

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15781

研究課題名（和文）乳房深吸気息止め照射における体表面位置予測システムの確立

研究課題名（英文）Establishment of a body surface position prediction system for breast radiotherapy during deep inspiration breath-hold

研究代表者

小野 幸果（Ono, Yuka）

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：90878604

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000 円

研究成果の概要（和文）：深吸気息止め照射法(DIBH)を併用した、左乳房温存手術後の全乳房照射法の体表面位置の解析を行うことを目的とした。AlignRTの体表面検出位置ログファイルデータから、MATLABを用いて再現性および安定性を解析した。Vertical 方向やLateral方向にくらべて、Long方向の位置ずれが多く、特に頭側への移動が63%と最も再現性が悪い傾向であった。しかし息止め間、息止め中とも安定しており、息止め間、息止め中とも2.5mm、1.0°以内の安定した位置精度で照射可能であったが、症例によっては頭側にずれやすいものもあり注意を要することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各方向で息止め間の再現性、安定性ともに保たれていたが、頭側ヘシフトする症例を多く認めた。LNG成分のデータからは息止めのたびに少しずつ頭側に変位する、ベースラインシフトを認め、画像照合の際に注意が必要であることに気づくことができたのは新たな知見であった。これにより、より安全に心血管リスクの少ないDIBH併用の放射線治療を提供することにつながった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to analyze the body surface position of the whole-breast irradiation technique after left breast-conserving surgery using deep-inspiration breath-hold (DIBH) irradiation.

Compared to the Vertical and Lateral directions, the Long direction showed the largest amount of misalignment, especially the headward movement (63%), which tended to have the poorest reproducibility. However, the irradiation was stable both during and between breath-hold, with a stable positional accuracy of 2.5 mm and within 1.0° both during and between breath-hold, but it was clear that some cases tended to shift to the head side, requiring caution.

研究分野：乳癌に対する放射線治療

キーワード：乳癌 放射線治療 DIBH SGRT

1. 研究開始当初の背景

乳房温存手術後の放射線治療により早期乳癌の局所再発率の低下、生存率が改善する。一方、左乳癌は右乳癌に比べて心臓や左冠動脈前下行枝(left anterior descending artery : LAD)への被ばくが多いため冠動脈疾患が起こりやすく、66 歳以上の高齢者や冠動脈疾患の既往のある患者では 5~10 年で心血管死が乳癌死を上回るとされている (*Darby S et al. N Engl J Med. 2013、Abdel-Qadir, H et al. JAMA Cardiol 2016)。さらに乳癌に対する薬物療法は心機能低下を来すものが多く、放射線治療による影響は最小限に抑えることが望まれる。

乳房温存手術後の放射線治療は一般的に全乳房照射(Whole breast irradiation : WBI) が用いられる。心臓線量低減のために深吸気息止め照射(Deep inspiration breath hold : DIBH) が最近併用されるようになってきた(図 1)。DIBH は自由呼吸下より心臓と胸壁の距離が広がり、容易に心臓線量低減が可能である。しかし、息止め時の乳房位置再現性は日によっても異なり照射中にも変動することが報告されている(Hamming et al. Radiation Oncology(2019)14:125)。

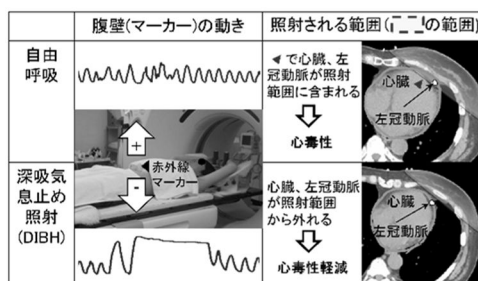


図1 自由呼吸とDIBH

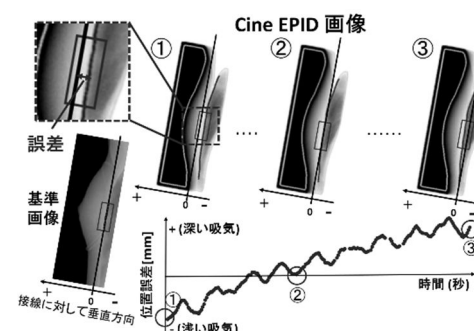


図2 DIBHにおける胸壁位置誤差の解析

申請者はこれまで汎用装置を用いて腹部に留置した赤外線マーカーをモニタリングし照射中の CineEPID (electric portal imaging device)画像を用いて、DIBH における胸壁の位置誤差に関する研究を行ってきた(図 2)。25 症例約 30 万フレームの画像データから、腹壁の変位量が 1.36 ± 0.94 (0.14-5.28) mm であったのに対し、胸壁位置誤差の全平均は 0.3mm (95%信頼区間: -0.05-0.65) であった (Y Ono et al. Radiation Oncology(2021)16:49)が、解析した動きは照射方向から見た 2 次元方向の検証に留まることが研究限界であった。

