

D 放射線治療における固定

1 照射中心位置の不確かさ

放射線治療では、治療計画で決定した照射中心位置で照射が行われる必要がある。しかし、治療計画で決定した照射中心位置を照射時に完全に再現させることは困難であり、照射中心位置の不確かさが残る。照射中心とは患者・位置照合装置・照射装置の3つの座標系を結びつける3次元上での基準点であり、アイソセンタを意味する。照射中心位置の不確かさは治療計画で標的の輪郭を描く時から生じるが、治療計画での標的設定後の不確かさには、ガントリ、コリメータ、治療寝台、位置照合装置などの機械に関連した幾何学的位置の不確かさと、皮膚マーク、患者の動き、臓器の動きなどの患者に関連した患者位置決めの不確かさに大きく分けられる(図1)。

放射線治療における患者固定の目的は、後者の患者に関連した不確かさを低減することである。つまり、照射時に治療計画時の体位を再現し、照射中心位置を計画時と可能な限り一致させることである。ただし、治療直前の患者体位の再現性だけでなく、治療中の体位を保持して患者の動きを低減させる役割もある。したがって、治療計画CT時や照射直前だけでなく、照射中の患者体位を保持するための固定精度が必要である。

固定精度の評価は特殊装置を除き、一般的には呼吸などによる動きが少ない骨格に対する相対的な距離として評価される。基準となる骨格は内部移動のある肋骨などではなく、椎体としたほうが再現性は高い。腫瘍自体や金属マーカによるセットアップでは、骨格に対して位置変位が大きい場合に、ビームが通過する体内の位置が変化してしまうため、線量分布の不確かさが増加する。

2 治療計画で照射位置を担保する方法

照射中心位置の精度を高めたとしても、治療計画で決定した照射中心位置を照射時に完全に一致させることは困難である。また、臓器の移動により標的が照射野外の位置にきたりして、十分な線量を標的に与えら

れない可能性もある。そこで、照射方法、固定法、患者位置決め方法、呼吸移動対策法などに応じて、ICRUレポート50/62に準拠した適切な標的設定が必要である^{1,2)}(詳細は「総論-3-F」を参照)。

特に、ビームに対する臓器の移動と患者位置の不確かさを補償して照射位置を担保する方法として、ICRUレポート62では体内マージン(internal margin: IM)とセットアップマージン(set-up margin: SM)が定義されており、一般的にはIMとSMを加算して計画標的体積(PTV)へのマージンとする。IMとは呼吸、拍動、腸管の蠕動などの生理的な動きや臨床標的体積(CTV)サイズ、形状、位置の変化に伴って、静止した骨格に対して相対的な臓器移動を補償するマージンである。また、SMとはセットアップ時(照射直前)と照射中における患者の位置誤差を補償するマージンである。IMとSMはそれぞれ照射ごと(inter-fractional)に発生するものと照射中(intra-fractional)に発生するものに分けられる。さらに、位置変化の偏りを表す系統誤差(systematic error)と位置変化のばらつきを表す偶発誤差(random error)に分けられる。

IMの評価法としては、CT撮影(4D-CTやslow scan CT)やX線透視撮影が一般的である。ただし、呼吸のばらつきによる不確かさまでは含んでいない場合には、患者に十分に説明をするなどして、呼吸の再現性

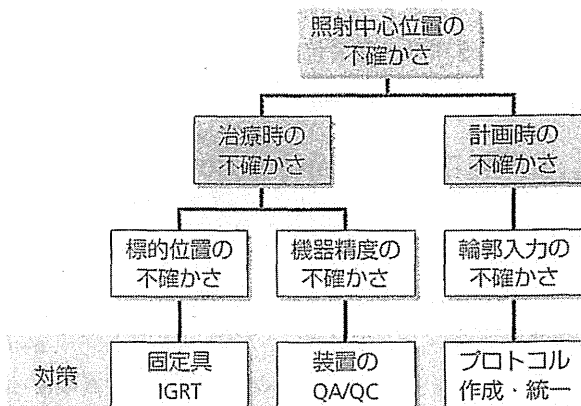
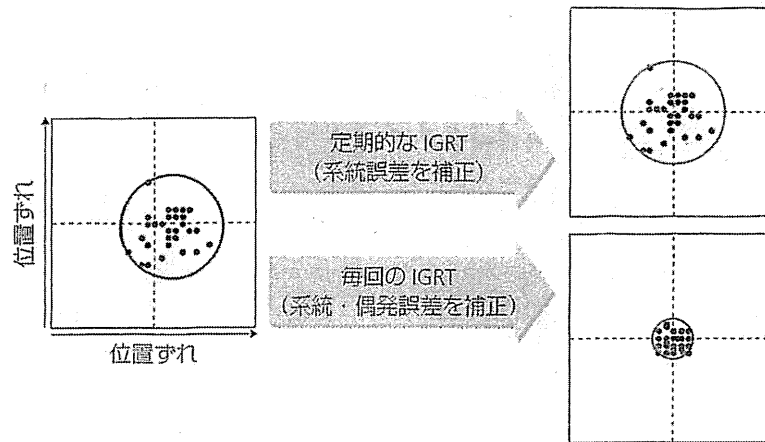


図1 照射中心位置の不確かさ

IGRT: 画像誘導放射線治療

QA: 品質保証, QC: 品質管理



【図2】 定期的な IGRT と毎回の IGRT の違い

定期的な画像誘導放射線治療 (IGRT) とは系統誤差のみ補正するため、計画標的体積 (PTV) へのマージンを大幅に減少できないが、毎回の IGRT では系統誤差と偶発誤差を補正するため、PTV へのマージンを大幅に減少できる。

