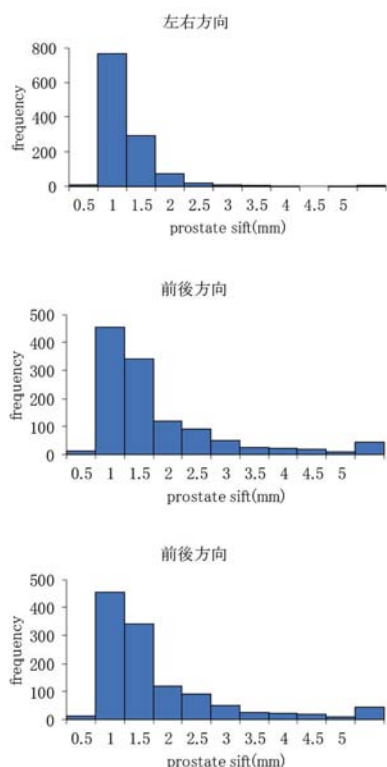


Fig.4 方向毎の前立腺中心座標の変位

・系統誤差 (Σ)、ランダム誤差 (σ)、PTVマージン Σ および σ は左右、前後、頭尾方向で $\Sigma = (0.35, 0.80, 0.53)$ mm、 $\sigma = (0.59, 1.26, 0.65)$

mm、PTVマージンは van Herk の式によると $(1.29, 2.87, 1.77)$ mm、Stroom の式によると $(1.12, 2.47, 1.51)$ mm と算出された。PTVマージンは van Herk の式、Stroom の式ともに前後方向が最大となった。

【考察】

本研究において、前立腺の intrafractional motion の平均値は左右、前後、頭尾方向で $(0.01, -0.75, -0.58)$ mm となり、先行論文と比較したところ、黒澤らの報告¹⁾ $(0.39, -0.75, -0.55)$ mm や Pang らの報告²⁾ $(0.0, -0.6, -0.5)$ mm と同様の傾向を示した。前立腺の変位は前後、頭尾方向で大きく、時間経過とともに後側、尾側に変位する傾向がみられた。これは直腸や膀胱容量、肛門括約筋の脱力による影響が考えられる。また治療時間が長くなると前立腺の移動量が大きくなることから、短時間での治療が望ましいと考える。

今回の解析から算出された PTVマージンの最大は、van Herk の式で 2.87 mm、stroom の式で 2.47 mm であるため、現在の PTVマージンはターゲットを良好にカバーできていると考える。今後 PTVマージンを縮小することで、リスク臓器の線量を減らすことが期待できる。さらに前立腺は時間経過とともに後側、尾側に変位するため、変位しやすい方向を考慮した非等方性マージンについても検討していくことが可能であると考えられる。

【まとめ】

Clarity™ を用いた前立腺の intrafractional motion の解析結果は、左右方向に比べ前後、頭尾方向で大きい傾向を示した。

前立腺の動きの傾向を把握し、現在の PTVマージンでターゲットを良好にカバーできていることが確認できた。今後 PTVマージンの縮小を検討することで、ターゲットの線量を維持しつつ、リスク臓器への線量減少を期待することができる。

【参考文献】

- 1) 黒澤裕司 他: 日本放射線技術学会雑誌 2012; 68: 3: 290-298
- 2) Pang E. et al.: Phys Imaging Radiat Oncol 2018; 5: 102-107