

## 放射線治療事故を今後どう生かすか 第17回学術大会シンポジウム5のまとめ

池田 恢<sup>\*1</sup>, 早瀬 尚文<sup>\*2</sup>, 遠藤 真広<sup>\*3</sup>, 広川 裕<sup>\*4</sup>, 白土 博樹<sup>\*5</sup>,  
保科 正夫<sup>\*6</sup>, 渡辺 良晴<sup>\*5</sup>, 熊谷 孝三<sup>\*7</sup>, 泉 孝吉<sup>\*8</sup>

### HOW DO WE OVERCOME RECENT RADIOTHERAPY ACCIDENTS? A REPORT OF THE SYMPOSIUM HELD AT THE 17TH JASTRO ANNUAL SCIENTIFIC MEETING, CHIBA, 2004

Hiroshi IKEDA<sup>\*1</sup>, Naofumi HAYABUCHI<sup>\*2</sup>, Masahiro ENDO<sup>\*3</sup>, Yutaka HIROKAWA<sup>\*4</sup>, Hiroki SHIRATO<sup>\*5</sup>,  
Masao HOSHINA<sup>\*6</sup>, Yoshiharu WATANABE<sup>\*5</sup>, Kozo KUMAGAI<sup>\*7</sup>, Takayoshi IZUMI<sup>\*8</sup>

**Abstract:** This is a report of the symposium entitled "How do we overcome recent radiotherapy accidents?" which was held at the 17th JASTRO Annual Scientific Meeting, Chiba, November, 2004. Eleven accidents of radiotherapy institutions were publicly reported from 2001 through 2004, and 8 of these directly affected patients. At the same time as the first accident happened in 2001, the Intersociety Council of Medical Physics was established and began its action, to search for the cause and to protect against similar accidents at other institutions. Of these, 7 out of 8 accidents were related to updated radiotherapy treatment planning (RTP) system, 4 were due to errors at the acceptance and commissioning of the new RTP system, and one was due to misunderstanding of rules about the delivery dose and not enough mutual communication between a physician and a technologist. The recent activities to maintain and to improve the quality assurance/quality control of radiotherapy are also described

Key words: Radiotherapy accidents, Quality assurance/Quality control, Treatment planning system, Acceptance, Commissioning

要旨：この論文は2004年11月日本放射線腫瘍学会第17回学術大会でのシンポジウム5「放射線治療事故を今後どう生かすか」の総括である。2001年から2004年に亘って11件の放射線治療関連の事故が報道され、うち8件では患者への直接の影響が懸念された。2001年には最初の事故報道と同時に医学放射線物理連絡協議会が結成され、原因の究明と同種事故の再発防止を目的として調査を行った。調査の結果、患者への影響の懸念された8件のうちでは7件までが放射線治療計画コンピュータ（RTPシステム）が関与し、またそのうち4件はその導入時の受け入れ、コミッションング時の過誤に由来するものであった。また1件では線量評価に関する当事者（医師と技師）間の誤解と、それがコミュニケーション不足によって長年月に亘って看過されたことによる。後半では放射線治療の品質管理・品質保証の維持・向上を目指した最近の活動についても言及した。

<sup>\*1</sup> 国立がんセンター中央病院放射線治療部（〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1）

Division of Radiation Oncology, National Cancer Center Hospital (5-1-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, 104-0045 JAPAN)

