

～人にやさしい放射線医療～

「原子力(放射線)利用技術の医療への貢献」

《第7回 医用原子力技術研究振興財団 講演会》

講演要旨集



山寺立石寺経納堂

日時/平成22年11月13日(土)

場所/山形テルサ テルサホール

■主催/(財)医用原子力技術研究振興財団 ■共催/山形大学 (社)山形県医師会

<http://www.antm.or.jp/>

■後援/文部科学省 厚生労働省 原子力委員会 山形県 山形市 山形市医師会 日本医学放射線学会 日本放射線腫瘍学会
国立がん研究センター 癌研究会 放射線医学総合研究所 がん患者団体支援機構 東北原子力懇談会
日本アイソトープ協会 日本原子力産業協会 NHK山形放送局 ラジオ日本 山形新聞・山形放送 さくらんぼテレビジョン
テレビユー山形 山形テレビ



黄色い葉は痛くない、切らない、簡単な3つを表しています。
緑の葉はやさしい治療を表しています。
「Quality of Life」というコピーは、
放射線治療がQOL（Quality of Life）の向上に大きく寄与し、
がん治療の新しい時代を切り拓いて行くという決意を表しています。

第7回 医用原子力技術研究振興財団講演会 開催趣旨

当財団は、原子炉や加速器等から発生する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並びに診断等、医用原子力技術の研究を推進するとともに、その普及を図ることにより、科学技術の振興を図り、もって人類の福祉向上に寄与することを目的に設立されました。

当財団では、原子力（放射線）利用技術の医療分野への貢献が国民生活に身近なものであることを内容とした「人にやさしい放射線医療」をテーマとして、放射線画像診断、高度 X 線治療、粒子線がん治療、を平易且つ啓発的に広く一般の方々にも紹介するとともに、併せて、放射線の安全管理について解説することを目的として標記の講演会を企画しました。

放射線の利用技術が診断・治療に応用されることにより、原子力の有用性がエネルギー分野のみならず、医療の分野でも大きく認められつつあります。国民の医療福祉を実質的に向上させることを目的として開催いたします。

プログラム

市民公開講演会

《第7回 財団法人医用原子力技術研究振興財団講演会》

「原子力(放射線)利用技術の医療への貢献」

～人にやさしい放射線医療～

開催日時：平成22年11月13日(土) 13時～17時

開催場所：山形テルサ テルサホール (山形市双葉町1-2-3)

13:00～13:10 開会挨拶 医用原子力技術研究振興財団 常務理事 平尾 泰男

第一部 「がんの検診と診断技術の進歩」

座長：山形大学医学部附属病院 病院長 久保田 功

13:15～13:55 もっと胃がん検診を受けましょう 山形県庄内保健所 所長 松田 徹

13:55～14:25 乳がん検診のすすめ —やさしい乳がん検診の話—

山形大学医学部附属病院放射線診断科 助教 朽木 恵

14:25～14:55 PET 検査によるがん診断

仙台厚生病院 副院長 兼先端画像医学センター長 山口慶一郎

14:55～15:10 休憩 (15分)

第二部 「がんの放射線治療」

座長：山形大学医学部放射線腫瘍学講座 教授 根本 建二

15:10～15:50 ここまできた放射線治療 東北大学病院がんセンター長 放射線治療科 教授 山田 章吾

15:50～16:30 からだにやさしい粒子線治療 放射線医学総合研究所 理事 辻井 博彦

第三部 質問コーナー

座長：山形大学医学部附属病院 病院長 久保田 功

山形大学医学部放射線腫瘍学講座 教授 根本 建二

16:35～16:55 講師全員

16:55～17:00 閉会挨拶 山形大学 学長 結城 章夫



○がんの検診と診断技術の進歩

第一部

座長

久保田 功 先生

山形大学医学部附属病院 病院長

久保田 功 (くぼた いさお)

昭和 29 年 8 月 16 日生

本 籍： 東京都

略 歴： 昭和 54 年

山形大学医学部卒業

山形大学第一内科入局

昭和 58 年

米国ユタ大学留学

平成 5 年

山形県立中央病院内科

平成 5 年

山形大学第一内科 講師

平成 6 年

山形大学第一内科 助教授

平成 9 年

米国ハーバード大学留学

平成 12 年

公立置賜総合病院内科

平成 14 年 1 月～

山形大学第一内科 教授

平成 22 年 4 月～

山形大学医学部附属病院長 兼任

もっと胃がん検診を受けましょう

山形県庄内保健所 所長
松田 徹 先生

1. 胃がんは減ったのか？

近年、日本では肺がんによる死亡者が多くなってきましたが、胃がんによる死亡は依然として多く、年間男性約3万2千人、女性1万7千人が胃がんで亡くなっています。世界的には胃がんは東アジアに多いのですが、全世界のがんによる死亡者の2番目を占めています。最近、胃がんは少なくなったと思われがちですが、胃がんで死亡する人はまだまだ多く、山形県では男性の2位、女性の1位は胃がんです。高齢者に発生しやすいためもあり、県全体の死亡数はなかなか減りません。

