

表6 放射線治療と化学療法併用の方法

	併用の方法	備考
放射線治療単独	放射線効果を増強させる抗腫瘍剤1~2種類を放射線治療(Rと略)の直前に、毎回または週2回程度投与する。対象となる	局所制御が目的、R単独では効果が期待できない上皮性の放射線感受性癌が主な対象となる
同時併用	投与量は抗腫瘍剤の有害事象を出さないよう、通常の1/5~1/15程度にする	
交互併用	① R期間中、多剤メニユー(数種類の抗腫瘍剤)による化学療法(Cと略)1~2回を挟み込む。C当日と数日後のnadir*のときだけRを中断する ② 3~4週ごとの多剤メニユーによるCの期間中に、有害事象を増強させない程度のRを挟み込む	局所制御を目的とするRが主体であるが、遠隔転移の予防も図る
連続異時併用	2~4コース(一般にクールという)の多剤メニユーによるCを行ったのち、引き続き根治的に、または再発予防のためにRを行う	Cが主体、遠隔転移の制御と同時に局所制御も図る
局所動脈注入法	同時併用の一型。Rの期間中、がんの栄養動脈にアンギオカテテルからワンジョットに、または動注チューブから持続的に少量の抗腫瘍剤を注入する	栄養動脈が複数ある時は適用できない

*nadir(ネイダー、またはサデニアと発音されている)：「どん底」という意味から、化学療法有害事象(白血球減少や消化器症状)が最も強くなった状態を指す。

剤を併用することによって、局所を制御することが主目的であり、遠隔転移は対象としないう。したがって、遠隔転移のリスクが高い非上皮性がん(肉腫など)は適応にならない。

放射線効果を増強させる抗腫瘍剤のうち、現在、最も多く使用されている代表的なものは、CDDP(シスプラチン)とその誘導体CBDCA(カルボプラチン)、5-FU(5-エフユー)とその

類似体 UFT(ユーエフティー)などがある。

【メモ】薬剤を放射線に併用したときの増強効果は2種類に分けられる。

① 相乗効果：がんに対する併用効果が放射線および抗腫瘍剤それぞれ独自の効果を加えたものよりも大きい。すなわち、相乗効果>放射線単独の効果+抗腫瘍剤単独の効果

これは放射線増強効果といわれ、この薬剤を放射線増強剤という。

② 相加効果：併用効果が、放射線と抗腫瘍剤それぞれの効果を加えたものにほぼ等しい。すなわち、相加効果=放射線効果+抗腫瘍剤の効果

多くの抗腫瘍剤はこの範疇に入る。

5-FU、CDDP はともに放射線増強剤に属するが、5-FUの増強効果はCDDPのそれよりも大きい。いずれも、放射線治療の15~30分前に、毎回あるいは週に2、3回を併用する。投与量は5-FUでは通常量(600~800 mg/人)の1/5程度、CDDPでは蓄積する腎毒性を考慮して、通常量(60~90 mg/m²)の1/15程度にすることが多い。投与量が少ないので、抗腫瘍剤単独のがんに対する殺細胞効果はほとんどないが、有害事象もほとんど考慮する必要はない。しかし、放射線増強効果はがんのみならず、正常組織に対してもあるので、放射線治療中は、特に口腔、食道、消化管の強い放射線粘膜炎の発症には注意しなくてはならない。

【メモ】抗腫瘍剤投与量の単位、mg/m²について

m²は「体表面積」といわれるもので、患者の身長、体重から算出するためのモノグラムがあり、容易に求めることができる。例えば、身長150 cmで体重47 kgの人は体表面積が1.4 m²あるいは身長190 cmで体重90 kgの人の体表面積は2.1 m²になる。

