

局所進行膵癌に対する陽子線治療における 線量処方の不確かさに関する検討

南東北がん陽子線治療センター ○原田 崇臣(Harada Takaomi)
加藤 貴弘 武政 公大 新井 一弘 阿部 良知
成田 優輝 大内 久夫 小森 慎也 小山 翔

【背景・目的】

局所進行膵癌に対する陽子線治療においては、通常分割法(50-56 GyE/25-28回)や同時ブースト照射法(60-67.5 GyE/20-25回)などの照射方法が2016年4月よりJASTROで統一プロトコール化され¹⁾、症例に応じて使い分けられている。同時ブースト照射法による陽子線治療の照射方法は、2~4門のメインフィールドに後方1~2門のサブフィールドが加えられることが多い²⁾。メインフィールドに4門照射を選択した場合、中~高線量域の線量分布上の集中性は高まるメリットがある一方で腸管を高率にビームがパスすることから、腸管の容量変化により、線量処方の不確かさが増すことが懸念される。とりわけ陽子線は飛程を有することから、ビームパス上の密度変化に影響を受けやすく、より慎重な対応が求められる。そこで本研究では、治療期間中の腸管容量に代表される臓器の位置、形状変化が線量処方に及ぼす影響について解析することを目的とした。

【方法】

当院にて陽子線治療を施行した局所進行膵癌15例を対象とした。CTVはGTVに5 mmマージンを付加し、呼吸同期照射を行うことを前提としてCTVにさらに5~7 mmのマージンを付加したものをPTVとした。リスク臓器として胃、十二指腸、大腸、小腸、腎臓、脊髄を入力した。照射方法を前後左右方向からの4門照射とし(Fig.1)、治療開始後約3週間後に再計画用に撮影したCTに初回計画を移し込み、再計算することでGTVおよびCTVの初回計画時からの線量(最大線量、最小線量、平均線量)の変化量を評価した。なお、陽子線治療装置、治療計画装置にはそれぞれ陽子タイプ(三菱電機)、XiO-M (Elekta)を用いた。

また、当院における局所進行膵癌の4門照射では、Day1(ガントリ角度:90°、180°)とDay2(ガントリ角度:0°、270°)というように、1日2門ずつ、交互に照射を行う運用としている。Day1とDay2の間にも腸管の容量の変化が生じている可能性があり、その変化の処方線量に対する影響は1日4門と比較してどの程度なのか評価する必要がある。そのため、1日4門と1日2門の照射における、初回計画時からのGTVおよびCTV線量の変化量についても比較、評価を行った。

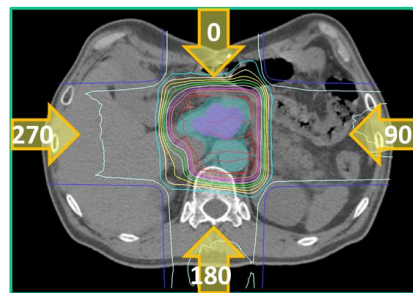


Fig.1 4門照射の線量分布例

【結果】

線量変化は、最大線量と平均線量ではさほど大きな変化が見られず、変化率も最大で1.5%程度であったのに対し、最小線量においてはFig.2に示すように最大で20%の変化が確認された。

Fig.3に照射門数の違いによる最小線量の初回計画時からの線量変化率を示す。1日4門と比べて1日2門で線量の変化率が大きい症例が散見され、変化率が25%以上の症例は15症例中5例存在した。特に線量変化が