2. 胃がん検診の歴史と効果

昭和30年代に宮城県で始められた胃がん検診は、間もなく山形県でも開始されました。しかし、本県では精密検査として必要な胃内視鏡検査が出来る医療機関が少なかったため、県で作った内視鏡検診バス「おおぞら号」を県医師会が運用するという連携作業で、県内の多くの地域を回って胃がん検診の発展に寄与しました。このバスは本県のがん検診の象徴です。現在では国により胃がん検診の死亡率低下についての有効性が示され、広くレントゲンによる胃がん検診が行われています。

3. 胃がん検診受診率の目標値

全国的にはがん検診受診率の目標値は50%とされてはいますが、山形県はもともと他県よりも高い水準を維持していたこともあり、受診目標を60%に設定しました。そのために市町村や企業が検診受診率拡大に熱心になってきている事にお気づきと思われれます。けれども、もっと高い受診率が得られなければ国民病たる胃がん撲滅には向かえません。理想としては40歳以上の人の殆どが受診してもらうことが必要です。ご家族、会社、地域などで、誘い合い受診の申し込みをする習慣を身につけて下さい。

4. 胃がん検診の方法と進歩

胃がん検診は何も食べずに胃をからっぽにして造影剤を飲んでレントゲン検査をするという方法で行われます。その方法は何年も変わらないのではと思われがちですが、様々な点で飛躍的な進歩がみられています。まず、飲用する量は随分減っており、以前は約200mlの飲料量が、現在では100～150mlになっています。これに伴って撮影法が変わりました。また、味もかなり飲みやすくなった事にお気づきと思います。しかし、何といても最大の変化は造影剤そのものの技術革新で、映りが格段に向上したことです。その他、最近では撮影に使う機械の変化もありますが、ほぼ皆さ

んが気づくことはありません。その他、全国的に同じレベルで実施されるように撮影方法のガイドラインが作られています。試験を通ったレントゲン技師さんが撮影を行う時代を迎えました。このような進歩は地味な分野のために、一般市民に宣伝されることはほとんどありませんが、非常に重要な点です。

5. 胃内視鏡検診は？

内視鏡を使って胃がんを診断する方法ががん検診の場に登場するかどうかについては未だはっきりしていません。胃がんの発見率はレントゲンよりも良好なのですが、胃がんの死亡率低下に果たした役割の研究結果が出たばかりです。今後、従来の検診体制に組み込むのかとか、内視鏡のためにいろいろな事故が起きた際の対応、等々準備は難航も予想されます。とりあえず、本県医師会では来るべき時代に合わせるべく準備体制を作りました。

6. ペプシノゲン法は？

胃から分泌される消化酵素であるペプシノゲンは慢性胃炎の状況を表わす指標にもなります。ヘリコバクタ・ピロリ菌などによって起こる胃の炎症は胃がんの好発母地となることから、胃がんのハイリスク者を探し出す検診が開発されてきました。しかし、これらの利用により胃がんによる死亡率を下げられるか否かの研究が不足しており、まだ受診を積極的に勧める状況にはなっていません。

7. がん検診を盛んにするために

山形県のがん検診は胃がん検診を含めて全国的にトップクラスではあるものの、せいぜい30%~40%台で、胃がんによる死亡を有効に減少させているとは言えません。最近、胃がん検診受診率向上に向けて、各市町村で新たな対策が実施されています。例えば胃・大腸がん検診へのクーポン券の発行、お米券と称し、がん検診にお得感を持たせている市や、がん検診を無料化した町、女性スタッフによるレディース検診、所用時間を1時間に限定したクイック検診など様々です。これらによる検診受診率向上策が実証され、各市町村が同様の対策を行い、著明な死亡率低下がもたらされれば幸いと考えています。その他、かかりつけ医や小学生による受診勧奨なども効果が大きいものと期待されています。また、自分の職場でがん検診のない勤労者は市町村に申し込んで受けるものだという事を市民の常識として共有していただきたいと願っています。

何年もがん検診を受けていない人、忙しくて受けられない人をいかにして検診の場に誘導するか、皆の知恵を出し合ってください。

**松田 徹 (まつだ とおる)**

略歴： 昭和 51 年 3 月 北里大学医学部卒業
昭和 51 年 4 月 山形県立中央病院 内科
昭和 53 年 12 月 同 新庄病院 内科
昭和 54 年 1 月 同 河北病院 内科
昭和 55 年 7 月 山形大学医学部第 2 内科 助手
昭和 59 年 11 月 同 第 2 内科 講師
昭和 60 年 4 月 南陽市立病院 内科 医長
昭和 61 年 6 月 山形県立中央病院 内科 医長
平成 13 年 4 月 同 成人病センター 部長
平成 15 年 4 月 同 がん・生活習慣病センター がん対策部長
平成 20 年 4 月 山形県庄内保健所 所長