<sup>\*2</sup> 久留米大学医学部放射線科

Department of Radiology, Kurume University Faculty of Medicine

<sup>\*3</sup> 放射線医学総合研究所開発推進部

National Institute of Radiological Sciences

<sup>\*4</sup> 順天堂大学医学部放射線科

Department of Radiology, Juntendo University Faculty of Medicine

<sup>\*5</sup> 北海道大学大学院医学研究科

Department of Radiology, Hokkaido University Faculty of Medicine

<sup>\*6</sup> 群馬県立保健科学大学

Department of Radiological Technology, Gunma College of Medical Technology

<sup>\*7</sup> 国立病院機構福岡東医療センター放射線科

Division of Radiology, Fukuoka-Higashi Medical Center

<sup>\*8</sup> 日本画像医療システム工業会

NHO, and Japan Industries Association of Radiological Systems

## 放射線感受性遺伝子研究におけるマウスモデル実験 ヒト個人差とマウス系統差

岩川 真由美, 野田 秀平, 太田 敏江, Yang MINFU, 岩田 賢, 今井 高志

### MOUSE RESEARCH MODELS FOR INDIVIDUAL RADIOSENSITIVITY INDIVIDUAL VARIANCE AND STRAIN VARIANCE

Mayumi IWAKAWA, Shuhei NODA, Toshie OHTA, Yang MINFU, Masaru IWATA, Takashi IMAI

**Abstract:** The laboratory mouse is hailed as holding the experimental key to the human genome. Working on mouse models allows the manipulation of each and every gene to determine their functions, and this will give us detailed insights into many aspects of human disease as well as basic human biology. We have reviewed mouse models for the researches of genetic factors related to radiation-induced normal tissue reaction to learn the possible predictive markers or the mechanism of severe side effects on humans after radiotherapy. Several investigators have reported the important molecules, such as TGF-beta, MnSOD, and CD44, related to radiosensitivity through experiments using several murine strains. The murine model is useful for correlating genetic factor analysis and radiosensitivity, and offers a potential experimental pathway for understanding inter-individual differences in radiosensitivity.

Key words: Radiosensitivity, Animal model, Mouse strain difference, Expression analysis, SNP

要旨：マウス実験モデルは、前世紀より放射線生物学において重要な実験手段であり、放射線効果メカニズムの研究、放射線影響研究などで大いに活用されてきた。21世紀となり、ゲノム研究の進歩に伴い、ヒトに続いてマウス全ゲノムが明らかとなったことにより、マウス実験モデルは、ヒト個人個人の様々な感受性研究にも応用可能となった。この総説では、これまでの報告を振り返り、マウス実験モデルを用いた正常組織放射線反応研究における現在までの知見をまとめた。各臓器において、ヒトの放射線感受性における多様性と同様に、その放射線障害の程度にマウスの系統差が認められた。多系統のマウスを用いることで明らかとなった分子は、TGF-beta, MnSOD, CD44などであった。臨床ではすでに、既知の遺伝子上の多型マーカーを用いて、ヒトの放射線感受性を予測しようという試みが始まっている。マウスとヒトのゲノム相同性を応用した放射線生物研究は、今後の放射線感受性研究に大いに貢献すると考えられる。

## I期食道癌に対する放射線治療

村上 祐司<sup>\*1</sup>, 赤木 由紀夫<sup>\*3</sup>, 田中 信治<sup>\*2</sup>, 木村 智樹<sup>\*1</sup>, 権丈 雅浩<sup>\*1</sup>,  
兼安 祐子<sup>\*1</sup>, 和田崎 晃一<sup>\*1</sup>, 広川 裕<sup>\*4</sup>, 伊藤 勝陽<sup>\*1</sup>

TREATMENT RESULTS OF STAGE I ESOPHAGEAL CANCER BY  
RADIATION THERAPY

Yuji MURAKAMI<sup>\*1</sup>, Yukio AKAGI<sup>\*3</sup>, Shinji TANAKA<sup>\*2</sup>, Tomoki KIMURA<sup>\*1</sup>, Masahiro KENJO<sup>\*1</sup>,  
Yuko KANEYASU<sup>\*1</sup>, Koichi WADASAKI<sup>\*1</sup>, Yutaka HIROKAWA<sup>\*4</sup>, Katsuhide ITO<sup>\*1</sup>

(Received 28 February 2005, accepted 25 June 2005)

