

## 6 術中手技

### 6.1 麻酔

- 全身麻酔ないし腰椎麻酔で行う。
- 体位は超碎石位とする。

### 6.2 アプリケータ挿入術

- 分離型線源は Mick アプリケータを用いる。
- TRUS を用い経会陰的にテンプレートを用いて画像誘導下にアプリケータ針を挿入する。
- TRUS は 2 方向性（横断面と矢状断面）の切り替えが必要である。
- 術中にアプリケータ針やシード線源の位置を確認するために補助的に X 線透視を用いる。

### 6.3 アプリケータ抜去後

- 止血の確認。止血圧迫は直接皮膚に手を接しないようにし、線源との距離をつくるか遮蔽物を用いる。
- 骨盤 X 線写真の撮影を行う。
- 膀胱内に線源脱落が疑われる場合には膀胱鏡を用いる。

## 7 線源と処方線量

### 7.1 単独治療

- 処方線量は一般には PTV に 145 Gy とし、術前計画法で PTV (CTV-PM) に 145 Gy が原則、術中計画法では PTV (CTV-P) に 160 Gy が望ましい。
- ACR-ASTRO ガイドライン<sup>8)</sup>では、140-160 Gy を推奨している。

### 7.2 外部照射併用

- PTV に 100-110 Gy. 外部照射は 40-50.4 Gy / 20-28 回 / 4-6 週を併用。

## 8 外部照射併用

### 8.1 標的体積

- 前立腺と精嚢ないし精嚢基部
- 潜在的骨盤リンパ節転移の可能性を考慮して骨盤リンパ節まで標的体積と設定することも許容される。

### 8.2 外部照射技術

- 3次元照射ないし IMRT
- 45 Gy / 25 回 / 5 週の外部照射併用では直腸の  $D_{30-D40}$  Gy をなるべく低くする。

### 8.3 時期

- 密封小線源治療の前でも後でもよい。
- 外部照射先行では治療終了後 2 週以内に密封小線源治療を行い，密封小線源治療先行では 4-8 週後に外部照射を開始する。

## 9 内分泌療法併用

### 9.1 薬剤

- LHRH アゴニスト単剤ないし LHRH アゴニストと抗アンドロゲン剤の併用。

### 9.2 適応

- 前立腺体積縮小目的。前立腺が 40 cc を大きく超える場合や恥骨弓干渉が明らかな場合，術前内分泌療法を 2-3 か月先行する。
- 術後内分泌療法の適応については未解決。本邦の臨床試験である SHIP study<sup>9)</sup>，TRIP study<sup>10)</sup> の結果待ち。

## 10 術後線量評価

### 10.1 画像

- CT ないし MRI ないし CT，MRI，TRUS の融合画像。
- 線源同定については CT が標準。

### 10.2 評価時期

- CT の撮影時期は day 0，1，30 が一般的である。本邦では 1 か月後が多い。
- day 0，1 の術後評価は前立腺の浮腫のため線量が過小評価されることを念頭に置く。
- 各施設で一定にすべきである。

### 10.3 輪郭

- CTV-P：画像上認められる前立腺体積
- CTV-PM：前立腺に直腸側（及び頭側）を除く 3 mm のマージンを含む体積
- 尿道：術直後では尿道カテーテルにより同定する。1 か月後では尿道カテーテルが挿入されていない場合には，術直後の CT，術中 TRUS，又は MRI を参考とするか重ね合わせて描出するか，前立腺中心で代用する。一辺 7 mm の正三角形ないし直径 7 mm 程度の円を用いる。術後線量評価のためだけに尿道カテーテルを挿入することは行われていない。
- 直腸：直腸外側の輪郭を用いる。

#### 10.4 推奨される術後線量パラメータ（括弧内はオプション）

- CTV-P :  $D_{90}$ ,  $V_{100}$ ,  $V_{150}$  ( $D_{100}$ ,  $V_{200}$ )
- 尿道 :  $UD_{10}$ ,  $UV_{150}$  ( $UD_5$ ,  $UD_{10}$ ,  $UD_{30}$ ,  $UD_{50}$ ,  $UD_{90}$ )
- 直腸 :  $RV_{100}$ ,  $RD_{2cc}$  ( $RD_{0.1cc}$ ,  $RD_{1cc}$ )
- 尿道球部, 神経血管束 : 有用な指標は確立されていない

#### 10.5 達成すべき術後線量評価

- CTV-P :  $D_{90} \geq$  処方線量,  $V_{100} \geq 95\%$ ,  $V_{150} < 60\%$
- 尿道 :  $UV_{150} < 0.1$  cc,  $UD_{10} <$  処方線量の 150%
- 直腸 :  $RV_{100} < 1$  cc,  $RD_{0.1cc} <$  処方線量

### 11 経過観察

#### 11.1 生化学的再発

- 1年目は3か月おき。1年以後は6か月ごとにPSAを測定。良性の一過性の上昇（PSAバウンス現象）は3年以内に多くみられ、再発と区別する必要がある。
- 生化学的再発の定義は、Phoenixの定義（最低のPSA値から2.0 ng/ml以上上昇した場合）を用いることが推奨される。
- それ以外にASTROの定義（PSA値が3回連続して上昇した場合）若しくはPSAが最低値になった以降PSA > 0.40 ng/mLとなった場合を生化学的再発の定義として用いる報告もある。
- 「生化学的再発 = 救済療法が必要」というわけではない。どのような症例に対してどの時期に救済療法を行うことが最終的な予後を最も長く保障できるかについては結論が出ていない。

