

論文の内容の要旨
学位論文題目

「乳房温存術後放射線治療における腹式および胸式深吸気息止め時の心臓・肺
線量と臓器・体表変位の比較研究」

学位申請者 松元 佳嗣

キーワード：乳房温存術後放射線治療，腹式深吸気息止め，
胸式深吸気息止め，心臓・肺線量，臓器・体表の変位

【背景】乳房術後放射線治療において、深吸気呼吸停止（Deep-inspiration breath-hold : DIBH）を用いる事で、心臓がターゲットと離れ、また、肺が膨張する事により、心臓や肺への被曝線量を低減させることが知られている。しかし、腹式呼吸や胸式呼吸等の DIBH に適した呼吸方法については十分な議論がなされていない。また、これまでに腹式深吸気息止め（Abdominal DIBH: A-DIBH）と胸式深吸気息止め（Thoracic DIBH: T-DIBH）の心臓、肺の線量を比較した報告はあるが、症例数が少なく、それを研究の限界として挙げている。東海大学医学部附属病院では乳房温存術後放射線治療を施行する際、自由呼吸、A-DIBH、T-DIBH の 3 種類の方法にて Computed tomography (CT) 画像を取得し、その中で心臓線量を最も低減出来る画像を放射線腫瘍医が選択して治療に用いている。そこで、本研究ではそれらの中から 100 症例の自由呼吸、A-DIBH、T-DIBH の CT 画像を使用して線量分布を再作成し、ターゲットやリスク臓器（Organs-at-risks: OARs）の線量を評価した。また、ターゲットや心臓、肺の変位、胸部、腹部体表の変位を評価し、心臓、肺線量との相関を調査した。また、サブセット解析として、心臓を Multi-leaf collimator (MLC) で遮蔽した治療計画を作成し、MLC による心臓の遮蔽が PTV や OARs の線量指標に与える影響を解析した。さらに、2 つの線量計算アルゴリズムを使用して線量分布を計算し、線量計算アルゴリズムによる線量指標の違いを解析した。

【方法】ターゲットとして計画的腫瘍体積（Planning target volume: PTV）、OARs として心臓、肺、左前下行枝、左心室の輪郭を描出した。A-DIBH と T-DIBH の CT 画像の両方で一定の条件で線量分布を作成し、PTV と OARs の線量指標を評価した。PTV と心臓、肺の変位について、治療計画装置を用いて自由呼吸、A-DIBH、T-DIBH の CT 画像から PTV と心臓、左肺（肺変位の指標として）の中心座標を抽出し、A-DIBH、T-DIBH 時の心臓、左肺

の中心座標の x, y, z 方向（それぞれ左右，背腹，頭尾）の変位を自由呼吸時の中心座標を基準に算出し，A-DIBH，T-DIBH 時の心臓と左肺の変位を比較した．また，その変位と心臓と肺の線量の相関についても調査した．体表変位に関する解析では CT 画像の正中の朱状断面を用いて胸部と腹部に分け，自由呼吸下での体表面を基準に A-DIBH，T-DIBH における胸部，腹部表面の変位を測定した．さらに，胸部，腹部表面の変位と心臓，肺線量との相関を評価した．MLC により心臓を遮蔽することによる影響を調査したサブセット解析では，20 症例を用いて心臓を MLC で遮蔽した線量分布を作成し，MLC による心臓の遮蔽の有無による違いと，MLC で心臓を遮蔽した A-DIBH と T-DIBH の両者の線量指標の違いについて比較した．線量計算アルゴリズムによる影響を調査したサブセット解析では，20 症例を用いて Analytical anisotropic algorithm (AAA) と Acuros XB アルゴリズムにて計算を行い両者の線量指標の比較と AXB で計算をした A-DIBH と T-DIBH の線量指標を比較した．

【結果】 A-DIBH と T-DIBH の線量指標について，PTV の線量指標に有意差は認められなかった．しかし，心臓，肺，左前下行枝，左心室の全ての指標において A-DIBH の方が T-DIBH よりも有意に低かった．平均の心臓，肺線量は各々 A-DIBH で 1.69 Gy と 3.48 Gy，T-DIBH で 1.91 Gy と 3.55 Gy であった．心臓と肺の変位について，A-DIBH の心臓と左肺の尾側への変位は T-DIBH より顕著であった．A-DIBH, T-DIBH とともに腹部表面の変位が胸部表面よりも大きく，胸部表面の変位は A-DIBH よりも T-DIBH の方が大きかった．さらに，A-DIBH では T-DIBH よりも腹部表面の変位が大きかった．心臓の平均線量は，A-DIBH 時の背腹方向及び頭尾方向の心臓の変位，T-DIBH 時の背腹方向とわずかに相関した．肺の平均線量は，A-DIBH, T-DIBH の両者で左肺の腹背，頭尾方向の変位とわずかに相関があった．また，A-DIBH, T-DIBH の両者で腹部表面の平均変位は心臓，肺線量とわずかに相関があった．サブセット解析にて，MLC で心臓を遮蔽した線量分布では，全ての OARs で線量が減少し，特に心臓の線量は中央値 1.78 Gy から 1.10 Gy となった．A-DIBH と T-DIBH の比較では OARs の全ての線量指標で差がなかった．AAA と AXB の 2 つの計算アルゴリズムの違いにより，PTV と OAR の線量指標で AAA と AXB アルゴリズムの間に有意な線量差が見られた．肺と左前下行枝では AAA による 100 症例の比較で有意差があったが，AXB アルゴリズムによる比較では多くの指標で有意差がなかった．

【考察】 線量指標の結果より，A-DIBH は T-DIBH より心臓，肺の線量を低減できると考える．但し，A-DIBH と T-DIBH の心臓，肺線量の差は心臓の方が顕著であり，また，MLC で PTV の線量を落とす事なく心臓を遮蔽出来る場合，A-DIBH は T-DIBH の心臓と肺の線量差がない事が示唆された．心臓や肺の線量は A-DIBH の方が T-DIBH より低いが，心臓と肺の体積は T-DIBH の方が A-DIBH よりも大きく，A-DIBH の尾側への変位は T-

DIBH より顕著であり，それは心臓や肺の線量と逆相関する．従って，体積増加による臓器の線量低減効果以上に臓器の尾側への変位が各々の線量低減に関与している可能性がある． A-DIBH, T-DIBH とともに腹部表面の変位が胸部表面より大きく，胸部表面の変位は T-DIBH の方が，腹部変位は A-DIBH の方が大きかった．従って，A-DIBH と T-DIBH の胸部，腹部表面を比較することにより A-DIBH を識別可能であり，これにより A-DIBH を確実に実施し，心臓，肺線量の低減が可能である．