**Abstract:** Purpose: To assess treatment results of radiation therapy for Stage I esophageal cancer. Materials and Methods: Ninety-one patients with Stage I esophageal cancer received definitive radiation therapy without chemotherapy between 1991 and 2000. There were 28 patients with the depth of m1-2, 30 with m3-sm1, 30 with sm2-3 and 3 unknown. Endoscopic mucosal resection (EMR) was performed in 59 patients before radiotherapy. Twenty-seven patients were treated with high-dose-rate brachytherapy (HDRBT) alone, 56 with combined external radiation therapy (ERT) and HDRBT and 8 with ERT alone. Results: The 5y-overall survival rate and the cause-specific survival rate were 61% and 83%, respectively. The 5y-overall survival rates for the patients with the depth of m1-2, m3-sm1 and sm2-3 were 81%, 67% and 35%. The cause-specific survival rates were 100%, 81% and 63%. Twenty-nine patients (32%) experienced a recurrence (esophagus; 22, regional LN; 4, both esophagus and LN; 2 and unknown; 1). The failure rates were 29% of m1-2, 23% of m3-sm1 and 47% of sm2-3. Ten of 24 esophageal recurrences were metachronous multiple cancers. Fourteen patients were salvaged and most of salvaged recurrences were detected in the early stage. Conclusions: For the setting of the radiation field, metachronous multiple esophageal cancer should be considered. Chemoradiotherapy should be investigated for submucosal cancer. Longer and careful follow-up is important to find recurrences in the early stage.

Key words: Esophageal cancer, Radiation therapy, Brachytherapy, Endoscopic mucosal resection

要旨：【目的】I期食道癌に対する放射線治療成績を検討し報告した。

【対象と方法】化学療法を併用せず放射線治療を施行したI期食道癌91例（m1-2：28例，m3-sm1：30例，sm2-3：30例，不明：3例）を対象とした。照射前EMR施行率は65%で，m1-sm1症例では約90%を占めた。放射線治療は，m1-2症例は腔内照射単独，m3以深では外部照射＋腔内照射にて加療した。経過観察期間は生存例で中央値58ヶ月であった。

【結果】5年全生存率，原病生存率は61%，83%であった。深達度別では，m1-2，m3-sm1，sm2-3症例の5年全生存率は81%，67%，35%，5年原病生存率は，100%，81%，63%であった。91例中29例（32%）に再発を認め，深達度別再発率は，m1-2；29%，m3-sm1；23%，sm2-3；47%であった。初再発部位は食道22例，領域リンパ節4例，食道・領域リンパ節同時2例，部位不明1例で，食道再発はm1-2では異時性多発癌が63%を，m3以深では局所再発が69%を占めた。救済可能であった症例は，表在癌の状態で見出し得た食道再発症例が主体であった。再発は5年程度まで比較的長期にわたり認めた。G3以上の有害事象は食道潰瘍を5%に認めた。

【結語】m1-2では，異時性多発癌を考慮した照射野設定が必要であり，m3以深では治療成績向上のため化学放射線治療を考慮すべきである。再発の早期発見・救済のため治療後5年間は厳密な経過観察が必要である。

\*1 広島大学大学院放射線科（〒734-8551 広島県広島市南区霞1-2-3）

Department of Radiology, Hiroshima University Graduate School of Medicine（1-2-3, Kasumi, Minami-ku, Hiroshima, 734-8551 JAPAN）

\*2 広島大学病院光学医療診療部

Department of Endoscopy, Hiroshima University Hospital

\*3 広島市立安佐市民病院放射線科

Department of Radiology, Hiroshima City Asa Hospital

\*4 順天堂大学医学部放射線科

Department of Radiology, Juntendo University School of Medicine

## 医療用標準線量の国際比較 九州地区センターとカナダ(NRCC)の相互比較

荒木 不次男<sup>\*1</sup>, 熊谷 孝三<sup>\*2</sup>

### INTERNATIONAL COMPARISON OF DOSIMETRY CALIBRATION COEFFICIENTS BETWEEN KYUSHU REGIONAL CENTER AND NRCC

Fujio ARAKI<sup>\*1</sup>, Kozo KUMAGAI<sup>\*2</sup>

(Received 28 February 2005, accepted 25 June 2005)

