

平成28年度放射線医学オープンスクール
報告書
～最先端技術にふれる～

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
医師のキャリアパスを考える医学生の手帳

目 次

はじめに	1
I. 概要報告	3
II. スケジュール	5
III. オープンスクールガイド	7
IV. 指導医師からのメッセージ	15
V. 参加者の声	17
VI. 参加者の概要及び反応（アンケート）	29
VII. まとめ.....	35
<参考資料1>開催実績.....	39
<参考資料2>三菱電機株式会社 講義資料.....	41
<参考資料3>神戸低侵襲がん医療センター 講義資料.....	45
<参考資料4>特別講演 資料.....	93
<参考資料5>入手資料一覧.....	105
明日への人材を育てる企業一覧.....	107

はじめに

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

放射線医学オープンスクール（旧放射線医学見学ツアー）は、医療系の学生へ放射線医学の最先端技術に関する講義および見学の機会を提供することで、その面白さ・素晴らしさに触れ、取り巻く情勢を含めて関心をもっていただくことを目的として、（公財）医用原子力技術研究振興財団主催、医師のキャリアパスを考える医学生の会共催で実施しています。また、本事業は、参加者が将来同分野を進路の選択肢とするだけでなく、よき理解者、支援者となることで、幅広い分野の人材の協働・交流を促進することにつながり、放射線医学の裾野が広がる事を期待しています。

医師のキャリアパスを考える医学生の会は「主体的な活動が出来る医学生をつくる」を理念とし、国内外 90 大学の医学生の有志で構成・運営され、大学横断的に会員数 1500 名を超える学生の自主的な組織です。大学では学ぶ事の出来ない医学全般を知り、視野を広げ、医師および医療の取り巻く課題と将来あるべき姿を考え、講演会、施設見学会等に関する活動を通じて学生自身がキャリアについて学び、考え、発展していこうというネットワークです。

（公財）医用原子力技術研究振興財団は、粒子線等による先端のがん治療をはじめとする、各種放射線による疾病の治療および診断等に関する医用原子力技術を推進するとともに、その普及を図ることを目的として、講演会・講習会・セミナー・施設見学会等の開催、広告媒体・資料の作成・発行、情報収集・発信、関連施設整備促進・患者支援活動、および線量校正等、放射線治療施設の品質管理支援事業を行っております。

このたび、参加した医療系学生等が執筆した「平成 28 年度放射線医学オープンスクール 報告書～最先端技術に触れる～」を冊子として発行いたしました。平成 28 年 8 月 24 日～25 日に実施いたしました活動内容を、全国のより多くの学生、医療関係者および協賛組織等に知っていただき、本事業への理解を深めていただければ幸いです。医療の未来を築き、支えていく春秋に富む学生に対して、放射線医学が医療現場でいかに重要な役割を果たしているかを実際に目にし、肌で感じていただく貴重な機会を提供する本事業は、同分野に於ける優秀な人材の確保および医療全体の発展に大いに貢献するものと期待されます。「放射線医学オープンスクール」の開催および報告書の発行に際し、その趣旨をご理解賜り、ご協力ご協賛をいただいた関係各位に対し、心よりお礼を申し上げますとともに、今後ともさらなる発展のため、暖かいご支援を賜りますようお願い申し上げます。



神戸低侵襲がん医療センター 治療室

I. 概要報告

平成 28 年度放射線医学オープンスクール～概要～

医師のキャリアパスを考える医学生の会
群馬大学 医学部医学科 3年
藏田 清文

8月24日～25日の2日間、公益財団法人医用原子力技術研究振興財団と医師のキャリアパスを考える医学生の会の共催により「平成28年度放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」が開催されました。

本オープンスクールは「放射線医学見学ツアー」として2008年に開催されて以来、今年で第9回目となりました。今年の参加者は医学系と工学系・その他医療系がほぼ1/2ずつとなっており、様々なバックグラウンドを持つ方が参加されました。今回は、粒子線治療装置を開発している国内最大手医療用機器メーカーである三菱電機株式会社 電力システム製作所、低侵襲医療に特化したがん専門病院である神戸低侵襲がん医療センターの2ヶ所の施設を巡りました。

1日目は、三菱電機株式会社 電力システム製作所において、日本の放射線医学を牽引している土屋先生と辻井先生の両先生方による挨拶から始まり、治療装置の開発を担当されている三菱電機の担当者から直に話を聞くことができました。さらに、治療機器が製作されている工場の見学やビームラインの説明を受けました。座学と実地の両面から放射線治療についての知識を得ることができました。

2日目は、神戸低侵襲がん医療センターにおいて、放射線医学全般について講義の中で知識を得ました。また院内を見学する機会もあり、実際に使用されている放射線治療機器を目の当たりにするとともに、院内の落ち着いた雰囲気を感じることができました。さらに、治療装置を用いた放射線治療計画について体験する機会もあり、放射線科医はもちろんのこと医学物理士との協力によって治療が進められていることも学びました。

以上のような1泊2日の体験を通して、新たに放射線医学の知識を得たことはもちろんのこと、放射線医学に携わる様々な関係者を交わることができました。



三菱電機株式会社 電力システム製作所にて

Ⅱ. スケジュール

2016年8月24日(水)

Time	Schedule
12:30	集合 (JR三ノ宮駅)

三菱電機株式会社 電力システム製作所

Time	Schedule
12:45~13:00	移動
13:00~13:15	開会挨拶
13:15~17:00	講義、工場見学
17:00~17:30	全体質疑、挨拶

ホテル (神戸市内)

Time	Schedule
17:30~17:45	移動
17:45~18:45	特別講演「がん医療をリードする放射線医学」 杉村和朗 国立大学法人神戸大学 理事 副学長 大学院医学研究科 内科系講座放射線医学分野 教授
18:45~20:15	懇親会

2016年8月25日(木)

神戸低侵襲がん医療センター

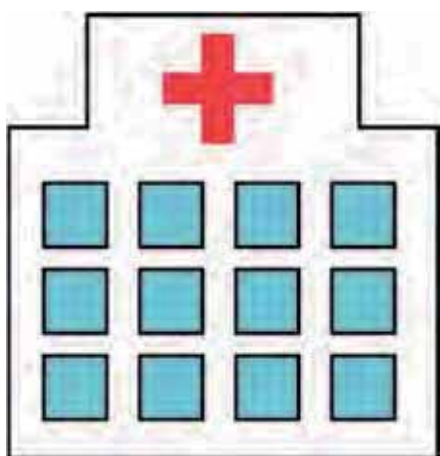
Time	Schedule
9:15~ 9:30	移動
9:30~ 9:50	挨拶
9:50~12:45	講義、施設見学
12:45~13:45	昼食
13:45~15:45	講義
15:45~16:00	閉会挨拶
16:00	解散

Ⅲ. オープンスクールガイド

平成28年度 放射線医学オープンスクール

～最先端技術に触れる～

オープンスクールガイド



日程：2016年8月24日(水)～25日(木)

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

医師のキャリアパスを考える医学生の会

はじめに

放射線医学オープンスクールとは

「放射線医学オープンスクール」は、普段なかなか接することの出来ない最先端技術である放射線医学の現場見学により、その面白さ、素晴らしさに触れる機会を大学生・院生等へ提供することで放射線医学分野への関心を高め、将来の発展を実感していただくことを目的として実施しております。

顧問 土屋了介 地方独立行政法人 神奈川県立病院機構 理事長
辻井博彦 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 代表理事・副理事長
小口正彦 公益財団法人がん研究会有明病院院長補佐 放射線治療部部長

(公財) 医用原子力技術研究振興財団

平成8年3月に粒子線等による先端のがん治療をはじめとする、各種放射線による疾病の治療ならびに診断等に関する医用原子力技術を推進するとともに、その普及を図ることを目的として、設立されました。

講演会・講習会・セミナー・施設見学会等の開催、広報媒体・資料の作成・発行、情報収集・発信、関連施設整備促進・患者支援活動、および線量校正等の放射線治療施設の品質管理支援事業を行っています。

医師のキャリアパスを考える医学生の会

会員数 : 国内外 90 大学、約 1,500 名

医学生有志による横断的な組織で、「主体的に活動できる医学生を作る」を理念に、大学では学べない医療を知り、視野を広げることを目標とし、医師・医療を取り巻く課題および将来のあるべき姿を考えることで、学生自身がキャリアについて学び、考え、発信していこうというネットワークです。

三菱電機 株式会社 電力システム製作所



本社（東京ビル）



電力システム製作所

所在地

本社 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号（東京ビル）
TEL：(03)3218-2111（代表）
電力システム製作所 〒652-8555 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番2号
TEL：(078)686-4664（磁気応用システム営業課）
URL <http://www.mitsubishielectric.co.jp/>

会社概要

三菱電機グループは、技術、サービス、創造力の向上を図り、活力とゆとりある社会の実現に貢献することを企業理念とし、重電システム、産業メカトロニクス、情報通信システム、電子デバイス、家庭電器などを製造・販売をしております。

三菱電機が開発した粒子線治療装置は、加速器を使って水素や炭素のイオンを最大で秒速20万キロ（光速の約7割）まで加速させ、照射室まで導いて患部に照射します。イオンは加速させることによって、高い運動エネルギーを持つ粒子線ビームになり、体の奥深くの病巣を照射します。三菱電機は、放射線治療と加速器の両分野で約40年にわたる実績とノウハウがあり、この2つの技術を組み合わせて粒子線治療装置を開発し、2002年に「陽子線タイプ」の医療機器製造承認を取得し、2005年には世界で初めて炭素イオンの粒子線が使える「炭素イオン/陽子タイプ」の医療機器製造販売承認を取得しました。

研修内容

粒子線治療装置の講義および粒子線高度利用研究棟（ハウスマシン）を見学して頂きます。また、合わせて電力システム製作所で製作する発電機など、神戸地区でのモノづくりの現場を幅広く見学して頂きます。



粒子線治療装置ハウスマシン(左写真：治療室、右写真：加速器)

プログラム

1. 三菱電機 電力システム製作所のご紹介
2. 粒子線治療装置のご説明
3. 工場見学(粒子線治療装置ハウスマシンなど)

神戸低侵襲がん医療センター



所在地

〒650 - 0046 兵庫県神戸市中央区港島中町 8-5-1

TEL : (078) 304-4100

URL <http://www.k-mcc.net/>

病院の概要

開院 2013年4月

診療科目 放射線腫瘍科、放射線科、腫瘍内科、耳鼻咽喉・頭頸部外科、消化器内科、リハビリテーション科、
歯科口腔外科、泌尿器科、脳神経外科、婦人科、精神神経科

届出・許可病床数 80床

神戸低侵襲がん医療センターは、低侵襲医療に特化したがん専門病院です。神戸大学病院との強い連携のもと、新しいがん医療の流れを作るために開院し、平成26年度は新たに3562名の患者さんが当院を受診されました。80床という小規模医療施設ですが、画像診断医師を4名配し、「小さくみつけてやさしく治す」の理念における、「小さく見つけて・・・」の機能強化を行い、疾患の早期発見から放射線治療計画、治療後の経過観察にわたって質の高い画像診断を提供しています。さらに、放射線診断治療部門ではサイバーナイフ・ツールビーム・トモセラピーといった高精度放射線治療装置を駆使し、平成27年度での実績として、新患数で943件の実績を上げています。神戸低侵襲がん医療センターでは、がん治療を行うセンターでありながら手術室を有していません。高精度放射線治療、抗がん剤治療、IVR治療、内視鏡治療といった非手術的低侵襲治療を集学的に行い、がん治療後も患者さんが質の高い生活の質を保てるような医療を提供しております。

放射線治療科の紹介

特徴

放射線治療は、平成26年度921名の患者さんが新たに治療を受けられました。出来るだけ高精度の治療を行うためサイバーナイフ、トモセラピー、ツールビームの3種類の装置を備えていますが、強度変調放射線治療IMRTは398名、定位照射は286名が受けられ、全体では921名中684名、74.3%の患者さんに高精度放射線治療を受けていただきました。治療の部位別では、多い順に、脳162名、肺107名、脊椎105名、前立腺96名、肝臓86名、頭頸部75名、食道37名、乳房34名、その他が合わせて219名でした。

手術の場合、体に傷跡が残ったり、手術直後には痛みを伴い、一時的に食事を摂ることが難しくなるなど体力的な負担が大きい場合が多いですが、放射線療法であれば体にメスを入れず、痛みも無いため、一般的に体力的負担が少ないと言えます。放射線治療中も、食事を摂ったり、散歩や軽い運動をしたりと、通常通りの社会生活を送ることができる場合が多いです。手術を行えば身体の形や機能が損なわれるような場所にあるがんに対しても、放射線療法を行えば、形態や機能をそのまま保ったままで、がん病巣のみを取り除くことが可能です。

転移性病巣に対しては、一般的に症状の一時的改善のみを目的とした、短期間で低い線量の緩和照射が行われる場合がほとんどです。神戸低侵襲がん医療センターでは、骨転移やリンパ節転移などの再発・転移性病巣に対しても、積極的に高精度放射線治療の技術を用いて、原発がんに対する根治照射に準じた高線量の放射線療法を行う方針をとっています。再発・転移腫瘍であっても、高精度放射線治療を駆使して高線量を照射することにより副作用を最小限にとどめながら、腫瘍増大を抑制し、可能な限りがんによる症状の出現、悪化を抑えながら、がんとの長期間の共存を目指します。

治療設備

<サイバーナイフ>

サイバーナイフは高精度のロボットアームに小型の放射線治療装置を搭載した、定位放射線治療の専用装置です。ロボットアームによりあらゆる方向から腫瘍に集中的に放射線を照射することが可能です。腫瘍には集中的に放射線が照射されますが、周囲の正常臓器への照射は最小限にとどめることが可能です。当院は ACCURAY 社製：サイバーナイフ VSI を導入しています。

<トゥルービーム>

従来の放射線治療装置と違い、正常な組織を守りながら治療効果をあげる”IMRT”と、呼吸の動きを補正する機能を組み合わせた、最も先進的ながん治療システムです。1回あたりの治療時間も短くなり、からだにやさしく、高精度な放射線治療を受けられるようになりました。当院では最新放射線治療装置（Varian 社製、TrueBeam）を国内で最初に導入しました。

<トモセラピー>

トモセラピーは、強度変調放射線治療（IMRT）の専用機器として開発され、CTの原理を放射線治療に応用した最先端のがん治療装置として注目されています。当院では ACCURAY 社製：TomoHDSYSTEM を導入しています。



ACCURAY 社製：サイバーナイフ VSI



Varian 社製、TrueBeam



ACCURAY 社製：TomoHDSYSTEM

研修内容

放射線医学全般に対する講義を受けて頂きます。講義は、放射線治療を中心に、画像診断等の放射線医学全般を網羅します。講師は、神戸大学およびその関連病院である、兵庫県立がんセンター、兵庫県立粒子線医療センター、神戸低侵襲がん医療センターから派遣し、粒子線治療や高精度放射線治療を含めた講義を行います。また現場の見学では、実際の放射線部門で最新の診断・治療機器および治療実態を見学して頂き、実際の治療計画装置を用いた放射線治療計画についても体験していただきます。

講師紹介 藤井正彦

医療法人社団 神戸低侵襲がん医療センター理事長兼病院長

昭和 57 年 3 月 神戸大学医学部卒業

昭和 57 年 6 月 神戸大学医学部附属病院放射線科（研修医）

昭和 58 年 1 月 兵庫県立成人病センター放射線科などで研修

平成 1 年 12 月 神戸大学医学部附属病院放射線科助手

平成 2 年 10 月～3 年 3 月 米国 Emory 大学留学

平成 4 年 5 月 三木市立三木市民病院放射線科医長

平成 12 年 7 月 神戸大学医学部附属病院放射線科講師

平成 13 年 12 月 神戸大学医学部附属病院放射線部助教授・副部長

平成 19 年 10 月 神戸大学医学部附属病院放射線部准教授・部長

平成 21 年 4 月 神戸大学医学部附属病院放射線科准教授・放射線科長

平成 21 年 11 月 神戸大学大学院放射線医学分野准教授・放射線科長



所属学会、研究会

日本医学放射線学会・代議員

日本医学放射線学会骨軟部放射線研究会・世話人

関西 IVR 研究会・世話人

日本血管造影・IVR 学会

日本磁気共鳴医学会

日本肺癌学会

北米放射線学会（RSNA）

専門分野

画像診断・腹部 IVR・電子情報・遠隔画像診断

施設紹介 3

神戸大学医学部附属病院 放射線腫瘍科



所在地 〒650-0017 兵庫県神戸市中央区楠町 7-5-2 TEL:078-382-6104

URL 神戸大学医学部附属病院 <http://www.hosp.kobe-u.ac.jp/>

放射線腫瘍科 <http://www.med.kobe-u.ac.jp/radonc/>

放射線腫瘍科の紹介

神戸大学医学部附属病院 放射線腫瘍科には、5名の放射線治療専門医と3名の医学物理士に加え、3名の医員、5名の大学院生(博士課程4名、修士課程1名)が所属しており、臨床研究、基礎研究、トランスレーショナルスタディと幅広い臨床と研究に取り組んでいます。臨床では、よく知られた高精度放射線治療を含む体外照射に加え、小線源治療やアイソトープ治療なども積極的に行っており、幅広い放射線治療の修練が可能です。日常的に、がん治療に携わる他の診療科とのカンファレンスでの積極的な意見交換や治療方針の相談が積極的に行われており、それらを通じて総合的な腫瘍学(がん治療学)をエキサイティングに学ぶことができます。

臨床

<体外照射>2台のリニアック(バリアン社製 TrueBeam / TrueBeam STx)を用いて、強度変調放射線治療(Intensity modulated radiotherapy: IMRT)や定位放射線治療といった高精度な治療を行っています。頭頸部癌を中心に脳腫瘍、肺癌、子宮頸癌、前立腺癌などを主な対象とし、関連各科との密な連携を活かした集学的治療を行っています。また県内のがん専門病院である兵庫県立がんセンターや、高精度治療を得意とする関連施設である神戸低侵襲がん医療センター、兵庫県立粒子線医療センターとの連携も強く、互いの強みを活かした診療連携を行っています。

<小線源治療>高線量率イリジウム線源を用いた小線源治療装置(エレクタ社製 microSelectron HDR)により、子宮頸がんに対する腔内照射・組織内照射を行っています。その中でも当院では最先端治療として、組織分解能に優れるMR画像を用いた精密な治療計画を実施しています。

前立腺癌に対するヨード¹²⁵永久刺入小線源治療も盛んに行っています。

<アイソトープ治療> 有痛性骨転移に対する塩化ストロンチウム⁸⁹療法、甲状腺癌に対する放射性ヨード内用療法、低悪性度リンパ腫に対するゼヴァリン®によるRI標識抗体療法を行っています。

研究

がん治療に携わる診療科や他施設との密接な診療の連携や、工学部や他大学などとの共同研究も重視しておいます。体内吸収性スペーサを用いた体内空間可変粒子線治療を提唱し、世界初の臨床試験が神戸大学病院で実施されています。また、ナノ粒子や機能性食品をもちいた放射線増感療法の開発や様々な新規の医療機器開発などが活発に取り組まれています。

講師紹介



診療科長 佐々木良平 特命教授 (rsasaki@med.kobe-u.ac.jp)

- 1993年 神戸大学医学部卒業
- 2002年 神戸大学医学部附属病院 助手
- 2002年 米国テキサス大学 MD アンダーソンがんセンター留学
- 2004年 神戸大学大学院 医学研究科 講師
- 2007年 神戸大学大学院 医学研究科 放射線医学分野 特命准教授
- 2008年 神戸大学医学部附属病院 放射線腫瘍科長 兼
神戸大学大学院 医学研究科 放射線医学分野 放射線腫瘍学部門 特命准教授
- 2012年 神戸大学大学院 医学研究科 放射線医学分野放射線腫瘍学部門 特命教授

「がん医療をリードする放射線医学」

神戸大学大学院医学研究科
放射線医学分野
杉村 和朗

がん医療は、(1) 病気を見つけること、から始まり、(2) がんなのかそれ以外か(質的診断)、病気の進み具合(進行度)、(3) がんの治療、という三段階に分かれ、私が専門とする「放射線医学」はほとんどの段階に関わっています。「放射線医学」は診断学と治療学に分かれ、診断学はX線CTやMRI、PETといった画像を使って病気を診断するため「画像診断学」とも言います。病気の発見と、見つけた場合の質的並びに進行度の評価に画像診断は極めて重要です。特に、コンピューターの進歩と相まって、X線CTやMRI、PETの進歩は目覚ましく、体内の病気を手に取るように観察することができます。このため1cm程度のがんが次々に発見され、小さくても正確な質的診断が可能になってきました。また治療の効果や再発を診断する上でも、画像診断は最も重要な役目を果たしています。

がんの治療には、大きく分けて手術治療、放射線治療、化学治療があります。各々長所、短所がありますが、日本は欧米に比べて手術治療が多い傾向にあります。ただ、放射線治療の急速な進歩(がん放射線治療を集中して当てる方法の向上)や、化学治療との併用による治療効果の増強が進んできたこと、また高齢化社会を迎えて手術治療が生活の質(Quality of Life: QOL)を低下させることが増えてきたこと、などの理由で放射線治療を選択する事が増えてきています。進歩した放射線治療を高精度放射線治療といいますが、これに加えて粒子線治療が広まっており、選択肢が増えてきています。

全ての医療で、痛くない、危険が少ない医療を低侵襲医療といいます。放射線診断は、その進歩によって低侵襲診断法を現実のものにしました。放射線治療を中心とする低侵襲治療は、手術を中心とする侵襲的治療に比べて治療効果が低いとされていましたが、最近は多くのがんで手術と同等あるいはそれ以上の効果を上げています。このようにがんの診断・治療において、放射線医学は極めて大きな役割を果たしています。これを我々は”小さく見つけて優しく治すがん医療”と名づけ、がん患者さんに知っていただき、その恩恵を受けていただくように努力しています。

本日の講演では、進歩した放射線診断と放射線治療について説明していく予定です。



講師紹介

杉村和朗(すぎむらかずろう)

- 1977年 神戸大学医学部医学科卒業
- 1980年 高知医科大学医学部助手
- 1982年 神戸大学医学部助手
- 1987年 島根医科大学医学部附属病院助教授
- 1988年 UCSF 放射線科文部省在外研究員
- 1994年 島根医科大学教授
- 1998年 神戸大学大学院医学研究科放射線医学分野 教授(兼務)
- 2007年 神戸大学医学部附属病院 院長
- 2015年 神戸大学 理事・副学長(本務)

