

右乳房温存術後3D-CRT 治療計画エクササイズ 説明資料

日本医学物理士会 ICT活用委員会



一般財団法人

日本医学物理士会

The Japanese College of Medical Physics

治療計画エクササイズ の概要

治療計画エクササイズの概要

- 治療計画エクササイズは、初学者を対象に、各種ガイドラインの記載事項を学び、線量分布の調整能力を評価することで、**治療計画作成技術の均てん化と向上を目的**としたコンテンツです。
- 過去のIMRTトライアルとは異なり、得点を競うことを目的としていません。**自施設における線量分布調整能力の評価**や、**治療計画作成の初学者教育**などにご活用ください。
- 治療計画の評価は「ガイドライン等に沿った計画であるか」という観点から行われるものであり、臨床的な治療品質を保証するものではないことにご留意ください。
- 実臨床にあたっては、ご施設における治療全体の運用を考慮し、担当医の意図に沿った治療計画を立案してください。

治療計画学習コンテンツの流れ



Web評価用システム

① CT, Structure, 説明資料をダウンロード

③ RT-Plan, RT-Doseをアップロード

② 定められたルールおよび線量制約に従い自施設で治療計画を作成

④ スコアを確認し治療計画の作成方法の見直しを図る



- 同一のCT画像と輪郭情報を用い、本資料に記載されたルール・処方線量・線量制約に基づいて、参加者に治療計画を立案していただきます。
- 作成したプランおよび線量をDICOM形式（RT-Plan / RT-Dose）でWebシステムにアップロードすると、自動的にスコアが計算されます。
- スコアは、本資料に示す線量制約配点表に基づき算出されます。
- Web評価システムで得点を確認することで、治療計画作成技術の自己評価や改善に活用できます。

収集したデータの取り扱い（利用規約 第17条）

1. 治療計画学習コンテンツは、同一の治療計画に対する制約のもと線量分布のばらつきおよび治療計画の質を評価することで、治療計画作成技術の均てん化および向上に資することを目的としています。
2. 治療計画学習コンテンツでは、個人が特定されない統計的結果を公開することがあります。治療計画学習コンテンツの参加者（以下、参加者といいます。）は、自らの結果を統計的に確認することが可能です。
3. 参加者の同意を得られた場合、成績上位者の個人情報または施設名などを公開することがあります。
4. 治療計画学習コンテンツで収集した治療計画データは、本条第1項の範囲内で利用し、参加者の同意なしに目的外の利用を実施しません。また、いかなる場合も同意なしに参加者の個人情報が公開されることはありません。なお解析した結果は、個人を特定せずに各種学会等で研究発表や論文発表等をさせて頂くことがございます。
5. 治療計画学習コンテンツで収集したデータ等は、その後、本条第1項の目的を達成するために必要であると考えられる場合に、今後提供されるサービスに利用されることがあります。ただし、その場合も、いかなる個人情報または施設名が公開されることはありません。

右乳房温存術後3D-CRT 治療計画エクササイズの ルール

治療計画作成時のルールおよび注意点 1

- 配布するCT画像と輪郭情報をもとに、3次元原体照射 (3D-CRT) の治療計画を立案してください。
- 治療計画にあたり、提供した輪郭（体輪郭・肺）以外の輪郭を作成しても評価結果には影響しません。また、CT画像内に表示されているカテーテル位置はあくまで参考とし、照射野設定はガイドライン等を遵守するようにしてください。
- 処方は**42.56Gy/16Fr@リファレンスポイント**としてください。
- IMRTによる治療計画は現状、本邦において乳房照射で標準的とはいえないため、本エクササイズでは取り扱いません。