#### 11.2 有害事象及びQOL

- 尿路系, 消化管系, 性的機能について評価する。
- 急性尿閉は術後1週以内に生じることが多い。予防として $\alpha_1$ ブロッカーの投与が有用である。尿閉の場合には尿道カテーテル留置を数日間行い、繰り返すようなら自己導尿を指導する。
- 1年以上続く重症な尿閉に対しては慎重に経尿道的前立腺切除を検討する。安易な切除後には尿失禁が生じやすい。
- 中等度-重度の直腸出血に対しては、下部内視鏡による確認が望ましい。その際、照射部位の生検は禁忌。出血量, 期間によって、ステロイド注腸, アルゴンプラズマ凝固, 高圧酸素療法などを検討する。

### 11.3 治療後の生検

- ルーチンには行わない。臨床試験のプロトコルの場合は例外である。
- 治療後局所再発の救済術が適応となる場合には、必須である。
- 術後 2 年以内の病理組織学的評価は困難である。

## 12 放射線治療後局所再発の救済照射

- 熟練した施設での実施が望まれる。
- 生検による局所再発の確認が必須である。
- 他部位への転移がないことを画像で確認する。
- 一般的な適応として、救済術前 PSA 値が低い (5.0 ng/ml 以下)、PSA 倍加時間が 6 か月以上、初回放射線治療の晩期毒性が低いことがあげられる。
- 適切な標的体積や処方線量については確立されていない。

## 13 退出基準及び放射線安全管理

- 「シード線源による前立腺永久挿入密封小線源治療の安全管理に関するガイドライン」<sup>11)</sup>を参考とする。
- 公衆及び介護者、患者を訪問する子供について抑制すべき線量の基準を遵守するように担当医らが注意、指導を行う。
- 線源脱落の危険に備え術後 1 日は管理区域に入院させる。
- 適用量又は体内残存放射能が 1300 MBq 以下ないし患者対表面から 1 m 離れた地点における 1 cm 線量当量率が 1.8  $\mu$ Sv/h 以下とする。
- 放射線科医、泌尿器科医、看護師、診療放射線技師、医学物理士、安全管理者らの共同作業が必要である。

## 14 施設基準

- JASTRO と JRS が共同認定する放射線治療専門医及び JUA 認定の泌尿器科専門医が常勤の施設である。
- 放射線源安全取扱いに関する国内の教育、講習を受講する必要がある。

## 文献

1. Davis BJ, Horwitz EM, Lee WR, et al: American Brachytherapy Society consensus guidelines for transrectal ultrasound-guided permanent prostate brachytherapy. Brachytherapy 11: 6-19, 2012.
2. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Prostate Cancer Version 2.2013. [http://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/pdf/prostate.pdf](http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/prostate.pdf).
3. 日本放射線腫瘍学会編: 放射線治療計画ガイドライン 2012 年版, 東京, 金原出版, 2012.
4. <sup>125</sup>I 永久挿入治療物理 QA ガイドライン検討専門小委員会, 日本放射線腫瘍学会 QA 委員会: <sup>125</sup>I 永久挿入治療の物理的品質保証に関するガイドライン, 2010.
5. HDR 組織内照射等の標準化の研究班: I-125 永久挿入治療物理 QA マニュアル (2011) . 厚生労働省がん研究開発費 (指定研究 21 分指 8②) (小口正彦主任研究者) , 2011.
6. Rivard MJ, Coursey BM, DeWerd LA, et al: Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations. Med Phys 31: 633-674, 2004.
7. Nath R, Bice WS, Butler WM, et al: AAPM recommendations on dose prescription and reporting methods for permanent interstitial brachytherapy for prostate cancer: Report of Task Group 137. Med Phys 36: 5310-5322, 2009.
8. Rosenthal SA, Bittner NH, Beyer DC, et al: American Society for Radiation Oncology (ASTRO) and American College of Radiology (ACR) practice guideline for the transperineal permanent brachytherapy of prostate cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 79: 335-341, 2011.
9. Miki K, Kiba T, Sasaki H, et al: Transperineal prostate brachytherapy, using I-125 seed with or without adjuvant androgen deprivation, in patients with intermediate-risk prostate cancer: study protocol for a phase III, multicenter, randomized, controlled trial. BMC Cancer 10: 572, 2010.
10. Konaka H, Egawa S, Saito S, et al: Tri-Modality Therapy with I-125 brachytherapy, external beam radiation therapy, and short- or long-term hormone therapy for high-risk localized prostate cancer (TRIP): study protocol for a phase III, multicenter, randomized, controlled trial. BMC Cancer 12: 110, 2012.
11. 日本放射線腫瘍学会, 日本泌尿器科学会, 日本医学放射線学会: シード線源による前立腺永久挿入密封小線源治療の安全管理に関するガイドライン (第五版) . 2011.