専門分野： 公衆衛生
消化器内科

賞罰： 平成 14 年対がん協会賞

乳がん検診のすすめ —やさしい乳がん検診の話—

山形大学医学部附属病院放射線診断科 助教
朽木 恵 先生

日本人乳癌は増えている

最近、乳癌の話題を聞くことが多くなったと感じていらっしゃる方は多いのではないのでしょうか。芸能人の乳癌闘病の話、ピンクリボン運動、テレビドラマが増えたからでしょうか。これだけではありません。実際に、乳癌になる方も亡くなる方も年々増加しているのです。身内の方、お知り合いなど、周囲に乳癌の治療を受けられた方がいらっしゃる方も多いと思います。現在、日本では年間約 50,000 人の女性が乳癌になり、約 12,000 人の女性が乳癌で亡くなっています（資料：国立がんセンターがん対策情報センター）。以前は、乳癌は欧米人の癌などと考えられていましたが、現在の日本人女性の壮年層の死亡原因第一位は乳癌なのです。

乳癌を正しく予防する

多くの研究によって、乳癌の原因は少しずつ明らかになってきています。晩婚化、出産の高齢化などのライフスタイルの変化や食生活の変化は乳癌の原因の一つとして挙げられています。しかし、乳癌を予防するためにライフスタイルを変えるのはとても無理な話です。では、どうすればいいかといいますと、万が一、乳癌になったとしても「早く見つけて、早く治療する」、つまり、「乳がん検診を受けましょう」、ということになります。現在の日本で推奨されている乳がん検診は、マンモグラフィ撮影、問診、視触診です。現在の乳がん検診の制度について、それから、実際の乳がん検診の方法についてお話しします。

「乳がん検診はとても大切です」とお話をして、皆さんが乳がん検診を受けてくだされば、本当に素晴らしい話なのですが、実際には、乳がん検診を受ける方が非常に少ないのです。乳癌になる人が多い欧米では、対象の約 80-90% 以上の女性が乳がん検診を受けています。欧米では乳癌になる方は多くても、検診で早期に発見して、早期に治療を受けるために、乳癌で亡くなる方が年々減少しています。一方、日本では対象女性のたった 10-20% の方しか検診を受けておらず、癌が進行した状態で病院を受診される方が多いために、乳癌で亡くなる方が増加しています。乳がん検診が有効に活用されていないのが現実です。乳がん検診を受けない理由として、「症状がないから」「まだ若いから」「乳房が小さいから」「自己検診しているから」「マンモグラフィによる被曝が心配だから」という返答が多く見られます。これらはどれも正しい認識、知識とは言えません。その理由を一つずつ皆さんと確認してみましょう。

検診結果と精密検査

検診を受けた後は、大事な検診結果の確認です。結果が「異常なし」であれば、次回の検診まで、まずは一安心、1年もしくは2年後の検診を受けて頂くことになります。たとえ、結果が「要精密検査」となった場合でも、決してあわてないでください。要精密検査となった場合は、乳腺疾患を専門とする乳腺科を速やかに受診して頂くことがとても大切です。精密検査では、検診で行われた検査以外の検査を必要に応じて加えることで、検診では把握しきれない詳細を診断します。精密検査で、最終的に癌か癌でないかを判断します。

要精密検査＝癌ではありません。実際に、要精密検査となった方から、乳癌と最終的に診断される方は多くないのです。どういう方を要精密検査としているのか、実際の判断の方法とその原理をお示しします。

自分と家族の笑顔のために検診を

現在、乳癌にならないようにする方法はありません。しかし、乳癌で命を落とさないようにすることは可能です。それが乳がん検診です。どうぞ、家族、お友達を誘って少しの勇気を持って乳がん検診に足を運んで下さい。皆さんの周りには大事な家族がいます。皆さんの健康は、家族の幸せに直結しています。今日は、皆さんと皆さんの家族が笑顔でいられますように、そして、皆さんが少しでも安心、納得して今後乳がん検診を受けて頂けるようにやさしくお話をしたいと思います。



朽木 恵 (くちき めぐみ)