治療計画作成時のルールおよび注意点 2

- 本コンテンツはガイドライン等に沿った治療計画手法を学ぶことを目的としています。本資料末尾の「治療計画作成に関する参考情報」を参考に、以下に従って治療計画を作成して下さい。
 - ✓ Tilting techniqueを用い、ビーム軸を数度振ることで対向ビームの照射野背側面を合致させた接線照射野を使用して下さい。
 - ✓ 照射野の目安は、上縁：胸骨切痕，下縁：乳房下溝の足方1 cm，内側縁：正中，外側縁：中腋窩線として下さい。
 - ✓ エネルギーは4～6 MVを使用して下さい。
 - ✓ 呼吸性移動を考慮して、照射野の前縁は皮膚面から 2.0 cm以上空けて下さい。
 - ✓ Beam's eye view上で確認し、照射野内に含まれる肺の最大の厚みが2 cm以下になるようにして下さい。

治療計画作成時のルールおよび注意点 3

- ✓治療計画はフィールドインフィールド法を用い、下記は使用しないで下さい。
 - フィジカルウェッジ, ダイナミックウェッジ, モータライズドウェッジ*
 - ボーラス
 - IMRTおよびVMAT
 - イレギュラーサーフェスコンペンセータ
- ✓体輪郭内のD2ccが処方線量の107%未満となるようにして下さい。また、処方線量の105%以上が照射される体積をできるだけ小さくして下さい。
- ✓線量計算には不均質補正を行う計算アルゴリズムを使用して下さい。
- ✓線量グリッドサイズは2 mm以上3 mm以下として下さい。

※ ASTRO治療計画ガイドライン²⁾では、

「処方線量の105%以上が照射される乳房組織の体積は最小にすべきである。これを達成するため、フィールドインフィールド法による3D-CRTの治療計画が推奨される。」

「順方向計画によるフィールドインフィールドテクニックは、ウェッジを用いた接線照射よりもホットスポットの減少を含む、優れた線量均一性をもたらすことが示されている。」

と記載されていることから、本e-Exerciseではフィールドインフィールド法を採用しております。

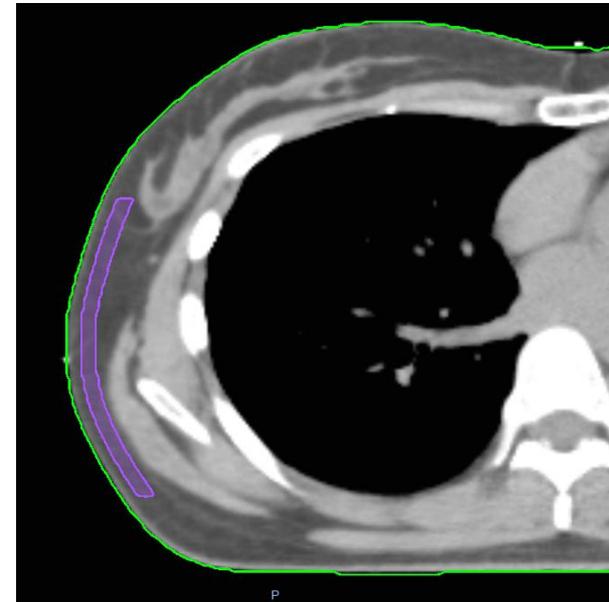
評価項目ごとの配点内訳と評価対象

評価項目/輪郭名	評価指標	配点 理想値	評価対象
CTV	D90%	50	ターゲットへ十分な線量が照射されているかを評価します
体輪郭 (Eval_Body)	D2cc	20	体輪郭内のホットスポットを評価します
肺 (Lungs)	V20Gy	10	肺線量を評価します
右肺-1.5cm (Lung_Rt-15)	V50% (=V21.56Gy)	20	照射野内に肺が過大に入り込んでいないかを評価します
乳房正中側ダミー輪郭 (Eval_Opposite)	V50% (=V21.56Gy)	22	乳房正中側方向の照射野位置を評価します
乳房尾側ダミー輪郭 (Eval_Inferior)	V50% (=V21.56Gy)	22	乳房尾側方向の照射野位置を評価します
乳房外側ダミー輪郭 (Eval_Lateral)	V50% (=V21.56Gy)	22	乳房外側方向の照射野位置を評価します
乳房頭側ダミー輪郭 (Eval_Superior)	V50% (=V21.56Gy)	22	乳房頭側方向の照射野位置を評価します
門数 (Fields)	—	12	門数が多すぎないかを評価します

