

放射線 腫瘍医に なろう

Let's be a radiation oncologist !

がん治療に興味のある君へ——

科学の刃で
がんを断つ!



Japanese Society for Radiation Oncology

理事長ご挨拶

日本放射線腫瘍学会 (JASTRO) は、1988年に設立し、本年で33年を迎えます。初代平岡理事長の下、一般社団法人化、日本医学会分科会に参画、2代目西村理事長の下、公益社団法人となり、学会として大きな基盤を作り上げてきました。2020年6月現在 学会員は4,147名、放射線治療専門医数は1,279名となり本邦の多くのがん関連学会と肩を並べる規模となっております。

本邦では2人にひとりのがんに罹患し、3人にひとりのがんで死亡する状況ですが、治療法の大きな躍進により全がん患者の3人にふたりは5年生存できる時代となりました。放射線治療患者数（推定新規患者数）も JASTRO 設立当時は7万人程度であったものが27万人を超え、化学放射線療法・定位的放射線治療・強度変調放射線治療・粒子線治療・組織内照射などの高精度放射線治療の適応が拡大し、今後は免疫療法や分子標的療法の大きな展開にあわせて放射線治療の併用が進められております。また、医学物理士・放射線治療専門技師・放射線治療専任看護師など、医師以外の人材の拡充も多大な力となっております。

今後はがん治療における放射線治療の有用性のアピールが重要な課題であり、各施設でのカンサーボードやがん関連学会での意見表明や発表、がん治療のガイドライン作成や臨床試験への積極的な参加が重要です。そのためには柔軟な知識を持った多くの若い先生方の参画が必須であり、この冊子を手にされた方々にはぜひとも“放射線腫瘍医になってほしい”と願っております。

君たちの将来は、間違いなく保証されています。

2020年6月
公益社団法人 日本放射線腫瘍学会
理事長 茂松直之

医学生・研修医の皆様

この度、最新の情報に基づいて放射線治療の魅力を伝えるために、JASTRO がん放射線治療推進委員会の総力を結集し本冊子を改訂いたしました。

本冊子により、放射線治療の現状や奥深さ、面白さが正しく皆様方に伝わり、一人でも多くの皆様方が放射線腫瘍医への道を進んでいただければ幸いです。

公益社団法人 日本放射線腫瘍学会
がん放射線治療推進委員会
委員長 溝脇尚志

Contents

がん治療における放射線治療の役割	3	放射線治療最前線	8
放射線治療の魅力	4	01 体幹部定位放射線治療 (SBRT)	8
① がん治療の三本柱の一つとして	4	02 強度変調放射線治療 (IMRT) と 強度変調回転放射線治療 (VMAT)	9
② 緩和医療に活躍する放射線治療	5	03 画像誘導放射線治療 (IGRT)	10
放射線腫瘍医とは	6	04 四次元放射線治療	10
① 放射線腫瘍医の仕事	6	05 粒子線治療	11
② 放射線腫瘍医の現状と将来性	7	06 小線源治療	12
③ 放射線腫瘍医のキャリアパス	7	07 化学放射線療法	13
		08 免疫放射線療法	14
		09 放射線物理学	15
		10 放射線生物学	15
		11 Tumor Board	16
		12 チーム医療	16
		医学生・研修医 諸君へのメッセージ	17

がん治療における放射線治療の役割

これから医学の道を志す皆さんに放射線治療が、がん治療で果たす役割を知ってもらいたいと思います。放射線治療は、手術、薬物療法とともにがん治療の3本柱の一つです。最近の薬物療法は非常に進歩してはいますが、固形癌といわれる大部分のがん「乳癌、肺癌、前立腺癌、肝臓癌、食道癌、子宮癌、等」において根治治療となることができるのは、手術療法と放射線療法のみです。その中で、手術療法と比較して麻酔が不要であり、かつ体への負担の少ない治療法として、また臓器機能温存や形態温存の可能な治療法として、多くの癌において第一選択となっています。また根治を望めないような患者さんにも、特に骨転移や脳転移の患者さんに症状を和らげる緩和治療として貢献しています。

放射線治療を受ける患者数と放射線治療医数

近年放射線治療を受ける患者数は増加傾向にあり（図1）、現在国内で新規に放射線治療を受ける患者さんは約23万人です。1年間に新しく発見されるがん患者数が約100万

人とすると約4人に1人が放射線治療を受けておられることとなります。この数字は欧米よりも少ない点が指摘されますが、我が国においては、放射線治療適応とはなりにくい早期大腸癌や早期胃癌が近年増加していることや、未だに放射線治療についてよく知らない臨床医が多いことがその原因と考えられています。もう一つの要因として、まだまだ国内には放射線治療医が充足していない現状があります。国内には約840の放射線治療を行っている施設がありますが、その内の約180は常勤の放射線治療医がいない非常勤施設です。

この現状は都会よりむしろ地方で顕著です。地方の県庁所在地においてさえ、この現状があります。これは我が国の医学部や医科大学において放射線治療医を志す医師が少ないことも原因です。現在毎年新たに放射線治療を志望する若い医師は約70名ですが、米国において放射線治療科は年間約200人の放射線治療医レジデント採用枠に対して、実に約5000人の医学生が応募するような花形診療科です。我が国においても近い将来そのような日が訪れるでしょう。

図1
国内で放射線治療を受ける患者数の推移
(2015年 JASTRO 構造調査より)

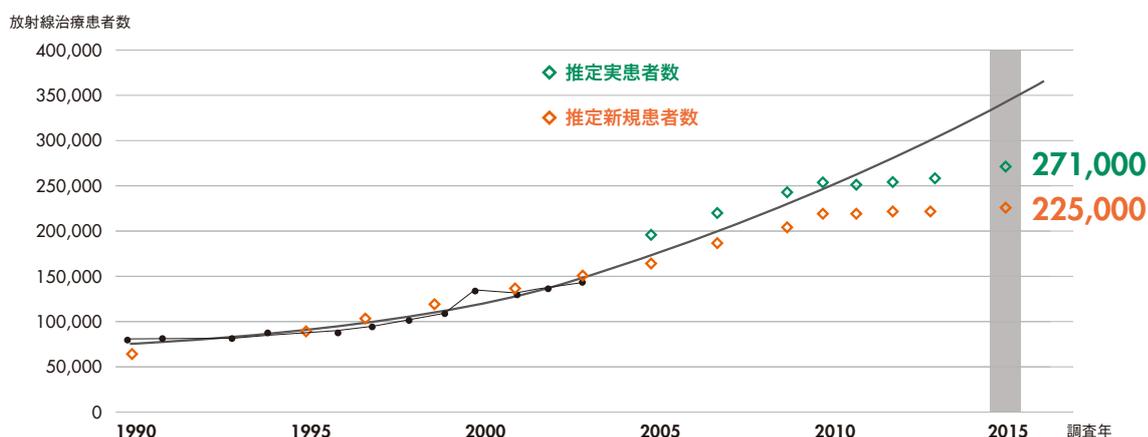
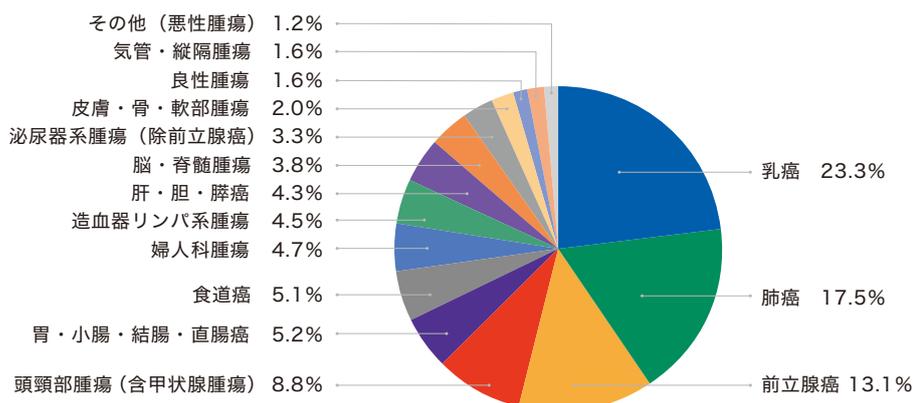