■交互併用

2通りの方法(考え方)がある。

① 遠隔転移のリスクが高いときには、放射線治療の期間中に、数種類の抗腫瘍剤からなる多剤メニユーの化学療法を1、2回挟み込む。そ

れは放射線治療による局所制御が主目的であるが、局所の放射線増強効果と遠隔転移の予防を期待して行われる(放射線治療が主体)。

② すでに遠隔転移があるときには、3~4週ごとに繰り返される多剤メニユーの化学療法を主体として、まず遠隔転移の悪化を防ぐ。次の化学療法が始められるまでの間(3~4週間)に、化学療法有害事象を悪化させないように、原発部位に限局した小照射野で放射線治療を挟み込む(化学療法が主体)。

■連続異時併用

フルコースの化学療法を行った後、制御できていない部位(原発巣が多い)、あるいは画像診断では制御できていても、再発しやすい部位に対しては放射線治療を行う。遠隔転移のリスクがきわめて高いがん(肺小細胞癌など)、あるいは多発性(多中心性)に発生する傾向があるがん(悪性リンパ腫など)が対象であり、先に全身の病巣を制御する必要がある場合に適用される。遠隔転移に対する治療を急がないときには、放射線治療終了後に化学療法を行う。

また、肺小細胞癌や急性白血病などのように脳転移の頻度が高いがんでは脳への予防照射が行われることがある。これらのがんは抗腫瘍剤によく反応するが、脳には血液脳関門(BBB)があつて、抗腫瘍剤が血液から脳へ移行するのを阻

止するメカニズムがある。したがって、すでに存在している細胞レベルのがんに抗腫瘍剤がゆき届かず、脳転移が成立してしまうことがある。この細胞レベルの転移の時期に予防照射を行い、転移を抑制することが目的である。

【メモ】血液脳関門 blood brain barrier (BBB)

脳に存在するメカニズムで、血流中の微粒子や大きな分子構造をもつ物質を血液から脳細胞を取り込むく脳脊髄液へ移行させない仕組み(一般に抗腫瘍剤も移行しない)。悪性脳腫瘍などのためにBBBが破壊されると抗腫瘍剤は血液から脳脊髄液に浸透するが、細胞レベルのがんではBBBが正常に保たれているので、抗腫瘍剤は浸透しない。

■局所動脈注入法

放射線治療期間中に1~2回、IVR(図2参照)の手法を用いて、がんの栄養動脈から抗腫瘍剤を注入する。アンギオカテテルからワンジョットで注入することも、細い動注チューブを留置して、数日間にわたって時間をかけて少量ずつ持続的に注入することもある。一般に、放射線増強効果のある抗腫瘍剤を少量注入するが、少量といっても全身投与と異なって局所的なもので、がん病巣には高濃度の抗腫瘍剤がゆきわたる。

何を聞いたらいいかは簡単に判断できともある。質問を受けたら、自分の質問にはわかりやすく答え、そうでは、誰に聞けばよいかを丁寧に説明する。

3. 患者の不安、病態による注意点など

- ・放射線に対する不安、恐怖をまず訴える患者が多い。今までに何人も治療してきた臨床経験があり、後で困るような障害が起きないような方法での治療がなされていることを説明する。
- ・照射室へは付き添いは入れないので照射中は一人になる。別室からモニターレビで様子を見てほしい、患者が声を出せば聞こえるので、何かあったら手を上げるなり、声を出せば、すぐに駆けつけることを説明する。
- ・診察時に血液検査やX線撮影検査の結果の説明を求められることもある。患者には治療の効果がどうなるのかを知りたいという要望が強い、差し支えない範囲の説明は放射線治療医からするが、一般的には、病状の経過の説明は主治医から行われる。
- ・治りやすさという質問も常にある。治療を受けてみるとわからないというのが正確な答えにならないと考えられる。5年生生存率が低いものは数字を出しにくい、95% くらいいい成績であれば100人中95人は治るという結果が報告されていることを説明する。ただし、この場合気を付けなくてはならないのは、統計の数字をそのまま個人に当てはめられない