IV. 指導医師からのメッセージ

神戸低侵襲がん医療センター
放射線治療科
西村 英輝

2016年8月25日、26日と放射線医学オープンスクールが開催されました。多くの学生の皆様に参加を頂き、2日間を通じて沢山の質問を頂き、議論もさせていただきました。学生の皆様の放射線医学に対する関心の高さを感じさせられました。がん医療の進歩は著しく、なかでも放射線医学の進歩は目覚ましいものがあると思われます。特に放射線治療の進歩は著しいものがあります。私の学生時代は、放射線治療は骨転移の痛み止めのために行うおまじないのような治療…という印象がありました。もちろん、この認識は学生時代にあまり講義を聞いてなかった私自身の不勉強による誤認識であり、私が学生の時代にも精度の高い根治治療はなされていたのですが、近年その進歩は目を見張るものがあります。今回実習を受けて頂いた神戸低侵襲がん医療センターには、トモセラピー、トゥルービーム、サイバーナイフとそれぞれに個性豊かな三種類の放射線治療装置が導入されており、学生の皆様にも放射線治療の進歩の一端を垣間見て頂くことができたのではないかと思います。トモセラピーは画像診断装置であるCTと放射線治療装置の融合したような画像誘導放射線治療によるIMRT(強度変調放射線治療)の専用機として、非常にきめ細かいIMRTを実施することが可能な装置です。トゥルービームは汎用型のリニアックですが、VMATと呼ばれる回転型のIMRTを行うことによりトモセラピーと同等の高精度のIMRTを施行することが可能です。また、呼吸同期でIMRTを行うことも可能であり、肺癌・膵臓癌・肝臓癌といった呼吸移動を有する複雑な形状の悪性腫瘍にたいしても呼吸同期IMRTにより高精度な放射線治療を実施することができます。サイバーナイフは高精度のリアルタイム画像誘導により治療中も常に患者や腫瘍の位置移動や呼吸移動を監視しながら照射を行う革新的な放射線治療装置です。当院には設置されておきませんが、兵庫県には県立粒子線医療センターも存在します。粒子線治療は、照射したビームが一定の深度で止まるため、腫瘍よりも深い部位への不要な照射を最小限にとどめることが可能です。腫瘍の向う側に消化管や脊髄といった高線量照射が難しい正常臓器がある場合でも高線量の照射を行うことが可能になります。放射線治療は、いかに放射線を腫瘍に集中させ、正常組織への照射線量を少なくするかが治療の成否を決定します。各種画像診断の進歩による正確な病変の診断と、粒子線治療やIMRT、呼吸同期照射をはじめとする放射線治療の進歩は、今まで十分な効果を得ることは困難と考えられていた腫瘍に対しても高い効果を発揮する場合があります。放射線治療の進歩や、それにとまなう適応の拡大は放射線治療医以外の医師には十分に認知されていない可能性もあります。今回参加された学生の皆様は、将来放射線治療医になるか、それ以外の診療科に就職されるかはわかりませんが、がんの診療にあたる際には、チームで診療にあたるという姿勢を忘れず、手術・化学療法・放射線治療をはじめ各

種の支持療法など、出来る限りの手段を用いてより高い治癒もしくは、より高い生活の質を保つ治療を提供できるよう知識を集積して頂きたいと思います。医学の進歩は日進月歩ですので、常に最新の知識を常にアップデートし、最適な治療法を選択できるようこれからも勉学に励んで頂きたいと思います。



神戸低侵襲がん医療センターにて

V. 参加者の声

大阪大学
医学部 医学科 3年
青江 丈

将来の専門を何にするか迷っていて、その判断を行う上での情報が得られればと考え、放射線医学オープンスクールに参加させていただきました。

スクールに参加する以前は、放射線治療医の仕事の具体的なイメージができていませんでした。放射線治療の機械を操作するのは、技師さんがやるわけですし、患者さんに対しても、必ずしも主治医になるわけでもないとする、治療医は一体何をするのか、と疑問でした。また、放射線治療関係の技術の将来についても、どうなっていくのかよくわからないなと思っていました。というのも、重粒子線治療や陽子線治療などがありますが、そういった新しい放射線の機械の開発という方向性ではかなり極まってしまった印象がありましたし、ソフトウェアの進歩、ワトソンやディープラーニングなどの技術の出現により、放射線治療医のみに限りませんが、医師の仕事もソフトウェアに代替えされる部分が増えてくるのではないかと、特にデジタル化が進み、医療データが多量に、正確に取り込まれている放射線科はあぶないのではないかと懸念も持っていました。

今回のスクールでこれらの疑問のすべてが解けたわけではないですし、考えが変わらなかったところもありますが、諸先生方との対話や施設の見学などを通して、いくつかの点について、自分一人で悩んでいるだけでは出なかった答えが出たので有意義だったと思います。具体的には、放射線治療医の仕事は以下のようなのだとわかりました。まず、放射線治療医は、患者と face to face で対話し、患者のニーズをききだし、QOL をどの程重視するか等を含めて治療方針を決めていきます。その後、CT や MRI をはじめとするありとあらゆる情報をもとに、腫瘍の位置を決め、放射線を当てる位置をマー



神戸低侵襲がん医療センター 講義風景

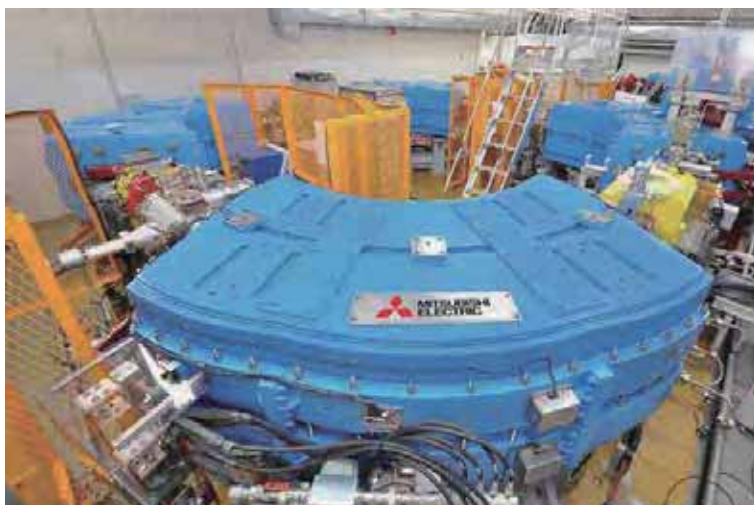
キングしていきます、その際に完璧な照射の仕方は存在しないため、どの程度まで副作用を許容できるかも検討し判断します。このように、技術的な面だけでなくコミュニケーションや判断力が求められるのが腫瘍医の仕事だとわかりました。機器の開発という面では、ロボット技術の取り込みや軍事技術の応用などでまだある程度発展の余地があると感じました。また、更に有望だと感じたのは、放射線治療とほかの治療や薬品との組み合わせで、例えば、藤井先生の紹介してくださった、KORTUC（過酸化水素とヒアルロン酸を混ぜたものを腫瘍に注入し、放射線を当てることで治療成績を向上させる技術）のように、色々な治療を組み合わせることに可能性を感じました。一方、ソフトウェアの進歩に関しては、やはり、ソフトでできることの拡張により、治療医の仕事は減る部分はあると感じました。具体的には、例えば、CT と MRI の重ね合わせの作業を、現在主として手動でやっているようでしたが、CT と MRI についていえば、解剖学的情報を両方が持つので、重ね合わせについて、より精度の高い自動化ソフトができてもおかしくないと思いました。また、がんの位置の確定やマーキングについても既存の技術の延長線上でより自動でソフトがやっていくようになってもおかしくないと感じました。ただ、患者と face to face で対話し、患者のニーズをきき出したり、種々の治療についての的確な説明やアドバイスをすることや、治療成績と副作用を考慮したうえでの治療方針作成を行い、最終的な判断の責任を取るとは医師にしかできないので、そういった意味では、臨床における治療医の仕事は残るとも感じました。

まとめると、将来の選択として、放射線治療医もありかもしれない思うに至りました。最後になりますが、施設見学の機会を設けていただいた三菱電機、神戸低侵襲がん医療センターの方々、及び関係された皆様方に感謝の意を表したいと思います。本当にありがとうございました。

九州大学
総合理工学府
先端エネルギー理工学専攻
修士課程2年 神崎智継

平成28年8月24～25日の「放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」に初めて参加させて頂きました。私は中学生の時に父親をがんで亡くしてしまった経緯から、最先端の技術が用いられたがん治療に元より興味がありました。そのため就活では、これまで培ってきた工学系の知識を活かすことができ、がん治療に貢献できることなどを軸にして活動し、縁あって、この度見学させて頂いた三菱電機の磁気応用医療システム部から内定を頂くことができました。このオープンスクールを知ったきっかけは、就活時に大変お世話になった教授からの紹介で、最先端の放射線医学について学べる貴重な機会であること、様々な分野の学生と交流できること、そして見学先の1つが三菱電機であることに魅力を感じ参加させて頂きました。

まず初日に三菱電機の方で粒子線治療における概要を聞かせて頂き、その後工場見学をさせて頂きました。粒子線治療の説明では、基本的なことからけっこう専門的なことまで幅広く教えて下さり、とても勉強になりました。工場見学では、三菱電機の原点とも言える発電機や粒子線治療装置に用いられる加速器の製造ライン、ショールーム、研究用の粒子線治療装置を見学させて頂きました。粒子線治療装置は、その特性上、陽子線や炭素線を光速の60～70%に加速させなければならないため、直径10メートル以上にも及ぶシンクロトロンなどの巨大な加速器が必要となります。一方で、ターゲットは人体であるため、照射には極めて高い精度が要求されます。そのため三菱電機ではネジ一本一本の締め具合まですべてを制御し、100分の1ミリの精度で粒子線治療装置の組み立てを行っていると同じ、改めて三菱電機の技術レベルの高さを感じ銘を受けました。初日最後の特別講演では神戸大学の杉村先生に、放射線医学における数々の診断方法や治療方法について、また、なかなか聞きなれない言葉であった低侵襲医療について、わかりやすく説明して頂きました。実際の症例に基づいた放射線治療前後の写真



三菱電機株式会社 シンクロトロン

を用いた講演は、医学系のそれのようで工学系の私にとってはとても新鮮で興味深かったです。夜の懇親会では、本当に様々なバックグラウンドを持つ人と話をする事ができ、とても楽しく有意義な時間を過ごさせて頂きました。

二日目の見学先である神戸低侵襲がん治療センターでは、午前午後の講義、放射線治療室の見学と放射線治療計画実習が実施されました。講義では、放射線治療の中でも X 線を用いた治療や陽子線・重粒子線を用いた治療、画像診断、緩和治療など、それぞれ専門の方々に教鞭をとって頂きました。私の中で特に印象に残ったのが、CT の技術です。現在私が所属している研究室で行っている研究の中には、プラズマの発光強度の違いを利用し、トモグラフィのように一周 360 度の分光計測によりプラズマの断面図を再構成することによりプラズマの観測をしています。このように、プラズマと人体と言うターゲットの違いはあるにせよ、共通している技術はあるのだと思い印象に残りました。

総じて、この度のオープンスクールでは本当に多くのことを学ばせて頂きました。メーカーは放射線治療装置やそのシステムをつくり、医師は患者を診断し、医学物理士は診断に見合った治療計画を立て、放射線技師は放射線治療装置を用いてその治療計画を実行する、それぞれ役割はきっちり分かれています。すべては繋がっているのだとわかりました。これからより高度になる放射線医療を実現するためには、それぞれが独立して進歩するのではなく、メーカー、医師、医学物理士、放射線技師などの人々が一丸となって進歩していくことが重要だと感じました。加えて今回は、メーカーや医師の方々など、現在様々な場所の第一線で活躍されている方々にお話を伺え、その人たちがどのような考えを根本に持つ人たちであるということを知ることができ、本当に参加してよかったです。そして、自分自身としてはこのオープンスクールでの経験を活かし、将来は様々な人と議論してユーザーのニーズを取り入れた安全で扱いやすい装置やシステムを作れるエンジニアになり、がんで苦しむ人を救うための一助となれるように、より一層精進していこうと思いました。

最後になりますが、この度の見学先である三菱電機株式会社、神戸低侵襲がん治療センターの皆様、企画して下さいの公益財団法人医用原子力技術研究振興財団、及び医師のキャリアパスを考える医学生会の皆様、並びに短い間でしたが一緒に過ごした参加者の皆様に心から御礼申し上げます。そして、またどこかでご一緒させて頂くことができましたら、その時は何卒よろしくお願い致します。

川崎医療短期大学
放射線技術科 1年
高橋 勇太

平成28年8月24, 25日の2日間、医師のキャリアパスを考える医学生の会及び、公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団主催の「平成28年度放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」に参加させていただきました。私は医療系の短期大学に入学したため、医学部や理工学部の方々と接する機会が殆どありませんでした。そのため、今回の研修を通して普段通り生活しているだけでは聞くことができない他の大学、学部の方々のお話を聞き、それぞれの分野特有の考え方を自分に取り入れるための良い機会になると思い参加を決めました。

初日の三菱電機株式会社電力システム製作所では工場と粒子線の概要説明を受け、工場を見学させていただきました。私は放射線治療についてはX線でガンを治療する機械があるということぐらいしか知らなかったのですが、粒子線のような画期的な治療法があると聞き驚きました。この粒子線治療は加速させた陽子を腫瘍に照射してがん細胞を破壊する治療法であり、X線・γ線治療との違いは、腫瘍部位以外の被ばく線量を抑えて、多くの線量を腫瘍に集中させて照射することができるという点です。初めてこのことを聞いた私は、「なぜ全国的にX線治療ではなく粒子線治療を行わないのか」と思いましたが、粒子線治療は「シンクロトロン」と呼ばれる大きな機械を使って陽子を加速させなければならないため、多くの費用と広い空間が必要だと知り、全国に数カ所しかないことに納得しました。工場見学では、巨大な原子力・火力発電所向けタービン発電機やシンクロトロン加速器の製造過程を見学させていただき、貴重な体験となりました。ガンに有効な粒子線治療を広めるためにはシンクロトロンを普及させることが必要となりますが、患者の集まる都市部ではリアニックなどの小型のガン治療器が好まれると聞きました。そのため、現在ではシンクロトロンの小型化が課題となっているそうです。この粒子線治療装置のような高い技術を必要とするものは、医学と工学を合わせるように、複数の分野のプロフェッショナルが協力することによって生み出されていることに改めて気づき、多職種連携の大切さを実感しました。



三菱電機株式会社 ショールーム

初日の夜は杉村先生による特別講演を受けさせていただきました。2人に1人がガンと診断されるようになった現代で、放射線治療を中心とする低侵襲治療が手術を中心とする低侵襲治療に比べて、同等あるいはそれ以上の効果となってきたこと。それによって、治療後の QOL が治療前と同等あるいはそれ以上に保てるようになってきていることなど、放射線医学の大きな役割について学びました。病気の治療には手術だけでなく、放射線治療という選択肢もあるのだということを、患者や外科医の方にも知ってもらうことが大事だなと思いました。

2日目の神戸低侵襲がん医療センターでは、放射線治療や粒子線治療、緩和医療についての講義を受け、放射線治療室の見学をさせていただきました。講義の中で出てきた悪性リンパ腫や巨大血管腫、左上顎洞癌などは、手術で取り除いてしまうと元々そこにあるべきだった器官・機能まで失われてしまいます。そのため、切らずに治す放射線治療は大きな役割を果たしています。しかし、放射線治療は全てのガンに有効というわけではありません。胃ガンや大腸ガンなどの消化管は蠕動で形や大きさが変わり、細胞分裂が盛んで放射線に対しての感受性が高いため、外科手術が必要となります。そのため、患者の症状に合わせてなるべく多くの選択肢を提供できるように、私たちが最新の技術を学び続けなければならないと感じました。

今回の研修を通してたくさんの方々とお話をする機会が得られました。私自身の価値観や考え方も少し変わり、はっきりとした目標もできたので、未熟な私に優しくお話してくださった先輩方には本当に感謝しています。

最後になりましたが、今回の研修プログラムを企画、運営していただいた公益財団法人医用原子力技術研究振興財団及び医師のキャリアパスを考える医学生の会の皆様、貴重な研修の機会を与えてくださった三菱電機株式会社電力システム製作所及び神戸低侵襲がん医療センターの皆様、そして、私たちのために講義をしてくださった先生方に心より御礼申し上げます。

神戸大学
医学部 1年
馬場圭祐

元々放射線医学に興味があったこともあり、今回の放射線医学セミナーに参加させていただきました。

まだ1年生ということもあり臨床医学の知識は全くない状態での参加でしたので、本セミナーの内容についていけるか少し不安でしたが、その予想は全く当たる事無く、非常に有意義な2日間を過ごさせていただきました。

本セミナーを通して、放射線医学分野の進歩の速さを多少なりとも実感できたことは非常に大きな収穫でした。大学の授業で習う内容と第一線の現場での知見というのはかなり大きなギャップが存在していると思いますので、どんどんこのような場に出て行って、今習っていることが実際にはどのようなことに使用されているのかを自分からキャッチアップする必要があると感じました。

また、放射線医学の世界というのは、「日進月歩」という言葉がまさにピッタリとくると感じました。ほとんど実際の人体を見ているかのようなCT画像診断や非常に精密な制御を行える放射線治療など、思った以上に医学・工学の連携が進んでおり、また、今後もそのスピードは衰えることなく進んで行くのだろうと感じました。

今後医療がますます発展していく上で、その先頭を切るのはおそらく放射線医学の分野なのではないか、と感じさせる内容でした。

私は医学部に在籍しておりますので、本セミナーは主に病院での講義を目標に参加したというのが当初の目的だったのですが、実際に参加させていただくと、三菱電機での工場見学、ホテルでの特別講演、低侵襲がんセンターでの講義・実習、そしてホテルでの懇親会など、非常に様々なコンテンツを用意していただき、またどの内容も非常に興味



特別講演 杉村和朗先生

深いものでした。今後のキャリアを考える上での参考になりました。

セミナーの冒頭にて辻井様が「まだ何のシミもついていない真っ白なうちに放射線医学のシミをつけておきたい」ということを冗談を交えておっしゃっていましたが、良い意味での「シミ」をつけていただいたと思います。

セミナーに参加していただいた三菱電機の社員の方々や医師の先生方は、皆様非常にご多忙であったにも関わらず、私たちのことを共にこの分野を盛り上げていく仲間として接していただいていたように感じ、とても嬉しかったです。

セミナーだけでなく、懇親会では多くの参加者のみんなと交流する機会が持て、普通に生活していたのではなかなか出会えない方とも仲良くなることができ、その点でも非常に有意義でした。もちろんセミナー参加者全員が放射線医学の道に進むわけではないですが、このセミナーが何かの縁になれば良いと思います。

最後になりますが、本セミナーを企画・運営していただいた公益財団法人医用原子力技術研究振興財団及び医師のキャリアパスを考える医学生の会の皆様、そして何よりご多忙にも関わらずご対応いただきました三菱電機及び低侵襲がんセンターの皆様にご心より御礼申し上げます。

京都大学
工学部
物理工学科原子核コース 4回生
水谷 汐里

私は大学で工学部に所属しており、原子核や放射線を専攻としています。しかし、「放射線医療」という分野についての知識は余り持っていませんでした。大学の授業で、中性子捕捉療法、粒子線治療などは知ってはいましたが、聞いたことがある、というくらいで、実際どう使われているか等全く知りませんでした。そんな放射線医療について勉強するにはこのオープンスクールは絶好の機会だと思い、今回参加させていただきました。

1日目には三菱電機さん、2日目には神戸低侵襲がん医療センターさんを見学させていただきました。丁寧に説明してくださり、また、どんな質問にも答えて下さり、大変勉強になりました。

放射線を利用した実際の医療機器や医療施設を見たのは初めてで、とても感動しました。特にサイバーナイフというロボットアームを用いた放射線治療装置は素晴らしかったです。また、三菱電機さんの加速器を実際に見ることができて嬉しかったです。

施設や機械を実際に見ることで、「自分が考えていた以上に放射線技術は医療現場で実用化されている」ということがわかりました。

先生方のお話もとても得るものが多く、充実した時間を過ごすことができました。工学部の私にとってはあまり馴染みのない医学の講義が多く、最初は不安もありましたが、先生方がわかりやすく説明してくださって安心しました。

このオープンスクールのいいところは、放射線医療についての知識を得ることができるだけでなく、様々なバックグラウンドを持つ人たちと話すことができる場所だと思います。直接話すだけでなく、各人の質問の内容も興味深いものが多かったため、質疑応答を聞いているだけでも大変面白かったです。

様々な考え方や得意分野を持つ人たちに刺激を受けることで客観的に自分を見、



三菱電機株式会社 講義風景

将来を考えることのできた、貴重な2日間でした。

最後に、放射線医学オープンスクールを企画、運営して下さった皆様に感謝申し上げます。

この度、放射線オープンスクールに参加させていただきました。私は診断に興味があり放射線診断には興味がある一方で、まだ医学部3年生ということもあり、放射線治療については詳しくは知識がありませんでした。しかし、友人からこのオープンスクールを紹介され、開催地域が近かったこともあり、まずは放射線治療について知ってみよう、という動機で参加を決めました。

まず、三菱電機での見学がありました。私は放射線治療についてほとんど無知でしたが、専門家の方々がわかりやすく、かつ詳しくお話ししてくださり、大いに理解が深まりました。特に物理学的背景の詳しい説明を聴けたことは医学部の学生には貴重な機会だったと思います。そして、重粒子線治療の分野は日本が技術的に牽引していることを知り、感銘を受けました。粒子線治療装置は建物丸ごとが装置となるスケールの大きさにただただ驚き、人を癒すという一点のために多くの人の技術や知恵が注ぎ込まれていることに感動しました。実際に、製造している現場を見学すると、医療機器の製造に大変多くの方が携わっており、また世界トップレベルの技術が注ぎ込まれていることが実感でき、やがてそれを利用する立場になることを思い、身の引き締まる思いがしました。

特別講演では神戸大学の杉村和朗先生により、がん医療において放射線医学がどのような役割を担っているかお話しいただきました。私は勝手な偏見ながら、がん医療において放射線医学は外科手術や化学療法と比べ脇役のようなイメージを持っていました。しかし、手術に引けを取らない根治を目指すことのできる治療法であり、しかも現在目覚ましい発展を続けていると知り、イメージが刷新されました。

懇親会では先生方や参加者と深く親睦を深めることができました。特に、神戸大学の若手の放射線治療医の方と深くお話しすることができ、放射線治療医の仕事ぶ



神戸低侵襲がん医療センター 治療室

り、生活の様子、研究との両立、コメディカルの方々との連携など、実情をお伺いすることができました。実際に私が放射線治療医になったら、ということをそれまでよりリアルに想像することができるようになりました。

二日目は神戸低侵襲がん医療センターを見学しました。私はまだ実際の病院の現場をほとんど見たことがなかったのですが、高度な専門性のある施設を間近にし、実際の仕事の様子を感じることでできる貴重な機会となりました。多種に渡る高度な医療機器とチーム医療の中で、放射線治療医がどういった役割と責任を担っているのか、を見ることができました。講義では多くの実際の症例を知り、放射線治療の現状と未来を学びました。侵襲性の低い放射線治療という道が高齢化の進む日本の医療において重要性を増していくことを実感しました。