本コンテンツの満点は**200**点です。

照射野位置の評価方法

- 照射野の位置は，正中側/頭側/尾側/外側にそれぞれ設置したダミー輪郭のV50% (=V21.28Gy) の値から評価します。
- 照射野位置が，想定される位置からどの程度外れているかを評価するため，パイロット試験を実施した複数施設のV50%の平均 $\pm 2SD \sim \pm 3SD$ 程度を基準に，そこから外れた場合に減点になります。
- ビルドアップ領域における計算の不確かさの影響を低減するため，ダミー輪郭は表面付近をクリップしてあります。



照射野位置評価用
ダミー輪郭の例

結果のフィードバックと自己評価

- 表示されたスコアを確認し、減点対象となった項目があれば再度治療計画を確認してください。
- MLCを使用しないフィールドがある場合、MLC Typeが“None”と表示される場合があります。
- 以下は治療計画立案時に留意すべき事項ですが、システムで評価ができません。治療計画を立案後に、今一度ご自身で確認してください。
 - ✓ 対向フィールドの照射野背側面は一致していますか？
 - ✓ 照射野前面は皮膚面から2 cm以上開いていますか？
 - ✓ 線量分布計算に不均質補正は入っていますか？また不要な密度置換はしていませんか？
 - ✓ 線量グリッドサイズは2-3 mmですか？
 - ✓ 10MV以上のビームのみでプランが作成されていませんか？
- 参加者へのフィードバックのため、「自己評価の手引き」を用意しています。本エクササイズの実施後に、併せてご確認ください。

結果の投稿および公表

結果の投稿および公表

- 結果の投稿は <https://medphys.euro meditec.co.jp/planQA/> よりコンテンツを選択し、DICOMデータのアップロードボタンから可能です。
- データの信頼性向上のため日々の臨床上、許容される線量分布と同等以上のプランを投稿してください。
- データハンドリングの問題から各治療計画装置中で評価した線量制約値と、Webシステムで評価する値にわずかな差が生じる場合があります。評価はWebシステムの値によって行います。
- プランおよびプラン線量をDICOM形式 (RT-plan/RT-dose) でwebシステムにアップロードすることで、自動的にスコアが計算されます。(ビーム毎の線量のみが出力される場合は、ビーム毎のRT-doseをまとめてアップロードしてください)
- 右乳房温存術後3D-CRT治療計画エクササイズの目的を鑑み、成績上位者の公開や表彰は予定されていません。

治療計画の評価方法

- アップロードいただいた治療計画および線量分布情報をもとに、200点満点で評価を行います。
- 評価用輪郭のDVH指標、および門数から、以下を評価します。
 - ✓ターゲット (CTV) の線量カバレッジ
 - ✓ホットスポットの有無
 - ✓肺への線量
 - ✓正中側/頭側/尾側/外側の照射野位置
 - ✓門数の過多（本症例においては、4門以下のfield-in-field法で十分な線量均一性が得られると考えられます。）
- 評価用輪郭をもとに治療計画を立案してしまうことを避けるため、評価用輪郭は配布しておりません。

乳房温存術後の3次元原体照射 治療計画立案に関する参考情報

JASTRO治療計画ガイドライン¹⁾からの抜粋

- リスク臓器：対側乳房，患側肺，心臓（左側乳癌の場合），脊椎・脊髄，腕神経叢，上腕骨頭，甲状腺
- 照射野の目安として上縁は胸骨切痕，下縁は乳房下溝の足方1 cm，内側縁は正中，外側縁は中腋窩線から後腋窩線とする。
- 線束の肺野への拡がりを抑える必要があり，照射野背側面を合致させるためにビーム軸を数度振る（tilting technique）またはハーフフィールド法を用いる。
- 照射野の前縁は呼吸性移動を考慮して，皮膚面から 1.5 cm～2.0 cm 程度必要である。
- 腋窩リンパ節転移陽性例で鎖骨上リンパ節領域を照射する場合には，ハーフフィールド法を用いるのが一般的である。