略歴：平成5年 秋田大学医学部医学科卒業
 平成5年 山形大学医学部放射線医学講座入局
 平成6年 市立酒田病院（現 地方独立行政法人 山形県・酒田市病院機構 日本海総合病院 酒田医療センター）放射線科
 平成9年 山形大学医学部放射線医学講座
 平成15年 同 助手
 平成16年 山形大学大学院医学研究科 環境病態統御学講座 公衆衛生・予防医学分野（現 山形大学大学院医学系研究科 公衆衛生学講座）入学
 平成20年 山形大学大学院医学研究科 環境病態統御学講座 公衆衛生・予防医学分野助教
 平成21年 山形大学医学部附属病院放射線診断科 助教
 平成23年 デンマーク コペンハーゲン大学病院 放射線科 留学予定

PET 検査によるがん診断

仙台厚生病院 副院長兼先端画像医学センター長
山口 慶一郎 先生

A. FDG/PET とは

現在一般的に PET と言われているのは、ブドウ糖の擬似糖である放射性物質である ^{18}F で標識されたフルオロデオキシグルコース（以下 FDG と略記）を用いた FDG/PET のことをいう。ブドウ糖は細胞膜に存在する糖担体によって細胞内に取り込まれ、リン酸化酵素によってリン酸化され、エネルギー産生に回される。FDG はブドウ糖の擬似糖であるので、同様に細胞内に取り込まれ、リン酸化されるが、代謝の途中の段階でとどまる。腫瘍細胞では細胞が糖を取り込む過程やリン酸化する過程での酵素の数が増加している。このため、ブドウ糖同様取り込まれ、リン酸化された FDG が正常細胞より腫瘍細胞内に多く存在する。このようにして、細胞の活動性の高い腫瘍細胞が陽性に描出される。FDG/PET は広く臨床に利用され、今年 4 月からは早期胃がんを除くすべてのがんの診断に対して保険適応が行われるようになった。特に肺がん、悪性リンパ腫、乳がん、婦人科がん、大腸がんなどで、日常検査として用いられるようになった。

B. FDG/PET の臨床的役割

FDG/PET の役割としては 1) 病変が良性であるか、悪性であるかを区別すること、2) 病変がどの程度広がっているかを検出すること、3) 治療効果の判定や再発の発見があげられる。この中で 1) “病変が良性であるか、悪性であるかを区別すること” に関しては有効性に限界があり、FDG/PET は万能ではない。早期の胃がんや細気管支肺胞上皮がんでは機械性能の限界により、FDG/PET は集積がはっきりしない。その他、乳がんの一部でも FDG の集積が少ないがんが存在する。一方正常臓器などへの生理的 FDG 集積も重要である。褐色脂肪はエネルギーを消費する脂肪細胞として、近年注目を浴びている。この細胞は体温を保つために重要である。その為、寒冷刺激に対して敏感であり、冬期の PET 検査の場合には寒冷刺激にともない、鎖骨上窩や傍脊柱領域に FDG 集積をもたらす。最も注意すべきは炎症細胞に対する FDG 集積である。炎症細胞に対して FDG は非常によく集積するため、結核など慢性炎症ではあたかもがん細胞に集積するがごとく、FDG の集積が認められる。FDG/PET での陽性描出が必ずしも悪性腫瘍への集積を意味しないことは、日常臨床では常に意識しておかなくてはならない。2) の“病変がどの程度広がっているかを検出すること” に関しては、FDG/PET のもっとも得意とする分野である。全身の検索を行うので遠隔転移の病巣や、CT では見いだせない病変を検出することができる。特に悪性リンパ腫では約 1/4 の症例で、病期分類（病期の進行を分ける分類）が変わったとされる。3) の“治療効果判定や再発の発見” は、今後発展が期待できる分野である。FDG/PET は原理上、代謝の変化を画像化する。

がんの治療では、まずがん細胞の代謝変化が認められる。(治療効果があれば、FDGの集積は低下する。)この変化は、治療の早期から認められるので、治療が効果的かどうかを判定することができる。CTの変化は早期には認められないことが多い。再発の発見も全身の検索が可能である利点を生かすことのできる分野である。特にCTでは判別のつきにくい、腹部領域での再発発見には広く行われている。たとえば、手術終了後に腫瘍マーカーが増大傾向にあるもののCTで発見できないケースなどでは、積極的に用いられることが多くなった。

C. PET がん検診

全身検索が行うことができるという利点を生かしてのPET検診は、その広まりとともに、有効性が確認され、費用対効果に対する有益性も確認されてきた。我々の施設でのFDG/PETを中心として、内視鏡などを加えたがん検診での発見率は5%前後と、一般住民検診で言われる0.5%のがん発見率と比較して約10倍近い発見率を誇っている。我々の検診は、PET検診の弱点を補うべく、内視鏡や腫瘍マーカーなどを加えたもので、PET単独での発見率は約3%前後である。検診の際問題になるのは、被曝の問題である。放射線の被曝による発がんに関しては、多くの議論がある。放射線発がんに関値がない(少しでも放射線を浴びれば発がんの確率が増す)という一番厳しい仮説にもとづいて、計算しても、PET検診の健康に対する利益は大きいというシミュレーションの結果が発表されている。それによると、PET検診を受けて浴びる放射線による発がん検診を受けることによってがんを発見され、生存が伸びた場合の利益の比率は60歳代で約8倍とされる。この比率は、年齢を重ねるほど、その利益は増加するとのことである。PET検診は高額な検診であり、集団検診での有効性は未だ確認されていないが、個人検診としては、今後も発展すると思われる。