を担保する必要がある。SM に関しては、新規治療患者のセットアップエラーを予測することは困難であるため、同様部位に治療した患者のセットアップエラーを遡って解析して、治療部位ごとのセットアップエラーの傾向を把握することが一般的である。CTV の 99% の体積が 95% 以上の線量で照射される、あるいは 90% の患者で CTV の最低線量が処方線量の 95% を超えるために必要な PTV へのマージンを算出する代表的なモデル式がある^{3,4)}。また、画像誘導放射線治療 (IGRT) を利用して、数回の画像による位置照合結果により PTV へのマージンが適切であるかを確認することも重要である。

3 照射中心位置精度を向上させる方法

照射中心位置精度を向上させるためには、さまざまな固定法 (固定具)・体内移動抑制対策・画像誘導技術がある。まずは、患者位置決めにおけるセットアップエラーを小さくすることが重要である。

a 照射ごと (inter-fractional) のセットアップエラー低減

照射ごと (inter-fractional) のセットアップエラーを小さくする方法としては、レーザー照準器を利用した患者皮膚マーク合わせだけでなく、2方向以上の透視が可能な装置や、画像照合可能な CT 装置などの位置照合装置を利用することが考えられる。特に、強度変調放射線治療 (IMRT)、定位放射線治療などの高精度放射線治療では正確な標的またはリスク臓器の

位置決めが必要であり、画像誘導 (image guide: IG) が高精度放射線治療には必要不可欠である。IG を利用すれば、従来のレーザー照準器を利用した皮膚マーク合わせでの放射線治療と比較し、標的に対して正確な照射が可能となる。また、PTV へのマージンを縮小でき、正常組織への線量を低減することが可能となる。

IG の利用頻度により、定期的な IG と毎回の IG が考えられる。定期的な IG では、基本的には皮膚マーク合わせのセットアップを行い、皮膚マーク合わせでのセットアップエラーを求めするために画像を取得して、数回の画像照合結果から系統誤差を補正するために PTV へのマージンを算出する。一方、毎回の IG では、皮膚マーク合わせのセットアップエラーを毎回補正するため、系統誤差と偶発誤差の両方を補正していることになる (図 2)。ただし、定期的な IG より毎回の IG のほうが PTV へのマージンを小さくできるが、計画位置と最終患者位置との残差が必ずあるため、マージンを 0 にすることはできない⁵⁾。利用する位置照合装置の特性を把握して、その使用方法・頻度に応じた適切なマージンを設定するべきである。また、IG では照合系座標中心と照射系座標中心が一致していなければ、照射装置や患者に関連した照射中心位置の不確かさに加えて、さらなる照射中心位置の不確かさを生じてしまうため、照射中心位置精度を向上させることはできない。

b 照射中 (intra-fractional) のセットアップエラー低減

次に、照射中 (intra-fractional) のセットアップエ

ラーを低減する方法としては、本来は照射中の患者体位を監視して、患者位置の変位量を治療寝台もしくは照射装置で補正して照射できることが理想だが、治療寝台や照射装置は動かさずに頭頸部・体幹部シェルや吸引式固定具、ボディフレームなどのベースプレートを利用して、患者の動きを最小限にする方法が現実的である。すなわち、固定具は患者体位の再現性に加えて、照射中の患者体位の保持性を備えていなければならない。

体内移動抑制対策は、胸腹部におけるIMの最大のものである呼吸による臓器移動に対して行うものである。患者体位と同様に呼吸移動に関しても、呼吸リズムの照射ごと(inter-fractional)の再現性と照射中(intra-fractional)の保持性を考える必要がある。呼吸移動は特に横隔膜付近では大きく、特に体幹部定位治療を行う場合にはIMを縮小するための対策をしなければ、照射体積が大きくなりすぎてしまう。対策としては、呼吸移動を小さくする方法(腹部圧迫法、呼吸学習法、呼吸停止法)と、呼吸移動を照射中に相対的に小さくする方法(呼吸同期法、動体追跡法)がある⁶⁾。照射中心に対する患者の動きや臓器の体内移動を制限する装置には、シェル、ボディフレーム、CTリニアック装置、照射中透視、呼吸同期装置、動体追跡装置などがある。施設ごとに、これらの装置を用いて照射中心に対する患者の動きや臓器の体内移動をどの程度抑制できているかを把握する必要がある(詳細は「総論-4-D」を参照)。

4 保険上必要な固定精度とガイドラインの理解

保険上での固定精度の制約があるのは定位放射線治療とIGRTである。直線加速器(リニアック)による頭頸部の定位放射線治療では、照射中心の固定精度は2mm以内、体幹部の定位放射線治療では照射中心の固定精度は5mm以内と定められている。頭頸部の定位放射線治療の国内の学会公認ガイドラインは存在しないが、「体幹部定位放射線治療ガイドライン」では定義の1つとして、「照射回ごとの照射中心位置のずれ(固定精度)を5mm以内に収める。照射中心の固定精度が5mm以内であることを毎回の照射時に確認する必要がある」と記されている⁷⁾。照射中心の固定精度とは、毎回の照射時に照射中心の、治療計画時に設定した照射中心に対する再現精度のことである(図3)。これはセットアップエラーを意味しており、動