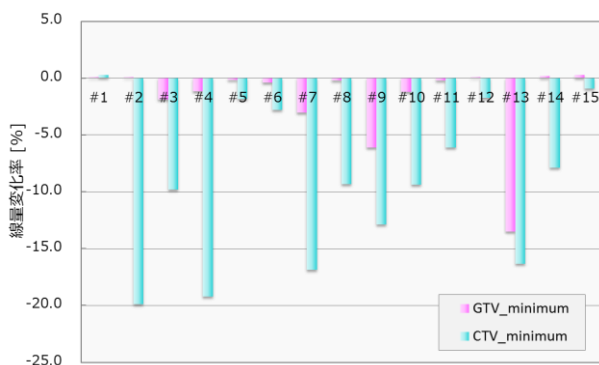


Fig.2 最小線量の線量変化率

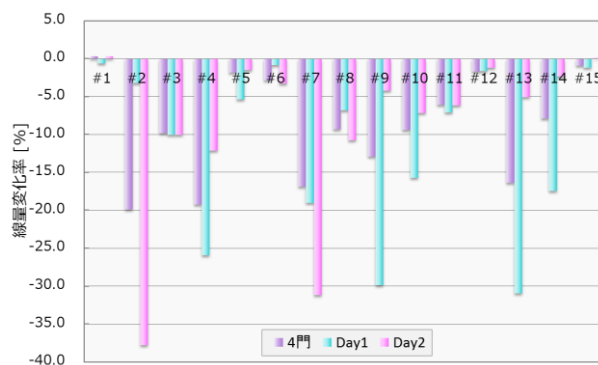


Fig.3 1日4門と1日2門の比較結果

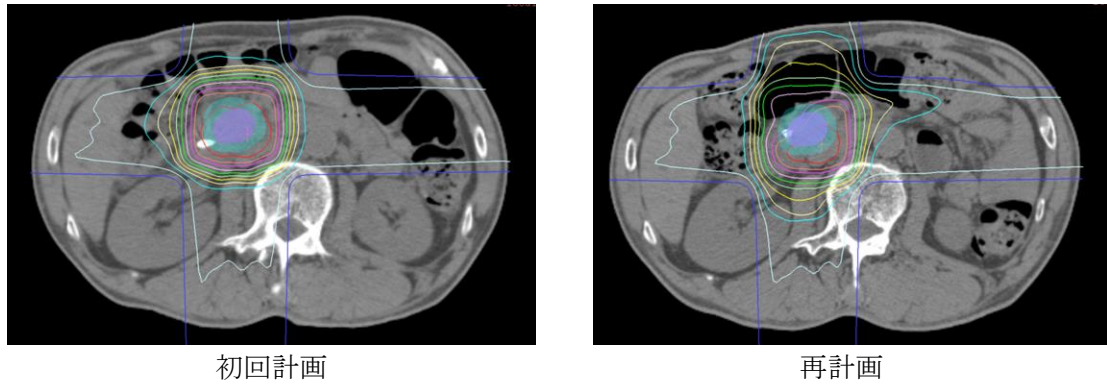


Fig.4 線量変化率が顕著であった症例

顕著であった症例(No.13)の線量分布図をFig.4に示す。大腸内ガスの状態が大きく異なり、それに伴い線量分布も大きく変化していることが確認できる。

【考察】

Fig.2の結果より、腸管の容量の変化はすべての症例において少なからず認められ、CTVの最小線量において比較的大きな処方線量の変化が確認された。変化が顕著であった症例の線量分布を検討したところ、腫瘍の変位や呼吸状態、腸管の容量の変化、腸管そのものの変位、体重減少など様々な要因があると考えられた。当院では腸管の再現性を高めるために、前処置として治療前4時間の食事制限を設けているが、4時間の食事制限だけでは必ずしも十分とは言えない可能性が示唆された。

また、今回の検討では治療時の位置合わせの際に、脊椎で位置合わせをすることを想定している。横隔膜やフィデューシャルマーカ合わせでセットアップを行えば、ターゲットの空間的一致性は高まると考えられることから検討する価値はあるものと考えられるが、その一方で飛程を有する陽子線はビームの入射表面からターゲットまでの距離の変化に非常にシビアであるため、体厚やビームライン上の密度変化によって線量処方に影響を与えてしまう可能性がある。そのため、横隔膜やフィデューシャルマーカ合わせを実際の臨床に適用するためにはより慎重に対応する必要があると考えられる。

照射門数の比較について、1日2門の照射は1日4門の照射と比較して15例中5例において腸管の容量の変化の影響を強く受けるという結果になった。しかし、今回の解析はあくまでも治療計画時のCT画像による計画と治療期間中のある1回のCT画像に対する再計画との比較評価であるため、治療期間中、1日4門の照射より1日2門の照射の方が常に今回のような腸管の容量の影響を受けているとは考えにくい。したがって、今後は治療期間中にCTを複数回撮影するなどして、より実際の影響評価に近い解析をすることも検討する必要があると思われる。

【結論】

局所進行膵癌に対する陽子線治療において、治療期間中の臓器の位置、形状変化が線量処方に及ぼす影響について評価した。腸管の容量の変化はすべての症例において少なからず認められ、CTVの最小線量において最大で20%と比較的大きな変化が確認された。実行可能な観点から採用している現行の1日2門照射の運用の妥当性を評価するにはさらなる検討が必要と考えられた。

【参考文献】

- 1) https://www.jastro.or.jp/particle_beam/detail.php?eid=00002
- 2) Terashima K, Demizu Y, Hashimoto N, Jin D, Mima M, Fujii O, et al. A phase I/II study of gemcitabine-concurrent proton radiotherapy for locally advanced pancreatic cancer without distant metastasis. *Radiation Oncology*. 103:25-31, 2012