放射線オープンスクールを通じて、ほとんど無知だった放射線治療の分野を概観し、かつ深く知ることができたと思います。放射線治療医という進路を自分の未来の可能性のひとつとして考えてみるができるようになりました。オープンスクールのような催しに参加するのは初めてでしたが、医療についてこれまで以上に深く考え、自分のキャリアを考えるよいきっかけを頂きました。

最後になりましたが、見学させていただいた三菱電機、神戸低侵襲がん医療センターの皆様、企画して下さった医師のキャリアパスを考える医学生の会、公益財団法人医用原子力技術研究財団の皆様、参加者の皆様に心からお礼申し上げます。

VI. 参加者の概要及び反応（アンケート）

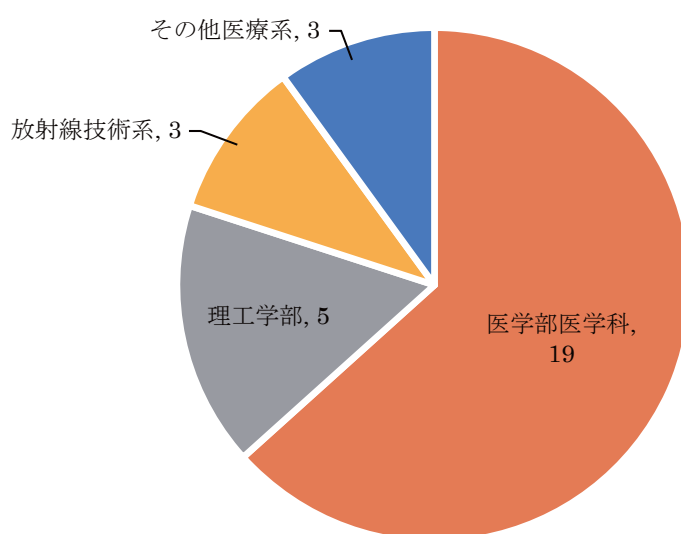
【回答者属性】

参加者数 30 名

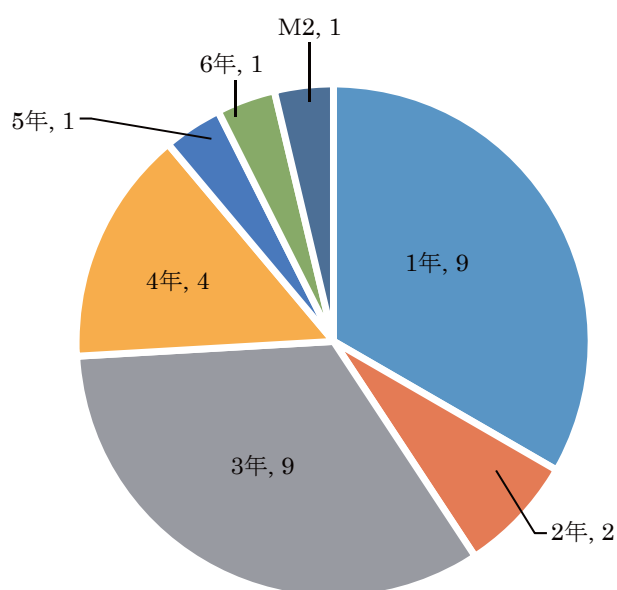
参加大学 19 校（五十音順）

麻布大学、愛媛大学、大阪大学、大阪市立大学、神奈川工科大学、川崎医療短期大学、九州大学、京都大学、熊本大学、群馬大学、高知大学、神戸大学、滋賀医科大学、帝京大学、東京理科大学、鳥取大学、ハンガリー国立セゲド大学、広島大学、福島県立医科大学

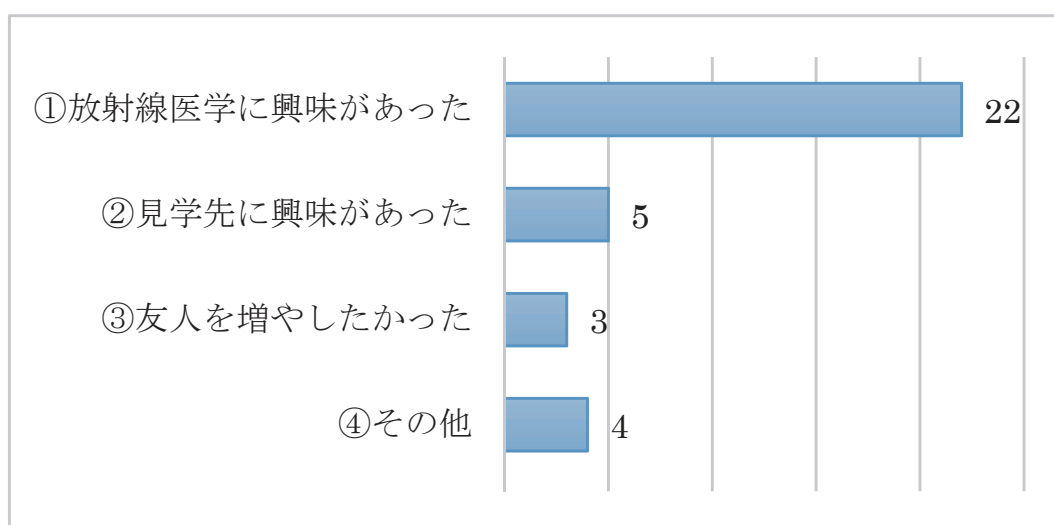
学部



学年



1. 参加動機 (複数回答可)



2. オープンスクールに参加する前、放射線医学に対して抱いていたイメージ【抜粋】

- ・先端医療、本当に治療効果あるのだろうか？
- ・それほど治療効果は高くなく、副作用が出やすそう。物理の知識が必要で難しそう。
- ・よくわからない。治療に使う何か。一つの治療手段。
- ・マイノリティで脇役のイメージが正直ありました。
- ・ハイテク、でもこれ以上発展する余地があるか不明。
- ・疾患の発見および評価を行う放射線診断学と、腫瘍性疾患の治療における3本柱の1つである放射線治療学の2つからなる学問であると考えていました。いずれも臨床医学においては欠くべからざる重要な分野であり、全ての臨床家科を縁の下から支える力持ちであるというイメージを持っていました。
- ・放射線をあてることでガン細胞を破壊する？よくわからなかった。
- ・研究段階の技術というイメージ。

3. 今回のオープンスクールを通じて放射線医学に対するイメージの変化【抜粋】

- ・放射線治療は単独で根治性を有するものではなく、外科手術と合わせて効果を発揮する補助的治療というイメージがありましたが、今回最先端の放射線医学を学ぶことで、むしろ外科手術と同様または場合によってはそれを上回る効果を有する治療であるという認識へと変わりました。
- ・実用段階にきている有用性の高い技術というイメージが変わった。
- ・これからますます発展、展開が期待される領域。「治らないがん」のイメージもだいぶ覆ったし、そこに貢献している先端医療だった。痛みの緩和にも使えるという話は耳寄り？だった。
- ・がんに対して、アクティブに根治も目指すことのできる分野だと理解できました。

- ・ロボットの導入や放射線と併用して他の治療を行うところに発展の余地を感じた。
- ・画像診断は進歩がめざましく、常に勉強する努力とセンスが必要といったイメージを持っていましたが、そのイメージが、より強くなりました。
- ・最先端技術がたくさん使われている。医学だけではなく、様々な工学的応用があるといったイメージが、より強くなった。
- ・体を切ることなく QOL を高く維持してガンなどの治療ができる最先端の医学といったイメージは変わりませんでした。工学系だけでなく医学系や生物系など様々な分野の人たちが協力し合ってきた分野なのだというのがわかりました。
- ・技術の進歩が目覚ましい分野である。上手に使いこなせば低侵襲で患者さんを治療できるといったイメージを持っていたのが、より強くなりました。
- ・思っていた以上に放射線はすごかった。
- ・粒子線治療というものが精密さを追求して、副作用が少なくすむような狙いをもったものだということがわかりました。また、今後は機械の小型化もそうですが、治療の効率化を目指すべきなのかもしれないという意見を持つようになりました。また、プロトンや、カーボンだけでなく、生物効果の低い物質などのバリエーションを増やすことも、対象疾患や治療のバリエーションを増やす方向性かと思いました。

4. 三菱電機株式会社（講義・見学）の感想【抜粋】

- ・実際に機器を作っている現場を見る事ができ、とても新鮮だった。シンクロトロンの実験施設の見学の際、その大きさに驚いた。μm単位の精密な製作が行われているのだと知りその技術の高さに感動した。
- ・粒子線治療装置の部分から研究装置としての全体まで見学させて頂き大変勉強になりました。特に普段立ち入れない放射線管理区域まで見せて頂き、貴重な体験ができうれしかったです。見学時の質問に対して丁寧にわかりやすく答えて頂き知識をより深めることができました。工場内のいたるところに貼ってあった安全面に関する注意書きや、作業者に対する徹底的な安全面への配慮に関しては、今後実験室でもやってみようと思いました。
- ・医療機器の精密さ・安全性を確保するために、実に多くの人に関わっていることを知ることが出来た。改めて医療というものの規模の大きさを思い知った。
- ・技師として扱う放射線治療装置を、製造段階から見学させていただき、より深い知識を得ることができた。
- ・1つの治療が完成するまでに膨大な人数が関与することを機器製造現場の見学を通して実感できました。また、多くの専門の方のお話を聞き治療の基礎となる物理原理をよく理解することができました。
- ・シンクロトロンやガントリーについての理解が深まり勉強になった。
- ・技術力が高く、正に日本・世界の粒子線治療を担っていると感じた。
- ・医療者になると見るできないような機器の製造を見学できたことは勉強にな

りました。

- ・暑い中毎日働いておられる方々を尊敬します。
- ・普段目にするのできない医療機器の製造現場を見せて頂けてとてもワクワクしました。医療は医者だけでは成り立たない、こうして日々不良品を出さないように機器を作ってくださる方がいて全体で成り立っているんだと改めて実感しました。
- ・非常に興味深く見学させていただきました。日常では見ることができない奥の部分を見ることができ、非常に楽しい見学でした。機械を作るところから理解できたのは今後の大きな糧になると考えています。

5. 神戸低侵襲がん医療センター（講義・見学）の感想【抜粋】

- ・滅多に見る事の出来ない高額な放射線資料機器を見たり、その仕組みや利用などの講義を受け、放射線医学の高度な技術を肌で感じる事ができ、有意義であった。
- ・講義では最先端の検査や治療について、分かりやすく詳細に学ぶことができました。放射線治療計画実習では、実際の業務の一端を体感でき、とても刺激になりました。
- ・新しい機械が多く、ここで働いてみたいと思った。
- ・講義では多くの実際の症例を知ることが出来、現状と未来を知ることができました。仕事の実際も深く現場を見て実感できました。
- ・放射線治療の仕組みを色々と知る事ができ、実際の機器を見学できて勉強になりました。病院がとてもきれいで驚きました。
- ・建物の内部が木目調になっていたり全体として患者さんに優しい病院施設だと感じた。
- ・サイバーナイフの実物を見ることができ、専門の方から説明を受けられ勉強になった。
- ・実際の治療計画の雰囲気を見せていただき、具体的な放射線治療医と物理士の仕事の違いがわかった。
- ・緩和治療に放射線治療が使われているのには驚いた。
- ・放射線治療装置の利点だけでなく欠点も教えて下さったことに驚いた。欠点についてネットで調べても中々わからなかったので大変助かった。
- ・多くの放射線医療に関わる先生方のお話が聞けて放射線のことだけでなく医療に携わる者を目指す上で役立つ講義ばかりだった。

6. 特別講演（杉村和朗先生）の感想【抜粋】

- ・「チームで患者さんをケアする」というお言葉は非常に大事な事だと改めて思いました。
- ・お話の中で Tumor Board(腫瘍症例検討会)というものがあつたのですが、内科医、外科医、放射線科医など、様々な科で集まり検討されているということを知り、驚きでした。

- ・技術も大事だが医者は「人」を相手にするものだから、技術だけに偏りすぎてはいけない、とおっしゃられていたことが印象に残った。
- ・工学系の私にとっては聞きなれない低侵襲治療について教えて頂きました。また、様々な治療方法についてもわかりやすい動画などを用いて説明して頂き大変勉強になりました。多くの治療を並列に発展させることで、それぞれの患者さんに最適の治療を施すことが今後よりできたら、より多くの患者さんを救えるのだろうと改めて思いました。
- ・放射線医療の現状とこれからの展望を知ることが出来、自分の学ぶ地域はどのような事情にあるのか、興味が湧きました。
- ・普段メジャーに取り上げられない（学校の授業でもあまり取り上げられていない）緩和医療について知れてよかった。
- ・放射線だけでなく、ガン治療における総合的な知識から、ガン治療の今後（未来）についてもお話されたことが興味深かった。
- ・放射線医学について分かりやすく概説していただけただけでなく、FMISO などの新しい知見などについても詳述して下さったため、大変面白かったです。また、学生の質問にも丁寧かつ誠実にお答え下さったのがとても印象的でした。
- ・放射線医療に関わる全般的な話をしていただき、放射線医学が今後がん治療において重要度を増していくであろうという認識を得ることができた。分かりやすいご講演をどうもありがとうございました。
- ・他国と比較した日本の放射線治療の現状など今後を考えていく上で大事な点を多く示していただき、大変勉強になりました。

7. 懇親会の感想【抜粋】

- ・神戸大学の若手の放射線治療医の方と深く話をすることができ、放射線治療医の仕事ぶり、生活のあり方、研究との両立、コメディカルとの連携など実状を伺うことができ、その分野への興味が深まりました。
- ・現場の先生方とお話しすることで、これからの学習の参考になる事を学ぶことができた。現実的な話でとても印象に残った。
- ・様々なバックグラウンドをもった方々と交流でき、医工あるいは技術職の方々との連携といった点でも様々な考えさせられた会でした。
- ・バックグラウンドのちがう様々な人とお話しすることができて、新鮮でした。コメディカル（を志す方）とお話する機会が今まで無かったのですが医療に対する気持ちは同じなのだなど改めて思いました。和気あいあいとした雰囲気の中で友達もでき、とても有意義な時間でした。
- ・放射線科の未来や自分のキャリアパスを考える上で先生方や参加者から色々なお話を聞くことができてとても楽しかったです。
- ・別の大学の方々と関わることもでき、放射線医学に対しての興味もますます培うこ

とができ、本当に良い機会だった。

8. オープンスクール全体を通して【抜粋】

- これまであまり関心を持っていない分野でしたが、参加して本当に良かったと思います。放射線について興味を持つことができましたし、先端医療全体についても、もっと学んでいきたいと思いました。ありがとうございました。
- **Low Cost** で **High Quality** な内容で勉強になりました。企画に感謝します。
- 全体を通じて現場の意思、技術者の方々の最先端の知見が得られて非常にためになった。今後のキャリアを考える上でも参考にしていきたい。
- 本当に色々な大学、ジャンルの人々と交流することができましたし、放射線治療について勉強させて頂きとても有意義な時間を過ごさせて頂きました。ありがとうございます。
- 普段見ることのできない施設の見学やお話を聞くことができ大変有意義な 2 日間でした。またこういう機会があれば是非参加したいです。
- 全体を通してとても和やかな雰囲気、充実した内容とあいまって大変楽しかったです。
- 今回、医療機器を見たいな一、放射線医学について知りたいな一、という気持ちで参加したのですが、知らなかったことがたくさんあり、もっと勉強したいなという気持ちが高まりました。
- 他学科の方とも交流することができ、とても有意義なイベントに参加できました。三菱電機の見学はとても興味深く、発電機の製造や、加速器の製造等、普段見ることができない、また、あまり考える機会もなかった部分の見学をすることで、粒子線治療というものがどのような努力でつくられてきたのかや、今後、どのような発展をすることができるのだろうか、というような、ビジョンをもつことができるようになったと思いますし、貴重な経験でした。ありがとうございました。



顧問 土屋了介 先生



顧問 辻井博彦 先生

VII. まとめ

医師のキャリアパスを考える医学生の会
群馬大学 医学部医学科3年
藏田 清文

医学・医療の進歩は日進月歩であり、放射線医学もその例外ではありません。昔は手術でしか治療方法がないと思われていたがんが、放射線治療を用いることによって治療することが可能となっています。

がん治療の3本柱は、外科的切除、化学療法（抗癌剤）、そして放射線治療です。この中でも、放射線治療は臓器の機能と形態の温存が可能のため治療後の生活の質（QOL）が高く、局所治療であるため、全身的な影響が少なく、高齢の患者にも対応が可能となります。今後、高齢者の増加に伴い、ますます放射線治療が重要な役割を果たすでしょう。

今回の放射線医学オープンスクールでは、座学を通して放射線治療の黎明期から最先端の知識を得ることができました。同時に、三菱電機株式会社 電力システム製作所においては、直接担当されている方からの治療装置を始めとして、実際の治療装置に触れる機会がありました。また、神戸低侵襲がん医療センターにおいては、放射線治療計画について、実際に使用されている機器を用いて紹介してくださいました。両施設でも経験はどれも得難いものとなりました。

最後に、今回このような貴重な機会を与えてくださった土屋了介先生、辻井博彦先生、そして三菱電機株式会社 電力システム製作所の皆様と神戸低侵襲がん医療センターの先生方、並びに公益財団法人医用原子力技術研究振興財団の皆様、参加してくださった全ての学生に心より御礼申し上げます。



懇親会

参 考 资 料

<参考資料 1 >

開催実績


1回	<p>日程：2008年8月13日（水）～14日（木） 主催：放射線医学見学ツアー実行委員会 共催：国立がんセンター、医用原子力技術研究振興財団 見学先：国立がんセンター中央病院、放射線医学総合研究所 特別講演：「PET装置のもつ可能性に挑戦する放射線の技術」 放射線医学総合研究所 分子イメージング研究センター 村山秀雄先生 参加者：医学部大学生中心に23名</p>
2回	<p>日程：2009年8月25日（火）～26日（水） 主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：医用原子力技術研究振興財団 見学先：癌研有明病院、国立がんセンター東病院 特別講演：「放射線医学の魅力ー将来の進路を考える若者たちへー」 市立堺病院・元国立がんセンター中央病院 池田 恢先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に10名</p>
3回	<p>日程：2010年8月17日（火）～18日（水） 主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：医用原子力技術研究振興財団 見学先：癌研有明病院、放射線医学総合研究所 特別講演：「放射線医学の魅力」 京都大学大学院医学研究科 平岡真寛先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に28名</p>
4回	<p>日程：2011年8月15日（月）～16日（火） 主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：医用原子力技術研究振興財団 見学先：兵庫県粒子線医療センター、SPRING 8、兵庫県立がんセンター 特別講演：「放射線腫瘍医になろう」 近畿大学医学部放射線腫瘍学部門 西村恭昌先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に22名</p>
5回	<p>日程：2012年8月27日（月）～28日（火） 主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：医用原子力技術研究振興財団 見学先：放射線医学総合研究所、がん研有明病院 特別講演：筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター長 櫻井英幸先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に26名</p>
6回	<p>日程：2013年8月22日（木）～23日（金） 主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：医用原子力技術研究振興財団 見学先：東芝メディカルシステムズ、東芝電子管デバイス、群馬大学重粒子線医学研究センター、 がん・感染症センター都立駒込病院 特別講演：「放射線腫瘍医として27年で学んだこと」 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター 唐澤久美子先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に20名</p>
7回	<p>日程：2014年8月22日（金）～23日（土） 共催：医師のキャリアパスを考える医学生の会、医用原子力技術研究振興財団 見学先：北里大学病院、神奈川県立がんセンター、エレクトラ株式会社 特別講演：「チーム医療は楽しい」 神奈川県立がんセンター 中山優子先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に34名</p>
8回	<p>日程：2015年8月27日（木）～28日（金） 主催：医用原子力技術研究振興財団 共催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 見学先：京都大学医学部附属病院、株式会社島津製作所 特別講演：「私と粒子線治療」 医用原子力技術研究振興財団 辻井博彦先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に41名</p>
9回	<p>日程：2016年8月24日（水）～25日（木） 主催：医用原子力技術研究振興財団 共催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 見学先：神戸低侵襲がん医療センター、三菱電機株式会社 特別講演：「がん医療をリードする放射線医学」 神戸大学 理事 副学長 杉村和朗先生 参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に30名</p>

<参考資料 2 >

三菱電機株式会社 講義資料

①三菱電機の粒子線治療ソリューション

三菱電機の粒子線治療ソリューション



2016年8月24日


三菱電機技術資料
この資料は、当社及び又は協力会社の商標等を含んでおりますので、本圖出（貸与）目的以外で使用されることはご遠慮ください。また、当社の同意なくこの資料の全部あるいは一部を複写すること、他社に伝達開示されることのないように願います。

[Confidentiality Restrictions]
All rights reserved - Mitsubishi Electric Corporation. Any part or the whole of this documents shall not be copied or transferred in any form without prior permission.

