

食道癌陽子線治療におけるinterfractional organ motion の解析

南東北がん陽子線治療センター ○三木 史 (Miki Fumiyuki)
加藤 貴弘 鈴木 正樹 横田 克次 松本 拓也
齋藤 二央 高橋 省吾 田中 蓉子
鈴鹿医療科学大学大学院 医療科学研究科 黒崎 弘正

【背景・目的】

当院では食道癌の化学放射線療法において、X線と陽子線のコンビネーション治療を実施しているが、食道癌の陽子線治療では腫瘍の縮小や食事の摂取時間などにより生じ得る食道、横隔膜の位置、形状変化が線量分布に影響を及ぼす可能性があるため、十分な配慮が必要となる。われわれは、第5回本学術大会において呼吸によるマーカ移動量は頭尾(以下、CC)方向で最大26 mm、左横隔膜のそれは30 mmを超えるケースも存在することを報告した¹⁾。このことは食道のinterfractional organ motion (以下、IOM)を評価する上で呼吸性移動の影響を無視することはできないことを示唆するものと考えられるが、これまでにintrafractionalな呼吸性移動の影響を除外して解析を行った報告は見受けられないというのが実情である。そこで本研究では呼吸性移動の影響を除外した状態でIOMを評価することを目的とした。

【方法】

2014年1月～2016年6月の間に陽子線治療を施行した食道癌127例のうち、フィデューシャルマーカ(以下、マーカ)が治療最終日まで脱落せずにIOMを評価できた41例50個を解析対象とした。マーカの局在は、頸部食道(Ce)/胸部上部食道(Ut)/胸部中部食道(Mt)/胸部下部食道(Lt)/腹部食道(Ae) = 6/7/15/15/7である。X線治療開始前に腫瘍の進展範囲を決定するために内視鏡下で留置されたクリップをマーカとし、陽子線ブースト照射時に得られた正側2方向のX線位置決め画像を基に解析を行った。

毎回、照射前にDRRを基準画像として正側2方向の位置決めX線画像を撮影する。呼吸性移動の影響を除外するため、撮影タイミングは呼吸センサを用いて計画用CT撮影時と同様に必ず最呼気で実施するようにした。脊椎を指標として6軸治療寝台を用いて補正を行いセットアップエラーを除外した状態でDRRとX線画像上のマーカ位置の差異を求めることでCC、左右(以下、Lat)、前後(以下、AP)方向の3方向別にIOMを評価した。陽子線治療装置、呼吸同期システム、CTにはそれぞれ陽子タイプ(三菱電機)、AZ-733V(安西メディカル)、CT: Aquilion LB(東芝メディカル)を用いた。

【結果】

方向別のIOMの解析結果をTable1およびFig.1に示す。方向別に見ると総じてCC方向に大きい傾向にあることがわかる。一方、LtおよびAe領域においてはLatやAP方向でも比較的大きなIOMが確認され、Lat方向において最大で20 mmを超えるケースも存在した。

Table 1 マーカ移動量計測結果 (mm)

		Ce	Ut	Mt	Lt	Ae
CC	Mean ± SD	-1.8 ± 3.5	-1.8 ± 2.6	-1.5 ± 3.9	-0.9 ± 3.2	-2.6 ± 3.1
	Range	-10.9 ~ 6.3	-7.7 ~ 5.4	-16.3 ~ 13.7	-8.2 ~ 8.2	-14.9 ~ 3.8
Lat	Mean ± SD	-0.1 ± 0.9	-0.4 ± 1.3	-0.1 ± 1.2	-0.1 ± 1.8	0 ± 6.0
	Range	-5.0 ~ 2.7	-5.0 ~ 2.7	-5.4 ~ 6.8	-6.3 ~ 5.9	-23.6 ~ 15.4
AP	Mean ± SD	0 ± 0	0.2 ± 1.2	-0.1 ± 1.3	0.2 ± 1.5	0.3 ± 2.7
	Range	0 ~ 0	-3.2 ~ 3.6	-5.4 ~ 9.5	-8.2 ~ 4.8	-10.4 ~ 6.8