図2
国内で放射線治療を受ける患者の臓器別分類
(2015年 JASTRO 構造調査より)

図2は、放射線治療を受ける患者さんの臓器別一覧です。乳癌、肺癌、前立腺癌が三大がんですが、頭頸部癌や食道癌、脳腫瘍、子宮頸癌、悪性リンパ腫等も、よく治療が行われるがんです。近年、その適応は肺癌、肝臓癌、直腸癌や膵臓癌において拡大してきています。また骨転移や脳転移においても放射線治療が多くの場合において、第一選択とされています。



放射線治療の魅力①

がん治療の三本柱の一つとして

放射線治療が古くからがん治療の三本柱の一つであることは世界の常識でしたが、日本においてはがんの代表が胃癌であった歴史的背景から、「がん治療＝手術」という時代が長らく続いていました。しかしながら、日本においても生活習慣の欧米化に伴い、罹患するがん腫も肺がん、乳がん、大腸がん、前立腺がんなど多様化した事で放射線治療の適応となる患者が年々増加してきています。

放射線治療の最大の魅力は、臓器そのものだけでなく、その臓器の機能や形態も温存できることです。例えば、喉頭がんの場合、完全に切除すれば根治が見込まれますが、それと引きかえに声を失います。また、永久気管孔となるため、肩までお湯につかることができなくなります。放射線治療は同等の治癒率で治療後に声を温存することも温泉を楽しむことも可能です。また、早期乳がんにおいては、乳房全摘に代わってがんを部分的に切除した後で放射線治療を行う乳房温存療法が標準治療となったことで、美容の保持が可能となりました。

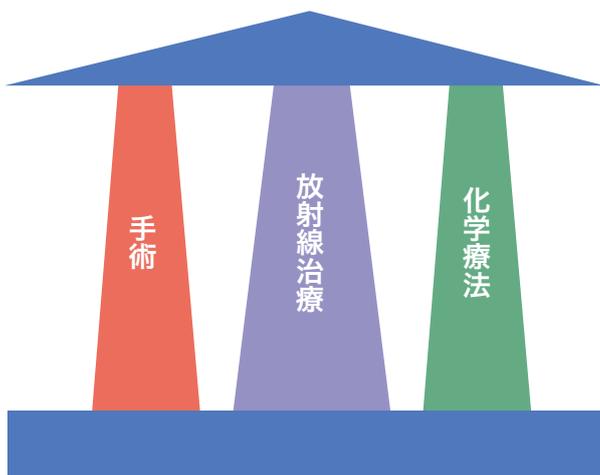
多くのがんでは、通常、Ⅰ・Ⅱ期は切除が第一選択となり、リンパ節転移を有するⅢ期の局所進行がんが放射線治療の適応となりますが、現在の日本のような高齢化社会においては、Ⅰ・Ⅱ期であっても年齢や合併症、手術

拒否などの理由で医学的切除不能となる症例が非常に増えています。これにより、手術より体への負担が少ない放射線治療で早期のがんを治療する機会が増え、「切らずに治せる」症例を以前より多く経験できるようになりました。更に、緩和照射で転移病巣を有するⅣ期症例のQOL向上を図るなど、根治から緩和まで全てのステージの患者が放射線治療の対象となるのです。

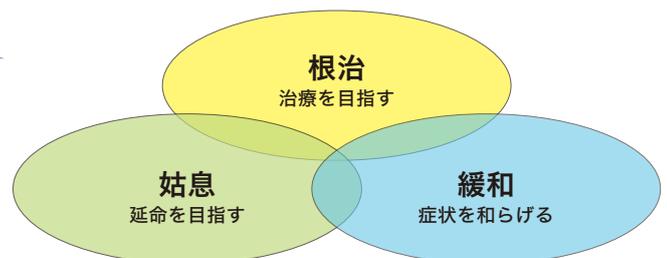
放射線治療のもう一つの魅力は臓器横断的にほぼ全ての臓器のがん治療に関われることです。がんに伴う症状とともに診るべき重要な項目に放射線治療の有害事象があります。様々な臓器を対象とすることで、多様な症状や有害事象を経験することができ、これを通して全身の診察スキルが習得できます。また、入院病床を有し食道がんなどの化学放射線療法を放射線治療医主導で行う施設では、主治医として輸液管理や合併症管理などの内科的管理を経験することも可能です。

このように、放射線治療医は根治から緩和までほぼ全ての臓器、全てのステージのがんを対象に、手術より少ない負担で手術が困難な部位にも放射線治療を行うことができ、がん診療においてとても重要な役割を果たしています。

がん治療の三本柱



放射線治療の幅広い役割



放射線治療の魅力②

緩和医療に活躍する放射線治療

がん対策基本法の条文には「がん患者の状況に応じて疼痛等の緩和を目的とする医療が早期から適切に行われるようにすること」とされています。放射線治療は、照射そのものは苦痛を感じることなく終了するので、患者さんにやさしい治療として緩和医療に適しており、骨転移や脳転移などに対する緩和的照射が広く行われています。

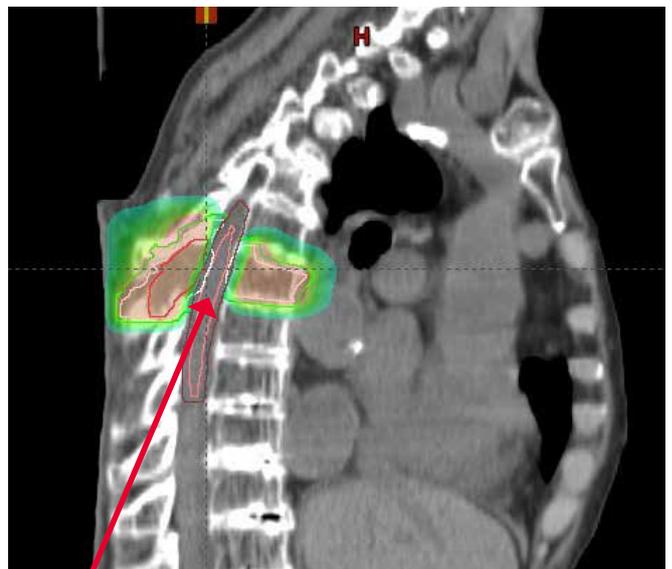
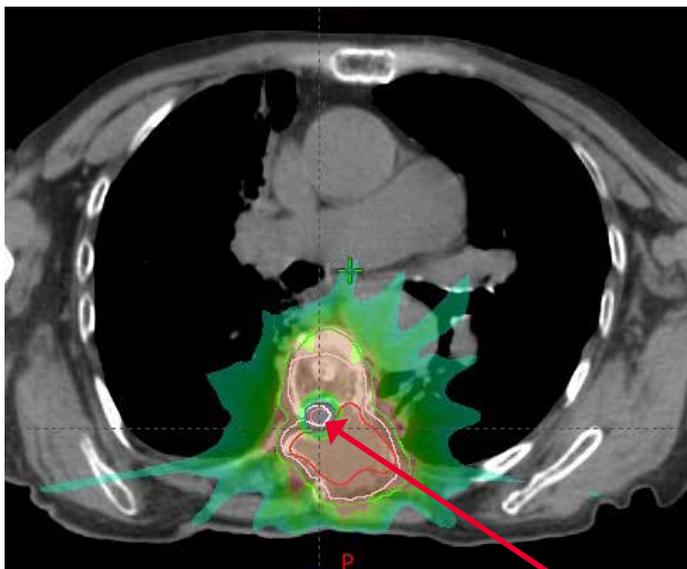
がん疼痛治療における放射線治療としては、有痛性骨転移に対する有効性が最もよく知られています。日本臨床腫瘍学会から出された「骨転移診療ガイドライン」では、有痛性骨転移に対して外照射により骨転移の痛みの緩和や消失が期待できると記載されています。日々の診療においても、放射線治療によって患者さんから痛みが楽になったと感謝されることは、多くの放射線治療医が実感しています。

また緩和照射においてもIMRT（強度変調放射線治療）や定位放射線治療などの高精度

放射線治療が応用されるようになってきました。これは、高精度放射線治療の特徴である任意の照射野を作成することで、以前であれば照射不可能な部位にも、正常組織を避けて症状のある部位のみに照射できる技術が発展してきたことによります。