DL1601-KM0118

受注・納入実績

● 種子 ● 炭素イオン ● 国公立施設 ● 民間施設



- 国立大学法人 群馬大学 重粒子線医学センター 患者治療 2010年3月～
- 一般財団法人 脳神経疾患研究所 南東北がん陽子線治療センター 患者治療 2008年10月～
- 福井県陽子線がん治療センター 患者治療 2011年3月～
- 独立行政法人 放射線医学総合研究所 ※ 患者治療 1984年8月～
- 兵庫県立粒子線医療センター 患者治療 2003年4月～
- 静岡県立静岡がんセンター 患者治療 2003年10月～
- 九州国際重粒子線がん治療センター 患者治療 2013年8月～
- 大阪陽子線クリニック 引渡し予定 2017年8月
- 一般財団法人 メディボリス医学研究財団 メディボリス国際陽子線治療センター 患者治療 2011年1月～
- 小児がんに重点を置いた新粒子線治療施設 引渡し予定 2017年11月
- 津山中央病院 患者治療 2016年4月～

三菱電機が主要納付者

DL1601-KM0118 本資料には業事承認機能が含まれます

三菱電機の製品ラインアップ

イオン種	施設名	治療室構成	治療開始年月
p, C	兵庫県立粒子線医療センター	V+H, H, 45度, 2G(p)	2003年4月
p 専用	静岡県立静岡がんセンター	2G+1H	2003年10月
	南東北がん陽子線センター(郡山)	2G+1H	2008年10月
	一般財団法人メディボリス医学研究財団(指宿)	3G	2011年1月
	福井県立病院陽子線がん治療センター	2G+1H	2011年3月
	岡山大学・津山中央病院共同運用がん陽子線治療センター	1G	2016年4月
C 専用	医療法人伯風会 大阪陽子線クリニック(仮称)(※)	1G	2017年夏引渡予定
	小児がんに重点を置いた新粒子線治療施設(※)	2G	2017年秋引渡予定
	群馬大学 重粒子線医学研究センター	V+H, V, H, V (R&D)	2010年3月
	九州国際重粒子線がん治療センター(佐賀)	V+H, V+45度, V+H	2013年8月

1. 兵庫県が神戸市ポートアイランドに設置の装置 ※建設中

DL1601-KM0118 本資料には業事承認機能が含まれます

粒子線治療患者数

- 三菱電機は
 - ✓ 炭素線
 - ✓ 陽子線
 - ✓ Dual (p, C)

の治療装置納入実績のある唯一のメーカーです

DL1601-KM0118 本資料には業事承認機能が含まれます

照射法の現状と将来計画

● フロード以外の照射法を有する施設

	核種	フロード	積層	スキャンニング
群馬大 ¹	C	○	○	D室研究用ポート
サガハイマツ ²	C	○ (A, B室)	○ (A, B室)	○ (C室)
福井県 ³	p	○	○ (治療室3)	—
津山中央病院 ⁴	p	○	○	○
大阪伯風会 ⁵	p	○	○	○
兵庫県(神戸) ⁶	p	○	○	○

緑色部は稼働中

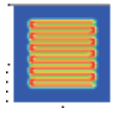
- 群馬大学重粒子線医学研究センター
- 公益財団法人佐賀国際重粒子線がん治療財団 九州国際重粒子線がん治療センター
- 福井県立病院陽子線がん治療センター
- 岡山大学・津山中央病院共同運用がん陽子線治療センター
- 医療法人伯風会 大阪陽子線クリニック(仮称)
- 小児がんに重点を置いた新粒子線治療施設(仮称)

DL1601-KM0118 本資料には業事承認機能が含まれます

ペンシルビームスキャンニング法



離散的スポットスキャンニング
スポット間でビームを停止する。スポット毎に線量を制御(各スポットへのビーム照射時間にて)。
課題: 照射野当たりビームのオン・オフが10,000回以上



ラインスキャンニング
ビームはオンのまま、線量はスキャンニング速度とイオン源で制御。
課題: 強度変調の速度。水ファントム中の立方体標的なら問題ないが。



超高速ラスタスキャンニング
線量を各スポットで制御するが、ビームはスポット間でビームをON/OFFしない、高速スキャンニング。
● 正確な線量管理
● 高線量率

DL1601-KM0118 本資料には業事承認機能が含まれます

陽子線ソリューション

- 炭素線スキャンニングの要素技術
 1. 加速器ビーム
 2. 照射(ビームの走査)
- 加速器技術の重要性

特にスキャンニングでは加速器のビームを“ほぼ生のまま”の状態での治療に適用

 - a. 制御のしきみ
 - b. 加速器が思い通りに動いているか(難課題)

DL1601-KM0118 本資料には薬事承認機能が含まれます 7

陽子線ソリューション

- 2種類のノズルを提供
 1. スキャンニング専用ノズル
 2. “Select Beam”
2016年度-2017年度に3か所に納入予定

DL1601-KM0118 本資料には薬事承認機能が含まれます 8

SelectBeam

治療室1室で多彩な運用が可能

スキャンニング電磁石
散乱体
リッジフィルタ
多層コリメータ
SelectBeam照射ノズル

治療室

特徴

- ① フロッドビーム法
- ② 積層原体照射法
- ③ スキャンニング法

1つのノズルで実施可能

DL1601-KM0118 本資料には薬事承認機能が含まれます 9

SelectBeam

- SelectBeam 照射ノズル
 1. 高線量率照射
 - 1) 高ビーム利用率のノズル
 - 2) 超高速スキャンニング
 - 3) 深さ方向にはビーム拡大
 2. 動く標的に対する選択肢
短時間照射: 息止め照射, Gated Repaint 高速塗りきり照射
 3. MLC併用で、よりシャープな横方向の定義

Standard Broad Beam High-Dose Rate

スキャンニングのみ MLC無し

スキャンニング+MLC 層によって可変も考えられる

DL1601-KM0118 本資料には薬事承認機能が含まれます 10

陽子線ソリューション

ご清聴ありがとうございました

DL1601-KM0118 本資料には薬事承認機能が含まれます

神戸低侵襲がん医療センター 講義資料

- ①画像診断とIVR
神戸低侵襲がん医療センター 藤井正彦
- ②サイバーナイフ
～切らない“手術”、ラジオサージェリー～
神戸低侵襲がん医療センター 馬屋原博
- ③がんを見つけ、そしてなおす放射線医学
神戸大学医学部附属病院 佐々木良平
- ④これが粒子線治療だ！
兵庫県立粒子線医療センター 沖本智昭
- ⑤緩和的放射線治療 Palliative radiation therapy
兵庫県立がんセンター 副島俊典

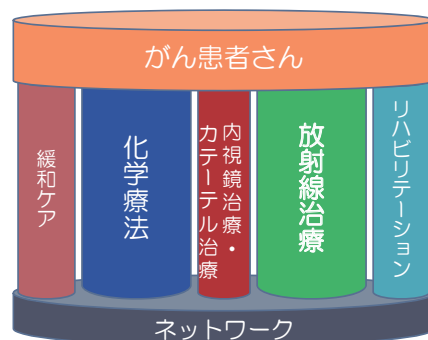
放射線医学オープンスクール

～最先端技術にふれる～

画像診断とIVR

神戸低侵襲がん医療センター
理事長・病院長
藤井正彦

神戸低侵襲がん医療センター



基本理念・基本方針

病院の基本理念

「小さく見つけてやさしく治す」

基本方針

1. 患者さんに安心と満足を与える高度がん医療の提供
2. 地域と連携したがん医療の推進
3. 総合的ながん医療を実践できる医療人の育成
4. より高度で安全な低侵襲がん医療の開発と情報発信
5. 理想とするがん医療を実践するための能力向上

画像診断とIVRの役割

画像診断

- 出来るだけ早期で正確な診断
- 治療計画CT・MRI
- 治療効果判定

IVR

- 肝臓がん・肝転移の治療
- 放射線治療のマーカ―留置
- CV-port留置

画像診断 肺癌の画像診断

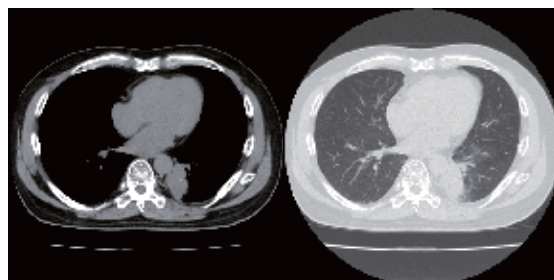
胸部単純X線写真



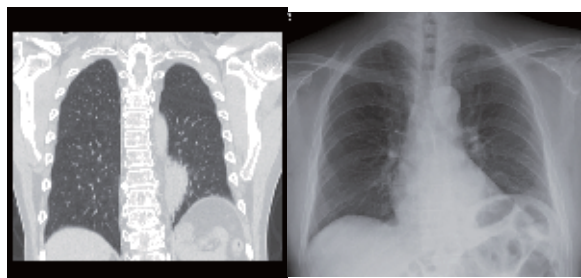
64列CT装置



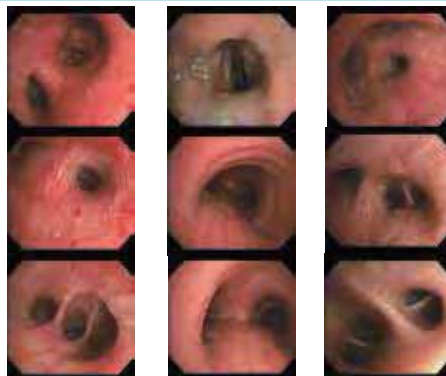
胸部単純CT



胸部CT冠状断像



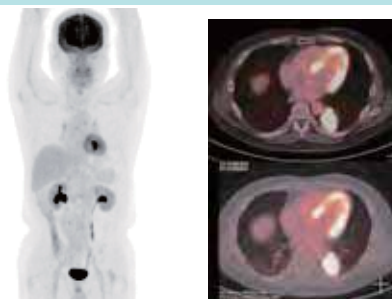
気管支鏡検査



PET-CT装置



PET-CT



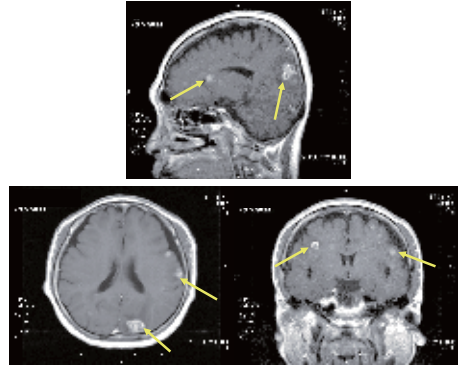
全身像

重ね合わせ像

1.5T MRI装置

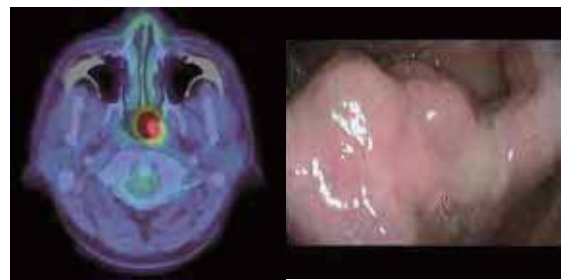


脳転移の検索



画像診断 治療計画CT

上咽頭がん



PET-CT

内視鏡像

線量分布



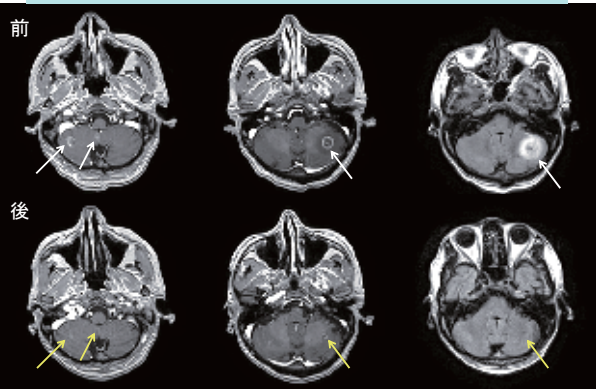
画像診断 治療効果判定

脳転移の定位放射線療法

肺癌術後 脳転移

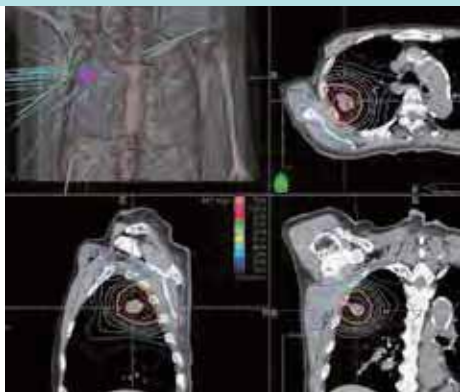


治療前後のMRI

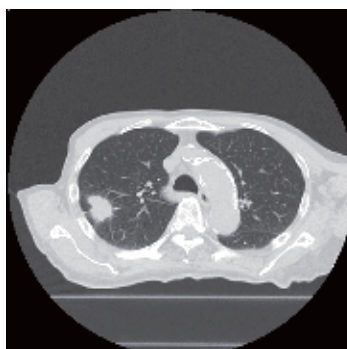


肺癌の定位放射線療法

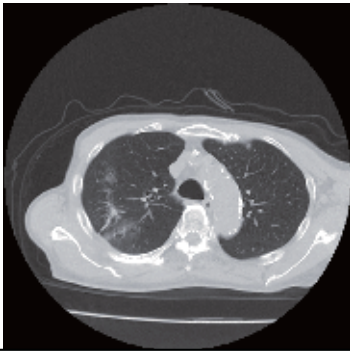
肺癌の定位放射線治療



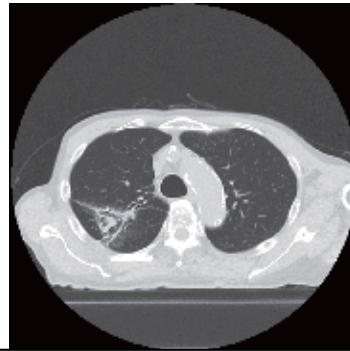
治療前



4ヶ月後

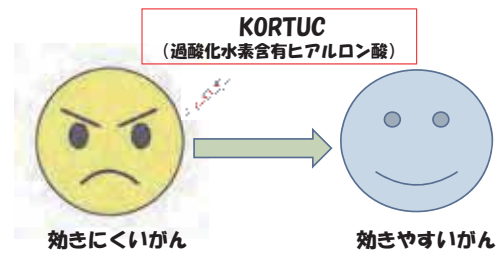


1年後



乳がん患者に対する KORTUC併用放射線療法の 有用性と安全性に関する研究

KORTUCの原理 放射線治療のH₂O₂効果

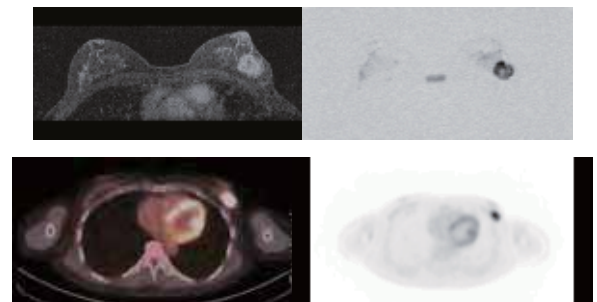


(Cancers 2016, 8, 28)

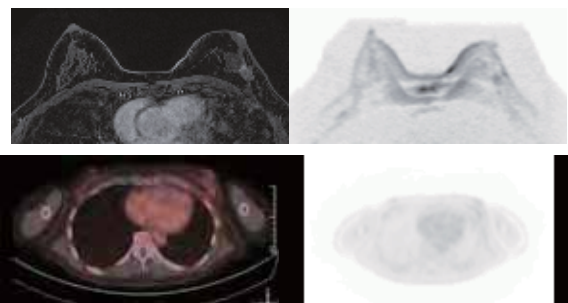
KORTUCの原理

- 放射線の効果は、放射線をあてることで生じる**活性酸素**（ラジカルや過酸化水素など）による**DNA障害**である。
- しかし、がんが大きくなると腫瘍の中で酸素が不足し、**抗酸化酵素**（ペルオキシダーゼ）が多くなり、活性酸素を分解し、放射線の治療効果が**3分の1**まで低下する。
- 放射線が効きにくい甲状腺がんや骨肉腫に、少量の過酸化水素**KORTUC**を外から与えれば**抗酸化酵素が分解され、活性酸素が細胞の中に蓄積してアポトーシスを引き起こす**（H₂O₂効果）ことで、悪性リンパ腫のように放射線の治療効果が非常に高くなる。

治療前



KORTUC併用放射線療法後

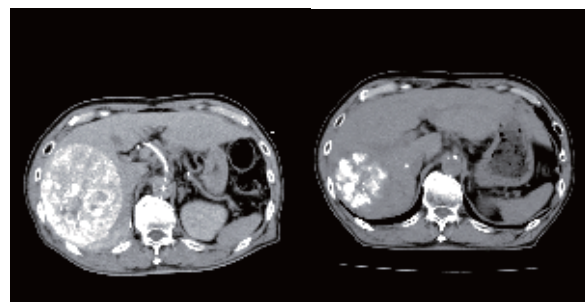


肝がんの肝動脈化学塞栓療法 (TACE)

動脈塞栓術 (カテーテル治療)



70歳男性 肝臓がん



1回目TACE後CT 径11.8cm

4回TACE治療後CT 径7.6cm

転移性肝癌の動注塞栓療法の適応

- 他の治療の適応がない
- 全身化学療法で効果がなくなった
- 全身化学療法で副作用などによる治療拒否
- 原発巣がコントロールされ肝臓以外に転移がない
- 他に転移はあるが肝臓の転移巣が予後規定因子になる

Bead

- 血管内塞栓物質 (永久塞栓物質)
- 表面平滑で粒子径が均一にそろった粒子
- 粒子径に応じて塞栓レベルの調節可能
- 薬物の担体としての役割 (Drug eluting bead:DEB)



DC Bead

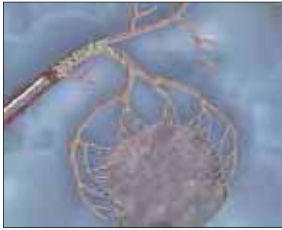


Hepasphere



球状ビーズによる標的塞栓

従来型粒子(GS)



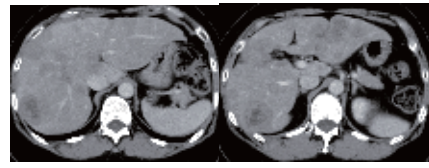
凝集による近位塞栓

球状ビーズ

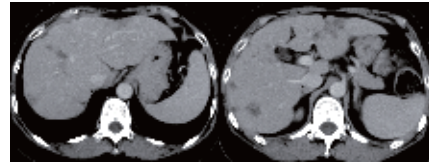


個々の粒子による標的塞栓

乳癌術後肝転移の治療前後CT



動注前

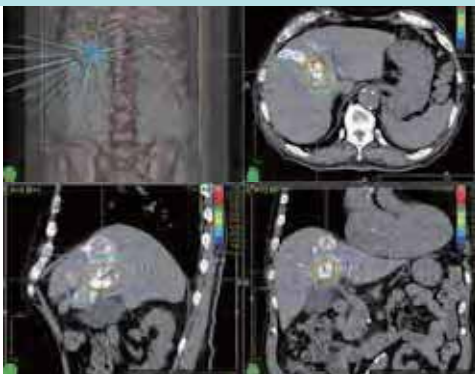


3回目動注後

IVR 放射線治療のマーカ―留置

肝臓がんの定位放射線療法

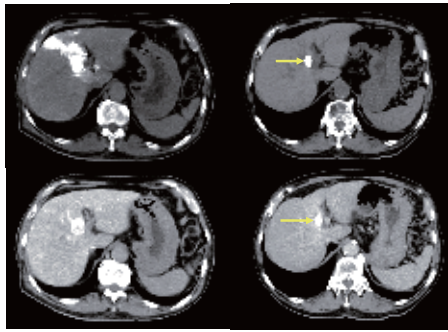
肝がんの定位放射線治療



治療用の金マーカ―



治療前後の造影CT



治療前

治療後

IVR CV-portの留置

目的

1. 抗がん剤の投与
2. 高カロリー輸液・輸血
3. 採血

CVポート (皮下埋め込み型ポート) とは

- 中心静脈カテーテルの一種。
- 皮下に埋め込んで使用します。

カテーテル
5Fr~8Fr
(約2~2.5mm径)

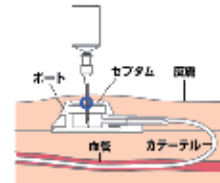
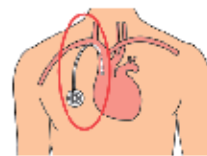


本体
(100円玉くらい)



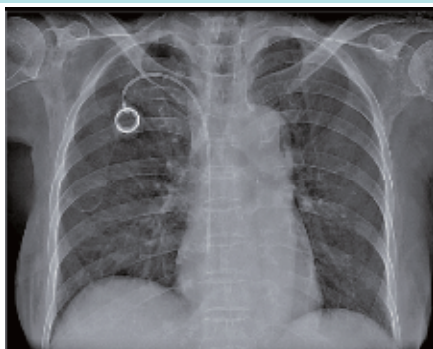
CVポートの利点

○の部分には血管に直接液を流しているわけじゃないから、血管塞にならない



○の部分全部が皮下に埋まっているから、激しい運動をこなしやすい。トラブルが起きにくい

CVポート留置後の単純撮影



神戸低侵襲がん医療センター

- がんが心配だなと思ったら
- がんと診断され手術を勧められたが切らずに治せないかなと思ったら

受診予約のお問い合わせ

・ 地域医療連携室コールセンター

TEL : 078-304-5480

病院長 藤井正彦

・ E-mail : fujii@k-mcc.net

サイバーナイフ


～切らない“手術”，ラジオサージェリー～



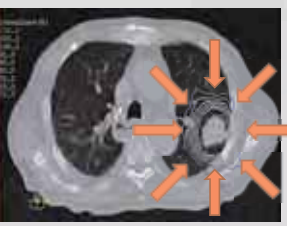

神戸低侵襲がん医療センター
 Kobe Minimally Invasive Cancer Center
 放射線治療科 馬屋原 博 (まやはら ひろし)

I 期非小細胞肺癌における放射線治療の進歩

前後対向 2 門照射




定位放射線治療




I 期肺癌の場合，定位放射線治療は高齢など医学的に切除不能な場合の標準的治療に！

切らない“手術” ラジオサージェリーとは？





ガンマナイフ γ線



リニアック X線

Radiosurgery


= 放射線 (を使った) 手術

- ≡ 定位放射線治療と呼ばれる特殊照射
 - 三次元でがん病巣を正確に狙い撃つ技術
 - 脳では2mm以内，肺・肝で5mm以内の精度
 - 照射野中心部では腫瘍細胞と正常組織を区別せず障害する


Abrative “焼灼的” Radiotherapy

3cm以下の転移性脳腫瘍に対して9割の制御 (手術単独では6～7割の制御)
→ 定位照射：転移性脳腫瘍の標準治療に

DNA切断による細胞障害




DNA (二重らせん構造)



放射線によるDNA切断 (二重鎖切断が重要)

DNAからのタンパク質合成



細胞の生存，分裂に必要なたんぱく質の合成をブロック

成功 → 回復 → 正常細胞 (臓器)

失敗 → 遺伝子修復 → 細胞死 → がん細胞

← 差 →

神戸低侵襲がん医療センター高精度X線治療装置



サイバーナイフ VSI
“動体追尾照射”



トモセラピー HD
“Helical tomotherapy”



トゥルービーム
“OBI/CBCT”



ヴェロ4 DRT




トゥルービームSTx

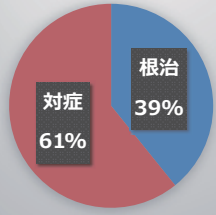


ガンマナイフ

サイバーナイフ治療実績 (994部位) (2013. 4月～2015. 12月)



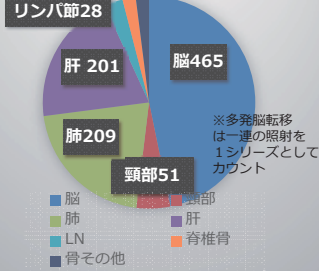
照射方針



■ 根治 39%
■ 对症 61%

照射部位(実数)

