

## 低コストで簡便な左乳癌深吸気息止め照射法の確立

愛知県がんセンター

放射線治療部 医長 小出雄太郎

愛知県がんセンター

放射線治療部 部長 古平毅

### 1. 研究の背景・目的

乳癌乳房温存術後の放射線治療は、局所制御率だけでなく生存率も向上させるため、広く臨床の場で用いられている。左側乳癌治療後では、心臓の晩期有害事象が問題となり、心臓への被曝線量は心血管系の合併症や死亡の増加と関連する。心臓への平均線量 1 Gy あたり、心血管系合併症を 7.4 % 上昇すると報告されている[1]。

深吸気息止め乳房照射 (DIBH-RT) は深吸気により肺を大きく膨らませ、心臓を離して照射することにより、心臓の被曝線量を低減させる方法である。毎回照射時に呼吸運動(量)を計測する装置(例: Abches) や実時間位置画像装置 (AlignRT、VOXELAN、RPM) 等を用いて呼吸性移動による照射範囲の拡大を三次元的に 5 mm 以内に抑える呼吸性移動対策が必要である。DIBH-RT を導入する施設は増えているが、呼吸移動対策装置は数千万～1 億円と高額なものが多く、装置を用いた照射時間は習熟した施設でも毎回 30 分以上要する。他にも、照射時は上半身裸になる必要がある、体表面だけの照合では体の反りや体形の変化による内部臓器のずれを直接確認できないなど、多くの課題がある。

我々の施設は、高額な装置が不要な DIBH-RT の新たな呼吸性移動対策法を考案し、臨床で使用している。我々の考案した方法は、照射時間が 1 回あたり 10 分未満と短く、患者は胸部正中が 10 cm ほど空いた専用着を着たままで治療が可能となる。また、内部臓器も透視下で常に確認が可能である。

本研究では、DIBH-RT の新規呼吸移動対策法の確立を目的とし、本法を用いた治療患者データを用いて、以下 2 点を行う。①照射精度の評価、②自由呼吸照射と比較した場合のリスク臓器線量差、照射時間差の評価。

## 2. 研究の対象ならびに方法

(1) 治療計画：準備用の計画 CT は息止め 3 回、自由呼吸 1 回の合計 4 回撮影する。放射線治療計画ガイドラインに沿って、息止め 3 回の画像から標的体積 (PTV) の輪郭を作成し、リスク臓器の輪郭は Cardiac Contouring Atlas に沿って作成する[2-4]。DIBH-RT の治療計画と自由呼吸の治療計画を PTV の照射線量を出来るだけ一致させるように作成する。

(2) DIBH-RT の新規呼吸移動対策法：治療計画 CT 時に前胸部正中にマジックで 2 本の水平線を引く。自由呼吸時と深吸気時にそれぞれ合わせる線であり、照射前のセットアップで使用する (体表面の位置情報)。また、照射中は電子ポータル画像装置 (EPID) から照射野の透視画像を連続的に取得し、基準画像 (計画 CT から再構成し作成した 2 次元画像、DRR) と比較し、心臓や肺など内部臓器と照射野の位置関係も評価する (深部の位置情報)。照射担当技師は体表面、深部それぞれが肉眼的に 3 mm 以内のずれで収まっていることを確認しながら照射実施し、ずれが許容範囲外となればいつでも照射を中断できる。

(3) 照射精度の検証：DRR と EPID 画像を用いて、照射中心点 (Isocenter) が水平方向 (AP 方向)、頭尾方向 (CC 方向) にどのくらいずれたか、以下 2 点に注目して計測する。

- ・照射中のずれ (Intra-fractional deviation)：各照射の最初と最後の EPID 画像のずれ
  - ・照射間のずれ (Inter-fractional deviation)：各照射の最初の EPID 画像と DRR 画像のずれ
- それぞれ全照射回数 (16 回) のデータが得られるので、範囲、平均、標準偏差を求める。

(4) 新規 DIBH-RT 法と通常照射法のリスク臓器への線量比較：治療開始前に作成してあるそれぞれの治療計画から、PTV とリスク臓器 (心臓、冠動脈、肺) への照射線量を計測し、統計学的に有意な差があるか、その差は臨床的に意義があるかを評価する。

## 3. 研究結果

研究期間中の DIBH-RT 施行患者 39 名から初期患者 10 名を抽出して解析を行った。年齢の中央値は 52 歳、全員が 2.66 Gy×16 回 (合計 42.56 Gy) の寡分割照射を受けていた。

照射間の移動量 (inter-fractional movement) は mean±SD が AP 方向で -0.27±1.67 mm、CC 方向で 1.03±1.80 mm であった。照射中の移動量 (intra-fractional movement) は AP 方向が -0.02±0.51 mm、CC 方向が -0.12±0.35 mm であった。合計移動量 (overall movement) の結果から必要なセットアップマージンは 4.93 mm と算出された。

自由呼吸照射と DIBH-RT を比較すると、心臓の平均線量はすべての対象患者で低減されており、低減量の平均値は 1.27 Gy (範囲：0.4～2.7 Gy) であった (p<0.001)。本検討では 40 % の症例で心臓平均線量が 2 Gy を超えていたが、DIBH-RT を用いることですべての症例が 2 Gy 未満で治療されていた。

#### 4. 考察

本研究において、我々が考案した DIBH-RT の新規呼吸移動対策法の照射精度が十分に高いことが判明した。我々が設定しているセットアップマージンは 5 mm であり、それが不足のない設定であったことを確認できた (4.93 mm < 5 mm)。また DIBH-RT における心臓の平均線量は自由呼吸照射と比べて有意に減少することが判明した。

乳癌温存療法後の放射線治療では心臓平均線量は 2 Gy 未満が推奨されている[5]。我々の検討結果では対象患者全員がそれを達成することができ、本治療法は臨床的に有効なものと考えられた。今後は本治療法の必要性が高い患者と低い患者を事前に予測できないか、深層学習の手法を用いて検討を続けていく予定である。

#### 5. 参考文献

1. Sarah C. Darby et al. Risk of Ischemic Heart Disease in Women after Radiotherapy for Breast Cancer. *New England Journal of Medicine*. 2013;368: pp987-998
2. Frances Duane et al. A cardiac contouring atlas for radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology* 2017;122: pp416-422
3. 日本放射線腫瘍学会: 放射線治療計画ガイドライン 2016、金原出版、2016年9月15日 第4版(2016年版) 第1刷
4. Offersen BV et al. ESTRO consensus guideline on target volume delineation for elective radiation therapy of early stage breast cancer. *Radiotherapy and Oncology*. 2015;114: pp3-10
5. Carolyn T et al. Estimating the Risks of Breast Cancer Radiotherapy. *Journal of Clinical Oncology*. 2017;35: pp1641-49

#### 6. 論文発表

##### 【学会発表】

- ① Yutaro Koide. A simple and low-cost method of deep inspiration breath-hold irradiation for breast cancer. EP-1962. 欧州放射線腫瘍学会 (2019年4月26-30日)
- ② 小出雄太郎、低コストで簡便な左乳癌深吸気息止め照射法. 日本放射線学会中部地方会 (2019年7月14日)

##### 【論文発表】 なし