また、過去に照射歴のある部位でも、再照射が可能になってきました。例えば椎体転移に対して一度照射を行った患者さんは脊髄の耐容線量を超えてしまうため再照射が困難でしたが、IMRTと定位照射を組み合わせることで、脊髄の耐容線量を超えることなく腫瘍を制御することが可能となりました。

緩和医療における放射線治療は、照射方法や線量を患者さんの状態に合わせて調整することが可能で、ひとりひとりのニーズに合わせた治療が行えるという点で、とてもやりがいのある分野だと思います。



脊髄を避けて高線量を投与できる

放射線腫瘍医とは①

放射線腫瘍医の仕事

放射線腫瘍医とは「放射線を武器に腫瘍を治療する医師」ということになりませんが、「機械を操作して放射線を照射する人」（診療放射線技師）とときどき混同されます。そこで、外科療法、薬物療法と並び、がん治療の三本柱の一つと位置づけられる放射線療法、その専門家としての放射線腫瘍医の仕事内容を紹介したいと思います。

例えば肺癌の患者に放射線治療を行う場合、まず呼吸器科主治医から私たち放射線腫瘍医に相談・紹介があります。私たちは患者を診察し、必要な検査を追加し、集学的な視点で治療方針を検討します。放射線治療が最善と判断する場合もあれば、逆に私たちから手術や他の治療をお勧めする場合があります。放射線治療の方針に決まれば、次は治療計画の作成で、これは放射線腫瘍医の独壇場です。画像その他の検査結果に基づいて照射範囲や線量のシミュレーションを行い、最大限の治療効果を求めて吟味を重ねます。標準的な治療方法は決まっていますが、患者の希望や背景をふまえた個別化も必要で、私たちの腕の見せ所でもあります。有効かつ安全な放射線治療計画が完成したのち実際の治療が始まりますが、効果の確認や有害事象への対応など、治療開始後の経過観察も大切な仕事です。放射線腫瘍医の仕事の間近で見た研修医や学生からは、「コンピューターや機械を操作しているイメージだったが、予想外に患者と向き

合っている時間が多い！」という感想をよく聞きます。

さて、ここで放射線腫瘍医に求められるスキルを挙げてみます。

- ・ 癌の病態や診断・治療に関する幅広い知識
- ・ 特定の臓器や診療科にとらわれず全身を俯瞰する視点
- ・ 患者に寄り添う真摯な姿勢とコミュニケーション能力
- ・ 放射線治療に関する専門知識・経験

こうして見ると、放射線腫瘍医は癌治療の専門家でありながら、患者と全身的・全人的に関わる「普通のお医者さん」＝癌のゼネラリストと言えます。と同時に、放射線治療という非常に強力な武器を持ったスペシャリストでもあります。

臓器を問わず、早期癌から進行癌まで、あるいは緩和的治療まで、放射線治療の適応は多岐にわたり、実際多くの診療科と協働で診療しています。必然的にチーム医療の要として存在感を放っていますし、患者からの信頼や感謝の度合いも非常に大きいものがあります。「癌患者の診療に携わりたい」と思うのであれば、癌治療のオールラウンダーであり、ストレートにやりがいを感じることでできる放射線腫瘍医は、強くお勧めできる選択肢です。



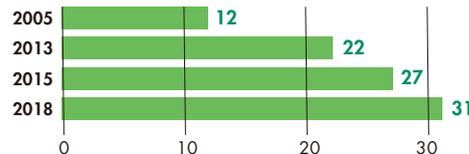
放射線腫瘍医とは②

放射線腫瘍医の現況と将来性

放射線腫瘍学を専門とする 新講座設立の動き

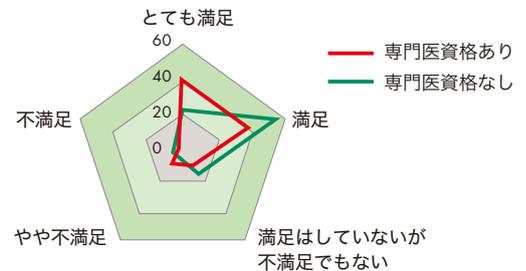
放射線治療の推進は国のがん対策の重要項目にあげられています。同時に放射線腫瘍学を専門とする講座設立の動きが加速、増加の一途を辿っています（下左図）。勿論、放射線医学全般を専門とする従来型の講座にも、放射線腫瘍医は数多く在籍しています。放射線腫瘍医の育成の場、そして活躍の場は確実に拡大しています。ひとりでも多くのがん患者さんへ最新の高度な放射線治療を提供できるよう、今こそ若い皆さんの力が強く求められています。

放射線腫瘍学を専門とする講座を有する大学数の推移



大多数の学会員が放射線腫瘍医としての 仕事に満足

日本放射線腫瘍学会では、男女共同参画・ダイバーシティの推進に取り組んでいます。その活動の一環として、現況や問題点、職務環境に関するアンケート調査を行いました。その中で、男女ともに8割以上が放射線腫瘍医としての仕事に満足していると回答しました。さらに、放射線治療専門医取得後の経験の長い医師ほど、満足度が高いことも分かりました（下右図）。



放射線腫瘍医とは③

放射線腫瘍医のキャリアパス

専攻医から放射線治療専門医取得まで

放射線腫瘍医としての一人前と認められる目安となる放射線治療専門医取得までの道のりを最も多いケースで示します。

2年間の卒後臨床研修（初期研修）を修了後、放射線科専攻医として、放射線科専門研修プログラムによる3年以上の研修を積みまます。ここでは、放射線治療のみならず、画像診断法（X線撮影・CT・MRI・超音波検査・核医学検査）やIVRも含めた放射線科領域

全体の知識を幅広く修得することが求められます。この専門研修修了後に専門医試験①に合格すると、放射線科専門医となります。

同資格を取得後、サブスペシャリティとして放射線腫瘍学を2年以上かけて習得します。放射線治療専門研修プログラムで定められた症例数を経験して研修実績を積んだのち、放射線治療専門医認定試験②に合格すると、晴れて放射線治療専門医になります。

医師年数(年目)	3	4	5	6	7	8	9
取得資格等	専攻医			放射線科専門医		放射線治療専門医	
研修内容	治療						
	画像診断/IVR						
専門医試験				専門医試験①		放射線治療専門医認定試験②	

放射線治療最前線

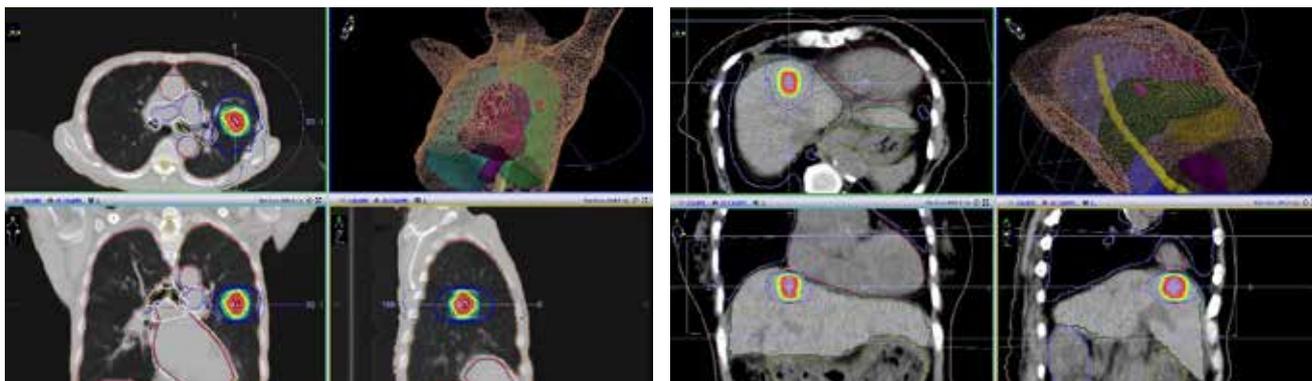
01 体幹部定位放射線治療 (SBRT)