脊椎骨20 その他20



脳465 頭部
 肺209 肝
 肝201 脊髄骨
 LN28 骨その他
 頸部51

※多発脳転移は一連の照射を1シリーズとしてカウント

サイバーナイフ VSI KMCC

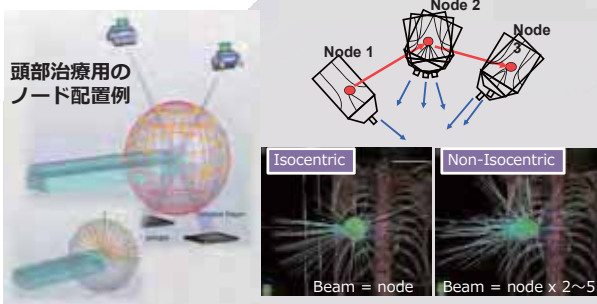
定位放射線治療専用装置

- 工業用ロボットアームの先端に小型リニアックを有し、立体的に多数方向(通常50~200本)の照射を行う治療装置
- 脳だけでなく、頭頸部・体幹部の治療が可能
- X線透視で骨構造・金属マーカの動きを定期的にモニターし、呼吸を含む体動に合わせた追尾照射が可能
- シエルによる簡易固定(脳)、侵襲的な固定具は不要



ロボットマニピュレータ...柔軟性

- 複雑な形状の腫瘍に合わせて照射→正常組織への照射を抑制
- アイソセントリック、ノンアイソセントリックの両方が可能




頭部治療用のノード配置例

Isocentric: Beam = node

Non-Isocentric: Beam = node x 2~5

サイバーナイフの非侵襲的頭部固定法 KMCC

【ガンマナイフの固定方法】 【サイバーナイフの固定方法】



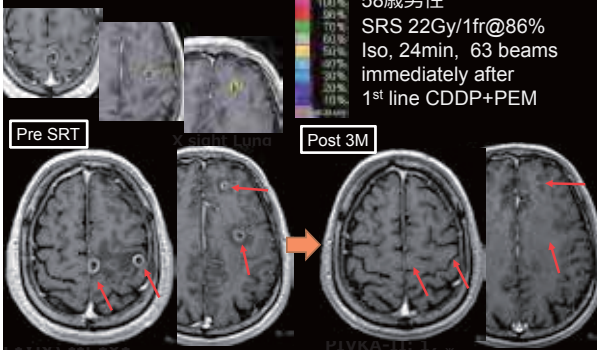
- 頭部へポルトで直接固定
- 機器に患者さんを合わせる
- 非侵襲的・簡易な固定で治療が可能
- 機器が患者さんに合わせる

非侵襲性と高精度の両立

【多発性転移性脳腫瘍に対するサイバーナイフ】 KMCC

- 進行肺癌(腺がん, cT2N3M1b)
- 5個の転移性脳腫瘍

58歳男性
SRS 22Gy/1fr@86%
Iso, 24min, 63 beams
immediately after
1st line CDDP+PEM

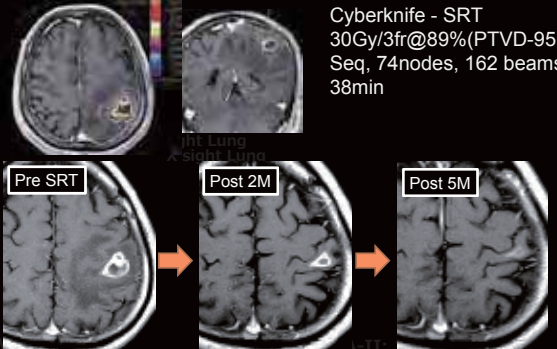


Pre SRT (Right Lung) → Post 3M (Left Lung)

【Cyberknife fractionated SRT for brain meta】 KMCC

- 69y.o. male, Lung Adeno ca, cT2aN3M1b
- Single Brain metastasis

Cyberknife - SRT
30Gy/3fr@89%(PTVD-95)
Seq, 74nodes, 162 beams
38min



Pre SRT → Post 2M → Post 5M

定位放射線治療の国内前向き臨床試験成績 KMCC

- 転移性脳腫瘍 (JLGK0901, 国内23施設)
 - 局所制御率95% ($\leq 1cc$), 81%(1-4cc), 61%(4-10cc)
 - 生存期間中央値10か月(全例)
- 転移性脳腫瘍 (JROSG99-1, 国内11施設)
 - 局所制御率89% (SRS+WBRT), 73%(SRS alone)
 - 生存期間中央値7.5か月 (SRS+WBRT), 8M (SRS)
- I期非小細胞肺癌 (JCOG0403, 国内15施設)
 - 局所制御率86%
 - 3年生存割合76% (手術可能群), 60% (切除不能群)
- 肝細胞がん (大船中央病院単施設)
 - 局所制御率96%
 - 2年生存割合80%, 3年生存割合67% (RFAと同等)

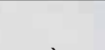
当院のサイバーナイフ治療適応



- 頭部 (保険適応)
 - 聴神経腫瘍 (Acoustic neuroma)
 - 転移性脳腫瘍
- 頸部 (保険適応)
 - 再発頭頸部腫瘍、頸椎/頭蓋骨転移性骨腫瘍
- 体幹部 (保険適応)
 - I期肺がん、転移性肺腫瘍 (2~3個まで)
 - 原発性肝がん、転移性肝腫瘍 (2~3個まで)
 - 孤発性リンパ節転移/再発腫瘍 (IMRT保険適応)
 - 再照射 (IMRT保険適応)
- 保険適応外 → 一部自由診療 定位保険適応外
 - 肝癌門脈腫瘍塞栓 (算定: 原体照射)
 - 他の転移病巣を有する肺・肝腫瘍や播種性病巣 (自由診療)


定位放射線治療の保険収載

(SRT : Stereotactic Radiation Therapy)




治療費 (保険適応前)

- 脳・頭頸部 保険適応 (1998) **63万円**
- 体幹部 保険適応 (2004) **63万円**
 - 原発性肺がん・原発性肝がん
 - 転移性肺がん (3個以下)、転移性肝がん (3個以下)
- 呼吸性移動対策加算 (2012) **+5~10万円**



リニアックによる定位放射線治療



サイバーナイフによる定位放射線治療

治療費の比較

4月の保険改定にて
・小児がんに対する陽子線治療
・骨軟部腫瘍に対する炭素イオン線治療
が健康保険適応に

肝がんサイバーナイフ、外来通院 (4回)				肝がん粒子線治療、外来通院			
算定項目	料金	算定回数	費用 (円)	算定項目	料金	算定回数	費用
定位放射線治療 (一通)	630000	1	630000	粒子線治療費 (一通)	2883000	1	2883000
呼吸性移動対策加算	100000	1	5000	単純CT撮影 (治療計画用)	7800	1	7800
放射線治療用マーカー留置術	100000	1	100000	造影MRI撮影	11100	1	11100
単純CT撮影 (治療計画用)	7800	1	7800	コンピューター断層診断	45000	1	45000
造影MRI撮影	11100	1	11100	合計			2946900
コンピューター断層診断	45000	1	45000				
単純写真	2800	1	2800				
血液検査	5920	1	5920				
			合計医療費				807620
			3割負担				242290


自己負担額約300万円

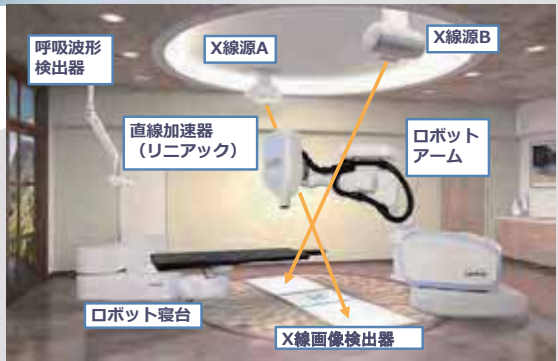
※高額療養費制度の対象外
原則として全額自己負担

所得区分	1か月の負担上限額の概算 (高額療養費)	
	70歳未満	70歳以上
上位所得者	17万1千円	4万4千円
一般	8万6千円	1万2千円
低所得者	3万5千円	8千円


3割負担医療費: 約24万円
さらに高額療養費制度が適応

サイバーナイフのシステム概要





呼吸波形検出器、X線源A、X線源B、直線加速器 (リニアック)、ロボットアーム、ロボット寝台、X線画像検出器




肺腫瘍

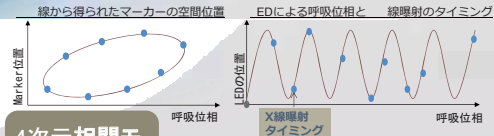
サイバーナイフ: 209件

トモセラピー: 13件

トゥルービーム: 178件

シンクロニー呼吸追尾システム







線から得られたマーカーの空間位置、EDによる呼吸位相と線照射のタイミング

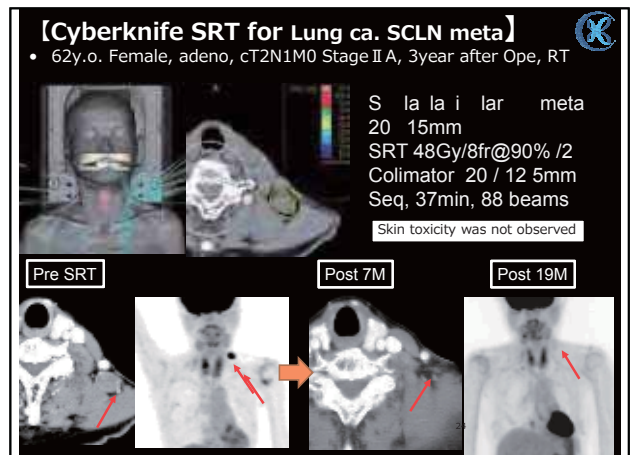
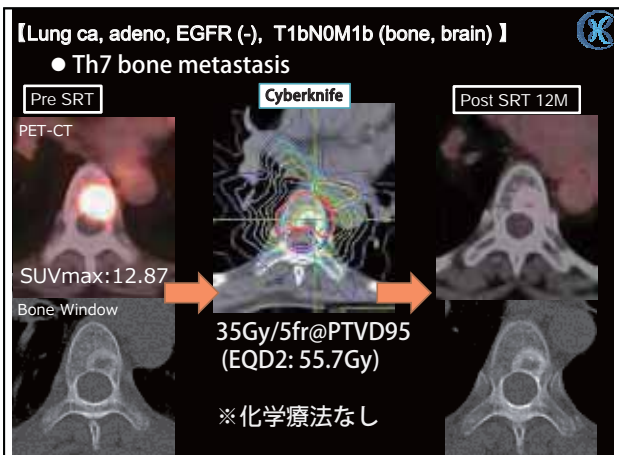
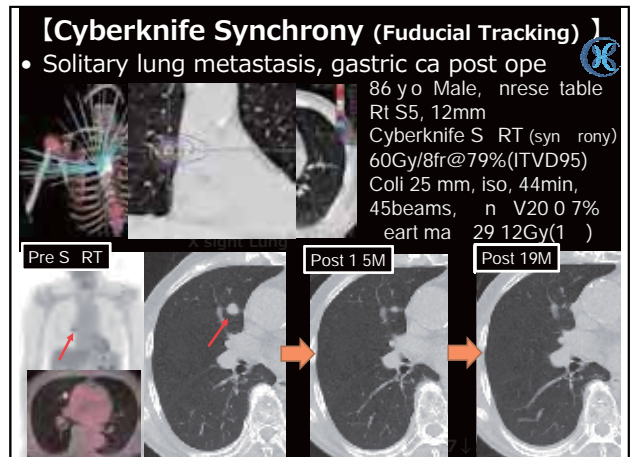
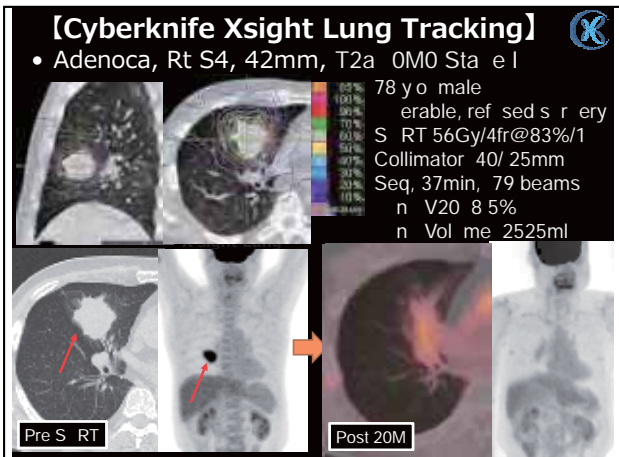
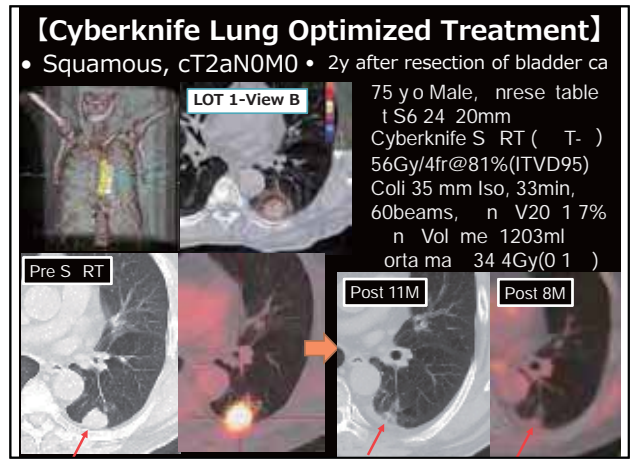
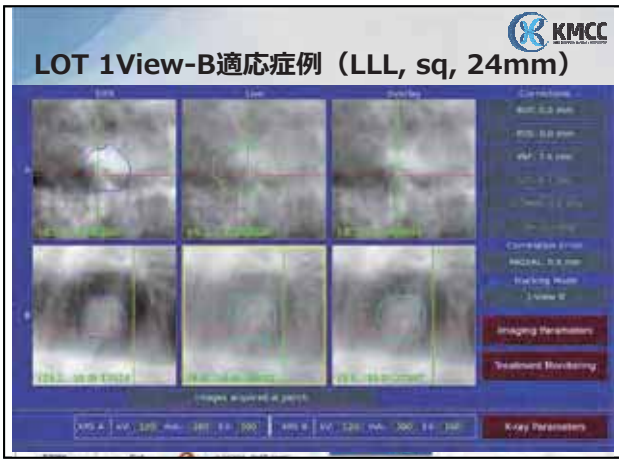
Marker位置、EDの位置、呼吸位相、X線照射タイミング

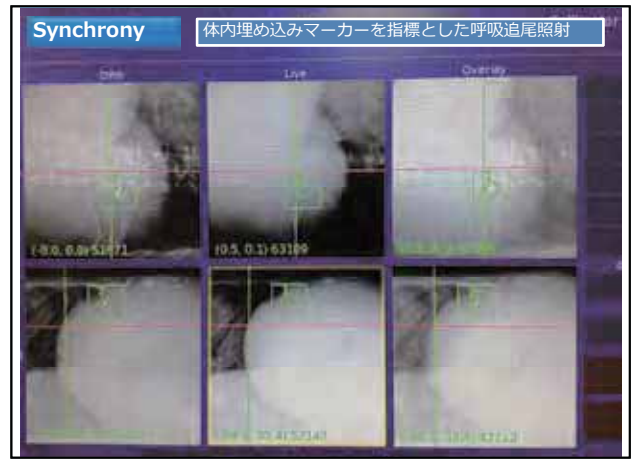
4次元相関モデルの作成





治療中においても相関モデルのリバイスを行い、予測モデルを使用し呼吸位相の補正・予測を行いながら追尾照射を行う

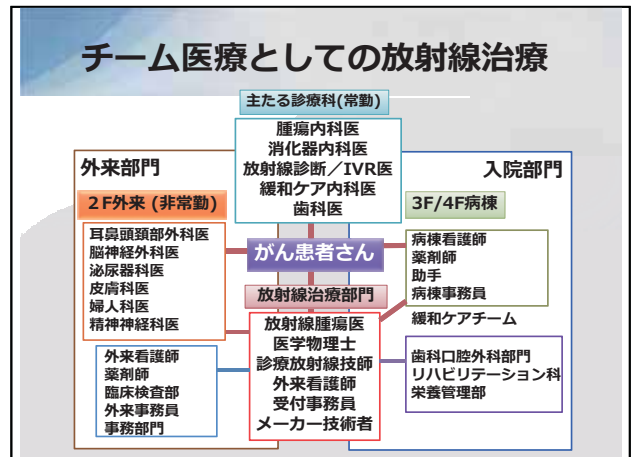




【肝細胞がんに対するサイバーナイフ治療】

- HCC, Rt S6, 50mm, T3b OM0, Child-P Score 5
- 76歳女性, 慢性型肝炎
- ICG15 14%, 切除不能
- 54Gy/8fr@ (ITV-D90)
- Collimator 50/25mm
- Seq, 37min, 79 beams
- 呼吸 V20 33.1%
- 呼吸 Volume 724ml

AFP: 46.5 ng/ml AFP: 3.4 ng/ml Child-Pugh: 6



放射線腫瘍医を目指したきっかけ (1999年)

人の命を救う仕事したい...でも内科外科は無理 (院外実習) 2人に一人, がんになる時代 → “がん治療”がやりたい
切って治すは当たり前, これからは**切らずに治す時代**になる
最先端の医療で, **医学の進歩に貢献したい!**
兵庫県に夢の, “粒子線治療” 専門病院ができる!
手に職をつける...**放射線治療** → **放射線科でなければできない**
希少な存在になりたい (内科医:8万人, **放射線腫瘍医:千人**)
卒業と同時に神戸大学放射線科に入局, 放射線治療を志望

1999年 神戸港 1999年 ルミナリエ 1999年 シングルCD

ご清聴ありがとうございました

KMCC 神戸低侵襲がん医療センター
Kobe Minimally Invasive Cancer Center

“小さく見つけてやさしく治す”

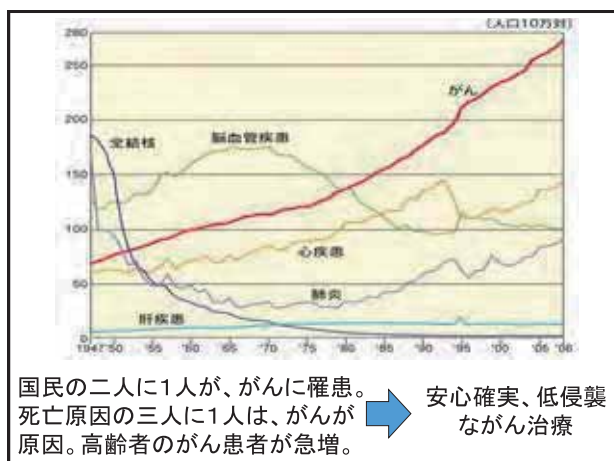
がんを見つけ、そして なおす放射線医学

神戸大学医学部附属病院 放射線腫瘍科
佐々木 良平

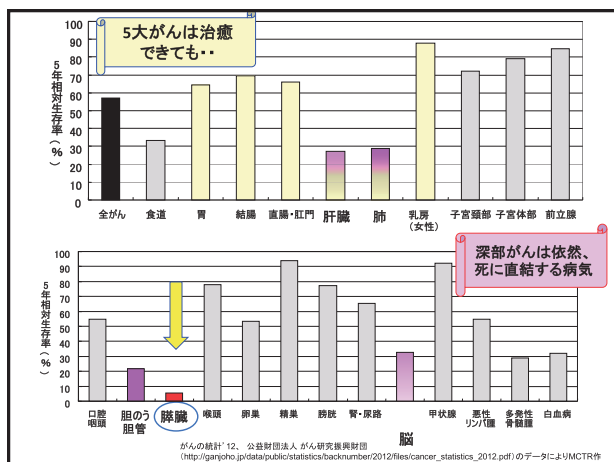
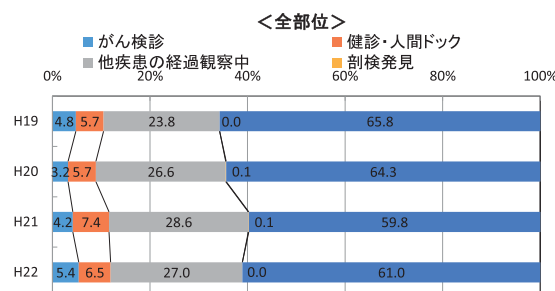
rsasaki@med.kobe-u.ac.jp

体の中を画像(イメージング)でみる。
がん(命を脅かす)を見つける！
がんを治す！

1. 「がん」って告知されました。これって治る病気？
2. 放射線で見えるがんとその発生臓器
3. 切らずに様々ながんを治す放射線治療
4. 最先端のがん治療1-IMRT, SBRT
5. 最先端のがん治療2-粒子線治療
6. あきらめない！ がんの転移に対する放射線治療



兵庫県地域がん登録による発見経緯 平成24年10月



Atlas-Based Automatic Segmentation

Head and Neck Lymph Levels*

- Elastic atlas segmentation of all H&N lymph levels
- Based on consensus guideline of RTOG and EORTC for H&N delineation¹

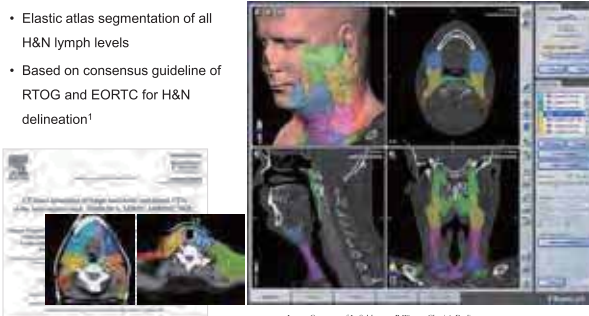
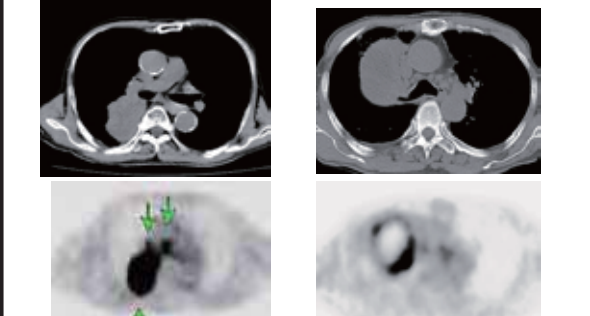



Image Courtesy of L. Schlenger, R.Wurm, Charité, Berlin

機能画像 (FDG-PET) では、大きさや形以外に糖の取り込みなど機能を評価できる。

殆ど同じ大きさの肺がん

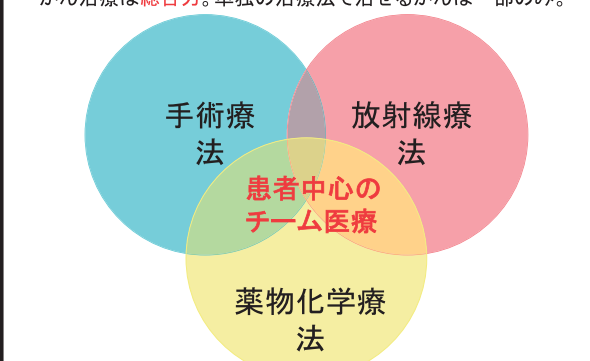



骨転移による
骨の破壊
骨の膨隆
神経の圧排

脊髄圧迫

がん治療における放射線治療の役割




がん治療は**総合力**。単独の治療法で治せるがんは一部のみ。



手術療法
放射線療法
薬物化学療法

患者中心の
チーム医療

がん治療の3本柱はそれぞれ進歩


手術	放射線治療	化学療法
 開腹手術 内視鏡的手術 (軟性) 腹腔鏡手術 (硬性) ロボット手術	 2次元放射線治療 3次元放射線治療 定位放射線治療 画像誘導放射線治療 強度変調放射線治療 (IMRT)	 シスプラチン タキサン、ナベルピン、ジェムザール 分子標的治療 細胞、免疫療法

