



Title	強度変調放射線治療において胃の呼吸性移動が及ぼす影響についての研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	打浪, 雄介
Citation	北海道大学. 博士(医学) 甲第13817号
Issue Date	2019-12-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/76557
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Note	配架番号 : 2497
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Yusuke_Uchinami_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医学） 氏名 打浪 雄介

学位論文題名

強度変調放射線治療において胃の呼吸性移動が及ぼす影響についての研究

(Impact of Stomach Respiratory Motion in Intensity-Modulated Radiotherapy)

【背景と目的】

胃を原発とする悪性腫瘍において放射線治療は重要な役割を果たしており、限局性胃 MALT (Mucosa-associated lymphoid tissue) リンパ腫において有効な治療選択肢となっている。強度変調放射線治療 (Intensity-modulated radiotherapy, IMRT) はターゲットに対して良好な線量均一性を得ると同時に、周囲リスク臓器への線量低減を目指して広く行われている。しかし IMRT には複雑なマルチリーフコリメータ (multileaf collimator, MLC) の動きが存在し、呼吸性移動を伴うターゲットとの相互作用により均一な線量投与が行われていない懸念がある。この現象はインタープレイエフェクトとして知られているが、胃 IMRT に関する報告は限られている。この研究の目的は、胃に対する IMRT においてその呼吸性移動が線量分布に与える影響を検討することである。

【対象と方法】

2015 年 4 月から 2018 年 1 月までに当院で胃悪性リンパ腫に対して放射線治療 (IMRT) を施行した 10 例を対象とした。9 例は 30Gy/20 回、1 例は 40.5Gy/27 回の処方線量で治療が行われていた。

1. 治療計画の作成にあたっては、自由呼吸下に治療計画 CT (computed tomography) を撮像し、ターゲットやリスク臓器をコンツリーングした。ターゲットは胃全体であり、これを CTV (clinical target volume) と定義した。当院では自由呼吸下に撮像した CT 画像をもとに治療計画を作成しており、その治療計画を F3D (Free-breathing 3-dimensional plan) と定義した。また自由呼吸下の CT に引き続き、呼吸性移動を把握するために 4 次元 CT (Four-dimensional CT, 4DCT) を治療計画時に全症例で撮像している。4DCT は 1 回の呼吸サイクルを 10 位相に分割し、それぞれの位相 (0-90%) で CT 画像を再構成したものである (CT_{10%}、CT_{20%}、...CT_{90%})。各呼吸位相における CT 画像において胃をコンツリーングすることで体積変化を算出し、その重心の動きから胃の呼吸性移動を求めた。

2. 各呼吸位相における胃の呼吸性移動が実際の体内での線量分布に与える影響を調べるために、治療計画装置上で胃の呼吸性移動を反映した 2 種類のシミュレーション計画を作成し評価した。毎回の照射のうち呼吸サイクル内で呼吸位相 0, 25, 50, 75% の決まった位置から放射線照射を開始したと仮定したシミュレーションをそれぞれ S4D (Simple 4-dimensional simulation) - 0, 25, 50, 75% とし、その平均を S4D-average とした。また照射開始となるタイミングを呼吸サイクル内でランダムに決定したシミュレーションを R4D (Random 4-dimensional simulation) とした。これらの独立したシミュレーションを実際の

放射線治療と同様に9例で20回、1例27回行った。線量分布の指標としてHI (homogeneity index、CTV 内最高線量のCTV 内最低線量に対する比)、 V_p (処方線量によって囲まれるCTV 体積割合)、 D_{99} (CTV の99%体積に対して付与される線量)について評価した。なお D_{99} については異なる線量分割の患者において比較を行うために、30Gy 投与の場合を想定して線量を等倍した。

【結果】

1. 10症例における胃の呼吸性移動 $\pm 1SD$ (standard deviation, 標準偏差)は前後、左右、頭尾方向においてそれぞれ 4.1 ± 1.4 、 2.9 ± 1.3 、 10.1 ± 4.5 mmであった。呼吸性移動は頭尾方向で最も顕著であった。また10相すべての4DCT画像から計算した平均の胃体積 $\pm 1SD$ は 273.7 ± 68.5 cm³であった。各呼吸位相のCT画像から算出した胃体積は、10相全体から算出した平均胃体積に対して概ね5%以内であった。
2. S4Dにおいて4つの異なる照射開始のタイミング (S4D-0, 25, 50, 75%)とそれらを平均した線量分布 (S4D-average)から得られるHIは、いずれもF3Dよりも有意に低下していた ($p\leq 0.002$)。しかしながらR4DにおけるHIの中央値は0.052 (範囲: 0.035 – 0.127)であり、F3Dとの間に有意差は認めなかった ($p=0.762$)。F3Dにおける V_p の中央値は99.71% (範囲: 97.59 – 99.93)であり、S4Dのいずれのシミュレーション (S4D- 0, 25, 50, 75%, average)よりも下回っていた。R4Dにおける V_p の中央値は97.24% (範囲: 92.85 – 100)であり、F3Dの V_p よりも有意に下回っていた。S4Dにおける D_{99} の中央値はいずれのシミュレーション (S4D- 0, 25, 50, 75%, average)もF3Dよりも有意に下回っていた ($p\leq 0.002$)。R4Dにおける D_{99} の中央値は30.05 Gy (範囲: 28.80 – 30.40)であり、こちらも有意にF3Dよりも下回っていた ($p=0.012$)。しかしながらR4DとF3Dにおける D_{99} の相違は0.25Gyであり、これは処方線量の1%以下であった。

【考察】

本研究の結果から胃の呼吸性移動は頭尾方向において最も大きく、過去の報告と合致していた。また呼吸性移動に伴う胃の体積変化は平均体積に比較しておおよそ5%以内であり、呼吸性運動に伴う胃の形態変化は限定的である可能性があることが示唆された。

S4Dは呼吸サイクル内で照射開始のタイミングを固定しているため、照射回数を重ねても本質的には1回だけ照射した場合の線量分布とみなすことができる。一方R4Dにおける照射開始のタイミングはランダムであるため、実際の臨床での放射線治療の状況に近いと考えることができる。S4Dが示すように1回のみ照射においては不均一な線量分布である一方、R4Dが示すように分割回数を重ねていくことによってその分布が均一化されていくことが示唆される。またF3DとR4Dにおける D_{99} の比較では、インタープレイエフェクトによる線量の相違は処方線量の1%以下であった。したがって通常分割照射の場合においてIMRTはインタープレイエフェクトの存在下であっても十分に許容されるものであると考えられる。

【結論】

10症例の胃IMRT症例を用いて胃の呼吸性移動と体積変化、線量分布への影響について示した。自由呼吸下において通常分割照射で胃IMRTを行なった場合、呼吸性移動に伴うインタープレイエフェクトは V_p や D_{99} において有意な低下を認めたが、線量低下の程度は限定的であった。インタープレイエフェクトに関するより詳細な評価のためにさらなる検討が求められる。