2020 年 8 月に当院に導入された放射線治療位置照合システムである AlignRTM は天井に固定された 3 台のビデオカメラと赤色光により患者の体表面位置をリアルタイムに監視することができる(図 3)。照射中の 3 次元体表面の位置変動を観測することを可能とする装置であり、被ばくを伴わないことから近年国内外で非常に注目されているが、導入されている施設はいまだ少ない。すなわち本システムにより取得される体表面の 3 次元的位置変化の解析は高精度放射線治療を適切に行うためにも非常に重要なデータとなり得る。その結果、より多くの施設で心血管リスクの少ない治療を提供することにつながるのではないかと考えた。

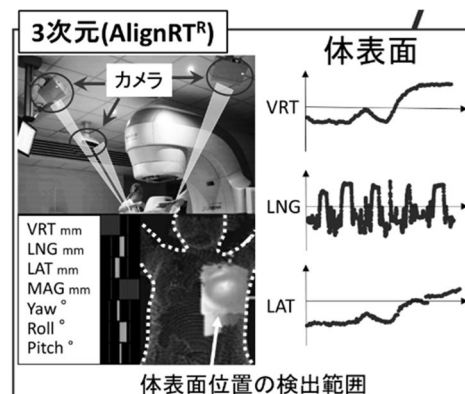


図3 照射中の体表面の位置変化

2. 研究の目的

本研究の目的は、DIBH 併用全乳房照射において乳房のリアルタイムの 3 次元の動きから DIBH の再現性、安定性を明らかにすることである。

3. 研究の方法

照射中の体表面の位置変化評価

(1) 左全乳房照射症例の集積

左乳房温存手術後に DIBH-WBI を施行する 18 症例を前向きに集積した。照射の際には AlignRTM を用いて体表面の位置変化を確認する。照射中は CineEPID 画像から 2 次元データと AlignRTM のログファイルから照射中の体表面の 3 次元のデータを取得した。体位はすべて WingSupport による上肢挙上とし、処方線量は 42.56Gy/16fr とした。隣り合う息止め間の体表面位置の平均値の差を息止め再現性、1 回の息止め中の体表面位置の最大値を息止め安定性と定義した。

(2) 各方向の位置誤差の解析

(1) にて得られた 18 例、総息止め回数 1057 回のデータを用いて MATLAB を用いて誤差成分の解析を行った。

息止め再現性

息止め中の安定性

それぞれにおいて、VRT/LNG/LAT の各方向の移動量、YAW/ROLL/PITCH 各回転角度を算出した。

4 . 研究成果

(1)研究の主な成果

息止め間の再現性

VRT/LNG/LAT 方向の移動量の平均 $\pm 2SD$ [中央値] はそれぞれ $-0.01 \pm 1.93 [-0.01] \text{mm}$ / $0.19 \pm 2.09 [0.23] \text{mm}$ / $0.05 \pm 1.21 [0.05] \text{mm}$ であり、いずれの方向も安定しているものの VRT、LAT 方向と比較して LNG 方向の位置誤差がやや大きかった。

+方向の割合は VRT/LNG/LAT 方向が 49.7%/62.8%/54.0% であり、LNG 方向の+への移動、つまり頭側への移動がやや多い傾向であった。

回転角度については、YAW/ROLL/PITCH の平均 $\pm 2SD$ [中央値] はそれぞれ $0.0 \pm 0.71 [-0.01]^\circ$ / $0.0 \pm 0.74 [0.01]^\circ$ / $-0.02 \pm 0.70 [0.00]^\circ$ であり、いずれの方向も安定していた。