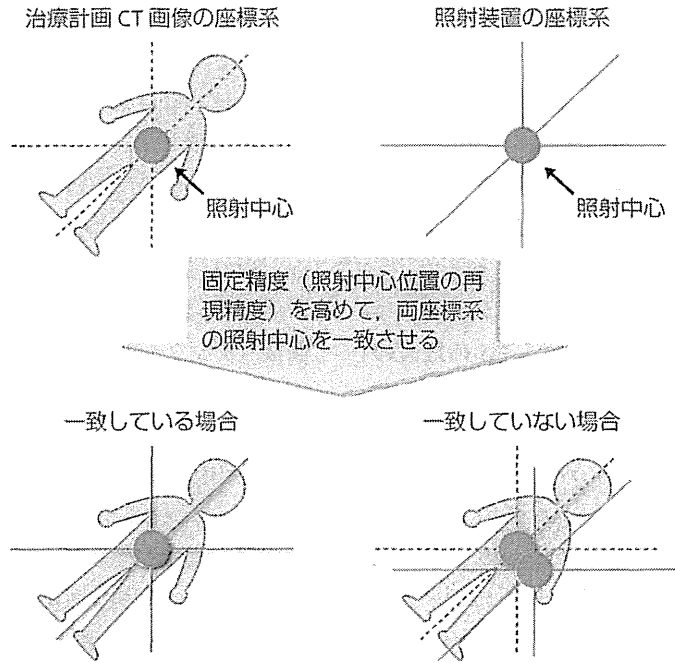
きの少ない椎体などの骨格を基本とした患者体位の再現精度という理解が正しい。

「5mm」とは直線距離のことではなく、3次元の各軸方向の最大のずれが5mm以内ということである。固定精度の確認方法は電子ポータル画像装置(electronic portal imaging device: EPID)や同室CT装置などの位置照合装置が利用される。具体的に、骨格による位置照合を行う場合には、治療計画時の位置照合画像(デジタル再構成シミュレーション画像, digitally reconstructed radiography: DRR)と照射回ごとのポータル画像上での骨格のずれが5mmということであり、生理的な臓器移動による標的位置の変動は含まれていない。標的の体内移動はCTVにIMを付加した体内標的体積(ITV)で考慮すべきである。ただし、位置照合に体内留置した金属マーカを用いる場合や同室CT装置を用いる場合には、生理的な臓器移動まで補正していることになる。さらに、「固定フレームやシェルを用いて患者の動きを固定する。または生理的呼吸運動や臓器の体内移動に同期または追跡照射を行い、治療中のずれに対しても精度管理を行うこと」が定義されている。5mmの中には照射装置の幾何学的駆動誤差も含むため、より厳しい固定精度が必要である。「体幹部定位放射線治療ガイドライン」では最初の10例の固定精度を確認することが推奨されている。

また、画像誘導放射線治療は診療報酬上で、「IGRTとは毎回の照射時に治療計画時と照射時の照射中心位置の3次元的な空間的再現性が5mm以内であることを照射室内で画像的に確認・記録して照射する治療のことである」と示されている⁸⁾。照射時とは照射直前(inter-fractional)のことを意味しており、こちらも臓器移動を除いたセットアップエラーという理解が正しい。ただし、5mmの中には患者自身の位置誤差に加えて、照射装置と位置照合装置の両座標系中心の幾何学的な位置誤差も含まれる。さらに、位置照合に用いるDRRの画質や輪郭情報、位置照合結果を算出する付属の解析ソフトウェアも最終的な照射中心位置に影響する。

5 固定具の作製

頭頸部、体幹部用固定具には熱可塑性シェル、吸引式固定具、ベースプレートなど、さまざまなものが市販されている。治療時における照射中心位置の不確かさは固定具の種類によっても変化する。特に、IMRT



【図3】 固定精度の意味

照射中心の固定精度とは、毎回の照射時における照射中心の治療計画時に設定した照射中心に対する再現精度を意味する。

や定位放射線治療では正常組織への線量を低減させ標的に線量を集中させるため、患者の固定精度が保たれていなければ、それらの治療の意義が失われ、さらには重篤な障害を引き起こす可能性がある。よって、治療計画時の患者体位の再現性に加え、治療中の体位の保持性がある固定具が必要である。IGRTを用いた場合、最終的な照射位置は画像照合の結果から決定されるが、患者体位のねじれを修正することは困難であるため、従来どおりレーザー照準器を利用した位置合わせを行い、患者体位の再現性を高めるための固定具が必要である。

固定具の作製後には一度固定具を外し、もしくは起きてもらうなどしてから再装着すると再現性を向上させるために有効である。治療計画用CTは治療寝台と同一のフラット天板を用いることによって、患者の外輪郭の再現性を高めることができる。治療部位によってはビーム方向を考慮して、ビームを遮らないように腕や顎の上げ下げ、開口の有無を決定する。ただし、治療を通じてその体位を保持できるかなど、患者とコミュニケーションをとりながら体位を決定する。また、照射中心位置には影響はないが、ビームに影響を与えないような材質、厚さの固定具を選択するべきで、固定具によるビームの減弱が考えられる場合には、その程度を把握しておく必要がある。

文献

- 1) International Commission on Radiation Units and Measurements : Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy, Report 50, ICRU Publications, Bethesda, 1993
- 2) International Commission on Radiation Units and Measurements : Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy, (Supplement to ICRU Report 50) Report 62, ICRU Publications, Bethesda, 1999
- 3) Stroom JC et al : Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability. Int J Radiat Oncol Biol Phys 43 : 905-919, 1999
- 4) van Herk M et al : The probability of correct target dosage : dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys 47 : 1121-1135, 2000
- 5) Schalken JM et al : Prostate position relative to pelvic bony anatomy based on intraprostatic gold markers and electronic portal imaging. Int J Radiat Oncol Biol Phys 63 : 800-811, 2005
- 6) Keall PJ et al : The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. Med Phys 33 : 3874-3900, 2006
- 7) 日本放射線腫瘍学会 : 体幹部定位放射線治療ガイドライン, 2006
- 8) 日本医学物理学会ほか : 画像誘導放射線治療臨床導入のためのガイドライン, 2010

新版

前立腺癌 放射線治療のすべて

リスク別アプローチから合併症対策まで

編集

青木 学 (東京慈恵会医科大学放射線医学講座)

秋元哲夫 (国立がん研究センター東病院粒子線医学開発分野)

溝脇尚志 (京都大学大学院医学研究科放射線腫瘍学・画像応用治療学)