**Abstract:** The Japan Society of Medical Physics Task Group published a new high-energy photon and electron dosimetry protocol in 2002. This protocol is based on the use of an ion chamber having a  $^{60}\text{Co}$  absorbed-dose to water calibration coefficient,  $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ , which is calculated from a  $^{60}\text{Co}$  exposure calibration coefficient,  $N_c$ . This is different from the American Association of Physicists in Medicine Task Group 51 protocol and the International Atomic Energy Agency Technical Report Series No. 398 protocol, which are based on  $N_{D,W}^{60\text{Co}}$  that are calibrated by a sealed water or graphite calorimeter. The purpose of this study is to present the comparison in  $N_c$  and  $N_{D,W}^{60\text{Co}}$  between the Kyushu Regional Center (Kyushu) that is the third-order standard in Japan and the National Research Council Canada (NRCC) that is the primary standard in Canada. The  $N_{D,W}^{60\text{Co}}$  values at Kyushu are calculated from  $N_c$  while the values at NRCC are calibrated by a sealed water calorimeter. The ratios between the Kyushu and NRCC calibration coefficients were  $0.9965 \pm 0.0023$  and  $0.9991 \pm 0.0013$  in the case of  $N_c$  and  $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ , respectively. These differences are within the uncertainty in both standards.

**Key words:**  $^{60}\text{Co}$  absorbed-dose to water calibration coefficient,  $^{60}\text{Co}$  exposure calibration coefficient, Ratio of calibration coefficient, Dosimetry protocol

要旨：2002年に日本医学物理学会（測定委員会）から外部放射線治療における吸収線量の標準測定法（標準測定法01）が出版された。この標準測定法01はコバルト水吸収線量校正定数 $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ に基づいている。しかしながら、 $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ は直接的に校正された値ではなく、コバルト照射線量校正定数 $N_c$ から計算して得られる。米国医学物理学会（AAPM）と国際原子力機関（IAEA）から出版された外部放射線治療における新しい吸収線量測定プロトコルは、水カロリメータあるいはグラファイトカロリメータで校正された吸収線量校正定数に基づいている。本研究の目的は、我が国の $N_c$ と $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ から計算された $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ の精度を検証することである。そのため、国際的に線量トレーサビリティを持ったカナダの一次線量標準機関であるNRCC（National Research Council Canada）と、我が国の三次線量標準機関である医療用線量標準九州地区センターとの $N_c$ と $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ の国際的な相互比較を行った。NRCCの $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ は水カロリメータに基づいて決定されている。NRCCに対する九州地区センターの $N_c$ と $N_{D,W}^{60\text{Co}}$ の比は、それぞれ $0.9965 \pm 0.0023$ と $0.9991 \pm 0.0013$ であり、両機関の校正精度の不確定度（1）以内で一致した。

<sup>\*1</sup> 熊本大学医学部保健学科放射線技術科学専攻（〒862-0976 熊本市九品寺4丁目24-1）

Department of Radiological Technology, Kumamoto University School of Health Sciences（4-24-1 Kuhomji, Kumamoto, 862-0976 JAPAN）

<sup>\*2</sup> 福岡東医療センター放射線科

Department of Radiology, National Fukuoka-Higashi Medical Center

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A RADIOTHERAPY DATABASE IN CARBON ION THERAPY

Hiroko KOYAMA-ITO<sup>\*1</sup>, Masahiro ENDO<sup>\*1</sup>, Akira ITO<sup>\*2</sup>, Junetsu MIZOE<sup>\*3</sup>, Hirohiko TSUJII<sup>\*3</sup>

(Received 22 March 2005, accepted 20 June 2005)

**Abstract:** Purpose: To report on the design and implementation of a database system that provides access to radiotherapy (RT) data for the purpose of data analysis in a clinical trial of carbon ion radiotherapy at National Institute of Radiological Sciences.

Methods and Materials: The data stored in this system are patient treatment planning and record data including non-volumetric data of character and numerical type (1), and 2D or 3D volumetric data sets of CT images, target and organ contours, apertures and range compensators, dose distributions and simulation radiographs (2). Two subsystems were prepared for the respective data types. One is a therapy information database that stores non-volumetric data (1), which can be accessed with client applications working on personal computers (PCs). Another is a DICOM RT archive that stores volumetric data sets (2) as DICOM RT data objects. The archive allows on-line data access with a developed application, RT viewer that works on PCs. Queried data sets can be displayed and downloaded as DICOM files or AAPM/RTOG Data Exchange format files. All the data sets are loaded into the system on-line daily at a specified time.

