

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 太田 篤  
学位 博士 (医学)  
学位記番号 新大院博 (医) 第 729 号  
学位授与の日付 平成 29 年 3 月 23 日  
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
博士論文名 Respiratory gating and multifield technique radiotherapy for esophageal cancer.  
(食道癌に対する放射線治療における呼吸同期照射と多門照射)

論文審査委員 主査 教授 寺井 崇二  
副査 教授 若井 俊文  
副査 教授 青山 英史

### 博士論文の要旨

食道癌に対する放射線治療において、完全寛解率の改善により長期生存者の肺や心臓の晩期有害事象が問題となってきた。晩期有害事象を減らすためには正常臓器への被曝線量を極力低下させる必要があり、そのための照射方法として呼吸同期照射や多門照射がある。呼吸同期照射の有用性については肺癌や肝癌で報告されているが、食道癌に関しては報告がない。

#### [目的]

申請者は食道癌に対する放射線治療における呼吸同期照射、多門照射が肺や心臓への照射線量に与える影響を検討した。

#### [方法]

申請者は、2011年4月から2013年12月の間に、食道癌に対して放射線治療を施行した症例のうち、治療計画用CTとして4D-CTを撮影された20症例を用いて解析を行った。呼吸同期照射(Gating照射)と多門照射(4-field照射)の両者を用いない一般的な治療計画(No gating-2-field)、多門照射のみを用いた治療計画(No gating-4-field)、呼吸同期照射のみを用いた治療計画(Gating-2-field)、そして両者を用いた治療計画(Gating-4-field)の4種類の仮想的治療計画を遡及的に作成した。

No gating-2-field と他の 3 つの治療計画を比較することにより、呼吸同期照射や多門照射による肺や心臓の照射線量の変化を比較した。肺線量の評価指標として、V5Gy (VGy : 臓器体積のうち XGy 以上の線量が照射される割合)、V20Gy、平均線量を、心臓の評価指標として V25Gy、V30Gy、V35Gy、V40Gy、平均線量を各々用いた。統計解析は対応のある t 検定を用いて行い、 $p < 0.05$  を有意差ありとした。

#### [結果]

肺の線量に関して No-gating-2-field と比較した場合、Gating-2-field、No-gating-4field、Gating-4-field でいずれも V5Gy、V20Gy、平均肺線量で有意差を認めた。V20Gy、平均肺線量の値は、呼吸同期照射により 0.5%、0.2 Gy 減少、多門照射により 1.8%、1 Gy 増加し、両者を用いた場合は 1.4%、0.8 Gy 増加した。

心臓の線量に関してNo-gating-2-fieldと比較した場合、Gating-2-fieldではV25Gy、V30Gy、V35Gy、V40Gyで有意差を認め、No-gating-4-fieldではV35Gy、V40Gyと平均心臓線量、Gating-4-fieldではV30Gy、V35Gy、V40Gyと平均心臓線量で有意差を認めた。これらはいずれの値もNo-gating-2-fieldで大きかった。V40Gyは呼吸同期照射では1.3%減少、多門照射では17.8%減少し、両者を用いた場合は19.2%減少した。

#### [考察]

呼吸同期照射では食道の呼吸性移動を含まずにターゲットを設定できるため、照射野を縮小することができる。

肺に関して、肺癌ではUnderbergらは肺平均線量とV20Gyが呼吸同期照射で0.9Gy、1.9%減少したと報告している。今回の申請者の研究ではV20Gyの低下は0.5%と肺癌での報告よりも小さかった。この原因としては食道癌では広範囲のリンパ節領域を照射野に含む必要があり、標的体積が大きくなるためと考えられる。多門照射については強度変調放射線治療(IMRT)でもV5Gyなどの肺の線量増加が報告されており、肺の合併症リスクが懸念される症例の場合は注意が必要である。

心臓に関しては呼吸同期照射による線量低減に関する報告は少ない。左乳癌においてQiらは心臓平均線量や左冠動脈の線量低減を報告しているが、これは呼吸による心臓の変位による影響と考えられる。今回の研究ではV30Gy、V40Gyが0.7%、1.3%減少しているが食道と心臓の位置関係を考えると、これは標的体積の減少によるものと考えられる。多門照射については特にV40Gyが17.7%と大きく減少した。Fukadaらは多門照射で心嚢水貯留などの有害事象が減少したと報告しており、多門照射は心臓の有害事象を減らせる可能性がある。

今回の研究は治療計画装置上の肺および心臓における照射線量値での比較なので、臨床的に有害事象が減らすことができるかについてはさらなる研究が必要である。

#### [結論]

肺線量は呼吸同期照射により減少し、多門照射により増加した。心臓線量は呼吸同期照射、多門照射いずれでも減少した。食道癌に対する放射線治療において、これらを適切に用いることにより有害事象を減らせる可能性が期待される。

患者の肺や心臓の合併症を評価し、そのリスクの程度に合わせて適切な放射線治療方法を選択することが重要である。

#### 審査結果の要旨

食道癌に対する放射線治療における呼吸同期照射、多門照射が肺や心臓への照射線量に与える影響を解析した。過去に食道癌に対する治療計画用CTとして4D-CTを撮影された20症例を用いて、呼吸同期照射(Gating照射)と多門照射(4-field照射)の有無で4種類の仮想の治療計画を作成した。従来法(No-gating-2-field)と他の3つの治療計画を比較することにより、呼吸同期照射や多門照射による肺や心臓の治療計画(Dose-Volume Histogram; DVH)のパラメータ値を比較した。パラメータ値は有害事象との関連が報告されている肺のV20Gy(VxGy;臓器で\*\*Gy以上が照射された体積の割合)や心臓のV40Gy、平均線量(Mean Lung Dose; MLD、Mean Heart Dose; MHD)などを比較した。

呼吸同期照射では値は小さいが、肺と心臓のパラメータ値がともに低下、多門照射は心臓の高線量域(V35Gy、V40Gy)は大きく低下したが、肺のパラメータ値が上昇、呼吸同期照射、多門照射を組み合わせた場合は、肺のパラメータ値は上昇、心臓は多くのパラメータ値で低下した。今回の結果は各

照射法の違いにより、合併症の出現の軽減を目指す内容であり学位論文として十分価値のあるもの  
と考える。