中村和正 (九州大学大学院医学研究院臨床放射線科学)

リスクの選択肢

中村和正

九州大学大学院医学研究院臨床放射線科学

はじめに

前立腺癌は、本書の「総論」の「リスク分類」および「ノモグラム」の項で詳しく述べられているように、PSA 値、T 因子、Gleason スコアなどによって、リスク群に分類される。リスク分類はいくつかの種類があるが¹⁾、おおむね低、中、高リスクに分類され、それぞれで治療成績が異なっており、リスクに応じて治療法が選択される²⁾。このように、前立腺癌のリスクを階層化することによって、リスク群ごとに、様々な治療モダリティでの治療成績や合併症を比較したり、最適な治療法を推奨したりすることが可能となる。

前立腺癌の治療には、手術、放射線治療、ホルモン療法、化学療法などがある。さらに、特定の低リスクに対しては、active surveillance、すなわち積極的な観察が管理戦略として考慮される場合もあり、治療法選択の幅はきわめて広いといえる。根治的治療法としては、手術、外部照射、小線源療法が主であるが、それぞれの治療の中でも、手術療法では、通常の開腹術に加え、鏡視下小切開手術、腹腔鏡下手術など、外部照射では、三次元原体放射線治療 (three-dimensional conformal radiotherapy : 3D-CRT)、強度変調放射線治療 (intensity-modulated radiotherapy : IMRT)、粒子線治療など、小線源療法では、ヨウ素 125 シード線源による前立腺小線源治療、高線量率組織内照射など、様々な治療法がある。各々の治療法とホルモン療法をどのように組み合わせるかによって、その選択肢はさらに幅広いものとなる。加えて、日々医療機器は進歩しており、画像誘導放射線治療 (image-guided radiotherapy : IGRT) の様々な方法や、サイバーナイフ、ロボット手術など、多様で新しい医療技術・治療法が治療のラインアップに加わっている。

● 前立腺癌の治療法の選択

前立腺癌の治療を選択するにあたり注意すべき点は、前立腺癌は一般的に緩徐に進行することである。特に限局性前立腺癌であればほかの癌腫に比べて予後はきわめて良好である。通常のがん治療では、ある程度の機能などを犠牲にしても、生命予後の改善を目指して治療成績がよりよいアグレッシブな治療法が選択されることが多い。しかし、予後が良好である前立腺癌では、治療成績に加えて、治療後に長期にわたって継続していく生活の質 (quality of life : QOL) をいかに良好に保つかが、同じくらい重要な要素となる³⁾。QOLに加えて、多忙な仕事についている患者では、場合によっては治療期間なども治療法選択の要素となる。

治療法選択では、単にそのリスク分類だけではなく、宿主側の要因として、平均余命や合併疾患の有無も重要となってくる。例えば、平均余命が10年以下で、内科的な合併症があれば、場合によっては根治的な治療法とはならないこともありうるだろう。平均余命10年が治療法選択の重要な要素となるのは、予後の良好な前立腺癌に特徴的な現象といえよう。

QOLが重視される前立腺癌の治療法選択は、民族的、文化的な違いにも影響される。合併症の可能性があっても治療成績がよりよい治療を選択するのか、それとも治療成績をある程度犠牲にしてもQOLを優先するのかについては⁴⁾、おそらく欧米とは異なる文化的な背景がある。例えば、本邦ではホルモン療法を受け入れやすい傾向があり、限局性前立腺癌に対しても比較的ホルモン療法が多用されてきた^{5) 6)}。これは、日本人が内科的治療を好む傾向にあること、心血管障害の罹患率が欧米に比べて少ないこと⁷⁾などの様々な要因があるが、このホルモン療法を受け入れやすいという社会的な背景は、欧米とは異なっており、治療法を選択するときには考慮しておくなくてはならない点の1つであろう。

近年、国の財政状況が厳しさを増す中、医療技術の評価に費用対効果の考えを導入するための検討がスタートしている。近い将来には、単に治療成績とその後のQOLだけでなく、費用対効果をも含めた評価がなされていくのかもしれない。

さて、このように多数の選択肢があることは、患者にとってはある意味よいことかもしれない。しかし、治療法選択にあまり余地のない他癌腫と比べて、考える時間が十分にある前立腺癌では、患者自身が答えの見えない迷路に迷い込む可能性も十分にある。その選択肢の多さは、患者はもちろんのこと、医療従事者の間でも混乱を来しているといえよう。今後、単に担当医師の考えのみに頼るのではなく、客観的事実に基づいた医療情報を提供することがより重要になろう。すでに標準的治療として確立しているものであっても、その治療成績と合併症についての自施設または本邦独自でのデータを集積していく努力が必要である。

本誌の「各論」では、リスクごとに選択し得る治療法と、その治療成績、合併症が詳しく解説されている。本稿の読者が治療法を選択する場合の指針として役立つことを祈念する。

◆ 文 献

- 1) Lughezzani G et al: Predictive and prognostic models in radical prostatectomy candidates: a critical analysis of the literature. *Eur Urol* 58: 687-700, 2010
- 2) NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology, Prostate Cancer v3: 2012. <http://www.nccn.org/>
- 3) Hoffman RM et al: Patient satisfaction with treatment decisions for clinically localized prostate carcinoma. Results from the Prostate Cancer Outcomes Study. *Cancer* 97: 1653-1662, 2003
- 4) Wilke DR et al: Sex or survival: short-term versus long-term androgen deprivation in patients with locally advanced prostate cancer treated with radiotherapy. *Cancer* 116: 1909-1917, 2010
- 5) Clinicopathological statistics on registered prostate cancer patients in Japan: 2000 report from the Japanese Urological Association. *Int J Urol* 12: 46-61, 2005
- 6) Fujimoto H et al: Oncological outcomes of the prostate cancer patients registered in 2004: report from the Cancer Registration Committee of the JUA. *Int J Urol* 18: 876-881, 2011
- 7) Akaza H: Future prospects for luteinizing hormone-releasing hormone analogues in prostate cancer treatment. *Pharmacology* 85: 110-120, 2010

