前立腺癌寡分割陽子線治療における膀胱体積に関する基礎検討

南東北がん陽子線治療センター[1)]　○成田 優輝(Narita Yuki)
鳴海 克希　佐藤 啓樹　坂上 久記　武政 公大　松本 拓也
小山 翔　鈴木 正樹　横田 克次　齋藤 二央
福島県立医科大学[2)]　加藤 貴弘[1,2)]

【はじめに】

当院では前立腺癌に対し寡分割陽子線治療を行っている［63.0-66.0 Gy（RBE）/21-22 Fr.］。1回線量が通常分割と比較して高くなるため、治療時は前立腺内に埋め込まれたFiducial Maker（Gold Anchor）を基準としたマーカー照合を行うことで前立腺が正確に照射されるようにし、また、Hydrogel Spacer（SpaceOAR）を前立腺-直腸間に挿入することで距離を確保し、直腸線量低減を図っている。さらに、前立腺癌放射線治療では膀胱の管理も重要となり、一般的に前処理として排尿や飲水を治療前に行い、膀胱を一定量充満させた状態で治療が実施されている。しかしながら、得られる膀胱体積には個人差があるため、膀胱体積が不適切であった場合、治療計画時に膀胱の線量制約を満たすのが困難なケースが散見される。しかしながら、線量制約を満たすのに必要な膀胱体積については必ずしも明確になっていないのが実情であり、治療計画用CT撮影時に撮影画像採用の可否について判断に難渋することがある。そこで本研究では、前立腺癌寡分割陽子線治療における治療計画の膀胱体積の最小許容値について検討を行った。

【方法】

当院で陽子線治療を施行した前立腺癌症例200例（低リスク群37例、中リスク群85例、高リスク群78例）を対象とした。全ての症例に対し、前処置として撮影30分前に排尿及び飲水200 cc負荷を行い、計画用CT撮影を施行した。得られたCT画像に対し治療計画を立案し、処方線量は63.0 Gy（RBE）/21 Fr.の寡分割照射を想定した。ビームアレンジはエネルギー210 MeVの左右対向2門で、照射野形成にはパッシブ法の1つであるワブラー方を用いた。ターゲットは前立腺及び精嚢がCTVとして定義され、精嚢に関してはガイドライン[1)]上で定義されるリスク分類に応じて描出範囲を調節した。PTVはCTVに対し全周7 mm（後方のみ6 mm）のマージンを付与した。リスク臓器はターゲット周囲に存在する膀胱・直腸・小腸・大腸・大腿骨頭が定義された。処方線量の95%でPTVが100%カバーされるようにし、リスク臓器の線量は耐容線量（臨床試験[2)]時の値を参考）以下になる線量制約を設けたが、膀胱のみ制約なしとした。リスク群毎に膀胱体積及び膀胱線量（V_{60}及びV_{50}）を導出し、比較した。さらに、得られた膀胱体積に応じてそれらを4群［<100 cc（group1）、100-149 cc（group2）、150-199cc（group3）、≧200cc（group4）］に分類し、各群における膀胱線量の平均値・標準偏差の結果に基づき、95%信頼区間（mean＋2SD）でのカットオフ値を設定した。この値を膀胱の線量制約値（V_{60}＜15%、V_{50}＜30%）と比較し、膀胱体積の