+方向の割合は YAW/ROLL/PITCH 方向が 49.0%/52.5%/49.9% であり、+方向の割合も-方向の割合もほぼ同じ比率であった。

息止め中の安定性

VRT/LNG/LAT 方向の息止め安定性は、平均 $\pm 2SD$ [中央値] はそれぞれ $-0.65 \pm 1.73 [0.47] \text{mm}$ / $0.63 \pm 1.02 [0.50] \text{mm}$ / $0.43 \pm 1.21 [0.32] \text{mm}$ であった。

YAW/ROLL/PITCH 方向については、 $0.32 \pm 0.50 [0.26]^\circ$ / $0.38 \pm 0.61 [0.30]^\circ$ / $0.30 \pm 0.46 [0.25]^\circ$ と安定性があった。

以上のように、各方向で息止め間の再現性、安定性ともに保たれていたが、頭側へシフトする症例を多く認めた。LNG 成分のデータからは息止めのたびに少しずつ頭側に変位する、ベースラインシフトを認めたことは新たな知見であった。息止め時の力みが原因とされ、通常のように 3 軸方向の移動だけでなく、力みを抑えるよう声掛けするなど、画像照合の際に注意が必要であることに気づくことができ、より安全に DIBH 併用全乳房照射を施行することが可能となった。

これまで 2D 画像のみからの推測でしかなかったが、本研究により全乳房照射時における照射中のリアルタイムの動きが明らかとなった。今回当初の研究予定であった、2 次元データからの 3 次元データを予測するところまではデータ量から困難であったが、新たな知見を得たことにより日常臨床での照合方法を改めるきっかけとなった。今後は強度変調回転放射線治療 (VMAT) や加速乳房部分照射 (APBI) でもデータ解析を検討したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Makoto Sasaki, Norimasa Matsushita, Takahiro Fujimoto, Manabu Nakata, Yuka Ono, Michio Yoshimura, Takashi Mizowaki	4. 巻 16
2. 論文標題 New patient setup procedure using surface-guided imaging to reduce body-touches and skin marks in whole breast irradiation during the COVID-19 pandemic	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 422-429
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12194-023-00735-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小野幸果、吉村通央、井上実、平田希美子、溝脇尚志
2. 発表標題 加速乳房部分照射における長期的な整容性の変化に与える因子の検討
3. 学会等名 第35回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉村通央、小野幸果、井上実、平田希美子、溝脇尚志
2. 発表標題 早期乳癌乳房部分切除術後の3D-CRTによる加速乳房部分照射に関する前向き臨床試験の治療成績
3. 学会等名 第35回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中津加奈子、小野幸果、吉村通央、溝脇尚志
2. 発表標題 内胸リンパ節領域照射を伴わない乳房全切除術後放射線療法の適応的解析
3. 学会等名 第35回日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2022年

1．発表者名 大西隆太郎、松下 矩正、中田 学、佐々木 誠、藤本 隆広、 小野 幸果、中津伽奈子、吉村 通央
2．発表標題 光学式患者ポジショニングシステムを用いた深吸気息止めの再現性と安定性の評価
3．学会等名 日本放射線技術学会 第66回近畿支部学術大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 田上穂、松下矩正、佐々木誠、藤本隆広、中田学、小野幸果、吉村通央
2．発表標題 左乳房全切除術後の深吸気息止め照射における体表面画像誘導による患者セットアップ精度
3．学会等名 第49回日本放射線技術学会秋季学術大会
4．発表年 2021年～2022年

1．発表者名 小野幸果
2．発表標題 AlignRTを用いた乳房DIBHの使用経験～3DCRTからVMATへ～
3．学会等名 日本放射線腫瘍学会第34回学術大会（招待講演）
4．発表年 2021年～2022年

1．発表者名 佐々木誠、松下矩正、鶴田裕輔、藤本隆広、中田学、小野幸果、吉村通央
2．発表標題 コロナ渦における光学式ポジショニングシステムを用いた非接触型患者セットアップ法の試み
3．学会等名 第78回日本放射線技術学会総会
4．発表年 2022年

1．発表者名 中津伽奈子,小野幸果, 平田希美子、大津修二、吉村通央、溝脇尚志
2．発表標題 内胸リンパ節領域を標的に含まない領域リンパ節照射を伴う乳癌手術後放射線療法の治療成績の検討
3．学会等名 第31回日本乳癌学会学術集会
4．発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------