臨床放射線 58 巻別冊

新版 前立腺癌放射線治療のすべて—リスク別アプローチから合併症対策まで—

2013年10月30日発行

定 価 (本体 8,200 円+税)

発行所 金原出版株式会社

発行者 古谷純朗

〒113-8687 東京都文京区湯島 2-31-14

TEL 03 (3811) 7165 [編集室直通] 03 (3811) 7163 [営業部直通]

FAX 03 (3813) 0288

URL <http://www.kanehara-shuppan.co.jp>

振替口座 00130-1-191269

印刷所 株式会社 教文堂

・本誌に掲載する著作物の複製権・翻訳権・上映権・譲渡権・公衆送信権（送信可能化権を含む）は金原出版株式会社が保有します。
・ICIS < (株)日本著作出版権管理システム委託出版物 >
本誌の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、その都度事前に(株)日本著作出版権管理システム
(電話 03-3817-5670、FAX 03-3815-8199) の許諾を得てください。

密封小線源治療
—診療・物理 QA ガイドライン—

作成

日本放射線腫瘍学会小線源治療部会ワーキンググループ

(委員長：中野隆史，副委員長：伊丹 純)

目次

緒言	9	毎回の照射
	10	経過観察
略語集	11	舌以外の部位
		文献
頭頸部癌 LDR ガイドライン		
はじめに		子宮頸癌腔内照射ガイドライン
1 適応基準		はじめに
2 除外基準		1 適応基準
3 患者選択基準		2 除外基準
4 線源		3 線源，線量計算
5 治療計画		4 治療計画
6 線源挿入手技		5 アプリケーター挿入手技
7 外部照射併用		6 線量，照射計画
8 術後線量評価		7 合併症と対処
9 経過観察		8 経過観察
10 退出基準及び放射線安全管理		文献
文献		
頭頸部癌 HDR ガイドライン		前立腺癌 LDR ガイドライン
はじめに		はじめに
1 適応基準		1 適応基準
2 除外基準		2 除外基準
3 患者選択基準		3 患者選択基準
4 線源		4 線源，線量計算
5 治療計画		5 治療計画
6 アプリケーター刺入手技		6 術中手技
7 外部照射併用		7 線源と処方線量
8 術後線量評価		8 外部照射併用
		9 内分泌療法併用

- 10 術後線量評価
 - 11 経過観察
 - 12 放射線治療後局所再発の救済照射
 - 13 退出基準及び放射線安全管理
 - 14 施設基準
- 文献

前立腺癌 HDR ガイドライン

はじめに

- 1 適応基準
 - 2 除外基準
 - 3 線源，線量計算
 - 4 手術手技
 - 5 治療計画
 - 6 治療
 - 7 処方線量
 - 8 外部照射併用
 - 9 内分泌療法併用
 - 10 経過観察
 - 11 放射線治療後局所再発の救済照射
- 文献

食道癌腔内照射ガイドライン

はじめに

- A 根治治療
 - 1 適応基準
 - 2 除外基準
 - 3 患者選択基準
 - 4 線源，線量計算
 - 5 治療計画
 - 6 挿入手技
 - 7 照射，線量分割，時期外部照射
 - 8 経過観察
 - 9 再発後の救済術
- B 緩和治療
 - 1 適応基準
 - 2 除外基準
 - 3 患者選択基準

- 4 線源挿入手技
 - 5 治療計画
- 文献

LDR 物理 QA ガイドライン

はじめに

- 1 吸収線量（率）計算方法の注意点
- 2 物理 QA の項目と放射線防護

HDR 物理 QA ガイドライン

はじめに

- 1 吸収線量（率）計算方法の注意点
 - 2 治療装置，治療計画装置の受入試験
 - 3 治療計画装置のコミッショニング
 - 4 治療計画装置の定期的品質管理
 - 5 治療装置の定期的品質管理
 - 6 患者治療ごとの品質保証
 - 7 放射線防護
- 文献

執筆協力者

緒言

密封小線源治療では、線源を腫瘍近傍又は腫瘍内に直接配置するため、線源は腫瘍の動きを制限し、更に腫瘍とともに動くため、PTV と CTV の差を極めて小さくすることのできる治療法であり、究極の高精度治療ともいえる。前回 JASTRO の QA 委員会から「密封小線源における QA システムガイドライン (2002)」が発表されてからすでに 10 年が経つ。その間、高線量率治療法の導入と進歩により Image-Guided Brachytherapy も可能となり、インバースプランニングも導入されるようになってきている。また、¹²⁵I シード線源による前立腺癌の治療なども施行されるようになった。そのため、密封小線源治療の全く新たなガイドラインが必要となってきた。

今回、JASTRO 小線源部会ガイドラインワーキンググループで密封小線源治療に関する診療・物理 QA ガイドライン案を作った。密封小線源治療を志す放射線腫瘍医はもちろん、臨床各科の先生方の指針となれば幸いである。