体幹部定位照射 (Stereotactic Body Radiation Therapy: SBRT) とは、体幹部の限局した小腫瘍に対して、いわゆるピンポイントに照射する方法です。1回の照射時間は数十分、治療期間は数日での治療で、医療機器の進歩や診療の努力から病変部に大線量を正確に照射することができるようになり、局所制御の向上と周囲臓器への有害事象の低減が可能となっています。

小型肺癌に対して、この治療法を用いて日本の放射線腫瘍医が協力し合い、世界に先駆けて開発してきた歴史があります。現在では全国の多くの施設で治療が可能となっています。

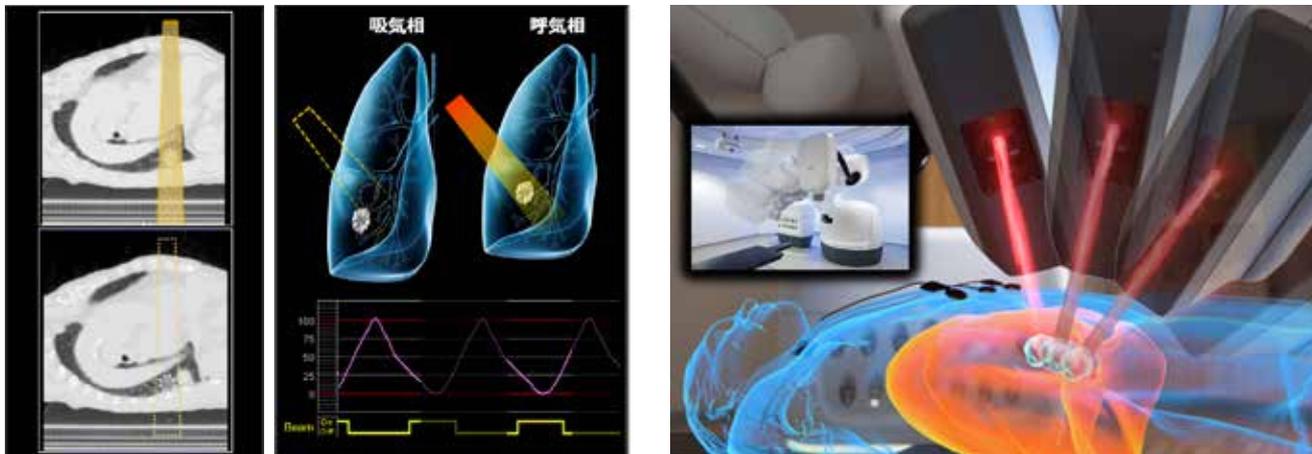
ピンポイントに照射するためには、小腫瘍の動きが問題でしたが、CTの進歩で2次元のデータから3次元、現在では3次元のデータに時間の次元を加えた4次元のデータが取得できるようになり、腫瘍の動きを正確に把握することができるようになっています。これらの情報を利用して小腫瘍を追尾し照射する動態追跡照射や呼吸同期法ができるようになり、患者さんに優しい進化した定位照射を行っております。

一般的に行われている部位は、早期非小細胞肺癌、前立腺癌、肝細胞癌、転移性骨腫瘍など小病変です。



肺癌と肝細胞癌に対する SBRT

多方向からのピンポイント照射の線量分布
左：肺癌、右：肝細胞癌



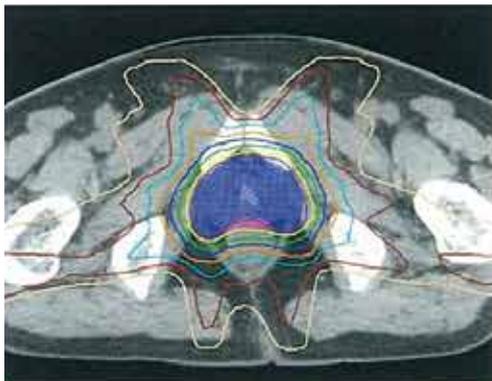
呼吸同期法と動態追跡照射

呼吸同期法：呼吸周期の呼気時の一部の時間帯のみに照射します (左)
動態追跡照射：小腫瘍を追尾し照射します (右)

02 強度変調放射線治療 (IMRT) と 強度変調回転放射線治療 (VMAT)

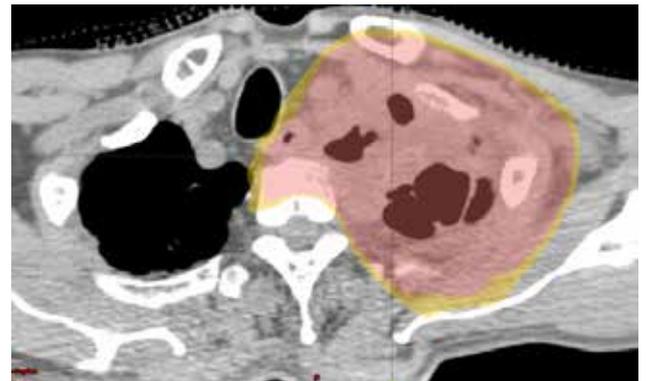
IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) は、標的に対し多方向から照射野の形状を細かく変化させて放射線を照射することで、腫瘍に放射線を集中しつつ周囲の正常組織への線量を低減することができる高精度放射線治療技術です。最近では、ガント리를回しながら従来の IMRT より短時間で照射ができる VMAT (Volumetric Modulated Arc Therapy) が導入され、広く用いられるようになってきました。IMRT/VMAT を用いることで、頭頸部癌では、唾液分泌障害・側頭葉壊死・視力障害など、前

立腺癌では、直腸出血などの晩期有害反応を軽減しつつ、腫瘍制御率の向上が得られるようになりました。また、患者数の多い肺癌や食道癌でも、脊髄への過線量を避けることが容易となったので、これまで以上に多くの方を根治的に治療することができるようになっています。開始当初は、治療計画の複雑さや長時間化が問題でしたが、コンピュータ技術の向上により、臓器を自動的に抽出するソフトウェア、線量調整を学習するソフトウェアの開発や線量計算時間の高速化により、治療計画にかかる労力も大幅に軽減しています。



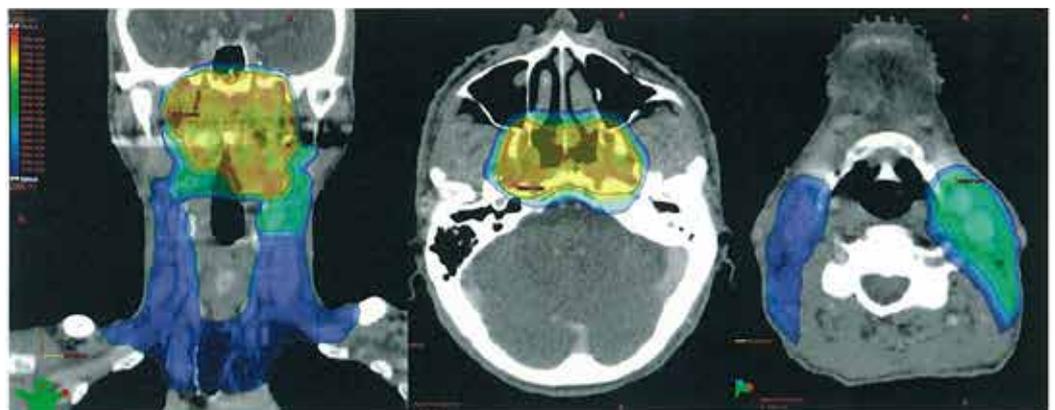
前立腺癌に対する IMRT

5 方向からの強度を変調したビームを使用した治療計画により、標的 (青領域) への線量集中 (紫線) と、隣接する直腸への線量低減が達成できています。



肺癌に対する VMAT

左肺、縦隔、椎体の病変に対して線量を集中させ (赤領域)、脊髄への線量は少なく済むように照射しています。(従来の照射では、脊髄への過線量は避けられない)



上咽頭癌に対する VMAT

標的 (赤線)、高リスクリンパ節領域 (青線)、予防域 (緑線) に段階的に異なった処方線量の投与 (Dose painting) と同時に脳幹、脊髄、耳下腺などへの線量低減が達成できています。