放射線治療の進歩には生物学と装置の進歩との進歩の二つの流れがある。

 1895 レントゲンの発見	 1950 コバルト治療	 1970 直線加速器の治療 (リニアック)	 2000 画像誘導放射線治療 IMRT、粒子線治療 サイバーナイフ
--	---	--	--

ただし、治療装置や治療計画の品質が十分に担保されないと、良いがん治療はできません。

テクノロジーの進歩と、医療人の努力が一体となって初めて、良い医療を提供できます。



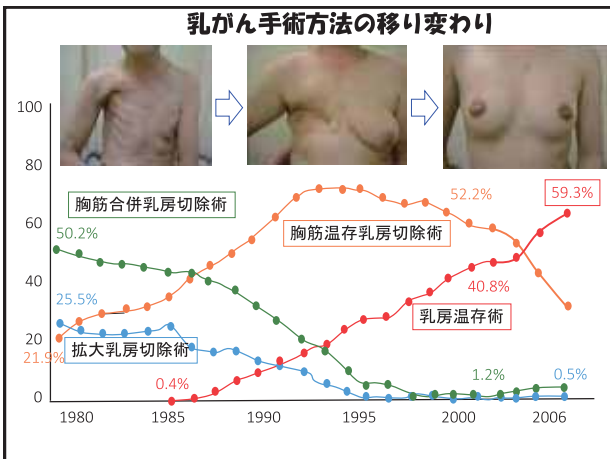
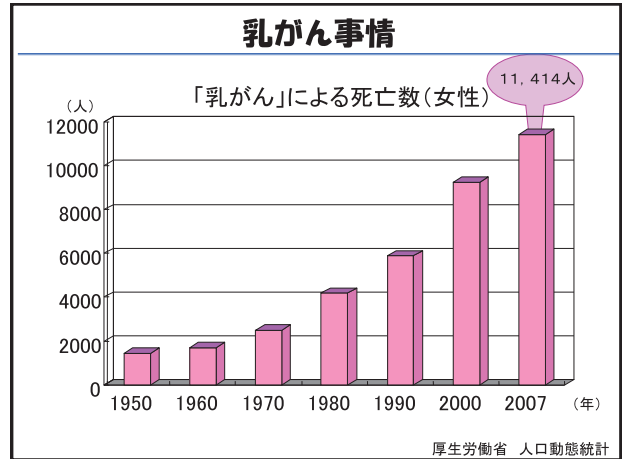
外科治療中心

- ① 拡大手術
準根治放射線治療
- ② 縮小手術+術後放射線治療

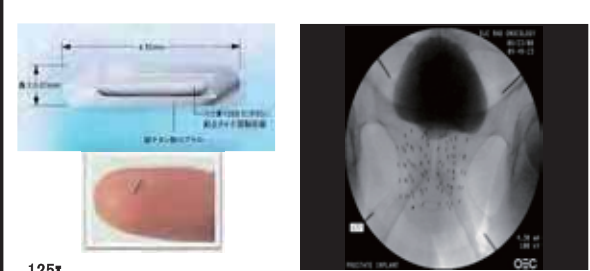
放射線治療中心

根治放射線治療

- ① 三次元外部放射線治療
- ② 小線源治療
- ③ 定位放射線治療
- ④ 強度変調放射線治療(IMRT)



経会陰法による低線量率組織内照射(永久刺入)



125I
線質: γ 線、半減期: 59.4日
初期線量率 7.7cGy/時

典型的な症例では、約80個のヨードシード線源を刺入


放射線化学治療で根治した悪性リンパ腫の一例

右手掌 2003/11/18 - 12/16
15 MeV Electron 40 Gy/20 fr

右大腿部 2004/1/9 - 2/6
4 MV photon 40 Gy/20 fr

左大腿部 2004/1/9 - 2/6
4 MV photon 40 Gy/20 fr

左下腿部 2004/1/9 - 2/6
4 MV photon 40 Gy/20 fr




巨大血管腫

Boy 1 Day Yrs.
Plts. 10,000

At the end of 2nd Course

At 1.5 years old

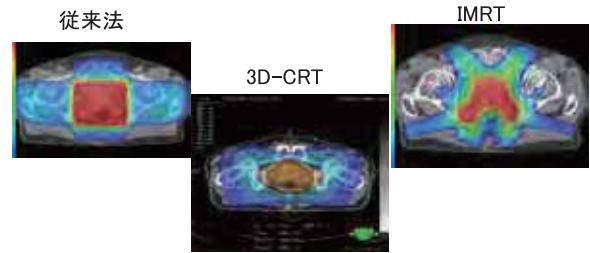
1st Course
1 Gy x 10 + 3 Gy x 2
2nd Course (1 Mo interval)
1.5 Gy x 7



高精度・放射線治療

主役！強度変調放射線治療
 =
 Intensity Modulated Radiotherapy
IMRT

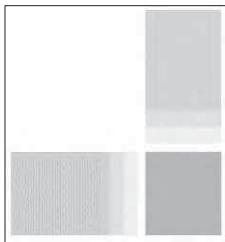
様々な照射法による線量分布



従来法よりも3D-CRT、さらに IMRT の手法を用いると、病変、由来臓器の形状に合わせて、危険臓器を避けて病巣に集中する形で照射できていることが分かる。

IMRT

通常照射の
均一なビーム



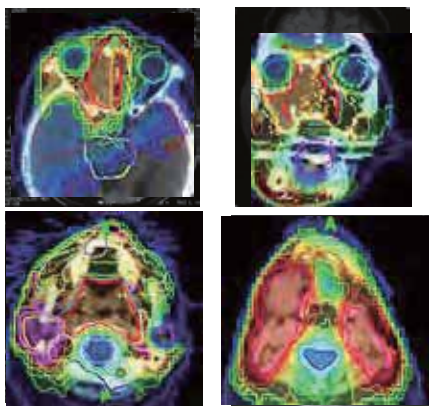
IMRT における強度に
変化のあるビーム



IMRT



IMRTの線量分布



高精度・放射線治療

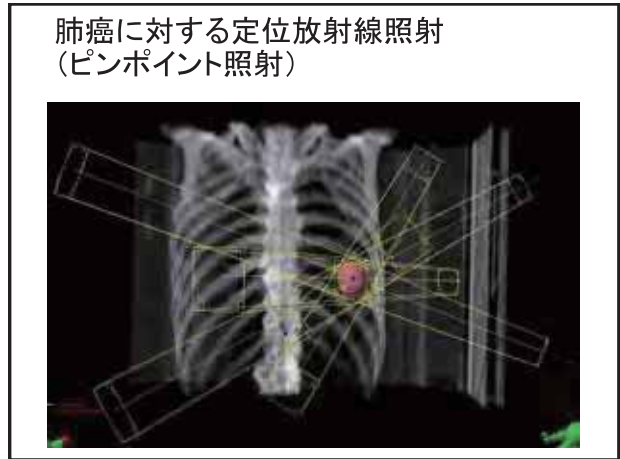
もう一つの主役！
 体幹部定位放射線治療 =
 Stereotactic body Radiotherapy
SBRT

下咽頭がん術後に肺癌が見つかったが再手術拒否
→ 定位放射線治療

SUV : 2.6

CT : T1N0M0
PET : T1N0M0

Treated by 3D-CRT (60Gy/8Fr)



高齢者等の手術できない方、手術を拒否される方にとっては、有効な選択肢です。

手術可能でBED ≥ 100 Gy
早期肺癌症例の定位放射線治療による生存率

手術との5年生存率の比較

	Mountain*	JCOG*	JNCCH*	STI**
Stage IA (T1)	67%	80%	74%	81%
Stage IB (T2)	57%	63%	53%	79%

* 手術
** 定位放射線治療

山梨大 大西 洋先生

サイバーナイフ

6軸ロボットアームに小型リニアックを搭載
Isocenterと無関係な照射分割照射が可能
体幹部への応用が可能

欠点: 照射に時間がかかる

脳転移に対する定位放射線治療

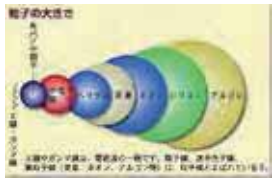
サイバーナイフによる治療例

従来型の放射線治療装置との比較

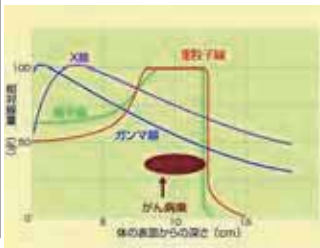
照射イメージ

	頭頸部への照射	前立腺への照射	脊椎への照射
従来型	 (6 beams, coplanar)	 (5 beams, coplanar)	 (7 beams, coplanar)
サイバーナイフ	 (208 beams, multi-coplanar)	 (130 beams, multi-coplanar)	 (103 beams, multi-coplanar)

粒子の大きさ

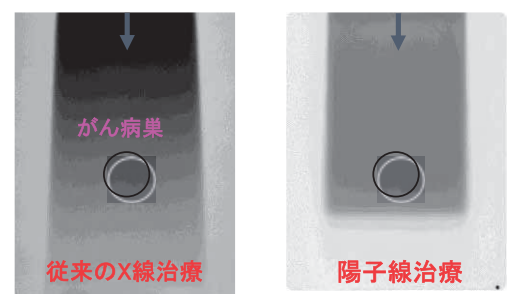


- 深さ方向への線量分布 (放射線の当たり方) が違う
- X線、ガンマ線
 - …皮膚近くが強く当たり深くなればなるほど弱くなる。
- 陽子線、炭素線
 - …皮膚は比較的弱く当たりがん病巣に合わせて強く当たる部分を作って、ビームを止めることができる



粒子線治療

X線と陽子線の届き方の比較

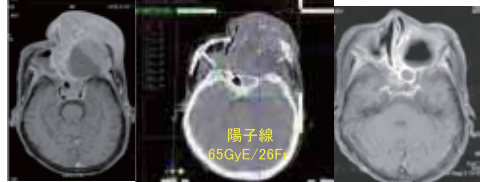


がん病巣

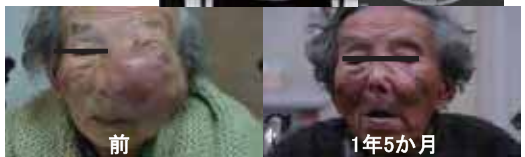
従来のX線治療

陽子線治療

85y 女性 左上顎洞癌 T4N0M0 放射線治療後再発



陽子線
65GyE/26F

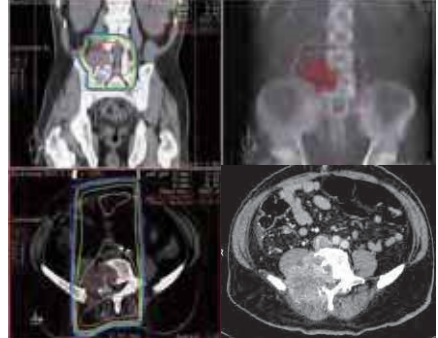


前

1年5か月

兵庫粒子線センター村上先生より頂いたスライド

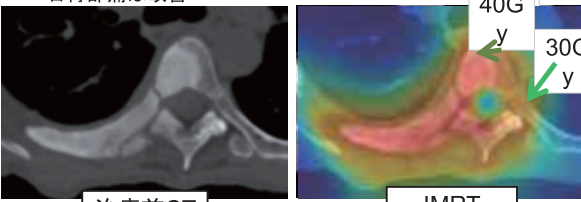
腰椎 骨転移



一回3Gy 前後対向二門照射 総線量 30Gy/10F

58歳女性 肺癌 Tomotherapy

- ✓ 右背部痛
- ✓ 治療後5か月で画像上は変化なし(他転移は増大)
- ✓ 右背部痛は改善



治療前CT

IMRT

Th6椎体～右肋骨に広範な骨硬化性転移

病変部 40Gy/10Fr

椎体 30Gy/10F

棘突起・左椎弓根 20Gy/10F

がん治療はマラソンに例えられる。



栄光の日々

思うとおり走れなくなっても

引退を決意しても

また笑顔に戻れるように

これが粒子線治療だ！



兵庫県立粒子線医療センター たつの市新宮町光都1-2-1

- 2001年4月に開院
- 自治体病院として初
- 陽子線と重粒子線で治療が可能(世界初)
- 限局性固形がんに対し先進医療として粒子線治療を施行
- 7539症例を治療(2016年3月末)



粒子線で治療できるがん

平成28年4月から、粒子線治療は一部の悪性腫瘍に対して保険適用となり、その後の保険については、日本放射線腫瘍学会が作成した疾患別統一治療方針に基づいて、引き続き先進医療として治療が行われることになりました。

- 保険診療
 - 小児腫瘍(陽子線治療のみ)、切除困難な悪性脳腫瘍(陽子線)、肺癌、骨転移などの悪性腫瘍に発生する腫瘍、重粒子線治療のみは保険適用となりました。
- 先進医療
 - 学会が定めた適応症と先進医療一治療方針に基づいて、引き続き先進医療として治療が行われます。
 - ※ 適応症の詳細は、日本放射線腫瘍学会のホームページをご覧ください。

県センターの治療実績(2016年3月末現在)治療がんの総数

腫瘍種別	数	計	額	前払額	保険額	その他	総額	
	965	693	1,403	533	2,427	315	1,210	7,541



粒子線の種類

質量比 1 : 1840 : 22080
電子 陽子 炭素

治療に使う粒子線

- ☑ 陽子線
- ☑ 炭素線

炭素線≒重粒子線

放射線治療とは？

X線

粒子線

DNA切断

がん細胞死

粒子線治療の特徴1

X線 粒子線

DNA切断力が強い

生物学的効果比 (RBE) ↑

X線	1.0
陽子線	1.1
重粒子線	2~3

粒子線治療の特徴2

ブラッグピーク

SOBP (拡大ブラッグピーク)

10MV X線

150MeV陽子線のブラッグピーク

腫瘍

- ☑ 腫瘍部ピーク
- ☑ 腫瘍後方ゼロ

粒子線治療の特徴2

腸骨骨肉腫に対する線量分布

粒子線は体内で止まる！

粒子線治療の特徴2

- ☑ 照射回数を減
- ☑ ビームStop

有害事象 ↓

線量 ↑

X線IMRT 陽子線治療

粒子線治療の特徴3

質量比 1 : 1840 : 22000
電子 陽子 炭素

陽子・炭素は重い
加速には巨大装置が必要
高コスト

一見似ているが全く違う装置

X線治療装置 粒子線治療装置

スタート

ゴール

ゴール

粒子線治療装置全体図(兵庫)

陽子のスタート

炭素のスタート

ゴール

肝細胞癌に対する
放射線治療

肝細胞がんの放射線治療

- ・定位X線治療 (SRT)
 - ☑ 単発、5 cm以下で保険収載
- ・粒子線治療 (陽子線、重粒子線)
 - ☑ 先進医療

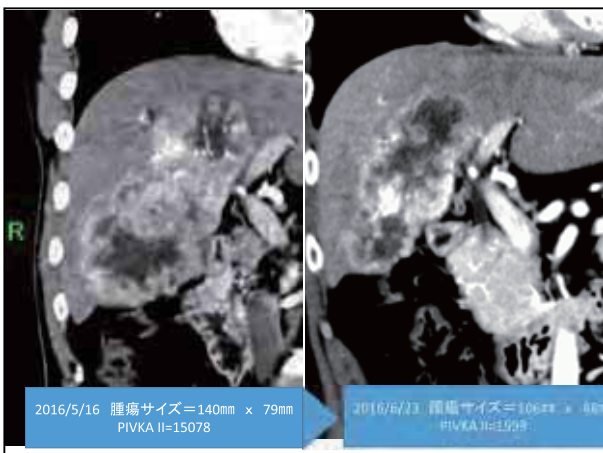
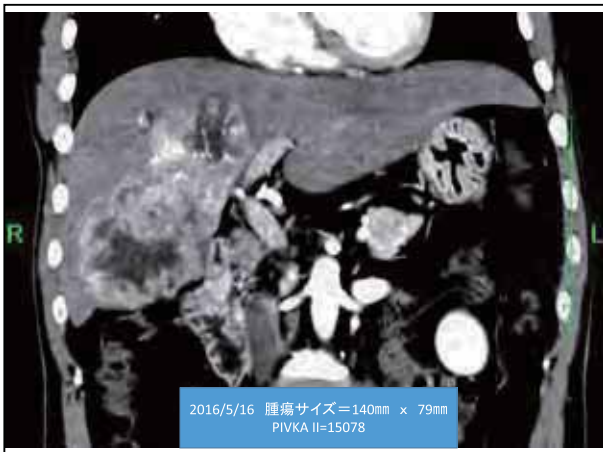
肝癌研究会でのコンセンサス

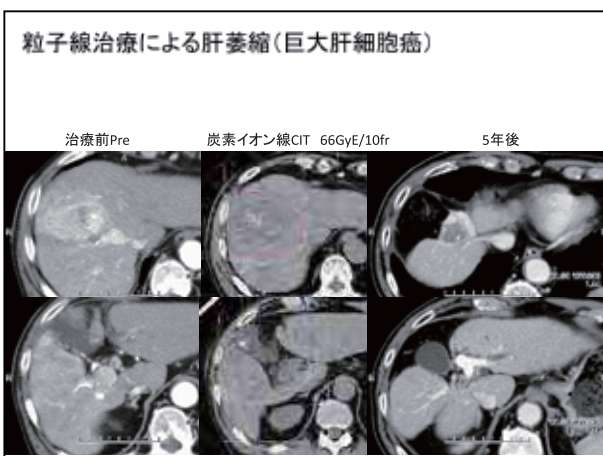
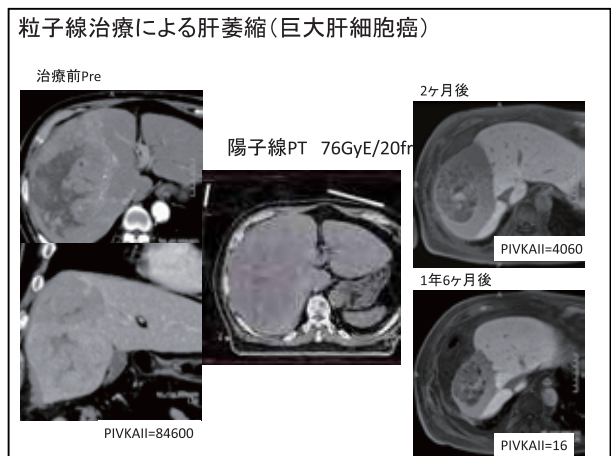
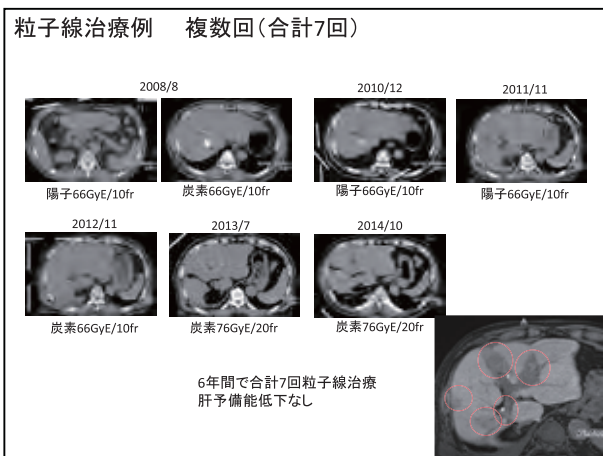
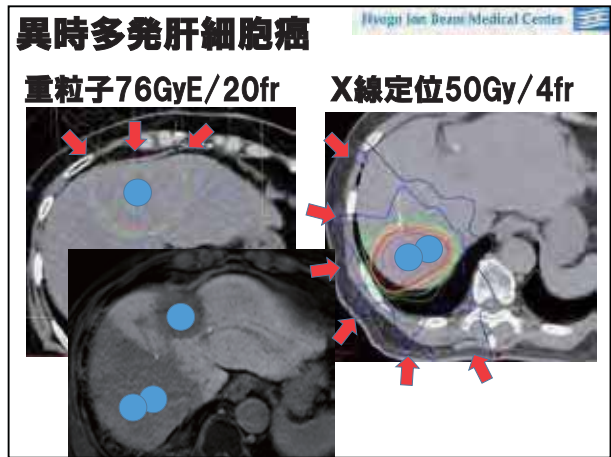
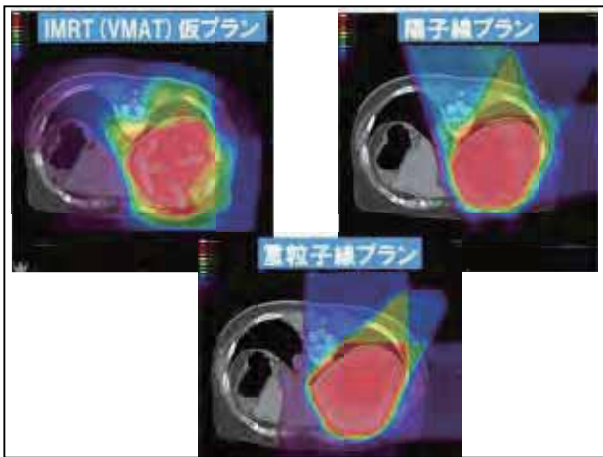
- ・X線治療は2cm以下が好ましい (保険上は単発の5cm以下)
- ・粒子線は巨大腫瘍、脈管腫瘍栓に良い適応、繰り返しの治療が可能

肝癌診療マニュアル

- 陽子線治療は門脈塞栓例、IVC内腫瘍栓例に関しても治療可能
- 陽子線治療の適応は、RFA困難、高齢などで既存の局所療法が困難、限局的なPVTT、静脈内腫瘍栓例などである
- 陽子線、重粒子線の治療は従来の放射線治療より効果的かつ安全で耐用性に富み、繰り返し治療可能
- 粒子線治療はまだ保険適応になっていない