Results: The system has operated for over two years and during this period we repaired and improved the applications. Presently it operates stably and it has been loaded with the data sets of more than 2000 patients treated since 1994. User applications are described with some examples.

Conclusion: The system enables users to analyze the therapy data for evaluation of treatment results. It provides volumetric data in portable format for further image-based analyses.

Key words: Radiotherapy database, Treatment planning data, Treatment record, DICOM RT

要旨：【目的】放射線医学総合研究所で行われてきた炭素イオン治療臨床施行のデータ分析用に，ユーザーが放射線治療データにオンラインアクセス出来るデータベースシステムの設計・開発を行ったので報告する。

【方法と材料】本システムは患者の治療計画および治療実施データを蓄積する。そのデータには文字型や数値型データの非ボリュームデータ(1)，およびCT画像，標的や臓器の輪郭，患者コリメータや飛程補償フィルター，線量分布，位置決め画像などの2次元および3次元のボリュームデータ(2)が含まれる。データのタイプに応じて2つのサブシステムを設けた。ひとつは非ボリュームデータ(1)を蓄積する治療情報データベースでパーソナルコンピュータ上のクライアントソフトウェアからアクセスできるものである。他はDICOM RTアーカイブでボリュームデータ(2)をDICOMオブジェクトとして蓄積するもので，データは開発したPC上で稼動するDICOM RTビューアーでアクセスされる。検索したデータを表示しDICOMファイル，あるいはAAPM/RTOGデータ交換フォーマットのファイルとして保存できる。すべてのデータは毎日指定した時刻に自動登録される。

【結果】本システムは2年来稼動し，この間ソフトウェアの修理や改良を実施した。現在では安定に稼動し1994年以後の患者2千人以上のデータが蓄積されている。本文中にユーザー用アプリケーションを使用例により記述した。

【まとめ】本システムにより利用者は治療結果評価のためのデータ分析が可能となった。また，画像ベースの分析用にはボリュームデータを可搬性の形式で提供できる。

炭素イオン治療における放射線治療データベースの設計と開発

古山 浩子<sup>1</sup>，遠藤 真広<sup>1</sup>，伊藤 彬<sup>2</sup>，溝江 純悦<sup>3</sup>，辻井 博彦<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター医学物理部 (〒263-8555 千葉市稲毛区六川4-9-1)

Department of Medical Physics, Research Center for Charged Particle Therapy, National Institute of Radiological Sciences (4-9-1, Anagawa, Inage-ku, Chiba-shi, 263-8555 JAPAN)

<sup>2</sup> 癌研究所物理部

Department of Physics, The Cancer Institute

<sup>3</sup> 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院

Hospital, Research Center for Charged Particle Therapy, National Institute of Radiological Sciences

## 化学放射線療法に伴う急性放射線粘膜炎に対する ステロイド合剤の有用性の検討

玉村 裕保<sup>\*1</sup>, 大口 学<sup>\*2</sup>, 市岡 和浩<sup>\*2</sup>, 太田 清隆<sup>\*2</sup>, 東 光太郎<sup>\*2</sup>, 利波 久雄<sup>\*2</sup>

### THE EFFICACY OF A STEROID MIXTURE FOR CHEMORADIOTHERAPY-INDUCED ACUTE MUCOSITIS

Hiroyasu TAMAMURA<sup>\*1</sup>, Manabu OHOGUCHI<sup>\*2</sup>, Kazuhiro ICHIOKA<sup>\*2</sup>,  
Kiyotaka OHTA<sup>\*2</sup>, Kotarou HIGASHI<sup>\*2</sup>, Hisao TONAMI<sup>\*2</sup>

(Received 21 January 2005, accepted 7 July, 2005)

**Abstract:** Purpose: Radiotherapy is an important therapeutic tool for malignant tumors in the head and neck and thoracic region. However, radiotherapy has also been known to cause acute mucositis and esophagitis during the early phase of treatment, for which there is no cure to date. A mixture of mucosal protective steroids has been shown to be beneficial in patients with these symptoms receiving radiotherapy alone. The purpose of this study was to examine the efficacy of this agent to treat the mucositis that accompanies chemoradiotherapy. Moreover, the differences between the curative effects were examined retrospectively, according to the region irradiated.