## 前立腺癌 HDR ガイドライン

### はじめに

前立腺癌に対する HDR 組織内照射は、経会陰的に前立腺へアプリータを刺入し、RALS で  $^{192}\text{Ir}$  をアプリータ内に停溜させることにより、 $\gamma$  線を組織内から照射する方法である。前立腺癌の  $\alpha/\beta$  値が主な危険臓器である直腸よりも低く見積もられていることから放射線生物学的に有利な方法と考えられている。

### 1 適応基準

- 臨床病期 T1-T3b, 一部の T4
- Gleason スコア 5-10
- PSA 制限なし
- cN0, cM0

### 2 除外基準

#### 2.1 絶対的禁忌

- 麻酔不可能
- 臥位不可能
- 治療に対する同意が得られない患者

#### 2.2 相対的禁忌

##### 2.2.1 副作用の発生の危険性が高い症例

- 大きな中葉症例
- 骨盤照射の既往
- IPSS が極めて高い場合
- 骨盤内手術の既往が多数回ある患者
- 創傷治癒に問題がある重度の糖尿病
- 炎症性腸疾患

##### 2.2.2 技術的に難しい症例

- 経尿道的前立腺切除による前立腺欠損が大きい場合
- 恥骨弓干渉が著しい場合

### 3 患者選択基準

#### 3.1 単独治療

- 適応患者すべてに単独治療を行う施設がある。
- 放射線治療後局所再発の救済照射

### 3.2 外部照射併用

- 適応患者すべて

## 4 線源, 線量計算

### 4.1 線源

- RALS 用  $^{192}\text{Ir}$  線源

### 4.2 治療計画装置

- 画像のスライス厚は 3 mm 以下が望ましい.
- 3次元線量分布計算と DVH 分析が可能な装置とする.

### 4.3 線量計算, 線量評価

- 一般に処方線量は計画標的体積 (PTV) に対して行う. PTV の 90%以上に処方線量が投与されるのが望ましい.
- 尿道や直腸の照射範囲は明確ではないため, これらに対する  $D_x$  (評価臓器の x%ないし x cc の体積が照射される線量) や  $V_x$  (評価線量の x%が照射される体積 cc) を用いる (例:  $D_{90}$ ,  $V_{100}$ ,  $V_{150}$  など).

## 5 手術手技

### 5.1 麻酔

- 硬膜外, 脊椎, あるいは全身麻酔下にアプリータを刺入する.
- 周術期は硬膜外麻酔, PCA を使用する.

### 5.2 アプリータ刺入

- アプリータの材質は CT, MRI 対応のものとする.
- TRUS ガイド下に施行する.
- 尿道を貫通しないよう注意する.
- 精嚢浸潤の可能性が高い症例はカテーテルを精嚢まで刺入してもよい.

### 5.3 基準マーカ

- 前立腺底部と尖部に基準マーカを挿入し, 標的の位置確認を容易にするのが望ましい.

## 6 治療計画

### 6.1 画像取得

- アプリケーター刺入後に画像を取得する。
- (基準マーカー), フォーリーカテーテルが入っていることを確認する。
- アーチファクトを発生させる人工物は外しておく。
- できるだけ治療時と同じ体位を取る。
- スライス厚は 3 mm 以下とする。
- アプリケーター全体 (頭側はアプリケーター先端まで, 尾側は会陰部まで) が十分に入る範囲を撮像する。
- 前立腺は少なくとも 1 cm 頭尾側に余裕をもって撮像されるよう調節する。
- FOV に体輪郭全部を入れる必要はない。適切な大きさに設定し画像の質を保つ。

### 6.2 停溜位置及び停溜時間

- 最適化アルゴリズム (幾何学的最適化法あるいはインバースプラン法) を使用する。マニュアルによる最適化も使用する。

### 6.3 標的体積

- GTV : 画像上識別できる腫瘍の範囲
- CTV : T1c-T2c, 前立腺 ; T3a-T3b, 前立腺 + GTV ± 精囊
- PTV : CTV = PTV とする。

### 6.4 危険臓器

- 膀胱 : (参考例) 外輪郭を囲む。
- 尿道 : (参考例) 上下縁は CTV が描出されるスライスより 1 cm 頭尾側のスライスまで。フォーリーカテーテルの外輪郭を囲む。
- 直腸 : (参考例) 下縁は肛門入口から 3 cm 上あるいは坐骨結節下縁, 上縁は直腸-S 状結腸移行部まで。筋層を含めた外輪郭を囲む。



## 6.5 DVH パラメータ

- PTV の 90% に処方線量を投与することを目標とする ( $V_{100} \geq 90\%$ ,  $D_{90} \geq$  処方線量).
- 直腸線量：十分な根拠をもった上限値は確立されていない。  
(参考例)
  - 1) 通常分割外部照射の域値 ( $V_{50} < 55\%$ ,  $V_{60} < 40\%$ ,  $V_{70} < 25\%$ ,  $V_{75} < 5\%$  など)<sup>1)</sup> を参考に使用する分割スケジュールに換算する。
  - 2) 処方線量の 100% が投与される体積を 1 cc 未満にする ( $RV_{100} < 1$  cc).
- 尿道線量：十分な根拠をもった上限値は確立されていない。  
(参考例) 処方線量の 125% が投与される体積を 1 cc 未満にする ( $UV_{125} < 1$  cc).
- 膀胱線量：十分な根拠をもった上限値は確立されていない。  
(参考例) 処方線量の 75% が投与される体積を 1 cc 未満にする。
- 目標とする DVH パラメータが達成できない場合は再度最適化を実施する。あるいはカテーテル位置の調節、再刺入を考慮する。