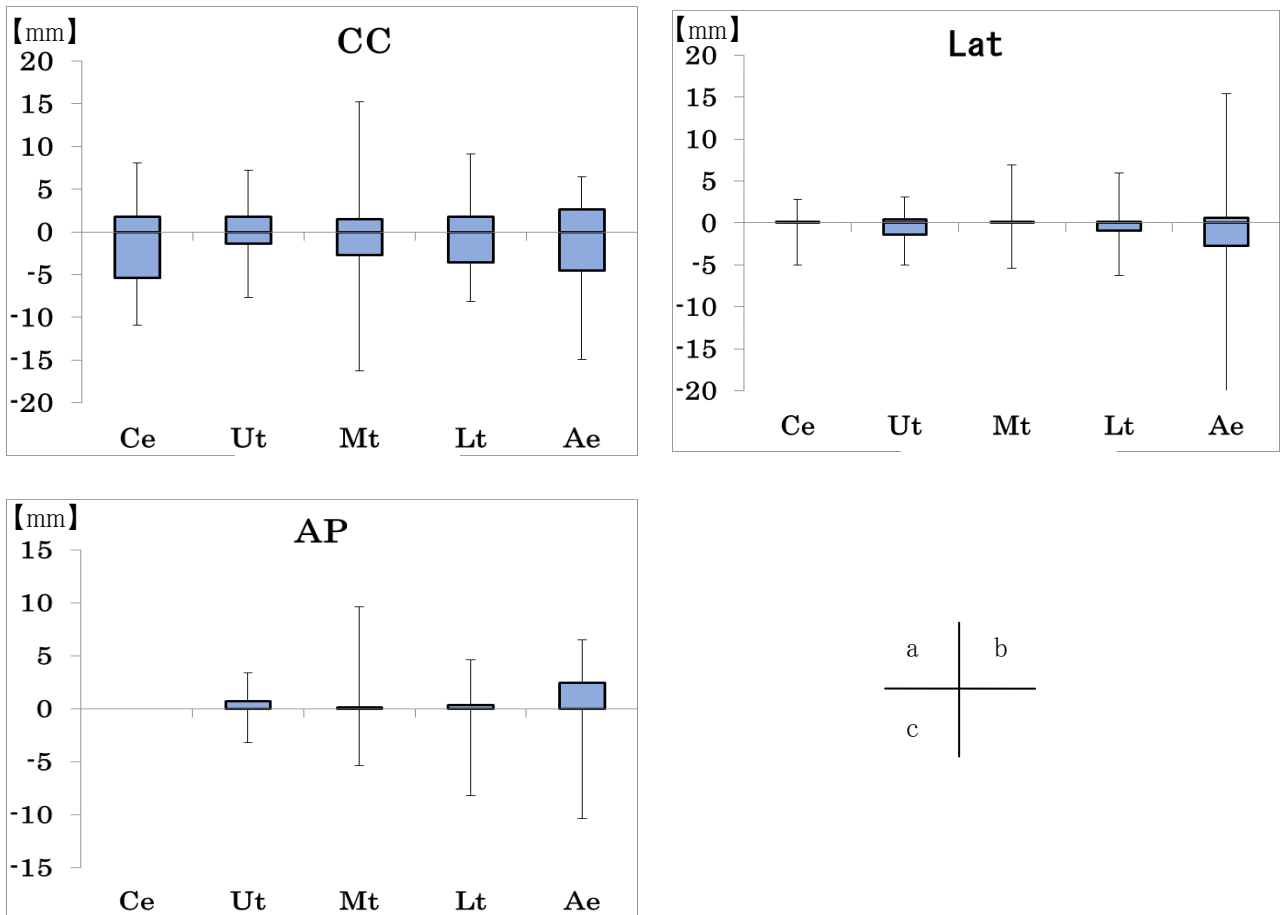


Fig.1 方向別移動量解析結果。a : CC方向, b :Lat方向、c : AP方向。

【考察】

解析症例数が比較的多い報告としてFukudaらの報告があるが(44症例)²⁾、CC方向のマーカー移動量がLat、AP方向に比べて大きいこと、遠位食道の方が近位食道よりもマーカー移動量が大きいという同様の傾向にあることが確認できた。Ae領域においてはCC方向だけでなく、Lat方向にも比較的大きなIOMが認められたが、これは胃の容量変化が影響している可能性が考えられる。当院ではLtからAe領域が照射野に含まれる場合には前処置として治療前4時間の絶食を行うようにしているが、症例によっては十分とは言えない可能性が示唆された。とりわけ陽子線は飛程を有することから横隔膜をビームがパスする下部食道においては課題が少なくなく、呼吸同期照射などの呼吸性移動対策を積極的に行うとともにCTを撮影するなどして定期的に変化をチェックし、必要に応じて再計画を行うなどの策を講ずる必要があるものと考えられた。

【まとめ】

マーカーを指標として食道癌陽子線治療におけるIOMを評価した。Intrafractional organ motionを除外したにも関わらず、Lat方向で最大で23.6 mmの移動量が認められるなど比較的大きいIOMが存在することが確認できた。とりわけ下部食道ではいずれの方向に対してもマーカー移動量が大きい傾向にあり、治療計画時に十分な配慮が必要となる。

【参考文献】

- 1) 廣垣智也、加藤貴弘、横田克次、他: 下部食道癌陽子線治療における呼吸性移動量の解析—横隔膜との相関関係について—、日本放射線技術学会東北支部雑誌第25号、2016年1月、p173
- 2) Fukada J, Hanada T, Kawaguchi O, et al. : Detection of esophageal fiducial marker displacement during radiation therapy with a 2-dimensional on-board imager: Analysis of internal margin for esophageal cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2012; 85(4): 991-8.