

4DCT を用いた肝区域別呼吸性移動量の解析

南東北がん陽子線治療センター ○高橋 省吾(Takahashi Syogo)
小山 翔 松本 拓也 新井 一弘 阿部 良知 武政 公大
池田 知広 山崎 雄平 田中 蓉子 横田 克次 加藤 貴弘

【目的】

肝臓癌に対する定位放射線治療や陽子線治療では高い空間的位置精度が要求されている。肝臓は、呼吸性移動量が多いことが知られているが、肝臓自体の体積が大きいこともあり、移動量の傾向を把握することは必ずしも容易ではない。本研究では、4DCTを用いて肝区域別の呼吸性移動量を計測することでその傾向について検討した。

【方法】

当院において呼吸性移動量を評価することを目的として4DCT撮影を実施した症例のうち、肝臓全体が撮影範囲に含まれている10例を対象とした。計画用に撮影した造影CT上で放射線治療医1名によりS1～8まで肝区域毎の輪郭入力を実施した後、各肝区域の中心に直径1.5 cmのROI(計8個)を設定した。10% Phase毎に再構成した4DCT画像に対してフュージョンを繰り返し、ROIを全Phaseにコピーした。呼吸に伴う肝臓の変形が著しいことから、フュージョンは肝区域毎に順次行い、剛体レジストレーションにて実施した。Phase毎の各ROIの重心座標を求め、それぞれの呼吸性移動量を左右(LR)、前後(AP)、頭尾(CC)方向別に解析するとともに、CC方向のみ右横隔膜移動量との相関についても解析した。また呼吸同期照射を想定し、gate levelに応じた方向別インターナルマージンを導出した。CT、治療計画装置、レジストレーションソフトウェアにはそれぞれ、Aquilion LB(東芝メディカル)、XiO-M R 4.34.02 (Elekta)、Focal (Elekta)を用いた。

【結果】

Fig.1に方向別における肝区域毎の呼吸性移動量の結果を示す。LR方向においては、S1、S6以外のすべての区域にて移動量の最大値が5 mmを超えた。AP方向においては、S5、S6のみ移動量の最大値が13 mmを下回るものの、それ以外では14 mm以上となり、概ねLR方向と同様の傾向を示し、肝区域毎に大きな差は認められなかった。また、ウィルコクソン検定にて有意差検定を実施したが、LR方向とAP方向において統計学的有意差は認められなかった。その一方でCC方向においては、全区域で移動量の最大値が15 mmを超えていることが確認できた。また、中央値に着目した場合、その最小値はCC方向で8 mm(S2、S3)、AP方向で2.2 mm(S6)と、実に3倍以上の差が生じ、S3とS7において統計学的有意差を認めた($p < 0.03$)。

右横隔膜と肝区域の呼吸性移動量の結果をFig.2に示す。最吸気における右横隔膜の呼吸性移動量との差は、S1、S4、S7、S8は小さく、遠方に位置するS2、S3、S5、S6は逆に差が大きい傾向にあることが確認できた。

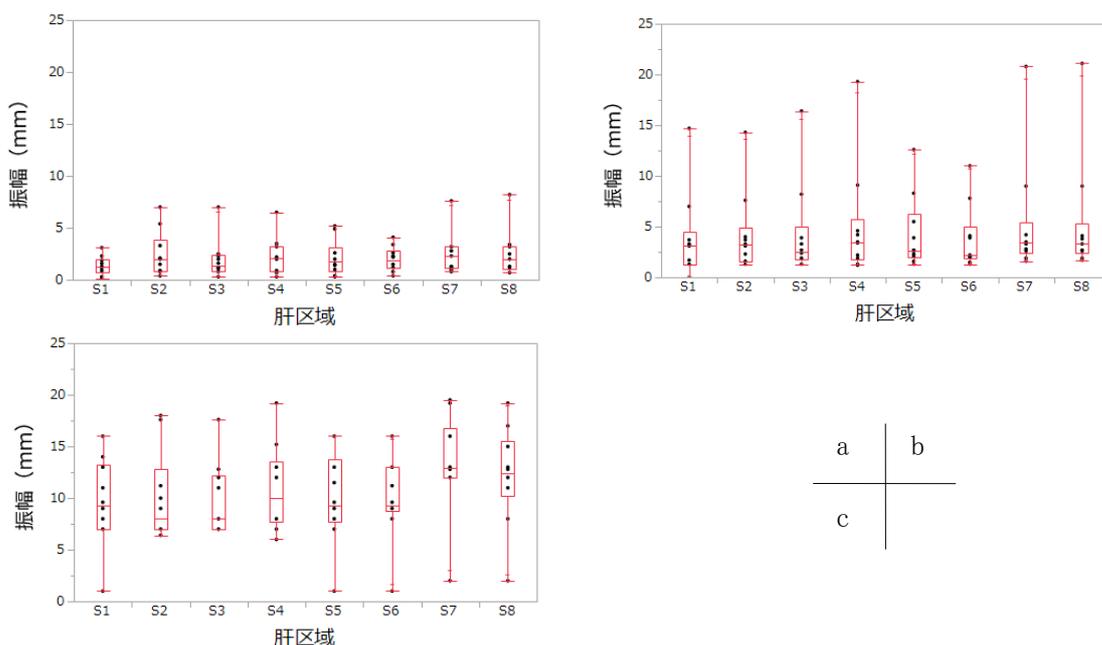


Fig.1 肝区域毎の呼吸性移動量(a; LR方向、b; AP方向、c; CC方向)