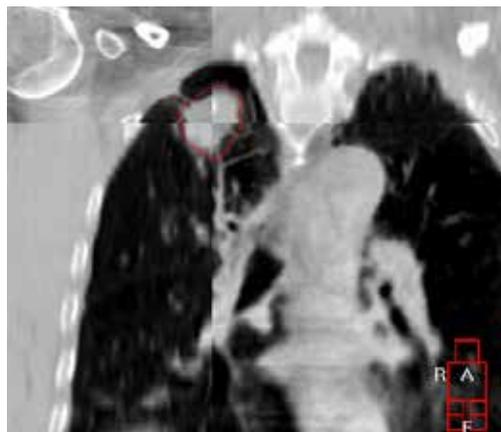
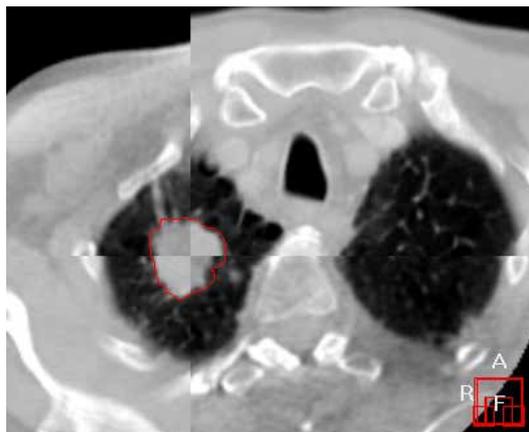
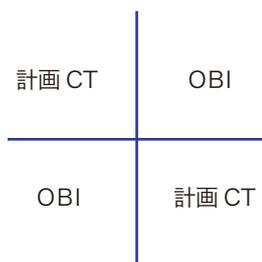
03 画像誘導放射線治療 (IGRT)

ミリメートルの精度で

最新の放射線治療装置には X 線画像や CT 画像の取得が可能な On Board Imager (OBI) が併設されており、治療体位で得られた画像を用いて標的の位置をミリメートル単位で合致させて照射します。これを画

像誘導放射線治療 IGRT (Image Guided Radiation Therapy) といい、SBRTやIMRT などの高精度放射線治療においては必須の技術となっています。

肺癌 SBRT の位置照合



治療計画 CTとOBIで撮像したCT画像を上下左右に4分して重ね合わせ、位置ずれを補正した後に治療を開始します。

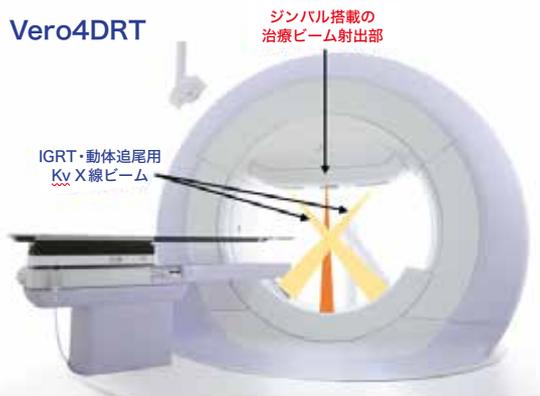
04 四次元放射線治療

動体追跡・追尾照射

IT 技術の放射線治療への導入が進むとともに、IGRT を応用・発展させた四次元放射線治療技術が開発され、実臨床に用いられています。四次元放射線治療では、肺がんや肝臓がんなどの呼吸移動を伴う腫瘍の動きをモニタリングしながら待ち受け照射したり、腫

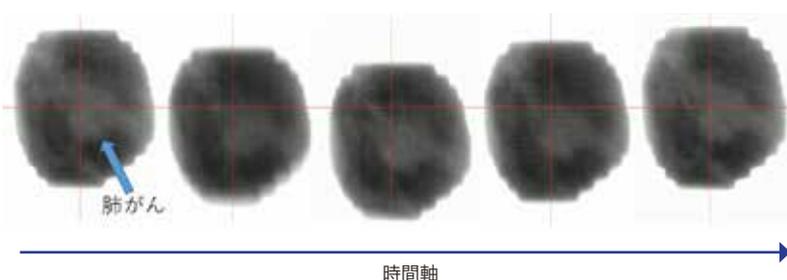
瘍の動きに追従して連続的に追尾照射が可能です。最近では、MRI 装置を組み込んだ一体型の MR- リニアックも実用化され、将来的には腫瘍の形状変化にもリアルタイムに対応可能となることが期待されます。

Vero4DRT



Vero4DRT を用いた肺癌に対する動体追尾照射の例

呼吸移動する肺がん（真ん中のやや白い部分）を、常に照射野の真ん中にとらえていることがわかります。



05

粒子線治療

最先端技術を駆使して

粒子線治療とは、放射線の一つである陽子線、炭素線などの粒子線を用いた治療法であり、X線や電子線とは異なり、次のような特徴を持ちます。

1. 良好な線量分布

粒子線は、体内に照射されると、一定の深さにおいて急激に高いエネルギーをその周囲に与える性質を持つため、腫瘍へ高い線量を集中させ、正常臓器への線量を抑えることが可能となります。この特性は、単に良好な線量分布を得ることができるだけでなく、二次発がんが危惧される小児がんの治療に高い有用性を発揮します。

2. 高い生物学的効果

粒子線はX線に比べて生物学的な効果が高く、特に重粒子線は、X線抵抗性の骨肉腫や悪性黒色腫などに対して高い効果が示されています。

これらの利点を受けて、2016年より一部の疾患に保険適応となり、保険診療または先進医療として、小児腫瘍、骨軟部腫瘍、前立

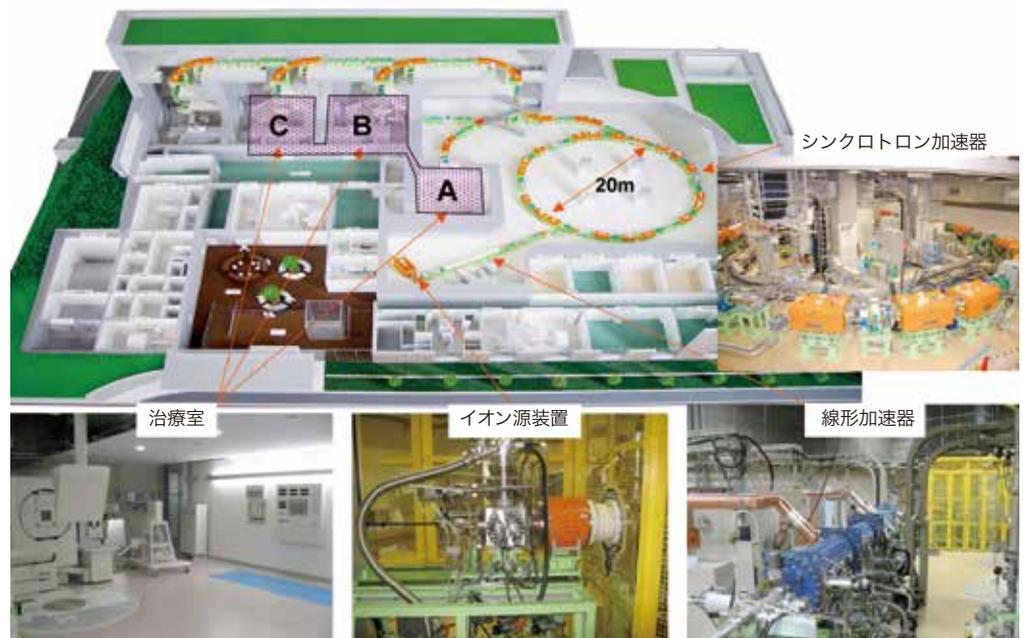
腺癌など、多くの疾患に粒子線治療が実施されています。日本は、粒子線治療が世界で最も進んでいる国のひとつです。

3. 高い線量率で照射可能

近年の研究で、現在の1000倍以上の非常に高い線量率で照射すると、腫瘍制御率はあまり変えずに、有害事象が減るという事実が明らかになってきました。これはFLASH radiotherapyと呼ばれ、実用化に向けて様々な研究が行われていますが、粒子線治療で実現可能性が高いとされています。もし、この治療が実用化されれば、一瞬で、より多くの線量を、少ない有害事象で照射する、夢のような放射線治療が実現できるかもしれません。