ことであり、95%とはいえ5%は治らない人があるわけで、95%という治り方はない。われわれは全例を治すつもりで治療するが、その患者がどちらになるかは治療が終わってみなければわからない。

- ・小さくなっていますかという放射線治療効果についての質問には、一般的に治療の効果は、あまり早く出るものではなく、遅れて出てくる。照射が終わっても、そこで効果が止まるものではなく、2週間から1ヵ月にわたってみられるので、照射が終わってすぐに検査をするのではなく、1ヵ月後くらいに治療の効果をみるための検査をして効果を判定し、その結果によって、引き続き経過観察をしていくか他の治療を加えるかが判断されると説明する。また、早期に効果がみられ、腫瘍が消失したような場合、患者はこれで照射を終了してもよいのではないかと質問することもある。できるだけ治療の効果をあげるため、最大限の線量を使って治療をしているので、最初に計画した回数回の照射が必要であり、途中で中止すると再発の可能性もあることを説明する。

- ・急性反応(皮膚炎、口内炎など)については、病気の悪化ではなく、照射によるもので、終われば回復することを説明する。一般的な注意と対処については放射線治療説明文書で説明する方がよい。上咽頭などで広く照射野が設定されれば、強い口内炎が予想されるが、治療の最初からそうなることはなかなか説明しにくい。症状に合わせて説明していくことになる。

3. 患者とのコミュニケーションおよび治療計画

治療術式の検討(標的体積の設定)

小幡康範

■ 初診から治療方針の決定までのフロー

- ・図1に示されるように、初診の後、病理組織検査や血液検査などの一般検査およびX線撮影、CT、MRIなどの画像検査が行われ、臨床病期(TNM)が決定される。
- ・腫瘍の種類と臨床病期により治療方針が決定される。治療方法として、手術療法・放射線療法・化学療法・免疫療法・ホルモン療法などがあり、それぞれの特色を生かして、単独あるいはそれらの組み合わせが選択される(表1)。

★ TNM システム

国際対がん連合(UICC)により病期分類の方法として提唱されている。

TNM システムでは、三つの構成要素の評価に基づき病変の解剖学的進展度が記述される。

Tー原発腫瘍の広が

Nー所属リンパ節転移の有無と広が

Mー遠隔転移の有無

- ・放射線治療が選択された場合、治療計画に際して、標的の三次元的な広がりが明確になっている必要がある。放射線治療にかかわる各種体積についてはICRU 50 および ICRU 62 で定義されている(図2)。

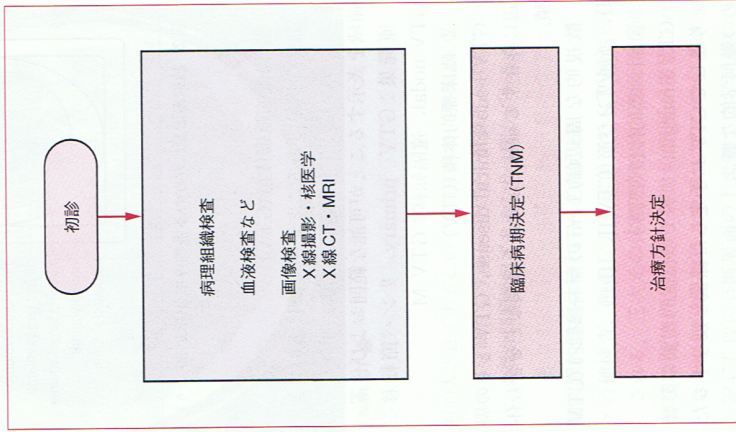


図1 初診から治療方針決定までのフロー

表1 がんに対する治療法の特徴

手術療法	放射線療法	化学療法	免疫療法	非観血的全身療法	ホルモン療法
局所療法	局所療法	全身療法	全身療法	全身療法	全身療法
摘出できるかどうかで効果が決まる	その効果は腫瘍と正常組織の性質に依存	細胞への作用機序は細胞への作用機序は使用薬剤によって異なる	使用ホルモンの作用する臓器(細胞)が決定する	使用ホルモンの作用する臓器(細胞)が決定する	使用ホルモンの作用する臓器(細胞)が決定する
生体への害作用あり	生体への害作用なし	生体への害作用なし	生体への害作用なし	生体への害作用なし	生体への害作用なし