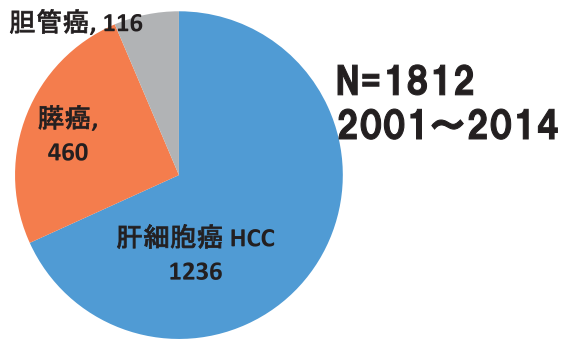
肝細胞癌に対する 粒子線治療



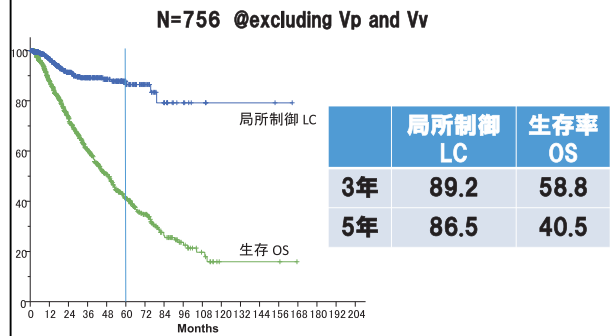


肝細胞癌の治療成績
 兵庫県立粒子線医療センター

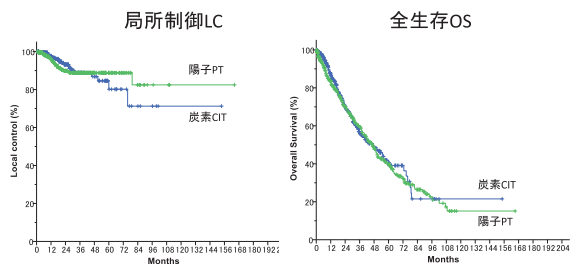
HCC, Bile duct ca., Pancreatic ca. in HIBMC



LC and OS (HCC)

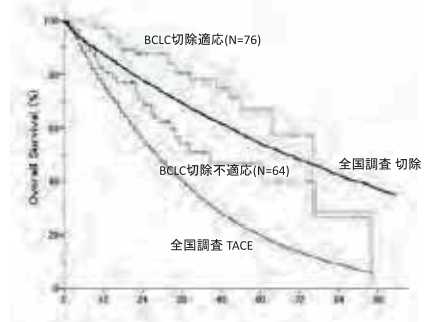


Proton vs Carbon ion



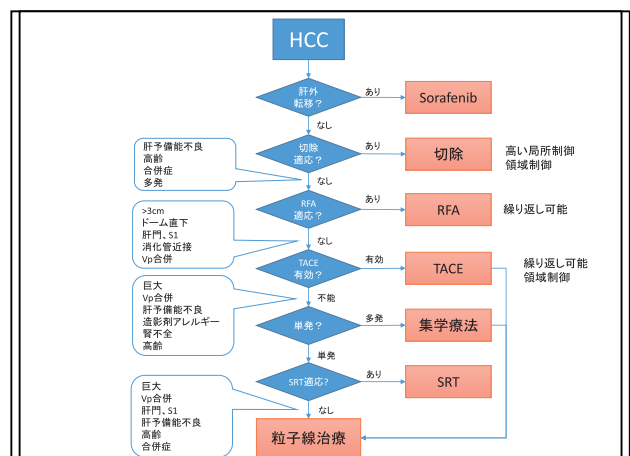
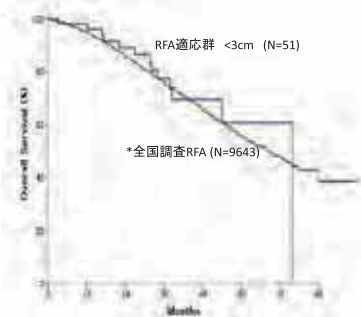
肝切除適応別

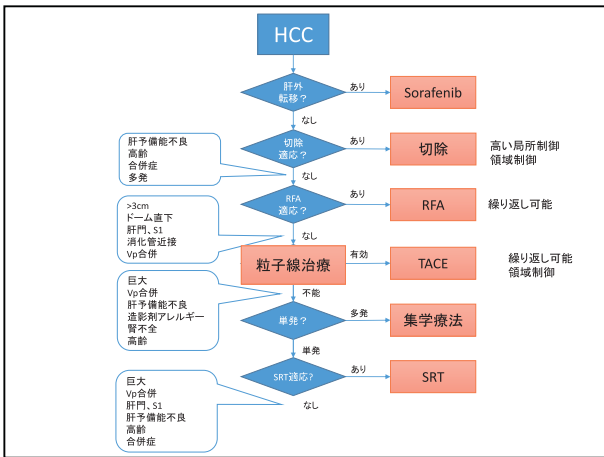
第18回全国原発性肝癌追跡調査報告・特別集計項目「切除」の生存率との比較



RFA適応群(N=51)(腫瘍径≤3cm)

第18回全国原発性肝癌追跡調査報告・特別集計項目「RFA」の生存率との比較





緩和的放射線治療 Palliative radiation therapy

兵庫県立がんセンター
放射線治療科
副島俊典



最初に少し、がんの三大治療；通常

- 手術療法
- 放射線療法
- 化学療法

がんの三大治療；態度

- 手術療法
- 放射線療法
- 化学療法

がんの三大治療；本当は

- 手術療法
- 放射線療法
- 化学療法

がんの三大治療；本当は

- ほとんどの固形がんは治すためには手術か放射線治療をしなくてはならない。
- がんの中で**4割**が手術主体の治療で治る、**1割**が放射線治療主体の治療で治る。
- 治す確率を化学療法は増やす。
- 化学療法単独は基本延命治療。

放射線治療は

根治治療（治すための治療）で重要な役割を担うが、緩和医療の中でも重要。

緩和医療における放射線療法の役割

- 骨転移の疼痛の**80%**が放射線治療で改善される。
- 脳転移の症状も**60% - 80%**で改善される。
- 胸部腫瘍における上大静脈症候群にも有効とされている。
- 緩和医療においても放射線治療は有効。

最期の9ヶ月間に緩和照射をうける割合

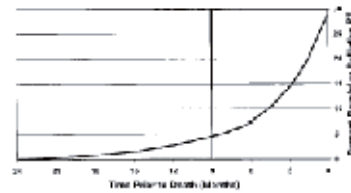


Fig 7. Time between the final course of palliative RT and death. Monthly between final date after palliative RT was received with palliative RT and death date (as observed by axis on right side of horizontal axis). Start of terminal period is denoted on 9 months by vertical line.

Grace et al. *JCO* 2001; 19:3323-3332

緩和的放射線治療

- 疼痛制御（骨転移、肺癌による胸痛、腫瘍の神経根や軟部組織への浸潤）
- 止血（血痰、膣出血、直腸出血・・・）
- 腫瘍による潰瘍や腫瘍の制御
- 閉塞の改善・予防（気道、食道、直腸・・・）
- 症状の原因となっている腫瘍の縮小（脳転移、皮膚転移・・・）
- 腫瘍学的緊急症（脊髄圧迫、上大静脈症候群）
(Berger, et al. *Principles and practice of palliative care and supportive oncology, 2nd-ed., 2002: Chap. 49, Palliative Radiation Therapy*)

Courtesy by Wakako Shimizu (Kimizu Central Hospital)

放射線治療を要する腫瘍学的緊急症

- 脊髄圧迫
- 上大静脈症候群
- 致死的な下気道閉塞
- 致死的な出血
- 放射線感受性のある腫瘍による視覚障害を伴った眼球圧迫
- 末梢神経障害
- 致死的な腎機能障害（腎への浸潤、尿路閉塞）
- 薬剤で制御しきれない高カルシウム血症
- 治療予定の腫瘍の急速な増大

(Berger, et al. *Principles and practice of palliative care and supportive oncology, 2nd-ed., 2002: Chap. 49, Palliative Radiation Therapy*)

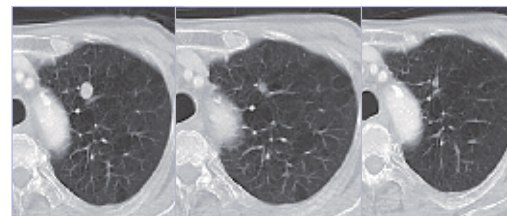
Courtesy by Wakako Shimizu (Kimizu Central Hospital)

転移性骨腫瘍とは

- 骨転移は癌患者の**70%**以上に起こるとされる。
- 症状は、
 - ①疼痛= **75%**の患者で主症状
 - ②病的骨折
 - ③脊髄圧迫
- 患者の**QOL**を著しく低下させる原因のひとつ
- 脊椎、骨盤骨、肋骨、胸骨、大腿骨、上腕骨・骨幹部、頭蓋骨など
- 赤色骨髄の多い場所で頻度が高い。

Courtesy by Wakako Shimizu (Kimizu Central Hospital)

緩和的放射線治療のお話を他科の先生にする場合いつもここからします。



照射後4ヶ月

照射後10ヶ月

骨転移が脊髄に浸潤して、脊髄圧迫症状がでてきたら。

- ・ 緊急照射の適応とされている。
- ・ できれば**48時間**以内に治療を行うようにしている。
- ・ 不全麻痺なら**20%**から**70%**の症例で歩行可能になる。
- ・ 完全麻痺なら歩行可能になるのは**10%**以下。

脊髄圧迫の症状

症状	初発症状(%)	治療開始時(%)
疼痛	95	84
運動障害	8	76
感覚障害	5	58
膀胱直腸障害	0	49
無症状	8	1

Courtesy by Wakako Shimizu (Kimizu Central Hospital)

骨転移が脊髄に浸潤して、脊髄圧迫症状がでてきたら。

- ・ 一般に整形外科的治療と放射線療法の改善率は同等といわれている。両方を組み合わせてやった方が症状改善率は高いといわれる。
- ・ 全身状態が悪ければ**1回 (8グレイ)** 照射も有効。**10回照射 (30グレイ)** も同等の効果といわれる。

四肢骨への骨転移に対する放射線療法

- ・ 病的骨折の予防に有効。
- ・ 荷重骨（下肢）は歩行に影響するので特に重要。
- ・ ひねりの動作、急な動きをさけるように指導する。
- ・ 整形外科的治療との併用を考慮。

ここで放射線療法についての質問メールから

腎癌全身多発転移 眼窩部転移

- ・ そして、先日撮影したMRIで腫瘍が共に少し大きくなっているらしいこと。今までの経緯から、おそらく腎癌の転移である...という説明を受けました。現在は目の症状(前述の症状や物が二重に見える)と、顔左半分の三叉神経系の症状(顔や舌がジンジンしびれる感じ、歯が浮く感じ)が少しずつ進行している状態です。視力や視野は今のところ大丈夫なようですが、本人はかなり不快なようです。しかしこういった症状を改善する薬は無いということでした。

ここで放射線療法についての質問メールから

腎癌全身多発転移 眼窩部転移

- ・ 「もっと深刻な症状が出た場合には思い切った治療ができるが、視力が正常な今、失明のリスクを考えるとやはり経過観察」
- ・ 「仮に一部を取り除いたり放射線を当ててもあまり意味が無い」
- ・ 「この腫瘍の状態では外科的にも放射線でも視神経を傷つけずに取り除ける医者は世界中探してもいないと思う」

ここで放射線療法についての質問メールから

- ・ 症状改善目的で放射線治療を行っても良いようにも思います。症状改善する確率は高くないかもしれない、とは思いますが（特に腎癌は放射線療法は効きにくいですし）、0ではないです。視力障害は視神経への線量をきちんと評価して治療すれば、それほど多い確率でおこるものではないようにも思えます。ただ、画像を見ていませんので、何とも言えません。
- ・ また、放射線治療のことは放射線治療医に聞いていただければ、と思います。

放射線治療医

- ・ 放射線治療医 = 放射線腫瘍医 放射線治療
- ・ 腫瘍内科医 抗癌剤
- ・ 腫瘍外科医 手術

- ・ 放射線科
 - 放射線治療医
 - 画像診断医
 - **IVR** ; 画像診断手技を用いた治療的介入を行う

ここで放射線療法についての質問メールから

- ・ 65歳、4期の肺腺がん。PSは0で仕事継続中、脳転移はガンマナイフ（3度）でCR、イレッサPDとなりカルボプラチン+パクリタキセルで治療中です。
- ・ 直近のCTでは胸膜側軟部陰影が残存するのみ、肺門や縦郭リンパ節腫大は完全に消退との結果でした。
- ・ 続いてのPETCTでは、全身に悪性腫瘍を示唆する異常集積は認めないとの結果でした。

ここで放射線療法についての質問メールから

- ・ 現状で放射線治療は考えられないでしょうか？
- ・ かかっている病院の放射線科で何度か相談してみましたが、肯定的な意見は得られませんでした。化学療法で良い結果が出ているので今やる必要はない、再燃したときでいい、とのことでした。

ここで放射線療法についての質問メールから

- ・ メリット ; 肺縦隔の再発をおさえるかもしれない。
- ・ デメリット ;
 - 肺縦隔の再発をおさえることを証明した報告はない。
 - 放射線による合併症（放射線肺炎など）をおこす可能性がある。
 - できれば再発する確率の高い部位を放射線療法で治療したいが、その場所を正確に特定することはできない。従ってもし運悪く再発した場合に今回放射線療法を行ったために再発時に放射線療法を行えなくなる場合がある。

ここで放射線療法についての質問メールから

- ・ メリットとデメリットの説明、よく理解できました。
- ・ 告知から現在まで、エビデンスの壁は何度も阻まれてきましたので、放射線治療に積極的でないのはエビデンスがないというだけの理由、と曲解していたように思います。
- ・ 肺がん4期ではデメリットがメリットを上回る、と考えられるのですね。

Evidence based medicine

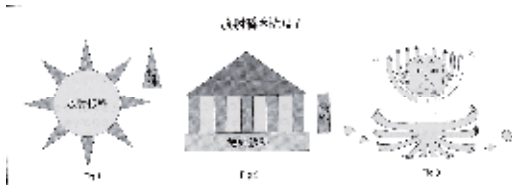
- Evidenceに基づく医療でなく
- 定義上
- Evidenceを参考にして、医師の裁量と患者の希望を勘案して行う医療

信頼できる医療関係者に会えますように

- 1) 患者のあらゆる質問に真摯に答えているか。またその能力があるか。
- 2) きちんと治療の選択肢とそれのおのおの特徴、長所短所をきちんと説明する能力があるか。また、患者が納得いくまで付き合おうと言う意思があるか。
- 3) 最新の英文の論文を読むなど、きちんと勉強しているか。
- 4) 人格。しいて言えばあなたとの相性。

ガン病棟からの脱出

<http://yamai.org/hospital/home.htm>



求められる放射線科医 (副島が求める?)

- 他科に評価される。
- Co-medicalとのつきあいも大切
 - »人間関係をうまく作れる。
 - »人間が好き
- 良い放射線科医の素質の中で最も大切なものは人間性

ちなみに副島は

- 入ってからが重要
- 臨床医になってからの頑張りが重要

良いお医者さん、医療関係者になっ
てください



<参考資料 4>

特別講演 講演資料

①がん医療をリードする放射線医学

神戸大学
大学院医学研究科 放射線医学分野
杉村和朗

がん医療をリードする放射線医学

平成28年度放射線医学オープンスクール

神戸大学 杉村和朗

2016年8月24日 チサンホテル神戸

さっそくですが、クイズです

日本人の○人に1人が、生涯で何らかのがんになると言われています。

こたえ

日本人の約2人に1人が、生涯で何らかのがんになると言われています。

2008年の累積癌罹患リスク

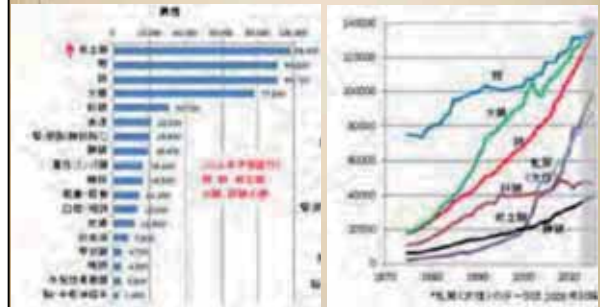
(一生のうちに、がんと診断される確率)

全がん 男性58%、女性43% 上昇傾向

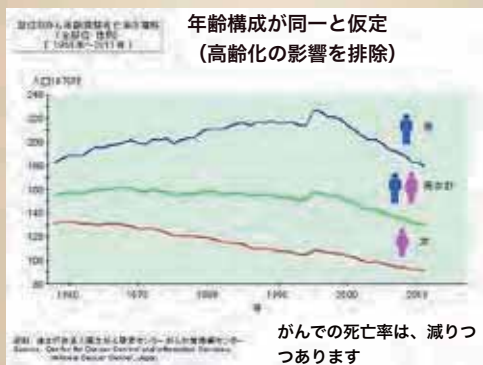
2002年は 51%、 39%

一番の原因は、高齢化と言われています。

男性 がん罹患数



がん 年齢調整 死亡率



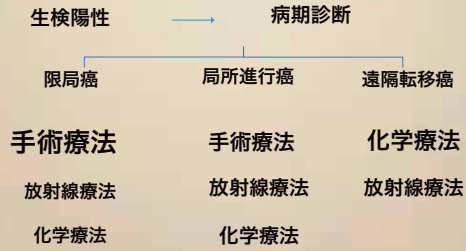
がんを小さいうちに見つけると治癒しやすい

進行度を4段階に分けた時の、5年生存率(%) 1が最も早期

	肺癌	結腸癌	直腸癌	全癌
1	71.7	89.0	89.5	83.9
2	38.3	79.1	78.6	73.5
3	18.6	69.0	64.6	43.8
4	4.3	13.7	14.5	15.9

公益財団法人 がん研究振興財団 がんの統計'11

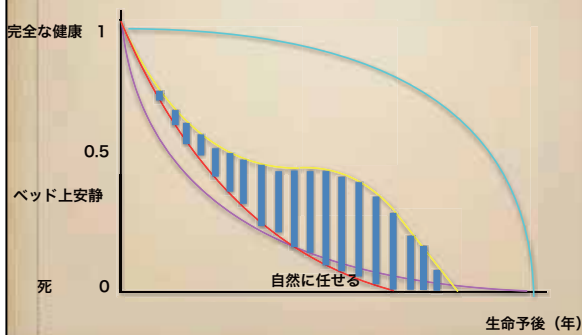
多くの固形癌では病期診断に基づいて
初期治療方針が決定される



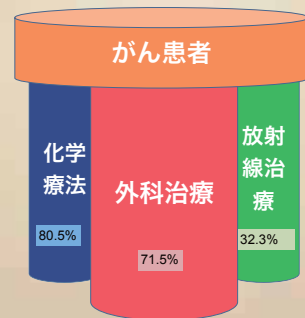
低侵襲外科：ダ・ヴィンチを用いた手術



QALYs (生活の質で調整した生存年)

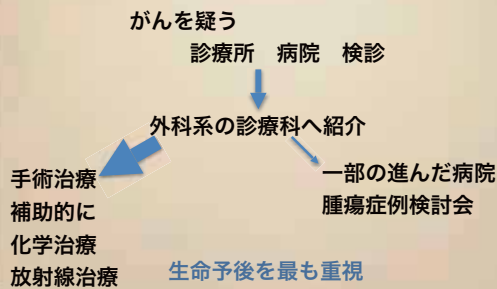


-日本のがん治療-

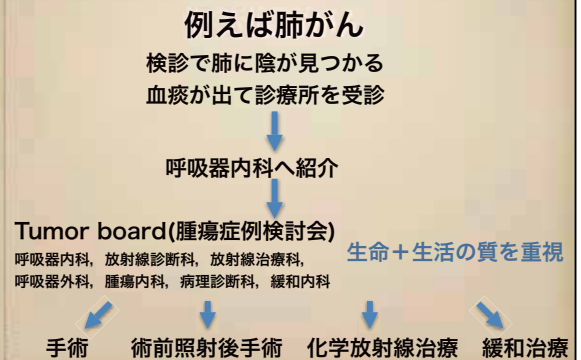


(平成22年度 がん対策評価・分析事業)

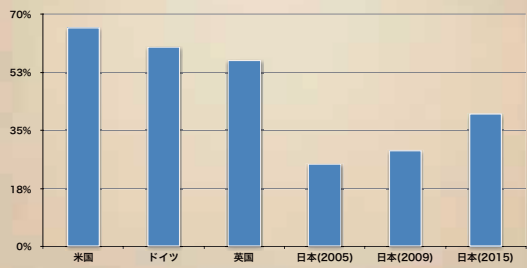
-今まで日本のがん治療-



-これからの日本のがん治療-



がん患者の内放射線治療（併用も含む）
を実施している患者割合



第三回がん対策推進協議会資料(2007年5月)
地域がん登録全国推計(2006), 日本放射線腫瘍学会構造調査(2009)

小さく見つけて

痛くなく、安全に、高精度で治す

低侵襲がん医療

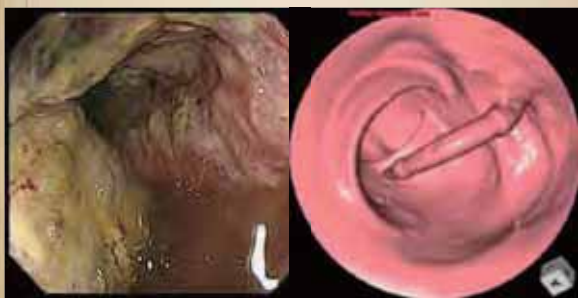
X線CT, PET-CT (神戸低侵襲がん医療センター)



MDCTによって得られるvolume data



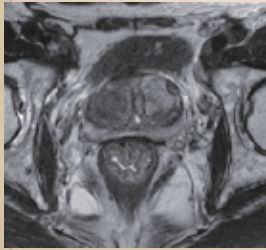
バーチャル 大腸ファイバー



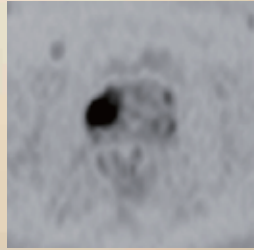
大腸ポリープ



前立腺癌

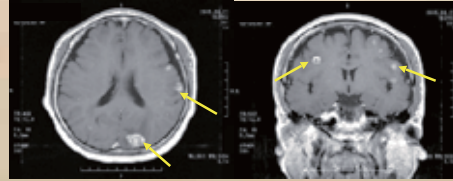


T2強調像

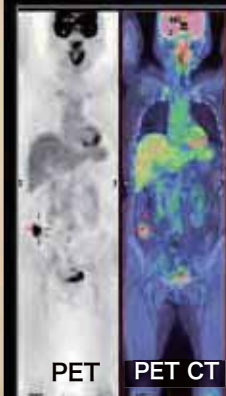


拡散強調像

多発性脳転移（肺癌術後）



FDG PET-CTの癌診断における有用性



PET PET CT

肺に集積あり

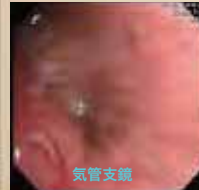
上行結腸に一致した
集積



大腸癌・肺転移

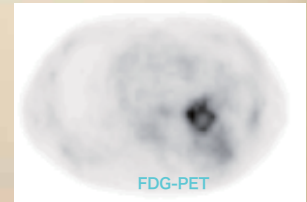


造影X線CT



気管支鏡

肺癌



FDG-PET

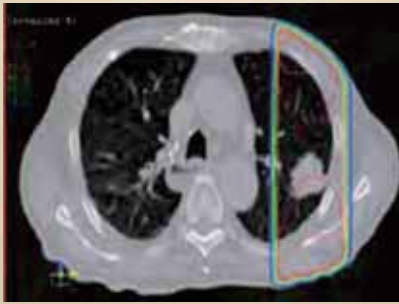
やさしく治す

切らない、痛くない

放射線治療の進歩

- 30年前はコバルト治療。エネルギーが低く、照射技術も不十分。もともと治せる治療ではなかった。
- 10年ほど前から、機器が急速に進歩。放射線のがんに集中することが可能。
- 治療効果の向上と副作用の低減
- 多くのがんで外科治療と同等ないし同等あるいはそれ以上の治療成績