2013 年 3 月 15 日

日本放射線腫瘍学会小線源治療部会ワーキンググループ委員長：中野隆史
副委員長：伊丹 純

略語集

^{90}Sr	: ストロンチウム-90
^{106}Ru	: ルテニウム-106
^{125}I	: ヨウ素-125
^{137}Cs	: セシウム-137
^{192}Ir	: イリジウム-192
^{198}Au	: 金-198
AAPM	: 米国医学物理士会 (The <u>A</u> merican <u>A</u> ssociation of <u>P</u> hysicists in <u>M</u> edicine)
ACR	: 米国放射線科医学会 (A <u>A</u> merican <u>C</u> ollege of <u>R</u> adiology)
ASTRO	: 米国放射線腫瘍学会 (A <u>A</u> merican <u>S</u> ociety for <u>T</u> herapeutic <u>R</u> adiation <u>O</u> ncology)
BED	: 生物学的効果線量 (B <u>i</u> ological <u>E</u> ffective <u>D</u> ose)
CT	: コンピュータ断層撮影 (C <u>C</u> omputed <u>T</u> omography)
CTV	: 臨床標的体積 (C <u>C</u> linical <u>T</u> arget <u>V</u> olume)
DVH	: 線量体積ヒストグラム (D <u>D</u> ose <u>V</u> olume <u>H</u> istogram)
ESTRO	: 欧州放射線腫瘍学会 (E <u>E</u> uropean <u>S</u> ociety for <u>T</u> herapeutic <u>R</u> adiology and <u>O</u> ncology)
FOV	: 有効視野 (F <u>F</u> ield <u>O</u> f <u>V</u> iew)
GEC	: 欧州小線源治療グループ (The <u>G</u> roupe <u>E</u> uropéen de <u>C</u> uriethérapie)
GTV	: 肉眼的腫瘍体積 (G <u>G</u> ross <u>T</u> umor <u>V</u> olume)
HDR	: 高線量率 (H <u>H</u> igh <u>D</u> ose <u>R</u> ate)
ICRU	: 国際放射線単位測定委員会 (I <u>I</u> nternational <u>C</u> ommission on <u>R</u> adiation <u>U</u> nits and measurements)
IGBT	: 画像誘導小線源治療 (I <u>I</u> mage <u>G</u> uided <u>B</u> rachy <u>T</u> herapy)
IMRT	: 強度変調放射線治療 (I <u>I</u> ntensity <u>M</u> odulated <u>R</u> adiation <u>T</u> herapy)
IPSS	: 国際前立腺肥大症状スコア (I <u>I</u> nternational <u>P</u> rostate <u>S</u> ymptom <u>S</u> core)
JASTRO	: 日本放射線腫瘍学会 (J <u>J</u> apanese <u>S</u> ociety for <u>T</u> herapeutic <u>R</u> adiology and <u>O</u> ncology)
JRS	: 日本医学放射線学会 (J <u>J</u> apan <u>R</u> adiological <u>S</u> ociety)
JSMP	: 日本医学物理学会 (J <u>J</u> apan <u>S</u> ociety of <u>M</u> edical <u>P</u> hysics)
JUA	: 日本泌尿器科学会 (The <u>J</u> apanese <u>U</u> rological <u>A</u> ssociation)
LDR	: 低線量率 (L <u>L</u> ow <u>D</u> ose <u>R</u> ate)
LHRH	: 性腺刺激ホルモン放出ホルモン (L <u>L</u> uteinizing <u>H</u> ormone <u>R</u> eleasing <u>H</u> ormone)
MRI	: 磁気共鳴画像撮影 (M <u>M</u> agnetic <u>R</u> esonance <u>I</u> maging)
PET	: 陽電子放出断層撮影 (P <u>P</u> ositron <u>E</u> mission <u>T</u> omography)
PC	: パーソナルコンピュータ (P <u>P</u> ersonal <u>C</u> omputer)
PCA	: 患者自己管理鎮痛法 (P <u>P</u> atient <u>C</u> ontrolled <u>A</u> nalgesia)
PSA	: 前立腺特異抗原 (P <u>P</u> rostate <u>S</u> pecific <u>A</u> ntigen)
PTV	: 計画標的体積 (P <u>P</u> lanning <u>T</u> arget <u>V</u> olume)
QA	: 品質保証 (Q <u>Q</u> uality <u>A</u> ssurance)
QOL	: 生活の質 (Q <u>Q</u> uality <u>O</u> f <u>L</u> ife)

- RALS : 遠隔操作式後充填法 (Remote AfterLoading System)
 RCT : ランダム化臨床比較試験 (Randomized Controlled Trial)
 RIS : 放射線科情報システム (Radiology Information System)
 SHIP : 未治療中間リスク群限局性前立腺癌に対する NHT+ヨウ素 125 密封小線源永久挿入療法
 +AHT 併用療法と NHT+ヨウ素 125 密封小線源永久挿基導入併用療法とのランダム化比
 較臨床試験 (Study of Seed and Hormone for Intermediate-risk Prostate Cancer)
 TG-43U1 : タスクグループのレポート 43 の更新版 (Uppdate of Task Group No. 43 Report)
 TG-43U1S1 : TG-43U1 の補遺版 (Supplement of Uppdate of Task Group No. 43 Report)
 TRIP : 高リスク前立腺癌に対する小線源・外照射併用放射線療法における補助ホルモン治療の
 有効性に関する臨床研究 (RTC of TRI-Modalities with I-125 Brachytherapy and EBRT and
 Short or Long term Hormone Therapy for High-risk Localized Prostate Cancer)
 TRUS : 経直腸的超音波 (Trans Rectal Ultra Sound)

頭頸部癌 LDR ガイドライン

はじめに

頭頸部の中でも口腔、口唇及び中咽頭は美容などの形態温存とともに摂食、構音、味覚などの点から機能温存が強く期待される部位であり、LDR 組織内照射は口腔、口唇、中咽頭癌の治療として国内外で広く施行されてきた歴史がある¹⁾。しかし、現在医療従事者の被曝、放射線管理区域内の放射線治療病室の設置、更に線源供給の問題があり、施行可能な施設は少なくなっている。