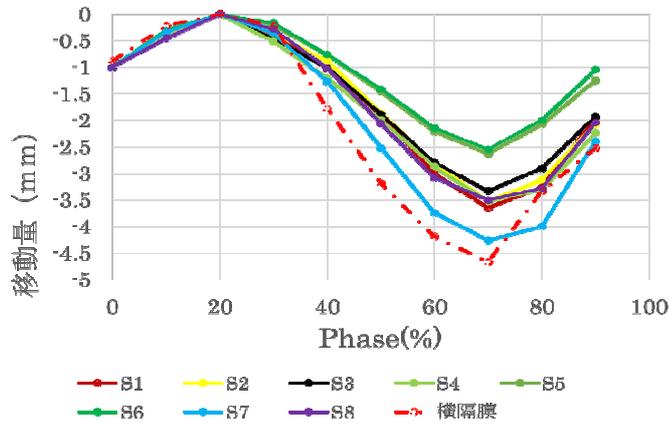


Fig.2 右横隔膜との相関関係

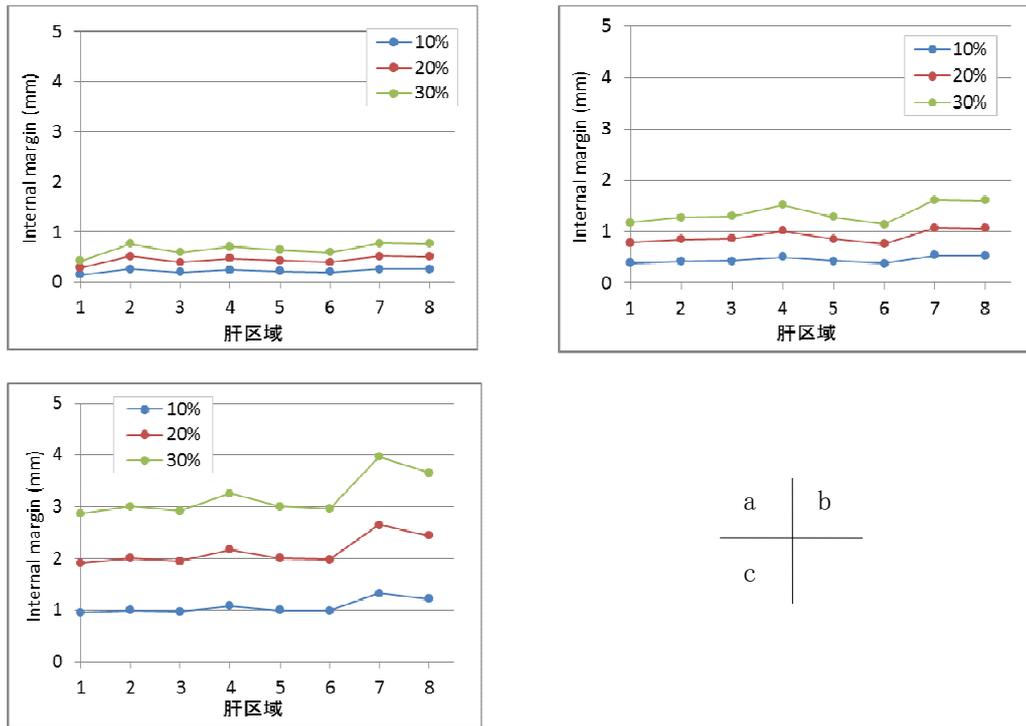


Fig.3 gate levelに応じた呼吸性移動量(a; LR方向、b; AP方向、c; CC方向)

gate levelに応じた方向別インターナルマージンに対する肝区域毎の呼吸性移動量の評価ではCC方向においてとりわけS7、S8付近にてややインターナルマージンを大きく設定する必要性が示唆された(Fig.3)。

【考察】

CC方向における振幅においてS3とS7間で有意差が認められ、左葉と右葉では呼吸性移動量は異なる可能性が示唆された。CC方向における右横隔膜と肝区域毎の動きには相関があるが、右横隔膜から距離が離れるS2、3、5、6において移動量の差は顕著となった。AP方向はCC方向同等の移動量を示した症例も存在したことから、3方向の中で最も個体差が大きい可能性があり、注意が必要である。右横隔膜近傍に位置するS7、8では特に呼吸性移動量が多い傾向にあり、インターナルマージンや呼吸同期照射におけるgate levelの設定時に十分な配慮が必要となる。

肝臓は、呼吸性移動量が多いことに加え、腸管が近接していることもあり、適応決定時に医師により判断された治療方針が治療計画シミュレーションの結果、変更されることが少なからず生じる。肝区域毎に必要なとされるPTVマージンの傾向を把握しておくことは適応やプロトコール決定時の判断材料として有益であり、今回の結果はその一助になり得るものと考えられた。

【結論】

肝臓癌に10例に対して4DCTを用いて肝区域別の呼吸性移動量を計測しその傾向を解析した。右横隔膜と肝区域毎において相関性が認められたが、右葉と左葉では呼吸性移動量異なる可能性が示唆された。肝区域毎の呼吸性移動量の傾向を把握するためにはさらなる検討も必要である。