**Materials and Methods:** Radiotherapy was administered to the head and neck, and thoracic region, and the steroid mixture was prescribed for patients in the radiotherapy alone and chemoradiotherapy groups that exhibited acute radiation-induced mucositis symptoms. We then evaluated daily food consumption, total serum-protein value, serum-albumin value and body weight of the radiation-induced mucositis patients that were treated with the mixture. Moreover, we also examined the efficacy in patients undergoing irradiation of the oral cavity, and of the esophagus (which did not entail irradiation of the oral cavity).

**Results:** 214 patients treated with the steroid mixture in this study had no treatment-related adverse events. In comparison between the radiotherapy alone and chemoradiotherapy groups, no significant differences were observed for daily food consumption. However, differences were observed for daily food consumption between the groups undergoing irradiation of the oral cavity and irradiation of the esophagus ( $p=0.0008$ ). In the group experiencing irradiation of the mouth, decreased ability to swallow and digest food associated with the primary disease was also observed. Total serum-protein values, serum-albumin values and body weight exhibited a slight decrease despite the onset of radiation-induced mucositis, compared with the values before radiotherapy. The radiation-induced mucositis did not lead to the cessation of radiotherapy in any patient.

**Conclusion:** The mixture of mucosal protective drugs was considered to be a safe and efficacious drug for more severe mucositis in the chemoradiotherapy group, which was comparable to that seen in the radiotherapy-alone group.

Key words: Chemoradiotherapy, Radiation mucositis, Radiation esophagitis, Adverse event

<sup>\*1</sup> 福井県立病院核医学科 (〒910-8526 福井市四ツ井2丁目8-1)

Department of Nuclear Medicine, Fukui Prefectural Hospital (2-8-1, yotsui, fukui, 910-8526 JAPAN)

<sup>\*2</sup> 金沢医科大学放射線診断治療学教室

Department of Diagnostic and Therapeutic Radiology, Kanazawa Medical University

要旨：【目的】頭頸部及び胸部悪性腫瘍の治療において放射線療法は重要な位置を占めている。しかしこの領域では早期有害事象として急性放射線粘膜炎があり、現在これらに対する治療法は確立されていない。われわれはこれらの放射線粘膜炎に対しステロイド混合薬を作成し、放射線治療単独群に投与し良好な治療効果を得ている。そこで今回化学放射線療法に伴う放射線粘膜炎に対する本剤の有効性につき検討した。またあわせて照射部位による治療効果の差についても遡及的に検討を行ったので報告する。

【対象と方法】頭頸部及び胸部へ放射線治療を受け、急性放射線粘膜炎症状を認めた放射線治療単独群及び化学放射線療法群に対し合剤を投与した。その後、合剤を投与された放射線粘膜炎患者の食事摂取量・血清総蛋白値・血清アルブミン値・体重の推移につき評価を行った。また口腔を含む治療群と口腔を含まない食道照射群においても同様の検討を行った。

【結果】合剤投与者は214例で、本剤投与に伴う有害事象は認めなかった。放射線治療単独群と化学放射線療法群の比較では食事摂取量の推移には有意差を認めなかった。しかし口腔を含む照射群と食道照射群間の食事摂取量の推移には差を認めた ( $p=0.0008$ )。口腔を含む照射群では原疾患に伴う食物咀嚼能力の低下や嚥下能力の低下に伴う影響の関与が疑われた。放射線粘膜炎発症にもかかわらず血清総蛋白値、血清アルブミン値、患者体重の推移は、放射線治療前値と比較し、わずかな低下にとどまった。また放射線粘膜炎に伴う放射線治療休止者も認めなかった。