1 適応基準

- 口腔、口唇、中咽頭癌
- 臨床病期 T1-T2, 一部の T3
- 術後断端陽性

2 除外基準

2.1 絶対的禁忌

- 放射線管理区域内の放射線治療病室での生活が困難な患者
- 治療に対する同意が得られない患者
- 妊娠中の患者

2.2 相対的禁忌

- 生命予後を決定する重篤な合併症を有している患者

3 患者選択基準

- 口腔、口唇、中咽頭の病変で視診及び触診によって治療範囲が同定できることを前提とし、N0 症例を原則とする²⁾。

3.1 単独治療

- 臨床病期 T1-T2^{3,4)}
- 臨床病期 T3 で表在型⁵⁾
- 術後断端陽性

3.2 外部照射併用

- 腫瘍に厚み（10-15 mm 以上）があり単独治療での治癒が困難と判断された場合

4 線源

4.1 一時装着線源

- 主に舌癌の治療に使用
- ^{137}Cs ニードル (現在は供給停止)
- ^{192}Ir ヘアピン (740 MBq) 及びシングルピン (370 MBq)

4.2 永久挿入線源

- 舌を含めた口腔癌, 口唇癌, 及び中咽頭癌の治療に使用^{6,7)}
- ^{198}Au グレイン (185 MBq)
- 硬口蓋や歯肉の表在癌で線源の直接挿入が難しい場合には, ^{198}Au グレインを埋没させたモールドを作成し装着する表面貼付治療を行う⁸⁾.

5 治療計画

5.1 標的体積

- GTV : 視診, 触診及び MRI や PET/CT などの画像診断によって同定した原発病変
- CTV : 病変の進展が予想される範囲 GTV + 5-10 mm
- PTV : CTV と一致

5.2 線源配置

- ^{137}Cs ニードル, ^{198}Au グレインを用いる場合は Paterson & Parker 法の配列
- ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピンの場合は Paris 法あるいは Paterson & Parker 法を応用した配列とする.

5.3 術前線量評価

- ^{137}Cs ニードル, ^{198}Au グレインの場合, Paterson & Parker 法で計算する.
 - ✓ ^{137}Cs ニードル : 線源から 5 mm 離れた点に 60-70 Gy を 5-7 日で処方
 - ✓ ^{198}Au グレイン : 線源から 5 mm 離れた点に 80-90 Gy (永久崩壊)
- ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピンの場合 Paris 法あるいは Paterson & Parker 法で計算する.
 - ✓ Paris 法 : 標的最低線量を 60-70 Gy
 - ✓ Paterson & Parker 法 : 線源から 5 mm 離れた点に 60-70 Gy を 5-7 日で処方

6 線源挿入手技

6.1 前処置

- 経鼻的経管栄養用チューブ挿入 (^{198}Au グレインの場合は経口摂取でも可)
- スペーサー作成 (舌癌治療時)

6.2 麻酔, 体位

- 硫酸アトロピン筋注
- 処置は座位又は臥位
- 局所麻酔はエピネフリン入りキシロカインを使用する.
- 全身麻酔で挿入する施設もある.

6.3 線源挿入術

6.3.1 ^{137}Cs ニードル

- ニードル保持器を用いて ^{137}Cs ニードルを舌に直接挿入する.
- 途中で X 線透視を行い, 配列を確認する.
- 挿入後は保持糸を舌に縫い付ける.

6.3.2 ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピン

- Guide Gutter 法を用いる.
- ^{192}Ir 線源を舌に直接縫い付ける.

6.3.3 ^{198}Au グレイン

- 専用ルナー針を用いて, 粘膜より 5 mm の深さに線源を挿入する.

6.4 線源抜去

- ^{137}Cs ニードルや ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピンは術後線量計算結果に従い予定した日時に線源及びスペーサーを抜去する.
- 舌に縫い付けた糸を切って抜去するのみなので無麻酔で良いが, 不安が強い場合はジアゼパムなどの鎮静剤を使用する.

7 外部照射併用

7.1 標的体積

- 病変 + 患側頸部 Level I-II
 - ✓ 病変に対する標的体積として, 原発巣に 5-10 mm のマージンを加え CTV とし, 更に照射中の標的の動きなどを加味し 5-10 mm のマージンを加えた範囲を PTV とする.
 - ✓ 特に病変が潰瘍形成型の場合に頸部リンパ節転移の頻度が高いため, 患側頸部の顎下リンパ節及び上内深頸リンパ節領域を含む照射野を設定する.

7.2 外部照射の線量

- 線量は 30-50 Gy / 15-25 回
- 組織内照射の処方線量は外部照射線量によって減量する (例: 外部照射 30 Gy + 組織内照射 50 Gy, 外部照射 40-45 Gy + 組織内照射 25-30 Gy).

8 術後線量評価

- ^{137}Cs ニードルや ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピンを用いた場合は、線源挿入後に放射線治療病室を有する放射線管理区域内の X 線撮影装置で 2 方向の X 線写真を撮影し、専用ソフトを用いて線量計算を行い、線量分布を確認して線源抜去の日時を決定する。
- PTV が処方線量で囲まれるとともに、処方線量の 200%以上の領域が線源周囲以上に広がらないように治療時間を調整する。
- CT が撮影可能な場合は CT 画像対応のソフトを用いて線量計算を行う。
- ^{198}Au グレインを用いた場合、挿入後翌日あるいは翌々日に X 線撮影を行い線源脱落の有無を確認する。また専用ソフトを用いて線量計算が可能である。

9 経過観察

9.1 観察期間

- 紹介元の医師、歯科医師による経過観察を含めると、治療後 2 年以内は 1 か月に 1 回程度の診察が好ましく、その後も 5 年まではフォローアップする。

9.2 有害事象

9.2.1 急性障害

- 口腔粘膜炎とそれに伴う疼痛は必発である。抗炎症作用のあるうがい薬（アズノール）や消炎鎮痛剤を用いながら経過をみることが多く、2 か月程度で改善する。

9.2.2 晩発障害

- 舌潰瘍
- 下顎骨骨髄炎：治療期間中にスぺーサーを用いることで回避できる。しかし、治療後の抜歯が原因となる場合もあるため注意が必要である。
- 口腔乾燥症（外部照射併用の場合）