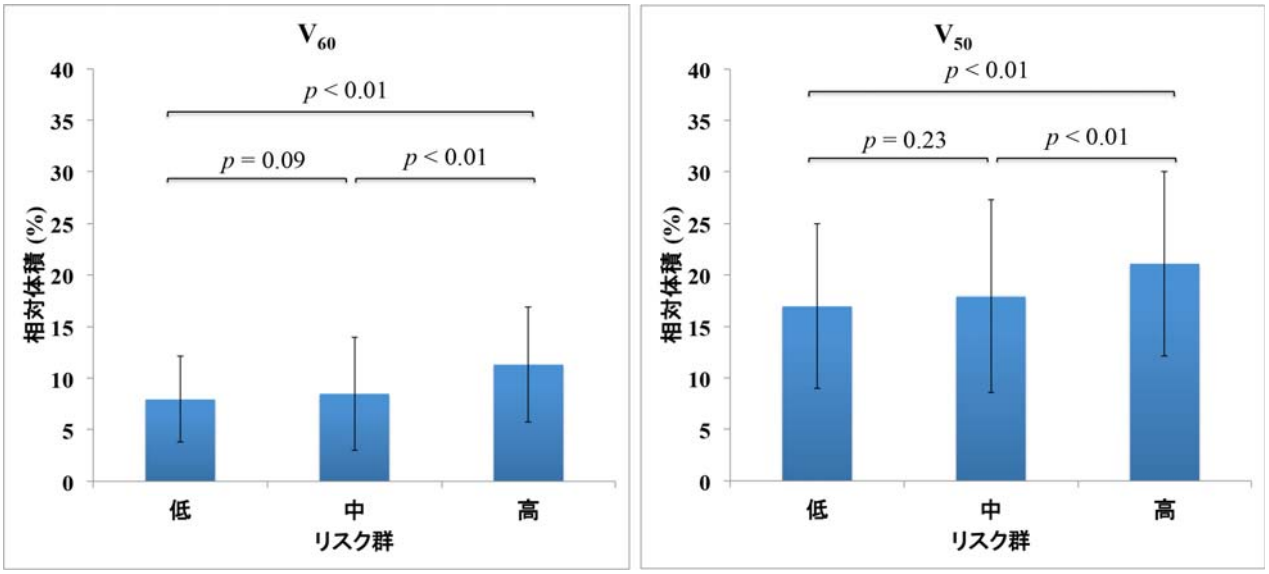

Fig.1 リスク群毎の膀胱線量の比較（左図:V_{60}、右図:V_{50}）

最小許容値を決定した。治療計画、治療計画装置、CTにはそれぞれ陽子タイプ（日立）、XiO-M（Elekta）、Aquilion LB（Canon Medical systems）を使用し、有意差検定にはWilcoxonの符号付順位和検定（有意水準＝0.05）を用いた。

【結果】

Fig.1より、各リスク群におけるV_{60}及びV_{50}の評価では、リスクが高くなるにつれて線量が高くなる傾向にあったが、各指標における低リスク群と中リスク群との間に有意な差は認められなかった（それぞれp＝0.09、p＝0.23）。一方、高リスク群では他のリスク群と比較して有意に線量が高くなることが認められた（p＜0.01）。95%信頼区間による評価では（Table 1）、低・中リスク群について、膀胱体積が149 cc以下の群（group1、2）ではV_{60}及びV_{50}の値が制約値を超過したのに対し、150 cc以上の群（group3、4）では全て制約内に収まった。高リスク群における同評価では、199 cc以下の群（group1-3）で制約値を超過したのに対し、200 cc以上の群（group4）で制約値以内に治った。

【考察】

前立腺癌寡分割陽子線治療における最小許容膀胱体積は低・中リスク群で150 cc以上、高リスク群で200 cc以上であることが示唆された。高リスクほど膀胱線量は高い傾向にあり、リスク毎に許容値が異なるのは、精嚢の入力範囲の違いによるものと考えられる。先行研究において、VMATにおける結果[3]で膀胱体積は100-250 cc、Tomotherapyにおける結果[4]で膀胱体積は150 ccと結論づけており、本結果はこれらと同程度の数値であることが確認でき、さらにリスクに応じて必要となる膀胱体積が異なるという追加情報を示した。実臨床では撮影時に画像採用の可否について判断が求められるが、本結果はその一助になり得ると考えられる。また、必要となる膀胱体積が撮影時もしくは照射時に得られているかどうか確認する必要がある。簡易的な確認手法の1つに超音波診断装置による推定法が挙げられ、近年多くの施設で使用されている。膀胱を楕円体とみなし楕円体体積の公式を用いる方法もあり、CTコンソール上で膀胱径を計測することで推定できる。しかしながら、実臨床では膀胱の形状や体積の再現性、また長時間の蓄尿が困難なケースなどの問題があるため、その都度総合的に判断しなければならない。

Table 1　リスク群毎の95%信頼区間による評価

低リスク群 (n=37)			
膀胱体積	n	V_{60} (%)	V_{50} (%)
<100 cc (group 1)	8	25.1	46.3
100-149 cc (group 2)	15	16.7	30.3
150-199 cc (group 3)	8	13.1	26.9
≥200 cc (group 4)	6	13.3	19.5

中リスク群 (n=85)			
膀胱体積	n	V_{60} (%)	V_{50} (%)
<100 cc (group 1)	16	17.6	36.7
100-149 cc (group 2)	34	17.8	34.9
150-199 cc (group 3)	16	13.9	24.5
≥200 cc (group 4)	19	10.5	19.3

高リスク群 (n=78)			
膀胱体積	n	V_{60} (%)	V_{50} (%)
<100 cc (group 1)	22	24.8	42.3
100-149 cc (group 2)	27	24.3	40.3
150-199 cc (group 3)	16	18.2	33.2
≥200 cc (group 4)	16	12.8	19.3

【まとめ】

前立腺癌寡分割陽子線治療における最小許容膀胱体積について評価を行った。低・中リスク群で膀胱体積が150 cc以上、高リスク群で200 cc以上であることが示唆され、計画用CT画像採用可否の判断の一助になり得ると考えられる。

【参考文献】

1) Mohler J, Antonarakis E, Armstrong AJ, et al. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. J Natl Compr Canc Netw 2019; 17(5): 479-505

2) 局所限局性前立腺癌中リスク症例における陽子線治療の他施設共同試験. UMIN000025453, 2017.

3) Fujioka C, Ishii K, Yamanaga T, et al. Optimal bladder volume at treatment planning for prostate cancer patients receiving volumetric modulated arc therapy. *Pract Radiat Oncol* 2016; 6(6): 395-401.

4) Nakamura N, Shikama N, Takahashi O, et al. The relationship between the bladder volume and optimal treatment planning in definitive radiotherapy for localized prostate cancer. *Acta Oncol* 2021; 51(6): 730-734.