【結論】本剤は化学放射線療法に伴うより著しい放射線粘膜炎に対しても、放射線単独治療に伴う場合と同様に、安全で良好な治療効果が期待されるものと思われた。

## 引力斥力モデルを用いた線量分布の最適化 HDR単純モデルでの基礎的検討

塩見 浩也, 隅田 伊織, 呉 隆進, 吉岡 靖生, 磯橋 文明,  
鈴木 修, 小西 浩司, 川口 善史, 井上 武宏

### DOSE OPTIMIZATION USING THE ATTRACTION-REPULSION MODEL (ARM) BASIC STUDY FOR THE HDR SIMPLE MODEL

Hiroya SHIOMI, Iori SUMIDA, Ryoong-Jin OH, Yasuo YOSHIOKA, Fumiaki ISOHASHI,  
Osamu SUZUKI, Kouji KONISHI, Yoshifumi KAWAGUCHI, Takehiro INOUE

(Received 27 October 2004, accepted 26 August 2005)

**Abstract:** Background and Purpose: To create better dose distributions we devised a novel optimization algorithm named the Attraction-Repulsion Model (ARM) which is based on Gauss's law.

**Methods:** When we used ARM for optimization of dose distribution, all optimization grid points have some attribution and generate attraction or repulsion depending on the dose or dose rate. For each optimization grid point, attraction is defined as the force generated to increase the dose or dose rate; repulsion is defined as the force to decrease the dose or dose rate. We assumed the high dose rate brachytherapy, in which we can change the dwell time. Twenty-five dwell positions were set at each 2.5 mm interval in a straight catheter. (1) 25 dose points were points at 1 cm distance from the catheter; (2) 25 dose points were on an oblique line in which the nearest position was located at 0.8 cm from the catheter and the farthest at 1.2 cm. Optimization was done by ARM, Geometric Optimization (GO) and Dose Point Optimization (DP) to make the dose points to be the same dose.

**Results:** Using ARM for optimization, at the first condition, the maximum dose was 1.015, the minimum was 0.988 and the standard deviation was 0.006; at the second condition, the maximum dose was 1.017, the minimum was 0.977 and the standard deviation was 0.007. Optimized by DP allowing for negative dwell time, all of points were 1.000. But DP not allowing for the negative dwell time, the solutions became worse. When they are optimized by GO, 25 dwell times were the same at two conditions, because the positions of the dose points do not give influence for the dwell time in GO. The feedback functions used in ARM are compatible with cost functions of Simulated Annealing (SA).

**Conclusions:** We devised the Attraction-Repulsion Model for the optimization of dose distribution in radiotherapy. We obtained good solutions in 2 dimensional simple models by using the ARM.

Key words: Dose optimization, Attraction-Repulsion Model, Feedback



要旨：【背景，目的】より良い線量分布を作成するためにさまざまな最適化の手法が用いられている．Geometric Optimization（GO）法，Dose Point Optimization（DP）法，Simulated Annealing（SA）法などが代表的なものである．我々は，新しい最適化法として電磁気学におけるガウスの法則を用いた引力斥力モデル（Attraction-Repulsion Model；ARM）を考案した．ARMの概念，最適化についての基礎的考察を行った．

【方法】ARMでは，計算グリッドが属性を持ち，その属性，線量に応じた引力あるいは斥力を持つ．ここで引力とは，放射線量を増やす方向に働く力，斥力とはこれを減らす方向に働く力と定義する．これらの力が線源側の1つのパラメータに対してフィードバックを行い，繰り返し演算を行うことで線量分布の最適化を行う．今回の検討では，停留時間を変更可能な高線量率小線源治療への応用を想定した．

- (1) 線源停留可能位置を2.5 mm間隔で直線上に25個配置，線量評価点をこれから1 cm離れた平行な直線上に同じく25個設定した．
- (2) 線源停留可能位置は(1)の場合と同様に設定し，線量評価点をここから最近部で0.8 cm，最遠部で1.2 cm離れた位置に線源停留可能位置に対して斜めに直線状に配置した．

両者について各線量評価点が同じ線量になるようにARMを用いて最適化計算を行った．比較対照として，最適化を行わない場合，GO，DPを用いて最適化を行った場合を用いた．

【結果】(1)の場合，25個の線量評価点の最大線量1.015，最小線量0.988，標準偏差0.006とほぼ均一な線量を照射する解を得た．DPで線源停留時間に負の値を許可した場合，線量評価点25点ですべて1.000と計算精度上での完全な解を得ることができた．しかし，線源停留時間のうち負の値をとったものを0と設定し再計算を行うと解の悪化を認めた．