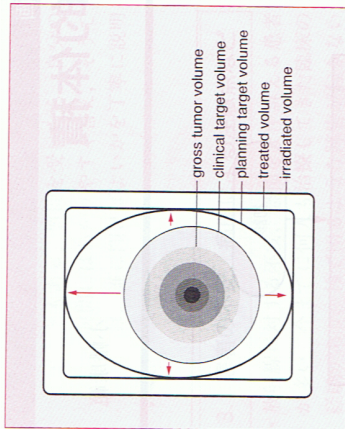


図2 放射線治療にかかわる各種体積(ICRU 50より)

① 肉眼的腫瘍体積(GTV)

悪性の病巣であることが明らかに識別でき、触れたり、見たりすることができ、明確にその領域を表示することが可能な範囲および位置。

原発巣: GTV primary, リンパ節転移: GTV nodal, 遠隔転移: GTV M

② 臨床標的体積(CTV)

GTV+sub-clinical disease, GTVとその周辺に存在するsub-clinicalな浸潤などを含む体積。

微視的な周辺(約1cmのマージン)(CTV I), 所属リンパ節(CTV II, III...)

③ 計画標的体積(PTV)

CTV+margin, すべての位置的変動の影響を考慮してCTVに予定した線量を投与するための幾何学的な概念。

(1) internal margin (IM): 内部マージン
呼吸, 膀胱充満度, 直腸充満度, 嚥下, 心拍, 腸蠕動などによる。

これらは制御できない。ビーム幾何学の外的不確実性とは関係がない。

$CTV + IM = PTV$

(2) set-up margin (SM): 設定マージン
患者位置合わせの不確実性(不正確さと再現性の欠如)

患者設定の変動, 機器の機械的不確実性, 線量測定誤差, CT・シミュレータから治療装置への変換設定誤差, 人的要因

(3) マージンの加法あるいは複合

マージンはランダムとシステマティックな不確実さの両方を補償するために導入される。マージンが直線的に加算されるとPTVが大きくなり過ぎる。一般に2乗和法が用いられる。

半影の考慮: PTVを描画するときにはビームの半影は考慮されない。しかしながら、ビームの大きさを選ぶ時に半影が配慮され、ビームの大きさが調節されなければならない。

④ 治療体積(TV)

放射線腫瘍医により治療の目的を達成するのに最適であると決められた線量の等線量曲線により囲まれる体積。PTV内の最小線量と同じ等線量値で囲まれる体積。

いくつかの理由で治療体積(TV)とその形・大きさ・位置をPTVとのかかわりで決めることが重要である。

(1) 局所再発(周辺対照射野内)の原因の評価と解釈

(2) 正常組織(PTV外でTV内)の障害の評価と解釈

* 原体指標(conformity index) $CI = TV / PTV$

PTVがTVに内包される場合に使うことができる。

⑤ 照射体積(IV)

正常組織の耐容にとつて有意であると考えられる線量(例えば標的基準線量(ICRU基準線量の20%)が照射される組織の体積。

照射体積(IV)は使われる治療技術による。

TVに対するIVの大きさはビーム方向が増えれば増加する。これは妥協の必要性を意味し、最適な治療であると判断されるものを選ぶことは放射線腫瘍学チームの責任である。

ビーム成形を使って、つまりMLCあるいは特注ブロックによる、「原体照射」により、TVとIVの両方が縮小される。

⑥ リスク臓器 OR (organ at risk)