## 6.6 線量分布図

- 少なくとも処方線量の 50%, 100%, 150% を表す等線量曲線を PTV 及び CTV と合わせて表示させる。

## 7 治療

### 7.1 照射

- 1 回目の照射はアプリケータ刺入と同日に行う。
- 2 回目以降の照射は、前回の照射から 6 時間以上経過し、かつ 24 時間以内の時点で行う。

### 7.2 アプリケータ位置照合

- 治療計画時と毎回の照射時で前立腺とアプリケータの位置関係に変動がないか確認する。
- 肉眼的確認とともに、
  - 1) X 線透視装置でマーカーとアプリケータの位置関係を確認する。
  - 2) CT でアプリケータと前立腺の位置関係を確認する (マーカーがない場合でも可能)。1), 2) のどちらかは必ず行う。
- アプリケータの移動が修正不能であった場合、その時点における位置で再度最適化を試みる。あるいは治療を延期し再刺入を考慮する。

## 8 処方線量

- $\alpha/\beta = 2$  として BED が 140-220 Gy<sub>2</sub> 程度となるように分割スケジュールを組み立てる。
- 複数回カテーテルを刺入して一回ずつ照射する方法 (multiple implants with a single fraction) と、一回のカテーテル刺入で複数回照射する方法 (a single implant with multiple fractions) があるが、本邦では後者が多い。

## 8.1 HDR 単独 (例)

- 24-27 Gy / 2 回 / 1 日 <sup>2)</sup>
- 31.5 Gy / 3 回 / 2 日 <sup>3)</sup>
- 34-36 Gy / 4 回 / 3 日 <sup>3)</sup>
- 48-54 Gy / 8-9 回 / 5 日 <sup>4)</sup>

## 8.2 外部照射併用 (例)

- 10 Gy / 1 回 / 1 日 + 外部照射 50 Gy / 20 回 / 5 週 <sup>5)</sup>
- 15 Gy / 2 回 / 1 日 + 外部照射 50 Gy / 25 回 / 5 週 <sup>6)</sup>
- 18 Gy / 2 回 / 1-2 日 + 外照射 39 Gy / 13 回 / 3 週 <sup>7)</sup>
- 16.5-19.5 Gy / 3 回 / 3 週 + (同時) 外部照射 46 Gy / 23 回 / 5 週 <sup>8)</sup>
- 22 Gy / 4 回 / 2 日 + 外部照射 41.8 Gy / 19 回 / 4 週 <sup>9)</sup>
- 30-37.5 Gy / 5 回 / 3 日 + 外部照射 30 Gy / 10 回 / 2 週 <sup>10)</sup>

## 9 外部照射併用

### 9.1 標的体積

- 前立腺と精嚢ないし精嚢基部
- 潜在的骨盤リンパ節転移の可能性を考慮して、骨盤リンパ節まで標的体積と設定することも許容される。

### 9.2 併用時期

- HDR と外部照射を合わせ 7 週間以内の終了を目標とする。
- HDR 前, HDR 後, あるいは HDR 前後

## 10 内分泌療法併用

### 10.1 薬剤

- LHRH アゴニスト単剤ないし LHRH アゴニストと抗アンドロゲン剤の併用。

### 10.2 適応

- 再発リスクに応じて適宜使用する。

## 11 経過観察

### 11.1 生化学的再発

- 1年目は3か月おき、1年以後は6か月ごとにPSAを測定。良性の一過性の上昇（PSAバウンス現象）は3年以内に多くみられ、再発と区別する必要がある。
- 生化学的再発の定義は、Phoenixの定義（最低のPSA値から2.0 ng/ml以上上昇した場合）を用いることが推奨される。
- それ以外にASTROの定義（PSA値が3回連続して上昇した場合）若しくはPSAが最低値になった以降PSA > 0.40 ng/mLとなった場合を生化学的再発の定義として用いる報告もある。
- 「生化学的再発 = 救済療法が必要」というわけではない。どのような症例に対してどの時期に救済療法を行うことが最終的な予後を最も長く保障できるかについては結論が出ていない。

### 11.2 有害事象及びQOL

- 尿路系、消化管系、性的機能について評価する。
- 尿閉の場合には尿道カテーテル留置を数日間行い、繰り返すようなら自己導尿を指導する。
- 1年以上続く重症な尿閉に対しては慎重に経尿道的前立腺切除を検討する。安易な切除後には尿失禁が生じやすい。
- 中等度 - 重度の直腸出血に対しては、下部内視鏡による確認が望ましい。その際、照射部位の生検は禁忌。出血量、期間、貧血の有無によって、ステロイド注腸、アルゴンプラズマ凝固、高圧酸素療法などを検討する。