また、がん細胞に取り込まれる性質を持つホウ素化合物を投与して、中性子を照射し、アルファ線などの粒子線を発生させて治療する、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT Boron Neutron Capture Therapy）が日本を中心に開発されています。2020年より保険適応として治療可能となり、頭頸部癌などの治療に威力を発揮すると期待されています。

重粒子線治療施設



06

小線源治療

究極の局所照射

放射線治療のなかの一つとして小線源治療というものが 있습니다。これは身体の外から様々な方法を駆使して放射線を照射する外部照射と異なり、小線源という放射線を出す能力を持つゴマ粒ほどの小さい金属を体内に入れて身体の中から照射する治療になります。小線源を腫瘍に近接させたり、腫瘍そのものの中に埋め込んだりしますので、まさに腫瘍を小線源という刃で斬る小外科的な治療ともいえます。主に前立腺がん、婦人科がん、乳がん、口腔がん、肺門部早期肺癌（症例 1）、食道がん等に用いられています。

近年では CT/MR 画像を用いた画像誘導小線源治療（症例 2）にてさらに高精度な小線源治療が行われるようになりました。精密に腫瘍の形状を捉えるだけでなく、正常臓器に高線量が照射されるのを避けることにより、腫瘍の制御だけでなく有害事象の軽減が報告されています。それに伴い小線源治療の適応は拡大され、線量集中度が非常に高いことから照射後の再発病変に対する再照射に使われることもあります。高精度小線源治療はますます注目される領域のひとつです。

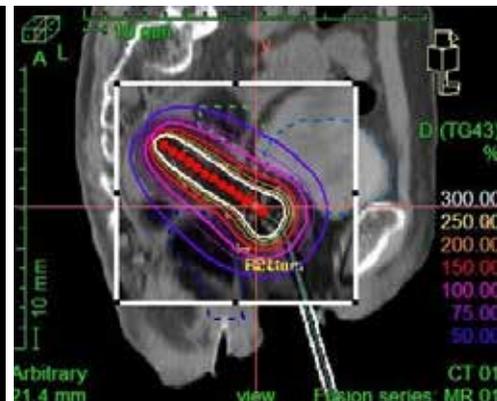
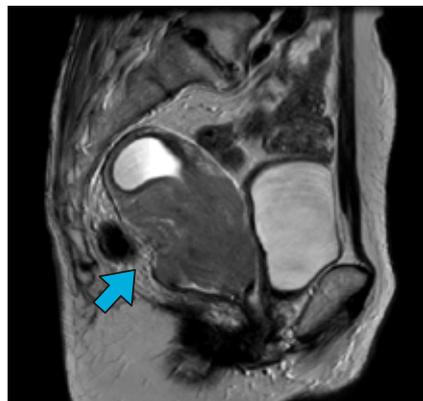
症例 1：左肺癌化学放射療法後の右肺門部早期肺癌への小線源治療

気管支腔内照射用アプリケータ（矢印）を用いている

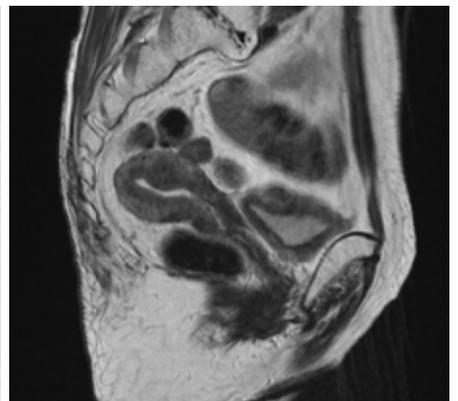


症例 2: 子宮頸癌 (矢印) に対して MR 画像を用いた Image-guided brachytherapy

治療前



治療後



07

化学放射線療法

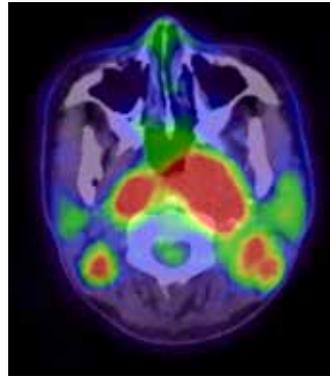
手術と同等の力を発揮

放射線治療と抗がん剤を組み合わせる化学放射線療法は、多くの局所進行癌（頭頸部癌（下図1）、肺癌、食道癌（下図2）、子宮頸癌、直腸癌、肛門管癌、膵臓癌、悪性脳腫瘍など）で標準治療の一翼を担っています。その目的は、化学療法による放射線増感作用により放射線の局所効果を増強すること、および化学療法により潜在性の微小遠隔転移を制御することです。前者は、より強い局所効果を介して局所制御を向上することを目指したものであり、この効果を十分発揮するためには同時併用するのが最も有効と分かっています。しかし同時化学放射線療法では、咽頭炎や食道炎などの粘膜炎、皮膚炎、血液毒性などの急性期有害事象のみならず、嚥下障

害や消化管出血、心臓障害など晩期有害事象も増加します。これらの有害事象の発生を防止するために高精度放射線治療を用いて、正常組織への被曝線量体積を減らすことで、より安全に化学放射線療法が実施できるようになってきています。さらに最近では殺細胞性の抗がん剤だけでなく、様々な分子標的薬も使われており、思わぬ副作用を呈することがあります。このように化学放射線療法においては、その高い抗腫瘍効果を活かすため上手に有害事象をコントロールしていくことが肝要であり、放射線腫瘍医はそれぞれの薬剤がどのような機序で抗がん作用を示しているのかを理解し、支持療法にも精通していることが求められます。

図1 上咽頭癌 (28歳女性) cT3N3M0

治療前



治療後 (CR)

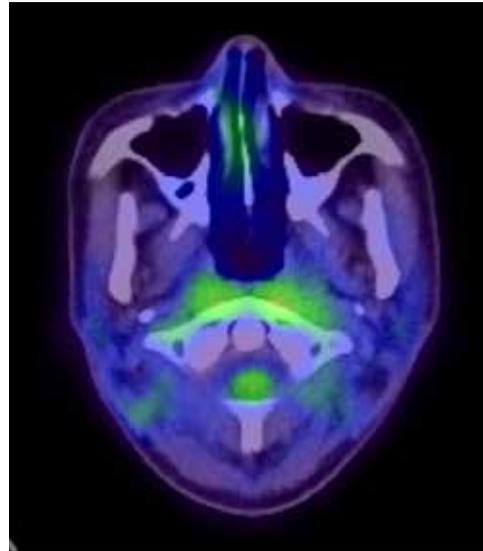


図2 食道癌 (74歳男性) cT4N2M0

治療前



治療後 (CR)



08

免疫放射線療法

～アブスコパル効果～

近年普及しつつある免疫療法ですが、放射線治療との相性は非常に良いことがわかってきました。放射線治療ががん細胞のDNAを傷害し、細胞死をもたらす際のがん特異抗原が放出され、この抗原の刺激によってT細胞が活性化されます。照射部位の相乗効果はもちろん、照射部位以外の病変も縮小する効果（アブスコパル効果）も認められています。（下図）

Ⅲ期非小細胞肺癌において、根治的化学放射線療法後に引き続いて免疫チェックポイント阻害薬を使うことで、無増悪生存率が飛躍的に伸び、標準治療となりました。その他のがん種においても放射線治療と免疫療法との併用に関し、多くの研究が進められており、今後様々な形での併用療法が標準治療に組み込まれていくと思われます。