CTVの内部または近傍に存在する放射線感受性の特に高い正常組織・器官であり、その存在が放射線治療計画あるいは投与される線量の

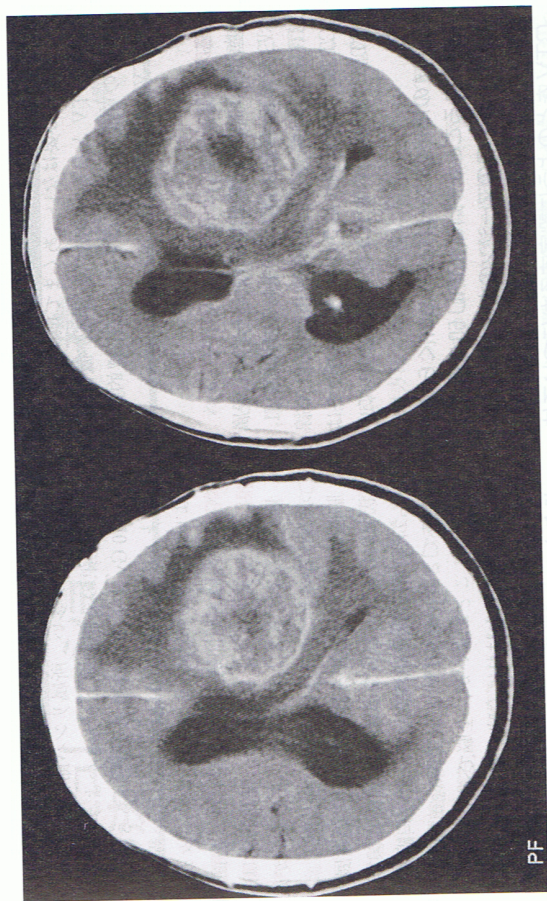


図3 多形神経膠芽腫のCT像

対的大きさであるという意味である。現在、モデルは確実な勧告とするには十分に検証されていないが、重要な問題提起であることは確かである。

■肉眼的腫瘍体積(GTV)の明示法

・各種検査, 触診などを総合してGTVは決定される。三次元の体積を明示することは簡単ではないが、必要な病巣の範囲が撮影され、幾何学的な重みを考えなくてもよいX線CT像の各断面層面上に示すことが基本である。ここでもX線CT像は、体位などの幾何学的条件を合わせて撮影された治療計画用のものである。診断用のX線CT像をそのまま治療計画や線量分布計算に用いることはできないことが多く、照射計画の際に改めて治療用として撮影することが望ましい。ICRU 62ではGTVは暗赤色で示すように勧告されている。

・腫瘍のX線CTの造影で増強がみられる部分はもちろんGTVであると考えられるが、腫瘍によっては、たとえば多形神経膠芽腫などでは周囲の低吸収域もGTVに含める(図

決定に影響を及ぼす。

現在正常組織の感受性についての知識は主に臨床的な観察から導かれている。そして、経験的なモデルであるNTCP(normal tissue complication probability)モデルやFSU(functional sub unit)概念に基づく機能的モデルなどが提唱されてきている。

* 計画リスク臓器体積 PRV (planning organ at risk volume) $PRV = OR + margin$
PTVの場合と同様に、治療の間のリスク臓器の動きと全治療期間中の設定の不確実性を考慮する必要がある。

×FSU 概念

体積-分割-反応の評価の目的のために、リスク臓器の組織は、機能的には「直列」「並列」「直並列」構造として組み立てられることができる。例えば脊髄は高い「相対的直列」であり、それはそのリスク臓器のどんな小さな体積であつても耐容のレベルを超えることと障害に繋がれることを意味している。一方、肺は通常低い「相対的直列」である。それは最も重要な要素は耐容レベルを超えて照射された体積の相

3). 検査・触診で検出できない浸潤はGTVに含める必要はない、あくまで検出できる腫瘍がGTVとなる。検出できないが微視的な腫瘍の可能性があればそれは臨床標的体積(CTV)で考慮される。