### 11.3 治療後の生検

- ルーチンには行わない。臨床試験のプロトコルの場合は例外である。
- 救済術が適応となる場合には考慮する。
- 術後2年以内の病理組織学的評価は困難である。

## 12 放射線治療後局所再発の救済照射

- 熟練した施設での実施が望まれる。
- 生検による局所再発の確認が必須である。
- 適切な標的体積や処方線量については確立されていない。

## 文献

1. Fiorino C, Fellin G, Rancati T, et al: Clinical and dosimetric predictors of late rectal syndrome after 3D-CRT for localized prostate cancer: preliminary results of a multicenter prospective study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 70: 1130-1137, 2008.
2. Ghilezan M, Martinez A, Gustason G, et al: High-dose-rate brachytherapy as monotherapy delivered in two fractions within one day for favorable/intermediate-risk prostate cancer: preliminary toxicity data. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 83: 927-932, 2012.
3. Corner C, Rojas AM, Bryant L, et al: A Phase II study of high-dose-rate afterloading brachytherapy as monotherapy for the treatment of localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 72: 441-446, 2008.
4. Yoshioka Y, Konishi K, Oh RJ, et al: High-dose-rate brachytherapy without external beam irradiation for locally advanced prostate cancer. *Radiother Oncol* 80: 62-68, 2006.
5. Cury FL, Duclos M, Aprikian A, et al: Single-fraction high-dose-rate brachytherapy and hypofractionated external beam radiation therapy in the treatment of intermediate-risk prostate cancer - long term results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 82: 1417-1423, 2012.
6. Sato M, Mori T, Shirai S, et al: High-dose-rate brachytherapy of a single implant with two fractions combined with external beam radiotherapy for hormone-naive prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 72: 1002-1009, 2008.
7. 築山巖, 小林伶子, 平塚純一, 他: 中リスク前立腺癌に対する外部照射併用高線量率イリジウム組織内照射の臨床第II相試験の多施設共同研究報告. *臨床放射線* 57: 577-583, 2012.
8. Martinez AA, Kestin LL, Stromberg JS, et al: Interim report of image-guided conformal high-dose-rate brachytherapy for patients with unfavorable prostate cancer: the William Beaumont phase II dose-escalating trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 47: 343-352, 2000.
9. Hiratsuka J, Jo Y, Yoshida K, et al: Clinical results of combined treatment conformal high-dose-rate iridium-192 brachytherapy and external beam radiotherapy using staging lymphadenectomy for localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 59: 684-690, 2004.
10. Ishiyama H, Kitano M, Satoh T, et al: Genitourinary toxicity after high-dose-rate (HDR) brachytherapy combined with hypofractionated external beam radiotherapy for localized prostate cancer: an analysis to determine the correlation between dose-volume histogram parameters in HDR brachytherapy and severity of toxicity. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 75: 23-28, 2009.

## 食道癌腔内照射ガイドライン

### はじめに

本邦における人口の高齢化に加え、内視鏡による検診とその技術の向上により、手術が困難な食道表在癌症例が増加している。食道癌に対する腔内照射は HDR 照射装置や治療用アプリータの開発により安全な線量増加による治療成績の向上を期待して、本邦では主に表在癌症例に対する根治治療として、1990 年代から外部照射後の追加照射として行われてきた<sup>1)</sup>。JASTRO 研究グループでは食道表在癌に対する標準的な治療法について提案しており<sup>2)</sup>、これに準じた方法での良好な治療成績が報告されている<sup>3-6)</sup>。一方、進行癌で生じる食道狭窄に対して短期間での嚥下障害改善を目的に緩和的な治療として行われる場合もある。

### A 根治治療

#### 1 適応基準

- 胸部食道癌（頸部や腹部も技術的には可能であるが、アプリータの固定に注意が必要）
- 臨床病期 T1N0M0

#### 2 除外基準

##### 2.1 絶対的禁忌

- 妊娠中の患者
- 腫瘍長が長くてアプリータでカバーできない場合
- アプリータ留置、安静保持が困難である患者
- 治療についての理解及び同意が得られない患者
- クリップングができない患者
- 治療部位に対する照射歴のある患者

##### 2.2 相対的禁忌

- コントロール不良の糖尿病を有する患者
- 同時化学療法との併用を予定している患者<sup>7,8)</sup>
- 出血のリスクが高い食道静脈瘤を合併している患者
- 生命予後に影響する重篤な合併症を有している患者
- 下部食道癌で高度な逆流性食道炎を合併している患者
- 活動性の膠原病、特に強皮症を有する患者

#### 3 患者選択基準

- 画像上リンパ節転移がなく、食道超音波内視鏡で深達度が粘膜下層までの病変

## 4 線源，線量計算

### 4.1 線源

- RALS 用  $^{192}\text{Ir}$  線源ないし  $^{60}\text{Co}$  線源（以前は  $^{137}\text{Cs}$  による LDR 照射も施行されていたが，治療時間が長いため，不向きである）