免疫チェックポイント阻害薬を投与されていた悪性黒色腫の患者

脳転移に対して全脳照射を行うと、照射していない胸部病変も縮小が見られ、アブスコパル効果と考えられました。

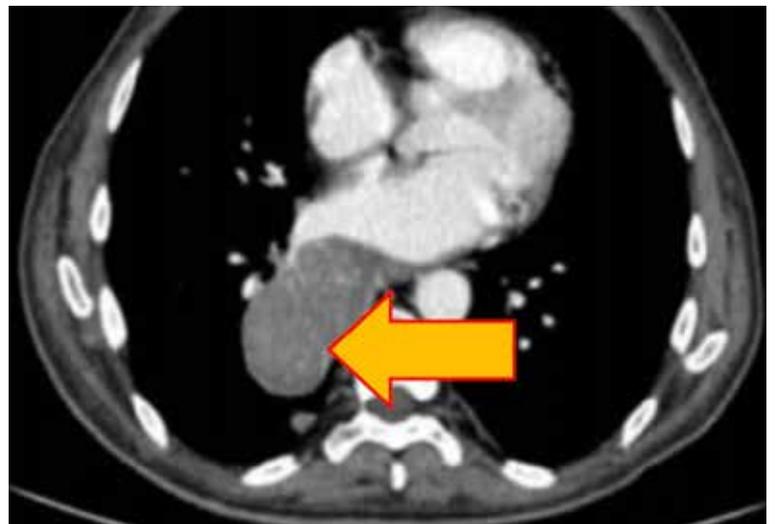
※ Grimaldi AM. et al. Oncoimmunology, 3, e28780; May 2014 より改変



全脳照射前



全脳照射後

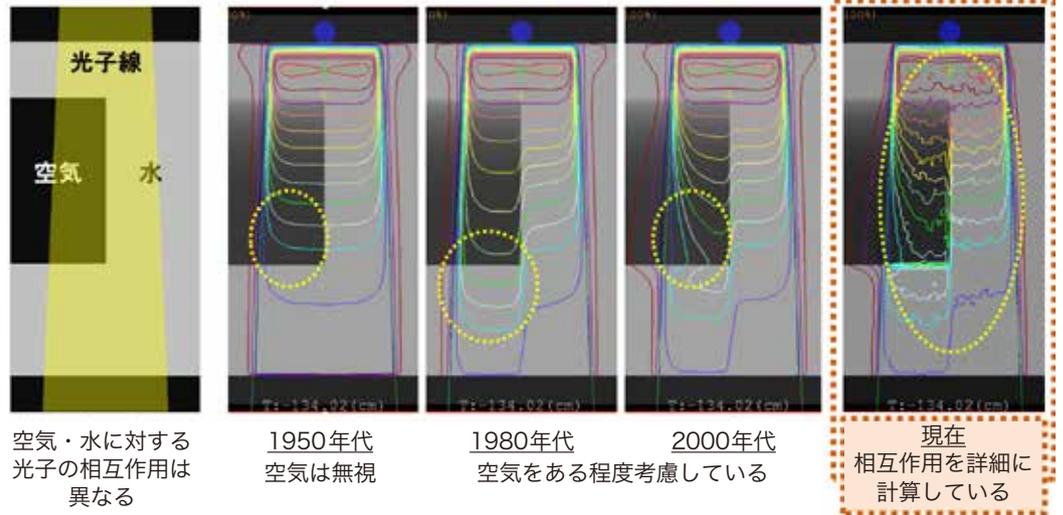


09

放射線物理学

放射線治療の進歩は放射線物理学の研究開発に支えられています。治療の際には、放射線の特性および体内物質との相互作用を正確に計算して制御することが大切です。放射線

物理学の基礎研究者、医学物理士、放射線腫瘍医、診療放射線技師、機器メーカー技術者の協力が欠かせない領域です。



線量計算アルゴリズムの進化

現在は高性能コンピュータの計算能力を駆使し、一つ一つの光子と物質の相互作用を厳密に計算しています。

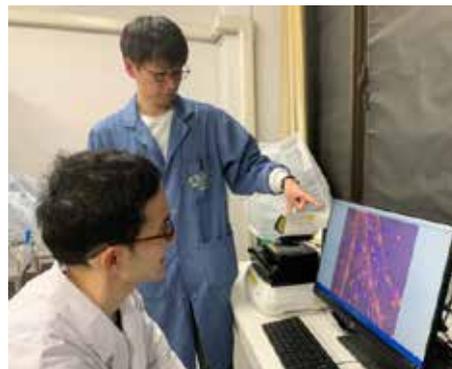
10

放射線生物学

放射線生物学は、放射線物理学とともに放射線治療の基礎を支える2本柱です。古典的な放射線生物学に加えて、分子生物学の知見が加わることで、DNA修復経路、細胞周期、腫瘍内低酸素など放射線増感や放射線抵抗性に関わる微小環境やシグナル経路のメカニズムが徐々に明らかになってきました。また、近年抗PD-1抗体などに代表される免疫療法

が急速に臨床の現場に導入されるようになり、放射線治療との併用によって治療成績の向上が期待されるようになってきました。これらも臨床試験に進む前に、放射線生物学の知識を用いた preclinical study の段階を経ており、放射線生物学は放射線治療との併用療法の開発に貢献する重要な学問です。さらに放射線生物学と放射線物理学の知識を融合させるこ

とで、放射線抵抗性領域への照射線量増加をするなど、個々のがんの特性を反映したテーラーメイド放射線治療の実現も可能となり得ます。



11 Tumor Board

Tumor Board とは、癌治療に携わる専門的な医師および専門職スタッフが集まり、職種を超えて多方面の知識・意見を集約することで、患者さんにとって最も適切な治療方針を検討する場です。放射線治療は、手術、化学療法を含む癌治療の三本柱の一つであり、

また、多くの診療科が扱う癌種の治療に関わっています。そのため、放射線腫瘍医は、多職種チーム（Multidisciplinary Team）の一翼を担っているのです。多くの診療科の Tumor Board への参加が求められ、その中で重要な役割を果たしています。



頭頸部癌 Tumor Board の風景

頭頸部外科医、放射線腫瘍医、腫瘍内科医、病理医、放射線診断医、歯科放射線科医、口腔ケアを担う歯科医などが集まり治療方針を検討します。

12 チーム医療 放射線治療チーム医療の推進

放射線治療では、非常に複雑な機能を有する放射線治療装置を取り扱うこと、また放射線治療の一連の流れや有害反応の特殊性から、その治療に特化した技能や知識が必要です。そのため、放射線腫瘍医、医学物理士、放射

線治療専門放射線技師、放射線治療専門看護師を含む異なる職種のスタッフが協力してチーム医療を行います。患者さんに高い質のより安全な治療を提供するため、そのチームワークを高めることも非常に重要です。



放射線治療チーム

放射線腫瘍医、医学物理士、診療放射線技師、看護師よりなる放射線治療チーム

医学生・研修医 諸君へのメッセージ

久留米大学

淡河恵津世

Etsuyo OGOU

進化し続ける放射線治療

私が放射線科医師になった時、放射線治療は二次元でした。治療計画装置もなく、固定具も十分ではない中で、先輩方は多くの経験と知識で「がん（悪性新生物）」に対する放射線治療に挑んでいました。三次元放射線治療が当たり前の時



代になり、治療計画装置や腫瘍を確認する精度も高まり、放射線治療の世界は待ったなしの進化を続けています。近い将来、AI技術も加わり、更に進歩した「がん治療」に向かっていくことでしょう。放射線腫瘍医は、「がん」

に関する多くの知識が必要ですし、強靱な精神力と柔軟な思考と発想を求められます。しかし、その全ては、「がんの患者さんと家族」の笑顔に向かってしていると私は信じています。私たち放射線腫瘍医は何時の時代も「がんの患者さん」と共にあり、各診療科の医師と今できる最善の治療を考え、発展し続ける多くの情報と技術を提供できる立場にある医師だと思っています。放射線治療は多くの技術を要するため、チームで働きます。日本ではチームを動かす放射線腫瘍医の数は十分ではありません。「がん治療」に向かっていく若い力は未来の宝物です。一緒に頑張りましょう！

関西医科大学

中村聡明

Satoaki NAKAMURA

がん医療の司令塔

放射線腫瘍医の醍醐味は、がん医療チームを率いて、病院全体のがん医療の司令塔として活躍できることです。

がん医療チームとして、放射線治療部門では、看護師・放射線治療技師、医学物理士など高度の教育を受けた専門スタッフが活躍しています。病院全体では、各科のがん治療専門医、看護師に加え、がん専門薬剤師やがん理学療法士・作業療法士、ソーシャ



ルワーカーなども重要なわれわれのパートナーです。

そのような各部門のプロフェッショナルとともに、全身のがん治療情報を日夜更新し、放射線物理学も放射線生物学も、ITもAIも、知識と経験をフル稼働して診療にあたります。そしてがん医療に関連する各科と密に連携して、それぞれの患者さんに最適な治療方法を検討する会議（カンサーボード）にて重要な役割を担うこととなります。