■臨床標的体積(CTV)の設定、手技など

・基本的に、GTVに周辺のマージンと所属リンパ節を含む体積(CTV IおよびCTV II, III...)である。GTVと同様に治療用X線CT像の各断面面に示される。ICRU 62ではCTVは明赤色で示すように勧告されている。

・GTVの周辺のマージンは1cmくらいが設定されることが多いとICRU 50で報告されているが、このマージンが大きすぎれば各施設により多少の差異が存在する。現時点でCTVをどのように設定するかについては放射線治療医の考え方によるところが大きい。今後は臨床のデータを集積して腫瘍の種類や病期に対するCTVを確定していく必要がある。

・喉頭がんの早期声門部がんでは所属リンパ節の転移はほとんどなく、CTV Iに60~70 Gyが照射される。声門上部がんでは好発部位の上内深頸リンパ節も含むCTV IIにも40 Gyまで照射が加えられる。

・一般的に、安全を見込んで所属リンパ節(CTV II)には転移なしでも40 Gyの照射を

し、原発巣(CTV I)には60~70 Gyを照射することが多い。所属リンパ節転移の出現率が原発巣の非制御率より大きいような場合には40 Gyより多い線量の必要があるということになる。また40 Gyより少ない線量でよいかどうかについてはあまりデータがない。後の障害が問題とならなければ、当面はこのまま変えることはないが、理想的には線量が少なくできようならば、その方向が追求されるべきであろう。

・脳腫瘍の多形性神経膠芽腫の場合、その進展の状況からCTVとしてはほぼ全脳となってしまうが、耐容線量があるため、十分に線量が投与できない。CTVとしてlarge focalを設定することが多いが、全脳で設定するより線量を多くしなければ意味がなく、成績の向上は望めない。どの範囲にどれだけの線量を投与するのが最善なのかについてはまだ今後の検討が必要である。

・術後照射では、GTVは描出されている。したがってsub-clinical diseaseに対する照射となる。これは一般的には40 Gyくらいで制御可能と考えられる。この線量は原発腫瘍の種類により調節される場合もあり、感受性の高いセミノーマの術後の腹部から骨盤のリンパ節領域の照射では、26 Gyで十分とされている。また子宮頸部がんでは進行の程度により45~50 Gyの全骨盤腔照射が行われる。

3. 患者とのコミュニケーションおよび治療計画

シミュレーション(標的体積の決定)

小幡康範

■放射線治療医によって決定された臨床標的体積を照射するための治療装置、照射野、照射方法の検討

・臨床標的体積(CTV)決定から照射計画までの流れを図1に示す。

・照射計画を立てるためには、まずX線CTやMRIといった画像情報や臨床情報により臨床標的体積(CTV)が決定されていることが必要である。

・次いで、CTVにマージンを加えた計画標的体積(PTV)が設定される必要がある。加えられるマージンについてはICRU 62では、内部マージン(IM)と設定マージン(SM)の二つがあげられている。呼吸に伴う移動によるIMは時間的な変動であり、現時点ではこの

時間変化をX線CTなどの二次元画像の上で表現できない。時間変化を確認するためには、X線透視による観察が必要である。今後時間変化も取り入れた画像表現ができれば、CT画像のみでPTVの設定も可能となる

かもしれない。IMを考慮する必要があるが、部位の照射計画では問題がないが、X線シミュレータなしで治療計画用X線CTのみで照射計画を行うことには現時点で限界がある。SMについては装置にかかわる部分はあ

る程度見積もることはできているが、照射の方法によって変化する部分については、照射計画が進まないとはっきりしないということもあり、照射計画により多少PTVを修正することが起きるかもしれない。実際にIMとSMをどう扱うかについてはまだまだ問題が残っ