### 4.2 治療計画装置，線量計算

- 苦痛やアプリケータのずれを最小限にするために，短時間で行う．
- 治療機器専用の線量計算プログラムを使用する．
- 一本線源による照射なので，基本的には正面及び側面の単純 X 線写真で線量計算が可能である．
- CT での治療計画あるいは線量分布を確認する場合にはスライス厚は 3 mm 以下が望ましい．
- アプリケータの内部，外部バルーン内に適量の液体（生理食塩水と造影剤）が注入されていることとバルーンが拡張していることを確認する．
- 処方線量は標準的には食道粘膜下 5 mm を基準とする（アプリケータの径に注意）

## 5 治療計画

### 5.1 臨床的標的体積と計画標的体積（一本線源での照射のため，標的長を説明する）

- クリッピングされた部位：GTV
- GTV + マージン（頭尾 1 cm 程度）：CTV
- CTV = PTV であるが，治療計画での過線量を避けるため，線源配置は CTV に 0.5-1.0 cm 上下に拡大する．

### 5.2 線源配置，線量均一性，線量評価

- 最適化は幾何学的最適化法をベースとし，線量分布で処方線量が線源にほぼ平行となるように確認しながらマニュアルで調整する．調整しないと中央付近や線源端で食道粘膜面に過線量となることがあるので注意する．
- アプリケータの彎曲がある場合には，処方点を彎曲の内側におくと過線量を生じにくい．
- CT 画像の取得は，X 線での治療計画をした場合でも DVH 計算が可能であり，心臓，気管，脊髄などの照射線量を評価できる利点がある．

## 6 挿入手技

### 6.1 前処置

- 病変部を照射時に透視下で確認するために，治療前にクリッピングを施行する．
- 照射前は禁飲食とし，急変時の対応に対する準備が必要である．

## 6.2 アプリケータ挿入術

- 土器屋式の 2 重バルーンアプリケータを使用する。この際、可能であれば、内径の大きい直径 20 mm のアプリケータを使用する。
- 内視鏡施行時同様に局所麻酔の施行と硫酸アトロピンを筋注する。
- 左側臥位で挿入し、治療計画からは仰臥位で行うとよい。
- 透視で確認しながら位置を補正できたら、適量の液体を注入しバルーンを拡張する。

## 6.3 照射

- 治療直前にアプリケータの位置及びバルーンの拡張程度を透視で確認し、必要があれば補正する。

## 6.4 アプリケータ抜去

- バルーンアプリケータは注入された液体を完全に抜いてから抜去する。
- 抜去後は内視鏡施行後と同様に数時間の禁飲食が必要である。

## 7 照射，線量分割，時期

- JASTRO 研究グループのガイドラインに準じる<sup>2)</sup>。
- 外照射併用の場合は外照射 50-60 Gy / 25-30 回 / 5-6 週の終了後に行う。
- 密封小線源治療の 1 回線量は 4 Gy を越えると食道合併症が高くなるため、総線量 8-12 Gy / 3-4 回 / 2-3 週で施行する。

## 8 経過観察

### 8.1 診察法

- 通常の食道癌放射線治療後と同様である。
- 食道造影は治療効果を判断できないため、局所の評価については 3-6 か月間隔の定期的な内視鏡検査が必要である。
- 治療後は潰瘍、穿孔の危険性があるため、再発が疑われなければむやみに生検を施行しない。
- リンパ節転移や遠隔転移については 1-2 回 / 年の CT 検査を施行する。

### 8.2 有害事象

- 食道炎：治療終了後、2-3 週を経過して軽快することが多い。外部照射ですでに食道炎が生じている場合が多く、炎症の増悪による食事摂取障害に注意する。また、刺激物の摂取を控えるよう日常生活の指導も重要である。
- 食道潰瘍：難治性になることがあるため、照射後は常にその発生に注意した診療を行う。

## 9 再発後の救済術

- 熟練した施設での実施が望まれる。
- 同じ部位への再照射は困難であるため、内視鏡的治療及び外科治療を検討する。特に表在性の局所再発の症例も多く、この場合では内視鏡的治療でも救済の可能性が高く、かつ合併症も少ないため、根治放射線治療後は定期的な内視鏡検査が重要である。

## B 緩和治療

### 1 適応基準

- 胸部食道癌（頸部や腹部も技術的には可能であるが、アプリケーターの固定には注意が必要である。）
- 根治治療が望めない症例で、臨床的に本治療による嚥下困難の一時的改善が期待でき、患者のQOL向上に有効であると判断された進行食道癌

### 2 除外基準（多くの場合は臨床的判断による）

- アプリケーター留置、安静保持が困難である症例
- 治療についての理解及び同意が得られない症例
- 食道内にステントが挿入されている症例
- 嚥下に関する症状のない症例

### 3 患者選択基準

- 根治治療を施行できる可能性がある症例には施行しない。

### 4 線源挿入手技

- 食道用アプリケーターを用いることができる場合は、根治目的の手法と同様にアプリケーターの留置を行う。
- 食道狭窄が高度で食道用アプリケーターの挿入が困難な場合は細径のアプリケーターを用いるが、線源と食道粘膜の距離が近い場合、過線量に注意が必要である。