がん医療の向上に放射線腫瘍医の活躍は欠かすことができません。放射線腫瘍医の未来は明るいです。ともに新しいがん治療を作り上げて行きましょう！

医学生・研修医 諸君へのメッセージ

福島県立医科大学
田巻倫明
Tomooki TAMAKI

放射線腫瘍医としての国際貢献

JASTRO は以前から米国放射線腫瘍学会 (ASTRO) や欧州放射線腫瘍学会 (ESTRO) との学術交流を続けており、各学術大会における学会間交流や ESTRO 教育コースの日本開催などを行っています。近年、JASTRO はアジア各国との交流も推進しています。

2015年に JASTRO を含めたアジア



11か国の放射線治療関連学会が協力し、Federation of Asian Organizations for Radiation Oncology (FARO、アジア放射線腫瘍学会連合) が設立されました。JASTRO は FARO の設

立準備の時から貢献していて、その参加団体は 2020 年現在でアジア14 か国を数え、計 4 回の学術大会 (FARO Meeting) が開催されています。FARO は若手放射線腫瘍医のリーダー育成にも力を入れており、Leadership Development Program では、各参加学会から選ばれた若手がリーダーシップとは何かを学ぶと共に、お互いの理解と友好を深め、アジアにおける放射線治療の将来の発展の希望となっています。「私はアジアや世界のために貢献したい!!」という熱い情熱を持った皆さん、是非、放射線腫瘍医を志して JASTRO で一緒に頑張ろうではありませんか!! The door is always open for YOU!!

聖路加国際病院
板澤朋子
Tomoko ITAZAWA

子育て世代代表として

小学校低学年の男の子を育てながら、常勤で放射線腫瘍医を続けています。

放射線腫瘍医の仕事は、がん患者さんの診察から治療適応を判断し、インフォームドコンセントを得ることから始まります。そして、治療



計画装置というコンピュータ (RTP) を使い、治療計画を作成します。RTP 上では、「がん」の位置や範囲・守りたい臓器等の輪郭を書き込み、どのように放射線ビームを配置

させるかを作り上げていき、最善の計画を完成させていきます。ここまでの業務が多くを占めますが、自分のペースでじっくりと進めています。また、治療中の診察・治療後の経過観察等は、予め分かっている園や学校の行事を避けた日程を組むことができ、男性女性問わず子育てと両立しやすい専攻科目です。

年齢とともに、働き方だけでなくライフステージも変わります。キャリア形成には長期のビジョンが必要です。がん治療に貢献しつつ、ワーク・ライフ・バランスを実現しませんか。東西南北と横に広いつながりのある放射線腫瘍医一同、みなさんをお待ちしています。

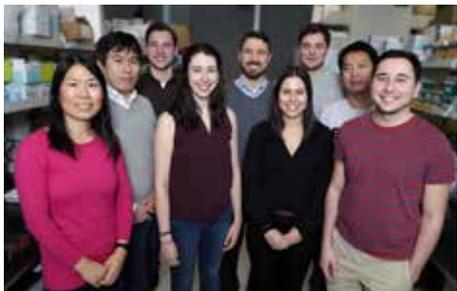
京都大学

中島良太

Ryota NAKASHIMA

がん治療のブレイクスルーを目指して

私はカナダ・トロント大学関連施設のプリンセスマーガレットがんセンターで、がんの遠隔転移メカニズムについての基礎研究をしています。がんの基礎研究は遺伝子の変異・修飾だけでなく、免疫、代謝、微小環境、幹細胞など、多岐な領域にまたがり、その全てにおいてがん治療の世界を大きく変えるブレイクスルーを起こす可能性を秘めています。



一方で、放射線腫瘍医は多くのがん種において初期治療から緩和治療までを横断的に扱うがん治療のスペシャリストで

あります。そのため、俯瞰的な視点に立ち、臓器別診療科の医師とは異なるユニークな発想で研究を進めることができます。また、がんの基礎研究では臓器非特異的なトピックスが多く、私も放射線腫瘍医としてのがんに関する総合的な経験や知識に助けられながら研究生活を送っています。

現在、がん免疫療法やがんゲノム医療などが臨床応用され、基礎研究の重要性はより大きくなっています。ひとりでも多くの若い医師が放射線腫瘍医としてがん治療のブレイクスルーを目指してくれることを切に望みます。

旭川医科大学

青木友希

Yuki AOKI

北の国から、セミナー責任者として

「放射線腫瘍医は頭の上から足の先まで、老若男女を診ることができて楽しいよ！」

これは私が「医学生・研修医のための放射線治療セミナー」で学生や、研修医に向けてよく言う言葉です。私はここ数年このセミナーに携わらせていただき、2018年、2019年には大阪会場の実行責任者を担当しました。私自身、このセミナーに参加して放射線治療の道に進むことを決意したため、毎年楽しく関わらせていただいています。北海道からこのセミナーに参加する人はスタッフ・



参加者ともにそう多くはありませんが、その分色々な地域の人たちとたくさん繋がりをもちことができました。このセミナーで得た縁は今の自分にとってかけがえのない非常に重要なものです。

放射線治療は癌治療に興味がある方なら、非常に魅力的に感じる分野だと思います。またこのセミナーのように横の繋がりが強くなるようなイベントも多いです。まずは少しでも気になったらこのセミナーに参加してみませんか？紙面では語り尽くせない放射線治療の魅力をたっぷりお届けします！

君も『医学生・研修医のための放射線治療セミナー』に参加してみよう！

君も「医学生・研修医のための放射線治療セミナー」に参加してみよう！

JASTROでは、毎年2回『医学生・研修医のための放射線治療セミナー』を開催しています。本セミナーは、講義・治療計画実習・懇親会を通じて、放射線治療の面白さや醍醐味を伝えることを主眼におき、参加者アンケートでも毎年非常に高い評価をいただいております。

本セミナーに医学生・研修医として参加した医師の多くが、現在、放射線腫瘍医として活躍しています。セミナーの企画を担う「JASTROセミナー・レジナビ実行小委員会」は、これら放射線腫瘍医を含めた若手医師を中心として構成し、和気あいあいとした雰囲気です。セミナーを運営しています。若手医師からマンツーマンの指導を受け、貴重な体験談が聴けることに加え、全国の放射線治療に興味を持つ医学生・研修医とも交流が持てる点も、本セミナーの大きな魅力です。

是非、医学生・研修医のための放射線治療セミナーに参加して放射線治療の将来性、魅力を実感してください。



治療計画の発表と総括の様子



小グループでの治療計画検討の様子

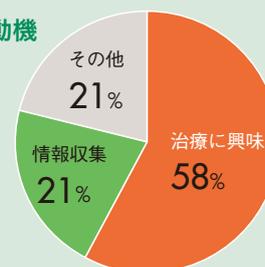
いろんな医師の
考え方を知ることが
できてよかった。
(医学生)

放射線治療を選び、
またチューターとして
セミナーに参加したいと
思いました。
(研修医)

医学生の仲間と
意見交換ができた。
(医学生)

参加者の声

志望動機



見学・進路相談のご案内

「放射線腫瘍医」に興味をお持ちであれば、最寄りの放射線腫瘍学（放射線治療学）教室にお問い合わせいただくか、jastro-office@jastro.jp へのメールをお待ちしております。医学生の皆さん・研修医の皆さんの見学を特に積極的に受け入れている施設・病院等をご紹介します。

皆さん自身の納得のいく進路選択のお役に立てることを願っています。

お問い合わせの際にはお手数ですが、以下の記載をお願い致します。

氏名・メールアドレス・大学（あるいは現所属先）・学年（あるいは卒業年）。

「放射線腫瘍医になろう!」進路相談アドレス jastro-office@jastro.jp

【設立】1998年2月11日

【会員総数】4147名（2020年6月17日現在）

【活動状況】学会誌『Journal of Radiation Research』：年6回発行

学会報文集『日本放射線腫瘍学会学術大会報文集』：年1回発行

会報『JASTRO NEWSLETTER』：年4回発行 等

入会手続きや活動状況はホームページをご覧ください <https://www.jastro.or.jp/>