山口 慶一郎 (やまぐち けいいちろう)

昭和30年10月30日生

本籍: 鹿児島市常磐町1024番地2号

現住所: 仙台市青葉区二日町16-20-611

学歴: 昭和49年3月 私立鹿児島ラサール高等学校卒業
 昭和50年4月 東北大学医学部進学課程入学
 昭和57年3月 東北大学医学部専門課程卒業
 昭和57年4月 東北大学医学部大学院医学研究科内科学系入学
 昭和57年5月 第73回医師国家試験合格
 昭和57年5月 医師免許証取得
 (医籍登録番号 第264609号)
 昭和61年3月 東北大学医学部大学院内科学系修了
 昭和61年3月 医学博士の学位授与(東北大学第953号)
 昭和61年3月 東北大学抗酸菌病研究所放射線医学講座研究生
 昭和63年3月 同退学

職歴：

昭和 61 年 4 月 1 日 財団法人厚生会仙台厚生病院放射線科医師に採用
 昭和 63 年 3 月 15 日 同上辞職
 昭和 63 年 3 月 16 日 文部技官（琉球大学助手医学部）に採用、同委嘱講師
 昭和 63 年 8 月 16 日 琉球大学講師医学部附属病院に昇任
 平成 2 年 10 月 16 日 琉球大学講師医学部に配置換
 平成 7 年 4 月 1 日 琉球大学助教授医学部附属病院放射線部副部長に昇任
 平成 9 年 4 月 1 日 琉球大学助教授医学部に配置換
 平成 10 年 11 月 1 日 東北大学サイクロトロンセンター助教授に異動
 平成 16 年 8 月 31 日 東北大学サイクロトロンセンター助教授辞職
 平成 16 年 9 月 1 日 財団法人厚生会仙台厚生病院放射線科部長に採用
 平成 18 年 1 月 1 日 先端画像医学センター部長に就任
 平成 18 年 7 月 1 日 仙台厚生病院放射線科主任部長に就任
 平成 19 年 8 月 26 日 日本核医学会 PET 核医学分科会第 30 回大会「PET サマーセミナー 2008 in 裏磐梯」の大会長
 平成 20 年 9 月 1 日 仙台厚生病院副院長兼先端画像医学センター長兼放射線科主任部長に就任
 平成 2 年 12 月～平成 3 年 10 月 米国ペンシルバニア大学放射線医学教室に文部省在外研究員として研究出張
 平成 8 年 3 月～平成 8 年 8 月 デンマークヴィスベルグ病院生理学、核医学教室に文部省在外研究員として研究出張
 平成 9 年 4 月～平成 10 年 10 月 デンマークコペンハーゲン大学神経生物学部門およびデンマーク核磁気共鳴研究センター客員研究員として研究出張
 平成 10 年 10 月 10 日 中国広西医科大学客員教授兼務
 平成 16 年 1 月 1 日 東北福祉大特任教授兼務
 平成 16 年 9 月 1 日 東北大学研究教授兼務

所属学会：日本医学放射線学会、日本核医学会、日本磁気共鳴学会 Society Nuclear Medicine、Society Magnetic Resonance

資格：日本医学放射線学会専門医（第 2225 号）、核医学専門医（第 100495 号）
 内科認定医（第 63754 号）、放射線取扱主任者 1 種（第 13703 号、科学技術庁）

賞：

- 1) 第 20 回日本磁気共鳴学会大会長賞
 “胎児脳の MR imaging— 組織標本との比較”
- 2) ESMRMB98 Silver award (15th annual meeting European society for magnetic resonance in medicine and biology, Geneva, September 17-20, 1998)
 “Accuracy of volume measurement on MR imaging with interscan intensity inhomogeneities correction”



○がんの放射線治療

第二部

座長

根本 建二 先生

山形大学医学部放射線腫瘍学講座 教授

根本 建二 (ねもと けんじ)

昭和 32 年 5 月生

略歴： 昭和 57 年 3 月 東北大学医学部卒業
昭和 57 年 6 月 宮城県立成人病センター放射線科
昭和 59 年 4 月 東北大学医学部大学院入学 昭和 63 年卒業
昭和 63 年 4 月 東北大学 医学部附属病院 助手
平成 13 年 4 月 東北大学 医学系研究科 量子治療学分野学 講師
平成 16 年 4 月 東北大学 医学系研究科 放射線腫瘍学分野 助教授
平成 18 年 4 月 山形大学 医学部 放射線腫瘍学講座 教授
平成 19 年 4 月 山形大学 医学部附属病院 がん臨床センター長