ていて今後の検討が必要である。

・CTVにX線透視などによるIMの情報を加えて、放射線治療医により設定されたPTVは、治療計画用のX線CT像の上に描画される。そのPTVをもとに照射計画が立てら

れる。PTVにどのように線量を集中するかということとは技術的な問題となり、主に診療放射線技師や医学物理士の担当と考えられる。放射線治療医が過去の経験から照射方法まで指示することが多いが、結果としてより良い線量分布が得られるのであれば、他の照射方法も検討の対象となる。

・図1に示される流れからすると、PTVが設定されてから照射計画となるが、IMとSMは照射方法や照射野に関係している。計画により変化する可能性があり、フィードバックが必要の場合も考えられる。したがって、通常はシミュレータなどの段階で照射方法や照射野が決定されていることの方が多い。

・治療装置と幾何学的条件を合わせ、直交のスケールと照射野を示すイグタ絞りを備えたX線シミュレータ(図2)はCTVをPTVとするのに必要なIMなどの情報を付加するた

めに行われるという側面と、照射野を実際のビームズアイビューとして確認するという側面の二面性を有している。

・適応があれば小線源治療も選択されるが、小線源治療の計画は外部照射とはかなり様相が異なる。ここでは外部照射について述べ、小線源治療については有る。

・外部放射線照射装置を表1に示す。X線と電子線を生じ得る直線加速器(ライナック)が主流である。コバルト遠隔照射装置はライナックに置き換えられている。エネルギーは1台なら6 MV、あるいは4 MVと10 MVのダブルエネルギーが適当である。体深部は10 MVが適当で6 MVも可、頭部は4 MVが適当で6 MVも可、10 MVは喉頭には使えない。表在のものは電子線あるいは4 MV、10 MV以上が必要となることはあ

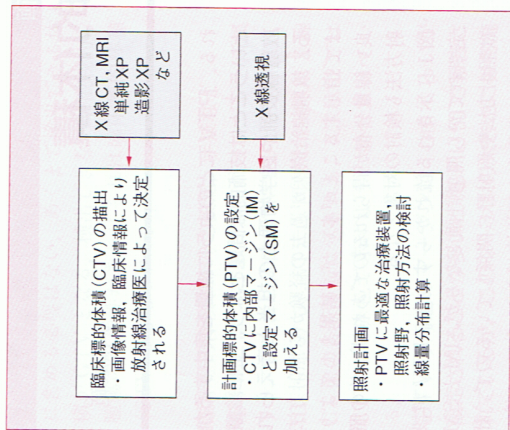


図1 臨床標的体積 (CTV) 決定から照射計画までの流れ

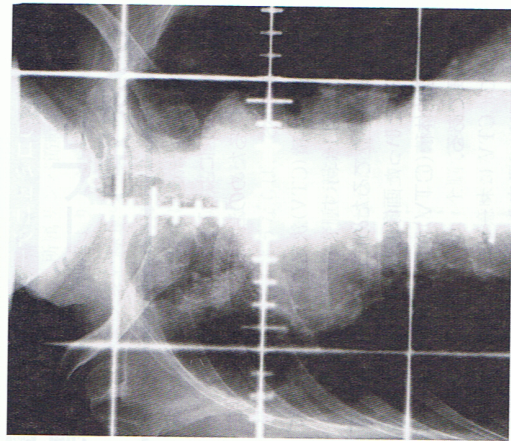


図2 X線シミュレーション画像

表1 外部放射線照射装置の種類と特徴

	γ線	X線	電子線	中性子線 陽子線 重粒子線	備考
コバルト遠隔 照射装置	○				ほとんど廃棄されている。一部線量校正用に残っている
直線加速器 (ライナック)		○	○		最も一般的に外部照射用の装置として使用されている
マイクロトロン		○	○		ビームを振り分けて2室で交互に照射ができる
サイクロトロン				○	維持管理が大変であり、現在では限られた施設のみで可能