前後対向2門照射



X線シミュレーションによる二次元治療計画

放射線肺臓炎



4ヶ月後

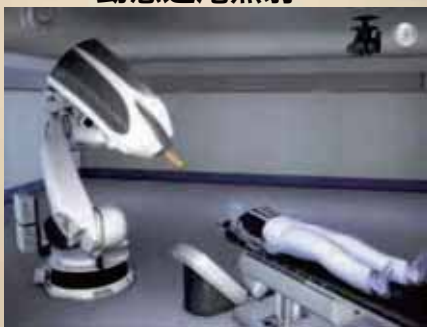
神戸低侵襲がん医療センターに 備えられている放射線治療機



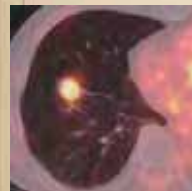
サイバーナイフ



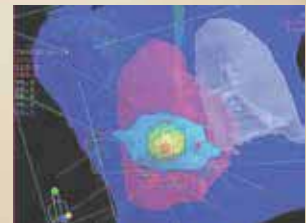
定位放射線治療 動態追尾照射



高精度放射線治療

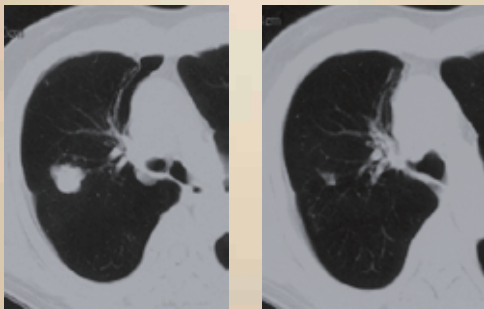


FDG-PET



三次元照射

定位放射線治療 48Gy/4回/4日間

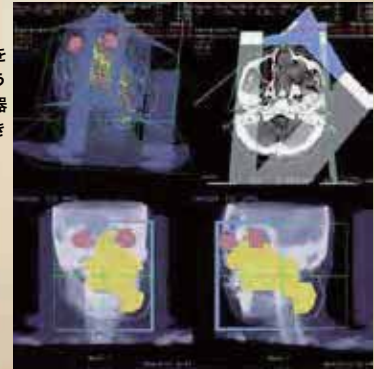


治療前

1年後

3次元治療計画装置

X線CT, MRI, PETを駆使して、3次元治療を行う複雑な形態、周囲に重要臓器があっても安全に治療ができる



保険診療で治療できる

肺がん：手術と定位照射の比較 同一臨床病期の5年生存率

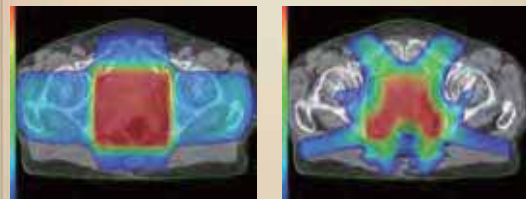
	Mountain (手術)	国立がん センター (手術)	全国調査 (手術)	全国調査 (定位照 射)
臨床病期IA	61%	71%	77%	77%
臨床病期IB	40%	44%	60%	68%

多施設研究の結果

IMRT トモセラピー

従来法

IMRT



従来法よりも IMRT で、病変形状に集中する形で照射できていることが分かる。前立腺や頭部のように、呼吸や心臓の動きに影響されないがんに役立つ。

食道がんの化学放射線療法

治療前



30Gy 後



60Gy 後

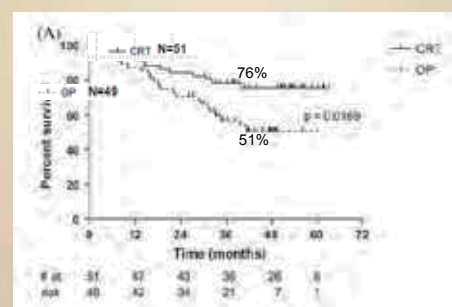


治療完了

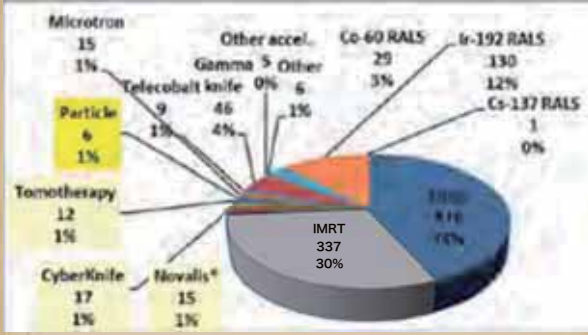


食道がん

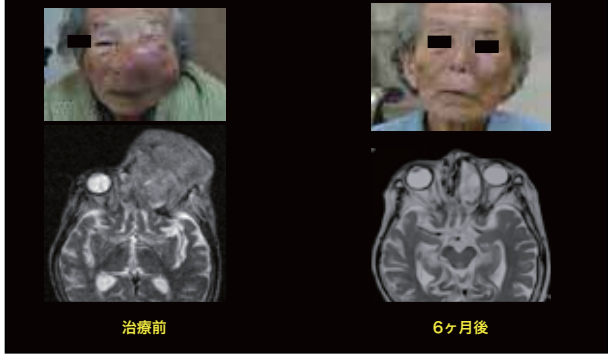
化学放射線療法 v.s. 手術



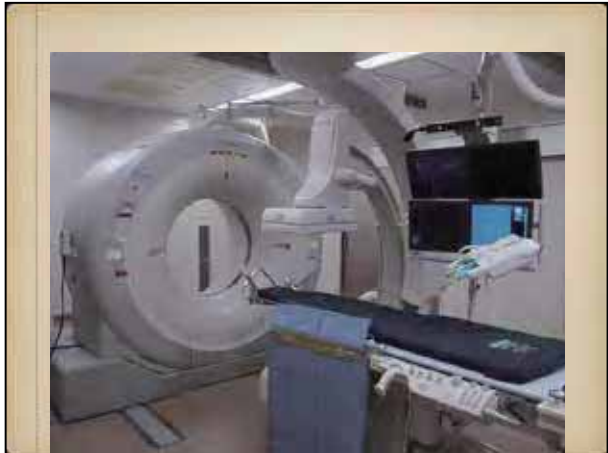
2009年 放射線治療装置(1167台)
2013年 放射線治療専門医 (1019人)



難治癌に対する粒子線治療
83歳 女性 上顎がん

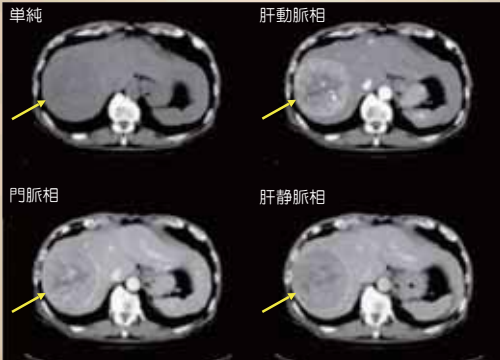


IVR カテーテル治療



X線 CT

造影剤を注射してがんを養っている血管を捜す

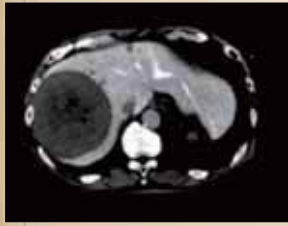


肝動脈塞栓術

がんを養っている血管を詰める



がんを養っている血管を兵糧攻めにする

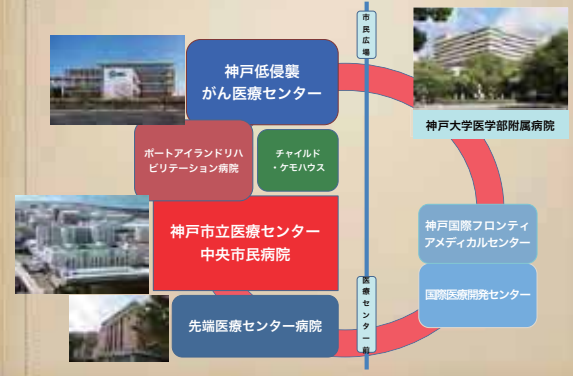


治療前のCT



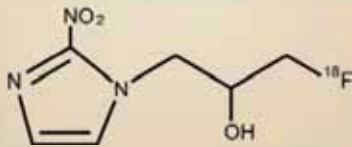
カテーテル治療後のCT

神戸メディカルクラスター

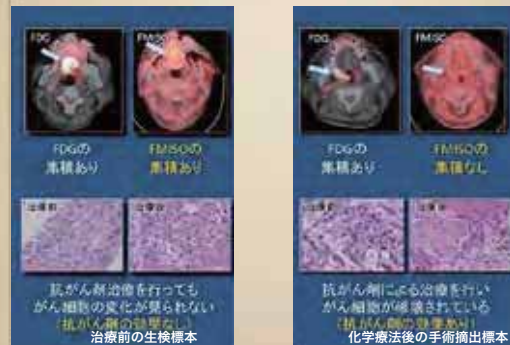


¹⁸F-フルオロミソニダゾール (FMISO)

(低酸素状態の腫瘍に集まるPET薬剤)



先端医療センターにおける新たな試み 中咽頭癌： FDGとFMISO



先端医療センター千田道雄博士ご提供

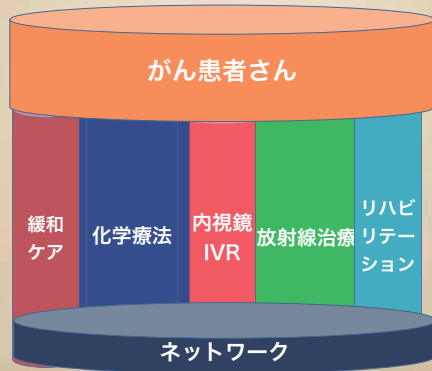
がんリハビリテーション



緩和ケア



神戸低侵襲がん医療センター



まとめ

2人に1人ががんに罹患し、3人に1人ががんで亡くなる時代

がんの患者には診断、治療共に優しく生活の質(QOL)を大切にした低侵襲医療が不可欠

放射線医学の急速な進歩で早期発見(がん検診)、正確で優しい治療(放射線治療, IVR)が可能な時代

神戸低侵襲がん医療センターで行っているような低侵襲治療は、高齢化社会においてがん治療の中心になってくる

<参考資料 5> 入手資料一覧

○三菱電機株式会社

- 「三菱電機 電力システム製作所」(会社案内)
- 「三菱 粒子線治療装置」(製品概要)
- 「三菱電機 粒子線治療装置」(リーフレット)

○神戸低侵襲がん医療センター

- 「神戸低侵襲がん医療センター」(施設案内)
- 「小さく見つけて やさしく治す がん検診」(リーフレット)
- 「サイバーナイフのご紹介」(説明資料)
- 「トゥルービームのご紹介」(説明資料)
- 「トモセラピーのご紹介」(説明資料)
- 「神戸低侵襲がん医療センターにおける健診実績平成 26・27 年度」(説明資料)
- 「神戸低侵襲がん医療センターでの AICS 検査結果」(説明資料)
- 「もうがんは怖くない！」(説明資料)
- 「アミノインデックスがんリスククリーニング」(リーフレット)
- Hello Doctor No.74 より
- 読売新聞社発行 病院の実力より

以 上

明日への人材を育てる企業一覧

<敬称略・五十音順>

広告協賛企業

- ・ 株式会社島津製作所
- ・ 東芝メディカルシステムズ株式会社
- ・ 東洋メディック株式会社
- ・ 株式会社日立製作所
- ・ ブレインラボ株式会社
- ・ 三菱電機株式会社
- ・ ユーロメディテック株式会社

寄附金協賛企業

- ・ 安西メディカル株式会社
- ・ ユーロメディテック株式会社
- ・ 大阪重粒子線施設管理株式会社

ターゲットの動きを捉え ピンポイント照射を支援



これまで難しいとされていた、呼吸等で動きを伴う臓器にある腫瘍に対しピンポイントでの放射線治療を支援する、SyncTraXが誕生しました。

腫瘍近傍に留置した金マーカーを追跡し、マーカーが設定領域内にある時のみ放射線治療装置に照射信号を送ることで、照射体積を1/2~1/4に低減します。

“待ち伏せ”照射を可能にした、
待望の放射線治療装置用動体追跡システムです。

※本システムには放射線治療装置は含まれません。

SyncTraX

放射線治療装置用動体追跡システム 製造販売承認番号：22500BZX00105000



TOSHIBA



Oncology Total Solution

高度な治療を支援する一歩先のソリューションへ

東芝メディカルシステムズは、様々な環境に応じた
オンコロジートータルソリューションをご提案します。

【東芝 & エレクタ放射線治療研修センター (RTTC)】

放射線治療装置 (Elekta Synergy®) を配備し、
実際に治療ビームを出力しながら研修ができる
国内初の施設です。実機を使用した以下のような
トレーニングコースを開催しています。

- オペレーショントレーニング
- ビーム測定に関するトレーニング

東芝は、安心・安全な「質」の追求、放射線治療の「研修の場」を提供していきます。



東芝メディカルシステムズ株式会社

本社 〒324-8550 栃木県大田原市下石上1385番地
<http://www.toshiba-medical.co.jp>

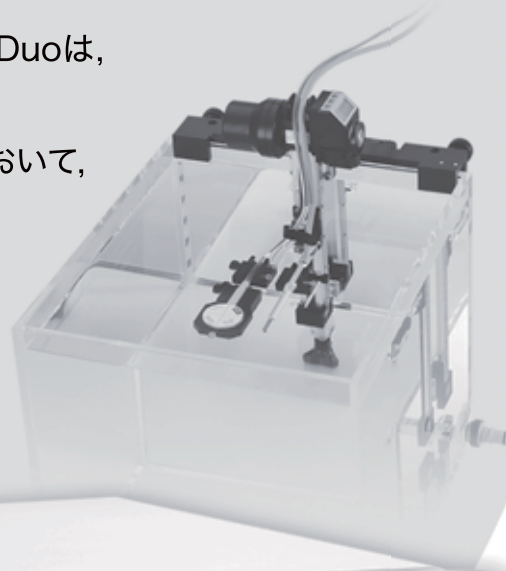
販売名: Versa HD リニアックシステム 承認番号: 22600BZX00282000
販売名: エレクタ インフィニティ 承認番号: 21800BZY10153A01
販売名: エレクタ シナジー 承認番号: 21800BZY10153000
販売名: エレクタ シナジー プラットフォーム 承認番号: 21600BZY00586000
販売名: プリサイストリートメントシステム 承認番号: 21300BZY00068000
製造販売業者名: エレクタ株式会社

線量計の理想へ。 「RAMTEC Duo」誕生。

リファレンス線量計 RAMTECシリーズの第四世代機、
RAMTEC Duoが誕生しました。

独立したアンプを2台搭載したRAMTEC Duoは、
2Ch同時測定を実現。

高エネルギー放射線の水吸収線量計測において、
外部モニタ電離箱を用いながらの
フィールド電離箱の相互校正に対応する、
まさに理想の線量計です。



東洋メディック株式会社

本 社：〒162-0813 東京都新宿区東五軒町2-13
TEL. (03) 3268-0021 (代表) FAX (03) 3268-0264

<http://www.toyo-medic.co.jp/> E-mail info@toyo-medic.co.jp

大 阪 支 店：〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀1-25-7
TEL. (06) 6441-5741 (代表) FAX (06) 6441-5745

福 岡 支 店：〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵2-2-40
TEL. (092) 482-2022 (代表) FAX (092) 482-2027

支店・営業所：名古屋・札幌・新潟・仙台・岡山



日立陽子線がん治療システム — 陽子線治療システム PROBEAT-RT —

医療機器承認番号: 22600BZX00068000

スポットキャンニング照射に特化した陽子線治療システム

動体追跡照射により体幹部の呼吸移動性臓器へ精度良く照射

陽子線治療システム全体の設置面積を約7割に縮小※

(※比較対象製品: 陽子線治療システム PROBEAT-III)

快速計画

高精度放射線治療計画装置

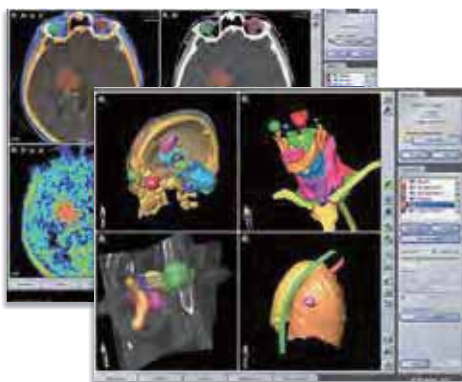
iPlan®

iPlan は定位放射線治療や強度変調放射線治療 (IMRT) のプランニングを優しくサポート。

病変部の特定や危険臓器の輪郭の作成、線量計算などを簡単な操作で実現します。

病変部・危険部位抽出ソフトウェア

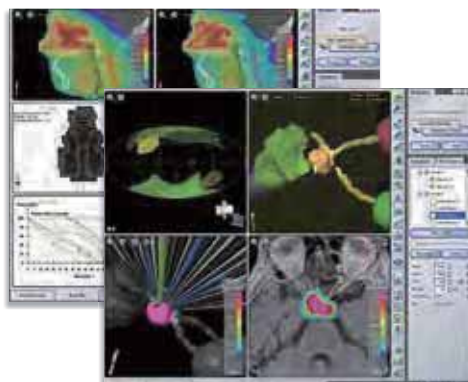
iPlan® RT Image



- 定位ローカライザー対応
- 洗練された Image Fusion
- Automatic Segmentation による自動輪郭作成に対応

線量計算ソフトウェア

iPlan® RT Dose

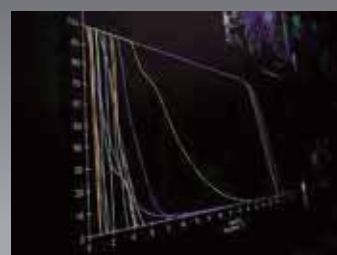
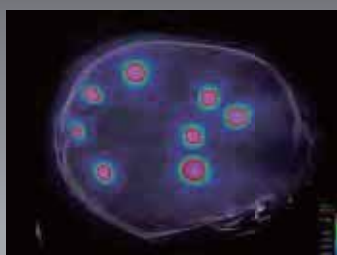


- 多彩な治療計画に対応
- X 線モンテカルロ法に対応
- 強度変調放射線治療 (IMRT) に対応

多発性転移性脳腫瘍治療専用 治療計画ソフトウェア

Multiple Brain Mets SRS

Single isocenter & Multi Dynamic conformal arc inverse planning software



 **BRAINLAB** www.brainlab.com

ブレインラボ株式会社

〒108-0023 東京都港区芝浦 3-2-16 田町イーストビル 2F

TEL. 03-3769-6900 FAX. 03-3769-6901 jp_sales@brainlab.com

製品の仕様は予告なく変更されることがあります。

販売名: iPlan ステーション

iPlan RT Dose

Multiple Brain Mets SRS

医療機器承認番号: 22000BZX01548000

医薬品医療機器等法の経過措置品

医薬品医療機器等法の経過措置品



家庭から宇宙まで、エコチェンジ。

MITSUBISHI
ELECTRIC
Changes for the Better

変える。 三菱電機

放射線治療の最先端、粒子線照射。
体内奥の病巣のみをピンポイントで捉える技術が、
次世代の医療を変える。

メスを使わないため痛みが少なく、生活の質を維持しやすいとされる放射線治療。その中でも近年特に注目されているのが、粒子線照射による方法です。それは、体内奥の病巣へピンポイントで粒子を照射することにより、周囲の正常な細胞への影響を抑えられる治療方法です。三菱電機は、粒子を秒速20万キロ（光速の約7割）まで加速させるシンクロトロンや、制御に関する多くのノウハウを基に粒子線治療装置の業界をリード。これからも先端技術を駆使し、新しい医療機器の開発に貢献していきます。



粒子線治療装置（照射室）

三菱電機は「グローバル環境先進企業」へ

No. 82

粒子線照射技術



詳しい情報はこちらからご覧いただけます。▶

◎この広告のビジュアルは、合成によるイメージです。 ◎この広告についてのお問い合わせは、adv.webmaster@rf.MitsubishiElectric.co.jpまたはFAX.03-3218-2321（宣伝担当）まで。

三菱電機株式会社



align[®]

光学的患者ポジショニングシステム

安全 効率的、そして快適に
全ての患者、全ての照射、全ての治療に

- ✓ 患者セットアップのスピードと精度を保証
- ✓ 1mm以下の精度でリアルタイムに位置トラッキングが可能
- ✓ 非侵襲で被ばくも無く、マーカが不要な光学システム
- ✓ 定位照射や乳房照射など多用途で利用可能

医療機器製造販売承認番号 22300BZI00014000
販売名 Align RT Plus (アライン・RTプラス)

visionrt

North American Sales
8840 Stanford Blvd, Suite 3200, Columbia, MD 21045
T: 866 594 5443 F: 443 769 1558 Email: sales@visionrt.com

Corporate Headquarters
Vision RT Ltd, Dove House, Arcadia Avenue, London N3 2JU, UK
T: +44 20 8346 4300 F: +44 20 8346 4634

Email: sales@visionrt.com Website: www.visionrt.com

販売元

Euro Meditec
ユーロメディテック株式会社

〒141-0022 東京都品川区東五反田2-20-4 NOF高輪ビル
TEL 03-5449-7585 FAX 03-5449-0234
<http://www.euro-meditec.co.jp/>

「平成28年度放射線医学オープンスクール報告書 ～最先端技術にふれる～」

発行：公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 7-16 ニッケイビル 5 階
TEL 03(5645)2230 FAX03(3660)0200
HP： <http://www.antm.or.jp/>
E-mail： info@antm.or.jp