在外研究歴：平成 7 年 3 月－平成 8 年 3 月

Department of Developmental Radiotherapy, British Columbia Cancer Agency,
Vancouver, BC Canada

パイ中間子線の臨床応用、陽子線の生物効果

専門領域： 消化器がんの放射線治療、特に食道癌

学会役員： 日本放射線腫瘍学会理事（教育委員長）

日本医学放射線学会代議員

日本食道学会評議員

ここまでの放射線治療

東北大学病院がんセンター長 放射線治療科 教授
山田 章吾 先生

はじめに

放射線治療は、物質内で生じる電離作用により、細胞内の DNA を損傷して細胞を死に至らしめる作用を主として利用します。従って、手術あるいは抗癌剤と同様に放射線も正常細胞とがん細胞とを区別して殺すわけではありません。また、細胞は DNA の損傷を受けても直ちに死なないために、効果は遅れて発現します。正常組織を可能な限り照射野から外す、あるいはがんと正常組織との放射線の反応の差を大きくすることが放射線の治癒率向上に重要です。近年、特に進歩が著しいのが、がんに限局して放射線治療を行う機器の開発です。また、抗癌剤と放射線とを併用する化学放射線療法を進歩です。こうした進歩によって比較的早期のがんであれば放射線治療は手術に劣らない治療成績をあげています。放射線治療は臓器あるいは機能の温存が可能ですので、もっと利用されるべき治療と考えられます。

1. 機器の進歩

1895年のレントゲンによる X 線の発見直後から放射線によるがん治療が試みられてきました。当初 X 線のエネルギーは低く、皮膚表面の癌しか治療できませんでしたが、1950年代に入り、現在使用されている高エネルギー X 線治療装置のリニアックが開発され、肺癌、食道癌、子宮癌など深部に存在するがんの治療が可能になりました。リニアックの高エネルギー X 線は皮膚表面の線量が低く、深部の線量が高いという性質を持っており、深部のがんに最適な放射線治療装置です。

さて、放射線治療が他の治療に比べて最も良い点は治癒すれば形態や機能が残るという点です。しかし、治らなければ意味がありませんので、放射線治療のよい対象とは、手術と同等の治療成績が得られ、また合併症も容認できるがんということになろうかと思えます。頭頸部癌と子宮頸癌が、その条件に最も合うがんとして、従来から放射線治療の良い対象でした。しかし、その他のがんについてみると、リニアックの出現によって治療成績が改善したとはいえ、満足いく結果は得られておらず、肺癌、食道癌などで放射線治療で治癒する例はごくまれでした。

2. 高精度放射線治療

1990年代に入り、コンピュータの加速度的な進化とともに CT、MRI、PET などの画像診断機器の開発が急速に進み、臨床の現場に瞬く間に普及しました。これによってがんの進行度診断の精度が増すとともに、放射線治療技術および精度も急速に進歩してきました。代表的な技術が定位放

放射線治療と IMRT（強度変調放射線治療法）です。定位放射線治療は多方向から、ミリ単位の精度でがんのピンポイントで高線量の放射線を投与することが可能な技術です。定位放射線治療を行った 3 cm 以下の肺癌を全国集計した結果では、手術可能と判断される例で 88% が治癒したと報告されており、この結果は手術の治療成績に匹敵するものです。また、放射線治療域内の放射線強度を部分的に変化させる IMRT は従来の放射線治療で不可能であった凹型の照射野を含め、自在に三次元照射野を形成することが可能な技術です。立体的にがんに限局して高線量を投与することが可能となり、放射線による合併症軽減と同時に頭頸部癌や前立腺癌で卓越した治療成績向上が報告されています。

3. 重粒子線治療

重粒子線治療は飛程の終端部にブラッグピークを形成し、それより深部に放射線は届かないという性質を有しており、IMRT よりさらに良好な立体照射野の形成が可能です。また、より重い炭素線は通常の X 線より治療効果が高く、骨肉腫や悪性黒色腫など通常の X 線に難治性の癌にも有効で、また治療回数も少なくすむという利点があります。

4. 化学放射線療法

放射線治療と一緒に使うと増強効果が得られるシスプラチンなどの抗がん剤を併用することで優れた治療成績が報告されてきています。手術可能な食道癌に化学放射線療法を行い、腫瘍残存あるいは再発例に救済手術を施行した群と、手術のみの治療を行った群の治療成績を比較した結果、生存率に差はなく、化学放射線療法群の 50% は再発なく食道温存が可能でした。当然、食道温存できた患者さんの QOL（生活の質）は治療後も良好に保たれています。