10 退出基準及び放射線安全管理

- ^{137}Cs ニードルや ^{192}Ir ヘアピン及びシングルピンの一時装着線源を用いた場合は、線源の抜去とともに放射線治療病室からの退室が可能である。
- ^{198}Au グレインを用いた永久挿入の場合には、少なくとも 3 日間は放射線治療病室に入院し、脱落に十分備える。

付：スぺーサー及びモールドについて

スぺーサーは下顎骨と線源間の距離を取って、下顎骨障害を予防する器具である。レジンやシリコーンで作成するが、鉛板を埋め込むと遮蔽効果が高い。

モールドは病巣と線源の距離を一定にし、正確な治療を行うための器具である。材質はスぺーサーと同様で、線源（LDR の場合）、アプリケーション（HDR の場合）を内部に埋没させておく。舌以外の部位で使用される。

文献

1. Mazon JJ, Ardiet JM, Haie-Méder C, et al: GEC-ESTRO recommendations for brachytherapy for head and neck squamous cell carcinomas. *Radiother Oncol* 91: 150-156, 2009.
2. 渋谷均, 吉村亮一, 太田さや子, 他: 口腔癌の放射線治療. *JOHNS* 20: 225-229, 2004.
3. Shibuya H, Hoshina M, Takeda M, et al: Brachytherapy for stage I & II oral tongue cancer: an analysis of past cases focusing on control and complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 26: 51-58, 1993.
4. Fujita M, Hirokawa Y, Kashiwado K, et al: Interstitial brachytherapy for stage I and II squamous cell carcinoma of the oral tongue: factors influencing local control and soft tissue complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 44: 767-775, 1999.
5. Ihara N, Shibuya H, Yoshimura R, et al: Interstitial brachytherapy and neck dissection for stage III squamous cell carcinoma of the mobile tongue. *Acta Oncol* 44: 709-716, 2005.
6. Shibuya H, Takeda M, Matsumoto S, et al: Brachytherapy for non-metastatic squamous cell carcinoma of the buccal mucosa. *Acta Oncol* 32: 327-330, 1993.
7. Matsumoto S, Takeda M, Shibuya H, et al: T1 and T2 squamous cell carcinomas of the floor of the mouth: results of brachytherapy mainly using ^{198}Au grains. *Int J Radiat Biol Phys* 34: 833-841, 1996.
8. Takeda M, Shibuya H, Inoue T: The efficacy of gold-198 grain mold therapy for mucosal carcinomas of the oral cavity. *Acta Oncol* 35: 463-467, 1996.

頭頸部癌 HDR ガイドライン

はじめに

頭頸部の組織内照射は、LDR 照射から発展した。RALS の普及により、HDR 照射への移行が特に我が国で進んだ¹⁻⁶⁾。HDR の利点は、医療従事者の被曝が皆無、患者隔離が不要、線源停留位置、時間の調節が可能などである¹⁾。一方、HDR は LDR より治療可能比が低く、線量分布の優位性によりその点を凌駕する必要がある。

1 適応基準

- 口腔，口唇，中咽頭癌
- 臨床病期 T1-T2，一部の T3
- 術後断端陽性

2 除外基準

2.1 絶対的禁忌

- 治療に対する同意が得られない患者
- アプリケータ留置及びそれに伴う疼痛，栄養管理が困難な患者
- 妊娠中の患者

2.2 相対的禁忌

- 生命予後を決定する重篤な合併症を有している患者

3 患者選択基準

- 口腔，口唇，中咽頭の病変で視診及び触診によって治療範囲が同定できることを前提とし，N0 症例を原則とする。

3.1 単独治療

- 臨床病期 T1-T2
- 臨床病期 T3 で表在型

3.2 外部照射併用

- 腫瘍に厚み（10-15 mm 以上）があり単独治療での治癒が困難と判断された場合

4 線源

- RALS 用 ¹⁹²Ir 線源

5 治療計画

5.1 標的体積

- GTV：視診，触診及びMRIやPET/CTなどの画像診断によって同定した原発病変
- CTV：病変の進展が予想される範囲 GTV + 5-10 mm
- PTV：CTV と一致

5.2 線源配置

- Paris 法あるいは Paterson & Parker 法を応用した配列とする。

5.3 術前線量評価

- Paris 法：85% 基底線量に 54 Gy / 9 回 / 5-7 日又は 60 Gy / 10 回 / 5-7 日²⁾
- Paterson & Parker 法：線源から 5 mm 離れた点に上記の線量

6 アプリケーター刺入手技

(注：本稿ではこれ以降，舌癌について記載する。その他の疾患については末尾に記載する。)

6.1 前処置

- 経鼻的経管栄養用チューブ挿入
- スペーサー作成
- 治療計画用画像に干渉する金属歯冠は歯科で事前に除去

6.2 麻酔，体位

- 硫酸アトロピン筋注
- 座位又は臥位
- 局所麻酔にはエピネフリン入りのキシロカインを使用する。
- 全身麻酔で挿入する施設もある。

6.3 ガイド針刺入

- 1 cm 間隔の刺入が一般的
- 舌根側から刺入

6.4 アプリケーターへ置換

- ガイド針をアプリケーターへ置換する。
- ボタン付きアプリケーターを用いる³⁾。

6.5 アプリケーター抜去

- 点滴ルートを確保した上，アプリケーター刺入部の舌表面側及び顎下側を消毒し，顎下側を切断する。アプリケーターは一纏めのまま，舌側へ抜去し，舌及び顎下部を圧迫止血する。不安が強い場合は鎮静剤を使用する。