### 5 治療計画

- 患者の苦痛やアプリケーターのずれを最小限にするために、可能な限り短時間で行えるよう心がける。食道アプリケーターを使用し、かつクリップが装着できている場合には根治治療と同様に施行する。
- また、以下の点に注意して行う。
  - ✓ CT上でも病変部が特定しやすいため、CTベースでの治療計画が望ましい。
  - ✓ 線量評価点は原則粘膜下5mmとするが、病変部の厚みに応じて線量評価点を変更することもある（5-10mm程度）
  - ✓ 処方線量は、単回施行のことが多いので6-12 Gy/回など1回線量を高くする方がむしろ有用である<sup>8)</sup>。腫瘍辺縁や正常粘膜の線量に関する記載は行っておく。



## 文献

1. Okawa T, Dokiya T, Nishio M, et al: Multi-institutional randomized trial of external radiotherapy with and without intraluminal brachytherapy for esophageal cancer in Japan. Japanese Society of Therapeutic Radiology and Oncology (JASTRO) Study Group. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 45: 623-628, 1999.
2. Nemoto K, Yamada S, Nishio M, et al: Results of radiation therapy for superficial esophageal cancer using the standard radiotherapy method recommended by the Japanese Society of Therapeutic Radiology and Oncology (JASTRO) Study Group. *Anticancer Res* 26: 1507-1512, 2006.
3. Nishimura Y, Okuno Y, Ono K, et al: External beam radiation therapy with or without high-dose-rate intraluminal brachytherapy for patients with superficial esophageal carcinoma. *Cancer* 86: 220-228, 1999.
4. Sai H, Mitsumori M, Araki N, et al: Long-term results of definitive radiotherapy for stage I esophageal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 62: 1339-1344, 2005.
5. Ishikawa H, Nonaka T, Sakurai H, et al: Usefulness of intraluminal brachytherapy combined with external beam radiation therapy for submucosal esophageal cancer: long-term follow-up results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 76: 452-459, 2010.
6. Ishikawa H, Sakurai H, Yamakawa M, et al: Clinical outcomes and prognostic factors for patients with early esophageal squamous cell carcinoma treated with definitive radiation therapy alone. *J Clin Gastroenterol* 39: 495-500, 2005.
7. Gaspar LE, Winter K, Kocha WI, et al: A phase I/II study of external beam radiation, brachytherapy, and concurrent chemotherapy for patients with localized carcinoma of the esophagus (Radiation Therapy Oncology Group Study 9207): final report. *Cancer* 88: 988-995, 2000.
8. Yorozu A, Dokiya T, Oki Y, et al: High-dose-rate brachytherapy boost following concurrent chemoradiotherapy for esophageal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 45: 271-5, 1999.

## LDR 物理 QA ガイドライン

### はじめに

本邦では、LDR 密封小線源治療用の線源として  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{198}\text{Au}$  の線源が使用可能である。しかし  $^{125}\text{I}$  線源以外の治療実施施設数の大幅な減少、更に  $^{137}\text{Cs}$  線源の製造中止により、国内の LDR 密封小線源治療は  $^{125}\text{I}$  の永久挿入治療が大部分を占める。上記より、物理 QA の内容を  $^{125}\text{I}$  永久挿入治療中心に述べるが、それ以外の線源に関しても根本的な考え方は同じである。

$^{125}\text{I}$  永久挿入治療では、TRUS、ステッパー、アプリケーション、治療計画装置など多くの機器が使用され、それら全てが物理 QA の対象となる。安全かつ高精度な治療の実施と臨床データのエビデンスを担保することを目的に、幅広く  $^{125}\text{I}$  永久挿入治療の物理 QA 項目に関する検討が行なわれた。その成果として、2009 年に厚生労働省がん研究助成金土器屋班（17-10：主任研究者 土器屋卓志）より「I-125 永久挿入治療物理 QA ガイドライン（Ver.1）」<sup>1)</sup>、2011 年には改訂版にあたる厚生労働省がん研究開発費小口班（指定研究 21 分指 8②：主任研究者 小口正彦）より「I-125 永久挿入治療物理 QA マニュアル（2011）」<sup>2)</sup>と詳細な報告書が提出された。加えて JASTRO QA 委員会では、土器屋班の報告をもとに臨床上特に重要となる項目を精査し、再編成した「 $^{125}\text{I}$  永久挿入治療の物理的品質保証に関するガイドライン」<sup>3)</sup>が 2010 年に策定されている。そのため、本ガイドラインでは LDR 物理 QA の詳細を述べず、線量計算方法の注意点を簡潔に記すことにした。LDR 物理 QA の詳細は、上記のガイドラインなどを参照されたい<sup>1-4)</sup>。

### 1 吸収線量（率）計算方法の注意点<sup>5-8)</sup>

- AAPM TG-43U1<sup>7)</sup>が推奨する計算式を採用すべきである。ただし、TG-43U1 計算式以上の計算精度を担保しているアルゴリズム（モデルベースなど）を採用している場合は、この限りではない。
- 計算に使用するパラメータ値（線源形状、計算次元、非等方性補正など）を患者ごとに変更すべきでない。使用するパラメータ値によって線量分布や DVH などが変化するため、一貫性のない臨床データになる。
- 計算で使用される物理量の定義、パラメータ値などの詳細については、TG-43U1 及び AAPM TG-43U1SI<sup>8)</sup>を参照する。
- 使用する線源に対して、適切なパラメータ値が正しく使用されている必要がある。
- パラメータ値などが修正、更新、追加されている場合は、最新の情報を取得するよう努める。