りないが、頭頸部の側方対向2門照射で耳下腺への線量を減らすために大きなエネルギーのX線を用いるという施設もある。マイクログローンは電子線のエネルギーが揃っていてライナックよりも線量分布が好ましいといわれているが、最近のライナックの電子線の特長も良くなっていて、その差はあまりない。ただマイクログローンはビームを振り分けることができるので、複数の照射室を活用する必要があるので、施設では有利となる。ライナックよりもエネルギーの高いX線・電子線の得られるペーパータロンも照射に使用されたが、臨床の場ではライナックのエネルギープラットフォームでありペーパータロンはあまり普及しなかった。

・他は特殊で一般の施設では設置が困難である。中性子は生物学的な利点があるが物理学的には利点はない。陽子は生物学的な利点はないが物理学的には有利である。重粒子線は生物学的にも物理学的にも通常のX線や電

子線に優る。

・照射計画の目標としては、PTVに局限して望む線量を投与して、その他の部分への線量は0とすることが理想であるが、外部照射で線量を投与しようとするとその実現はむずかしい。できる限りPTVに合わせて照射計画を立てようとすると、治療体積 (irradiated volume) をPTVで除いた原体指標 (conformity index) がより1に近い原体照射法かIMRT (intensity modulated radiotherapy) が適当であるということになる。

×モ IMRT

inverse algorithm と呼ばれる結果から原因を求める手法を応用して、最適な計画を求める inverse planning を用いて、多方向からの強度・照射野の異なる照射の総計としてPTVに最も近い治療体積をつくり出す照射方法。

・N0の所属リンパ節領域を含む必要のある術後照射や根治照射の初期などのような広範囲の照射では対向2門照射が基本となる。40 Gyまでなら、リスク臓器が含まれない。ば、正常組織の障害も問題とならない。

・PTVに局限しようとする、照射方法が特殊となり、一般的ではなく、PTVに局限すること投与線量を増やすことができれば大きな利益があるが、手を掛けても障害や制御率の面で利点があれば意味がない。これは原体照射が始まった頃に常に問われた問題であり、線量をPTVに局限することで、正常組織の障害は減少できるが、腫瘍への線量が他の照射方法の場合と同じなら、制御率には改善はみられない。障害が少なくなければ、これまでの障害のレベルまで線量を増加すれば成績も向上すると考えられ、障害についての結果が得られ次第、線量増加の方

向で検討が進められる。

・いくつかの照射計画案が考えられるようなら、それぞれの線量分布計算結果をもとに治療検討会で最適な計画が決定されることになる。

■線量分布計算、線量の集中などについて、その注意すべき点

・通常、線量分布の計算は放射線治療計画システムを用いて実行される。計算を行ううえで絶対に必要なことは、治療に用いている照射装置のビームデータが測定され、システムに入力されていることである。使用する装置のデータがなければ正確な線量分布の計算は不可能である。システムには標準的なビームデータがすでに含まれていることが多いが、これに代用してはならない。このデータはあくまで参考として考えておきたい。

・線量分布計算のアルゴリズムには、クラックソン法・convolution/superposition法・モンテカルロ法などがある。これらは計画システムにより異なり、またバージョンによっても異なっている。アルゴリズムの進歩に伴って線量分布計算の精度は上がっているが、なお複雑な計算については検討が必要である。それぞれ用いている計画システムと計算アルゴリズムについて、実際の測定と計算を比較してどの程度の精度があるのか、どのような状況では誤差が多いのかを確認しておく必要がある。

・照射野の形状については、単純な方形照射野では計算精度は問題がない。原体照射の場合には、あまり極端な不整形となるようなビームが含まれる場合にはまだ計算の誤差が大きいことは十分に承知しておく必要がある。

・IMRTが今後使われる状況となると、すべての状況を測定で確認することは実際上不可能となっていく。生体の条件をファントムに再現することは困難である。したがって、計算による線量分布が正しいとして選択をしていくしかない。それゆえ計画システムの計算精度を問題としないように上げておくことが必要条件となる。

