

前立腺癌に対する VMAT とサイバーナイフの線量分布の比較検討

南東北がん陽子線治療センター 放射線治療品質管理室 ○竹内 瑛彦 (Takeuchi Akihiko)
阿部 良知 小森 慎也 遠藤 浩光 大内 久夫 加藤 亮平
太田 裕樹 新井 一弘 小松 俊介 中野渡 優志
福島県立医科大学 加藤 貴弘

【背景・目的】

前立腺癌において放射線治療の成績は手術と同等とされ、前立腺癌治療における標準治療の一つとされている。近年では α/β 値の観点から治療効果/有害事象発生リスク比が理論上有利となる寡分割照射の試みが行われており、2016年の診療報酬改定で限局性前立腺癌に対する定位照射が保険適用となったことから、国内においても前立腺癌に対してサイバーナイフ(CyberKnife: CK)による定位照射が実施されている。しかしながら、空間的線量分布はCKに比べて強度変調回転照射(Volumetric modulated arc therapy: VMAT)の方が優れているとする報告も散見される¹⁻³⁾。

本研究では前立腺癌に対してVMATおよびCKの治療計画を立案し、照射技術の違いによる線量分布の差を比較しそれぞれの特徴を明らかにすることを目的とした。

【使用機器】

- ・リニアック : TrueBeam (Varian)
- ・サイバーナイフ : M6 (Accuray)
- ・VMAT治療計画装置 : Eclipse ver. 11.0.31 (Varian)
- ・CK治療計画装置 : MultiPlan ver. 5.3.0 (Accuray)

【方法】

2016年～2017年の間に当院でVMAT治療を受けた前立腺癌3例を対象とした。VMATについては、エネルギー10 MVの1arc full rotation、コリメータ角度を30°とし、計算アルゴリズムはAAAを使用して計画を立案した。CKについては、エネルギーは6 MV、コリメータは可変コリメータであるIrisを用い、計算アルゴリズムはRay Tracing、目標治療時間を40分以内となるように計画を立案した。

前立腺癌は一般的にステージによって臨床的標的体積(Clinical target volume: CTV)の範囲が異なるため、本研究では症例毎に2種類のCTVを設定した。1つ目はCTVを前立腺のみとした標的(Prostate only: PO)、2つ目はCTVを前立腺+全精嚢とした標的(Prostate + seminal vesicle: PS)を設定した。2種類のCTVに対して、全周5mm、背側のみ3mmのマーゼンをつけたものを計画的標的体積(Planning target volume: PTV)とした。Fig. 1にCTVおよびPTVの設定例を示す。

線量処方PTV D95に対して35Gy/5frにて行った。線量制約は膀胱についてはV50% < 35 cc、D1 cc < 41 Gy、直腸についてはD1 cc < 38 Gy、D2 cc < 35 Gy、V50% < 30%とした。直腸はS状部から肛門管直上と定義し、膀胱および直腸は内側4mmを壁と設定して評価を行った。立案された両者のプランにおいてPTVおよびリスク臓器の線量体積ヒストグラム(Dose-volume histogram: DVH)の比較を行った。