### 2 物理 QA の項目と放射線防護

- 受入試験、コミッショニング、定期的、治療ごとの物理 QA 項目と放射線防護については、既出の「 $^{125}\text{I}$  永久挿入治療の物理的品質保証に関するガイドライン」<sup>3)</sup>及び「I-125 永久挿入物理 QA マニュアル（2011）」<sup>2)</sup>を参考とする。

## 文献

1. がんの小線源放射線治療の評価と品質管理に関する研究班, 日本放射線腫瘍学会 QA 委員会: I-125 永久挿入治療物理 QA ガイドライン (Ver.1) . 厚生労働省がん研究助成金 (17-10) (土器屋卓志主任研究者) , 2009.
2. HDR 組織内照射等の標準化の研究班: I-125 永久挿入治療物理 QA マニュアル (2011) . 厚生労働省がん研究開発費 (指定研究 21 分指 8②) (小口正彦主任研究者) , 2011.
3.  $^{125}\text{I}$  永久挿入治療物理 QA ガイドライン検討専門小委員会, 日本放射線腫瘍学会 QA 委員会:  $^{125}\text{I}$  永久挿入治療の物理的品質保証に関するガイドライン, 2010.
4. 日本放射線腫瘍学会 QA 委員会: 密封小線源治療における Quality Assurance (QA) システムガイドライン (2002) . 日放線腫瘍会誌 14 Suppl 2: 63-68, 2002.
5. 日本医学物理学会編: 放射線治療における小線源の吸収線量の標準測定法, 東京, 通商産業研究社, 2000.
6. Nath R, Anderson LL, Luxton G, et al: Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43. Med Phys 22: 209-30, 1995.
7. Rivard MJ, Coursey BM, DeWerd LA, et al: Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations. Med Phys 31: 633-74, 2004.
8. Rivard MJ, Butler WM, DeWerd LA, et al: Supplement to the 2004 update of the AAPM Task Group No. 43 Report. Med Phys 34: 2187-205, 2007.

## HDR 物理 QA ガイドライン

### はじめに

本邦では 1970 年代から  $^{60}\text{Co}$  が、1990 年代から線源をより小型化できる  $^{192}\text{Ir}$  が装備された HDR 装置が使用されている。複数のメーカーから多様な HDR 装置や治療計画装置が提供され、様々な特長を有している。本ガイドラインは、各装置に共通の項目や一般的な精度管理の許容値などを採用した。よって、装置固有の特性は考慮していないため、各施設の判断で、適応とまらない項目を修正する必要がある。一方、いわゆる旧型  $^{60}\text{Co}$  HDR 装置は、安全機構に問題があるため、本ガイドラインの適応とまらない可能性がある。よって、可能な限り速やかに新型装置に更新することを推奨する。また、IGBT は発展途上の分野であり、詳細に記載できないため、別途 IGBT に特化したガイドラインの策定を待つこととした。

各 QA 項目は、その重要度の高い順に A と B の 2 段階のランクを設けた。コミッショニングと品質管理の項では、許容レベルと介入レベルを設定した。それぞれ英文の Tolerance Level と Action Level の訳語である。測定結果は、①許容レベルの範囲内、②許容レベルと介入レベルの範囲内、③介入レベルの範囲外、に区分し評価する。具体的な対応は、以下を推奨する。

- ① 精度や正確度が担保されているため、是正の必要がない。
- ② 乖離の原因を追及するための対策が必要であるが、使用の可否は QA 担当者の判断に委ねられる。
- ③ 許容される精度や正確度を担保できないため、QA 担当者は乖離の程度及び予想される原因と対策を、治療医に報告しなければならない。対策を施しても、介入レベルの範囲外となった場合の患者照射の可否は、臨床的判断を基に治療医が決定する。

いずれにせよ、許容レベルの範囲内となるように、品質管理に努めることが重要である。

本ガイドラインは、既出の JSMP<sup>1)</sup>や JASTRO ガイドライン<sup>2)</sup>を参考に、ESTRO<sup>3)</sup>や AAPM<sup>4,7)</sup>などの報告<sup>8-11)</sup>を取り入れ、本邦の現状を無視しないよう作成した。また、ユーザの利便性を考慮して、 $^{125}\text{I}$ に関する既出のガイドライン<sup>12,13)</sup>の記載方法と可能な限り統一させた。

QA 項目の先頭の略語の意味と関連する表番号は、下記のとおりである。

AT : 受入試験	Acceptance Test	表 1. 治療装置, 治療計画装置の受入試験
C : コミッショニング	Commissioning	表 2. 治療計画装置のコミッショニング
QC : 定期的な品質管理	Quality Control	表 3. 治療計画装置の定期的品質管理 表 4. 治療装置の日常点検 表 5. 治療装置の定期的品質管理
Pt : 患者治療ごとの品質保証	Patient Quality Assurance	表 6. 患者治療ごとの品質保証