(2) ARMでは25個の線量評価点の最大線量は1.017，最小線量は0.977，標準偏差は0.007と25個の線量評価点においてほぼ均一な線量を照射する解を得た．(1)と同様にDPでは線源停留時間に負の値を許可しない場合，解の悪化を認めた．GOでは線量評価点の情報を最適化に組み込めないため(1)と同じ線源停留時間しか設定できず，(1)の場合よりも解の悪化を認めた．

【結論】放射線治療における線量分布最適化のために，引力斥力モデルを考案した．2次元の単純なモデルによる検討では良好な解を得ることができた．

JASTRO研究グループによる標準的放射線治療法を用いた  
食道表在癌の治療成績  
中間報告

根本 建二<sup>\*1</sup>, 山田 章吾<sup>\*1</sup>, 西尾 正道<sup>\*2</sup>, 青木 昌彦<sup>\*2</sup>, 中村 隆二<sup>\*2</sup>, 松本 康夫<sup>\*2</sup>,  
笹本 龍太<sup>\*2</sup>, 斉藤 吉弘<sup>\*2</sup>, 高山 誠<sup>\*2</sup>, 三橋 紀夫<sup>\*2</sup>, 五味 光太郎<sup>\*2</sup>, 兼坂 直人<sup>\*2</sup>,  
小林 雅夫<sup>\*2</sup>, 田中 史穂<sup>\*2</sup>, 佐々木 茂<sup>\*2</sup>, 玉村 裕保<sup>\*2</sup>, 光森 道英<sup>\*2</sup>, 西村 恭昌<sup>\*2</sup>,  
辻野 佳世子<sup>\*2</sup>, 武本 充広<sup>\*2</sup>, 内田 伸恵<sup>\*2</sup>, 山本 道法<sup>\*2</sup>, 塩山 善之<sup>\*2</sup>,  
平川 浩一<sup>\*2</sup>, 小野 誠治<sup>\*2</sup>

**RESULTS OF RADIATION THERAPY FOR SUPERFICIAL ESOPHAGEAL CANCER  
USING STANDARD RADIOTHERAPY METHOD RECOMMENDED BY  
JASTRO STUDY GROUP  
AN INTERIM ANALYSIS**

Kenji NEMOTO<sup>\*1</sup>, Shogo YAMADA<sup>\*1</sup>, Masamichi NISHIO<sup>\*2</sup>, Masahiko AOKI<sup>\*2</sup>, Ryuji NAKAMURA<sup>\*2</sup>,  
Yasuo MATSUMOTO<sup>\*2</sup>, Ryuta SASAMOTO<sup>\*2</sup>, Yoshihiro SAITO<sup>\*2</sup>, Makoto TAKAYAMA<sup>\*2</sup>,  
Norio MITSUHASHI<sup>\*2</sup>, Kotaro GOMI<sup>\*2</sup>, Naoto KANESAKA<sup>\*2</sup>, Masao KOBAYASHI<sup>\*2</sup>, Shiho TANAKA<sup>\*2</sup>,  
Shigeru SASAKI<sup>\*2</sup>, Hiroyasu TAMAMURA<sup>\*2</sup>, Michihide MITSUMORI<sup>\*2</sup>, Yasumasa NISHIMURA<sup>\*2</sup>,  
Kayoko TSUJINO<sup>\*2</sup>, Mitsuhiro TAKEMOTO<sup>\*2</sup>, Nobue UCHIDA<sup>\*2</sup>, Michinori YAMAMOTO<sup>\*2</sup>,  
Yoshiyuki SHIOYAMA<sup>\*2</sup>, Koichi HIRAKAWA<sup>\*2</sup>, Seiji ONO<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 東北大学放射線腫瘍学分野 (〒980-8575 仙台市青葉区星陵町1-1)

Department of Radiation Oncology, Tohoku Graduate School of Medicine (1-1, Seiryō-machi, Aobaku, Sendai 980-8574, JAPAN)

<sup>\*2</sup> JASTRO食道表在癌放射線治療研究グループ協力施設

The JASTRO Study Group of Radiation Therapy for Superficial Esophageal Cancer