まとめ

放射線治療の最大の利点は、治癒すれば形態や機能を残せる点です。従来は喉頭癌や子宮頸癌など一部の癌を除いて放射線の治療成績は不良で、手術優先のがん治療が行われてきました。近年、放射線治療は機器および技術の進歩、あるいは抗がん剤との併用でその治療成績が急速に良くなってきており、ある種の癌では手術の治療成績に近づいてきています。QOL を考えたがん治療の選択肢が広がってきているのは事実です。しかし、手術も放射線も早い時期のがんでなければ根治させることは困難です。手術不能進行癌の治療成績はいまだに不良です。がんの早期発見が重要です。また、がんを根絶するための研究も重要です。



山田 章吾 (やまだ しょうご)

略 歴： 昭和 22 年 12 月 長野県生まれ
昭和 50 年 3 月 東北大学医学部医学科卒業
昭和 50 年 4 月 東北大学医学部放射線科助手
昭和 58 年 9 月 同 講師
昭和 59 年 11 月 同 助教授
平成 8 年 7 月 同 教授

役 職： 平成 10 年 11 月 日本放射線腫瘍学会理事
平成 12 年 4 月 日本医学放射線学会理事
平成 14 年 11 月 東北大学病院院長 1 期
平成 18 年 11 月 東北大学病院がんセンター長
平成 21 年 3 月 医学物理士認定機構理事長
平成 22 年 7 月 日本ラジオロジー協会理事長

からだにやさしい粒子線治療

放射線医学総合研究所 理事
辻井 博彦 先生

はじめに

がん治療において放射線治療の原則は、放射線を出来るだけ選択的にがん病巣に集中させ、同時に周辺正常組織への影響を軽く押えることです。エックス線が発見されたのは1895年暮れのことですが、その翌年にはがん治療（このときは痛み止め）に用いられるようになりました。それ以来放射線治療は、がん病巣に対する線量集中性の改善を目指して加速器や照射技術の開発が精力的になされ、20世紀後半には、高エネルギー光子線による定位照射法や強度変調照射法といった高精度3次元放射線治療が開発されました。これと平行して、1950年代に始められた粒子線治療は、優れた線量集中性を有していることから注目を集め、治療成績の改善と適応疾患の拡大に寄与するようになりました。

1. 粒子線治療の特徴

陽子線や炭素イオン線は原子核（プラスに荷電）を高速に加速した粒子線なので、まとめて荷電粒子線と呼ばれます。これらのうち炭素イオン線は、わが国では重粒子線と呼び習わされていますので、ここでもそれに従うことにします。

現在、がん治療にはもっぱら陽子線と重粒子線が用いられています。両者に共通している特徴は、体内で高線量域（ブラッグピークという）を形成して病巣への選択的照射を可能にしてくれることです。重粒子線はさらに、陽子より12倍重い炭素核を加速した粒子線で、陽子線やX線よりも2～3倍高い生物効果（細胞致死作用）を有しているため、難治がんに対してより有効性が期待できます。重粒子線はさらに、がん病巣の酸素濃度や細胞周期による放射線感受性の違いなどの影響を余り受けないので、エックス線に抵抗性を示すがんにも効果が高く、かつ治療期間を大幅に短縮できるという特徴を有しています。

2. 世界の粒子線治療施設

粒子線治療の歴史は、1950年代に始まった高エネルギー放射線治療とほぼ同じ長さを有しています。発祥は米国バークレー国立研究所（LBNL）で、1954年に陽子線治療が開始されました。ついでスウェーデンやロシアで開始され、続いて日本や欧米で盛んになり、現在に至っています。一方、重粒子線治療は、1975年に米国のLBNLで主にHeとNeイオン線の臨床応用が行われ、一部の疾患で良好な成績が得られたのですが、財政難を理由に打ち切られました。これに替わるようにして放医研では、1993年、医療用としては世界初の重粒子加速装置（HIMAC）を完成、翌年の6月から炭素イオン線を用いた重粒子線治療が開始されました。

現在、陽子線と重粒子線治療は世界の30数施設で実施されていますが、さらに多くのところで新規施設の建設が進行中あるいは計画中です。わが国では、1979年に陽子線治療、1994年には重粒子線治療が、いずれも放医研で始められました。現時点では8施設（陽子線5、重粒子線2、陽子+重粒子1）になり、数年後にはさらに数施設増える見込みです。

3. 粒子線治療の臨床成績

1) 陽子線治療

最近、陽子線治療と高精度光子線治療の有用性を比較する論文が相次いでいます。優劣を論じる上で最大の問題点は、これまで両者の有用性を比較するための無差別比較試験が存在しないことです。しかし、個々の疾患については、陽子線の有用性を示す治療成績が数多く報告されています。