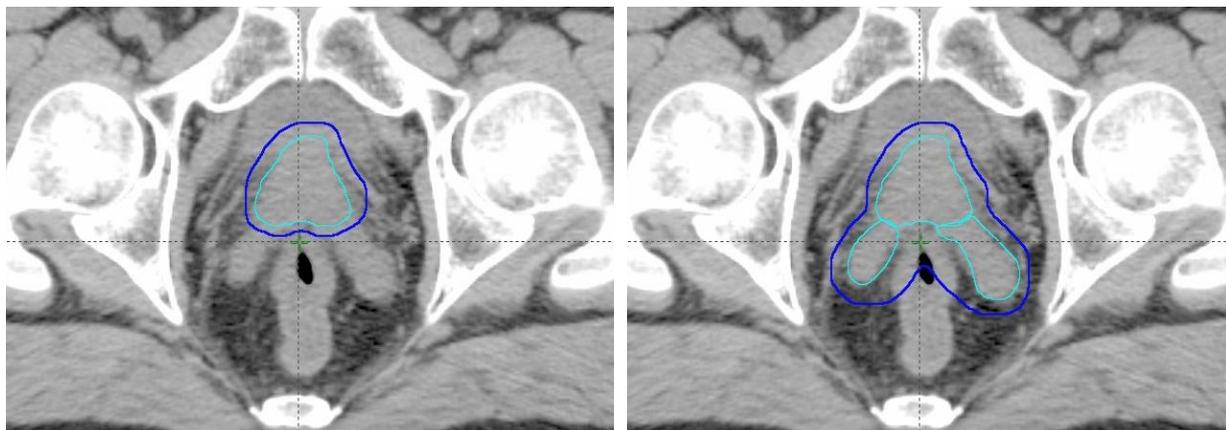


Fig.1 CTV および PTV の設定。水色:CTV、青:PTV。[左]:PO プラン、[右]:PS プラ

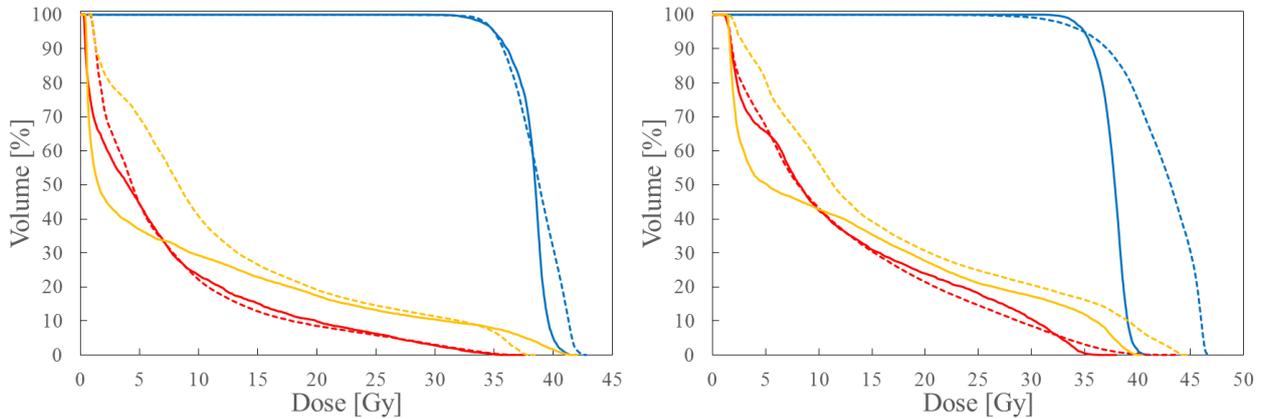


Fig.2 VMAT および CK の DVH の比較。実線:VMAT、点線:CK。
青線:PTV、黄線:膀胱、赤線:直腸。[左]:PO プラン、[右]:PS プラン。

【結果】

Fig.2にPOプランおよびPSプランのDVHを示す。すべての症例において同様の傾向を示したため、代表して典型的な1症例のDVHを示す。POプランについて、CKにおいてPTVの最大線量がVMATよりもやや高くなる傾向が見られた。直腸についてはVMATとCKで大差は見られなかったが、膀胱については低線量域でCKの方が高くなる傾向が見られた。PSプランについて直腸、膀胱はPOプランと同様の傾向を示したが、CKにおけるPTVの最大線量の増加はPOプランよりも顕著であった。

【考察】

CKにおいてPTVの線量均一性が優れないことについては、通常の均一な線量分布と小線源治療の線量分布を模擬した不均一な線量分布の定位照射の臨床試験の結果、双方において良好な局所制御率を示したという報告がされていることから⁴⁾、優劣に関しては判断が分かれるところである。また、今回は照射技術の比較を行うために両照射法におけるPTVマージンを同様に設定したが、画像照合方法の違いによっても付与されるマージンを考慮する必要がある。今回使用した治療装置において、VMATでは照合画像撮影直後からのtarget motion についての変位補正の機能を有していない一方で、CKにおいては前立腺内にマーカーを留置することによって、治療時間中のターゲットの動きの補正を行うReal-time trackingが可能である。そのため、CKにおいてはVMATよりもPTVマージンを縮小することが理論上可能と考えられる。しかしながら、精嚢と前立腺の動きの間には相関が少ないという報告もされており⁵⁾、本研究におけるPSプランのようなPTVの場合、前立腺マーカーのみでのTrackingは不十分と考えられる。したがって、今回設定したPSプランのような精嚢を多く含むような症例についてはPTVマージンの拡大も考慮する必要があると考えられる。

【結論】

前立腺癌に対しVMATおよびCKの治療計画を立案し照射技術の違いによる線量分布の差を比較した。直腸線量は両照射法で大きな差は見られなかったが膀胱線量は低線領域においてVMATプランが優位であった。また、標的形状が複雑なケースへのCKの利用には検討の余地があるものと考えられた。

【参考文献】

- 1) Jan Seppala, et al. : Dosimetric Comparison and Evaluation of 4 Stereotactic Body Radiotherapy Techniques for the Treatment of Prostate Cancer. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 16(2), 238-245, 2017
- 2) N.D. MacDougall, et al. : Stereotactic Body Radiotherapy in Prostate Cancer: Is Rapidarc a Better Solution than Cyberknife? *Clinical Oncology*, 26, 4-9, 2014
- 3) Yu-Wei Lin, et al. : Treatment plan comparison between stereotactic body radiation therapy techniques for prostate cancer: Non-isocentric CyberKnife versus isocentric RapidArc. *Physica Medica*, 30, 654-661, 2014
- 4) Christopher R. King, et al. : Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer: interim results of a prospective phase II clinical trial. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 73(4), 1043-1048, 2009
- 5) Suki Gill, et al. : Seminal vesicle intrafraction motion analysed with cinematic magnetic resonance imaging. *Radiation Oncology*, 9, 174, 2014