JASTRO治療計画ガイドライン¹⁾からの抜粋

- 線量計算には不均質補正を行う計算アルゴリズムを使用する。
- 標的基準点はCTV内に設定し、施設内で統一することが望ましく、肺内や密度勾配の大きな場所に設定するべきではない。
- 全乳房照射には4～6 MVのX線を用いる。日本人の平均的乳房サイズに対しては10 MV以上のエネルギーのX線のみ使用することは不適切である。
- 必要に応じてウェッジフィルターやfield-in-field法などを使用し、良好な線量分布が得られるようにする。
- 物理ウェッジフィルターを使用する場合には、散乱線による対側乳房への被ばくも考慮が必要である。

ASTROガイドライン²⁾からの抜粋

- 処方線量の105%以上が照射される乳房組織の体積は最小にすべきである。これを達成するため、Field-in-Field法による3D-CRTの治療計画が推奨される。
- 線量の均一性に関する広く受け入れられる線量制約はないが、タスクフォースの専門家がほとんどの症例で妥当な目標として支持した、 $D_{200cc} < 105\%$ 、 $D_{2cc} < 107\%$ のような制約を考慮することができる。
- 順方向計画によるfield-in-fieldテクニックは、ウェッジを用いた接線照射よりもホットスポットの減少を含む、優れた線量均一性をもたらすことが示されている。
- 腫瘍床は処方線量の少なくとも95%でカバーすることを目標に輪郭を描くべき。全乳房は輪郭を描く、あるいは臨床的に定義してよいが、全乳房体積の少なくとも95%を全乳房処方線量の95%でカバーすることを目標とする。治療計画は、腫瘍の特徴、患者の解剖学的構造、併存疾患など多くの要因を考慮した上で個別に立てるべきである。

ASTROガイドライン²⁾からの抜粋

- RTOGのガイドラインに従い，治療計画CT上で心臓の輪郭を描出する．心臓への線量を最小にするために接線ビームを使用すべき．平均心臓線量は合理的に達成可能な限り低くすべきである．心臓の線量を最小にするため，深吸氣息止め，腹臥位，および/または心臓ブロックが推奨される．腫瘍床が離れている場合，心臓への線量を最小にするために乳房全体の線量範囲を調整することができる．
- 対側の乳房，肺，その他の正常組織への線量を最小限に抑える照射方法とするべきである．
- 3次元治療計画には，腫瘍床の描出を含めるべきである．ブースト照射では，再発のリスクや患者の解剖学的構造から正常組織を温存できるかどうかなどの要素を考慮した上で，腫瘍床またはブーストPTVを十分なマージンで囲むコンフォーマル・ブロッキングを使用すべきである．

ASTROガイドライン²⁾からの抜粋

- 心臓を含む重要な正常組織への線量を最小にし、ブーストフィールドに含まれる同側乳房の体積を最小にするよう注意すべきである。
- 位置決めの方法にかかわらず、対側の乳房が照射野に入らないように注意する必要がある。
- ブースト照射による心臓の線量は、線量の制約を評価する際に考慮するべきであり、可能な限り低くすべきである。他の重要な正常組織、特に肺への線量もブースト照射で最小化すべきである。タスクフォースでは、フルブースト線量が乳房全体の約3分の1を超える治療を避けることを推奨している。

参考文献

1. 日本放射線腫瘍学会, 放射線治療計画ガイドライン2024年版
2. Benjamin D. Smith, et al. Radiation therapy for the whole breast: Executive summary of an American Society for Radiation Oncology (ASTRO) evidence-based guideline, Pract Radiat Oncol, 2018, 8:145-152
3. GuidelineCentral®, Radiation Therapy For The Whole Breast, <https://www.guidelinecentral.com/guideline/8699/>
4. Mona Arbab et al., Master Breast Radiation Planning: Simple Guide for Radiation Oncology Residents, Advances in Radiation Oncology, 2024, 9:101476