これまでのデータを分析した結果、陽子線治療の治療患者数が多くて、かつ有用であると思われる疾患は、頭蓋底腫瘍、脈絡膜悪性黒色腫、頭頸部腫瘍、肝がん、前立腺がん、小児がんなどです。このなかで、世界で最も症例数の多いのは脈絡膜悪性黒色腫ですが、この疾患は60～70Gyといった大線量を4～5回（一週間以内）で安全に照射出来ることが、最初に示された疾患です。こういった短期大線量照射法は、いまでこそ定位照射等で普通に行われるようになっていますが、他に先駆けて陽子線で可能だったのは、その優れた分布があったからです。同様に、周辺に脳幹などの重要組織が存在する頭蓋底腫瘍も、従来法に比較して明らかに優れた成績が得られました。他の疾患、特に肝臓がんなどの深部臓器腫瘍に対する陽子線治療は、主に日本で始められ、いまでは海外でも広く行われるようになっていきます。

2) 重粒子線治療

放医研では1993年、医療用としては世界初の重粒子加速装置（HIMAC）を完成、翌年6月から炭素イオン線を用いた重粒子線治療を開始しました。これまでに5,400例以上の患者が治療され、各種がんについてその有用性を確認していますが、2003年には厚生労働省より「固形がんに対する重粒子線治療」という名称で高度先進医療の承認が得られています。

重粒子線治療は、放射線抵抗性の難治がんにも有効です。特に、骨・軟部腫瘍は根治手術が困難であり、かつエックス線に抵抗性を示すことが多い疾患ですが、重粒子線治療により外科療法を上回る成績が得られています。直腸癌の手術後の再発率は5～20%あって、切除困難なものが多いのですが、重粒子線により外科療法に匹敵する良好な成績が得られました。また、頭頸部がん、頭蓋底腫瘍、肝がん、および脈絡膜悪性黒色腫等も良い適応で、従来放射線治療よりも成績良好です。さらに、食道がん、膵がん、中枢神経腫瘍等の難治がん等に対しては、更なる成績向上を目指して臨床試験を行っています。

重粒子線治療は、エックス線や陽子線治療よりも短期間での治療が可能です。現在、患者1人当りの照射回数は平均13回で、治療期間は平均3週間です。例えば、I期肺癌や肝癌に対してはそれぞれ1、2回照射で済み、前立腺癌はすでに1,000例以上が16回または20回の分割法にて行われ、現在は12回／3週の臨床試験を行っています。他の疾患も同様で、エックス線や陽子線治療の照

射回数と比べると半分以下で済んでいます。

なお、重粒子線治療は、悪性リンパ腫や小細胞肺癌など全身に広がる性質の強い腫瘍、および既に広範囲に転移したものは対象外です。また、胃や腸など蠕動運動により照射位置決めが難しい臓器も不向きであり、乳がんなど既に良好な治療法が確立されたものも適応外としています。



辻井 博彦 (つじい ひろひこ)

略歴： 昭和 43 年 北海道大学医学部卒業。
昭和 44 年 国立札幌病院放射線科。
昭和 47 年 ニューヨーク市 St Vincent Hospital レジデント。
昭和 49 年 北海道大学医学部放射線科に勤務。在職中に米国とスイスで各 1 年間パイ中間子治療プロジェクトに参加。
昭和 64 年 筑波大学臨床医学系教授（陽子線医学利用研究センター長）、世界で初めて深部がんに対する陽子線治療を実施。
平成 6 年 放射線医学総合研究所・重粒子治療センター病院長、センター長を経て、平成 20 年より理事。
現在、千葉大学医学部連携大学院教授、群馬大学医学部教授（併任）。

賞罰： 平成 17 年 高松宮妃癌研究基金・学術賞。
平成 17 年 科学技術制作研究所研究者賞。
平成 18 年 国際粒子線治療研究会会長。

○質問コーナー 第三部

座長

山形大学医学部附属病院 病院長 **久保田 功 先生**
山形大学医学部放射線腫瘍学講座 教授 **根本 建二 先生**

出席の先生

第一部 座長：
山形大学医学部附属病院 病院長 **久保田 功 先生**

第一部 講師：
山形県庄内保健所 所長 **松田 徹 先生**

第一部 講師：
山形大学医学部附属病院放射線診断科 助教 **朽木 恵 先生**

第一部 講師：
仙台厚生病院 副院長 兼先端画像医学センター長 **山口慶一郎 先生**

第二部 座長：
山形大学医学部放射線腫瘍学講座 教授 **根本 建二 先生**

第二部 講師：
東北大学病院がんセンター長 放射線治療科 教授 **山田 章吾 先生**

第二部 講師：
放射線医学総合研究所 理事 **辻井 博彦 先生**