

(CT)-MRI image fusion with treatment planning software. MRI taken at the time of diagnosis was used as a reference at 66 facilities (57.4%), while 17 facilities (14.8%) did not use MRI for treatment planning.

TREATMENT

Radiation therapy was carried out with 2 Gy per fraction at 100 facilities (86.9%), 2.1–3 Gy at 14 facilities (12.2%) and 1.8 Gy at 1 facility (0.9%). Most facilities conducted treatment five times a week. Treatment was conducted three times a week at five facilities (4.3%) and four times a week at three facilities (2.6%).

Figure 5 shows the distributions of radiation doses delivered to the prostate at facilities using a fraction dose of 2 Gy. The median total dose was 76 Gy with IMRT and 70 Gy with 3DCRT. The doses were prescribed at the isocenter at the facilities that conducted 3DCRT. In contrast, the dose prescription varied greatly at the facilities that conducted IMRT. Of the 67 facilities that conducted IMRT, D95, which is the minimum absorbed dose that covers 95% of the planning target volume (PTV), was used as a dose prescription at 24

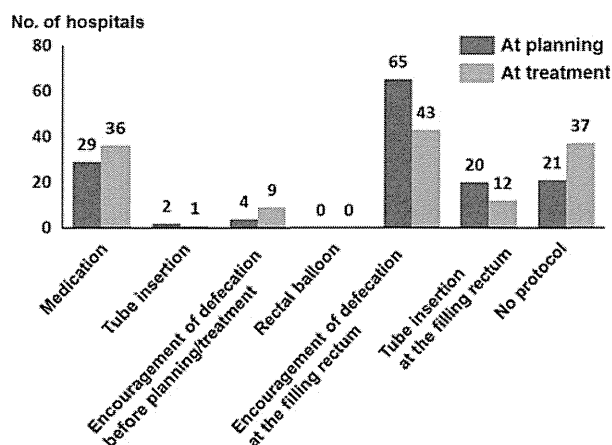


Figure 3. Condition of the rectum at the treatment planning stage and during treatment. Multiple answers allowed.

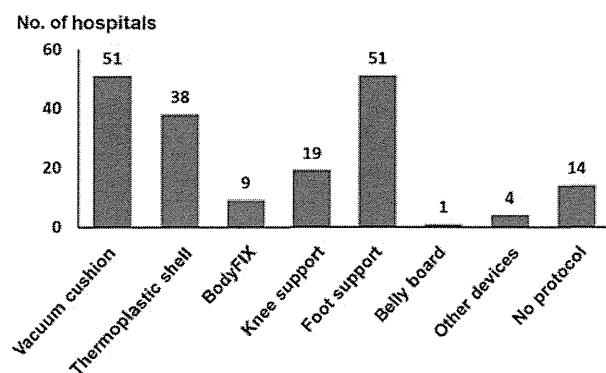


Figure 4. Fixation of the patients at the treatment planning stage and during treatment. Multiple answers allowed.

facilities (35.8%). A dose prescription requiring that 95% of the prescribed isodose line cover 95% of the PTV was used at 4 facilities (6.0%), the mean PTV dose was used at 13 facilities (19.4%) and other methods at 26 facilities (38.8%).

The most popular IGRT methods (54 facilities) involved 2D matching with X-ray fluoroscopy or 3D matching with a flat-panel cone-beam CT. Eight facilities used CT on rail and 4 facilities used ultrasonic devices. Of the 70 facilities that could perform IGRT, 33 (47.1%) conducted bone matching, 28 (40.0%) conducted prostate matching and 9 (12.9%) used metal markers. At the treatment of prostate cancer, 60 facilities (85.7%) always conducted IGRT, while 9 (12.9%) conducted IGRT at regular intervals.

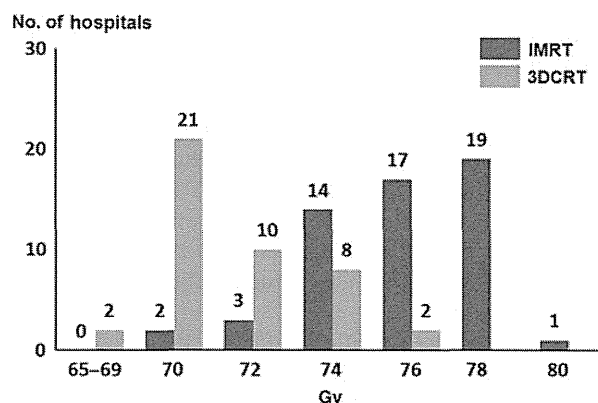


Figure 5. Total dose to the prostate.

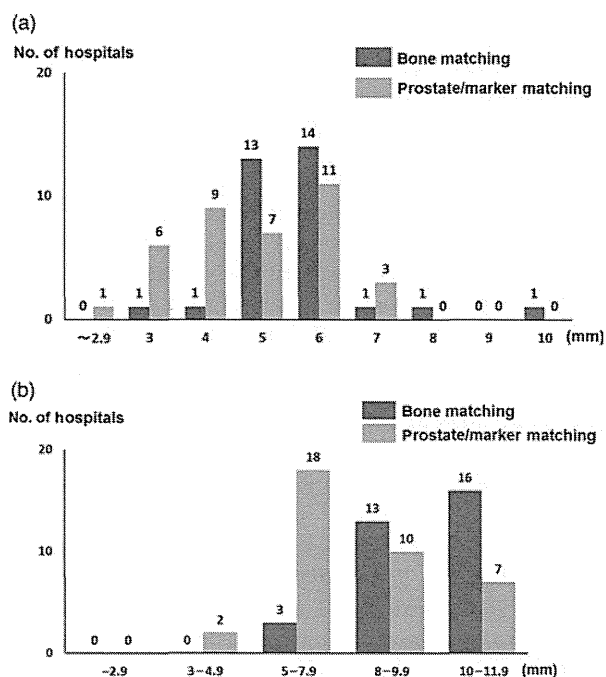


Figure 6. Margins from the prostate to planning target volume for patients with T1–2 tumors treated with IGRT: (a) rectal side and (b) other sides.

Figure 6 show the distribution of the prostate-PTV margins for patients with typical T1–2 tumors treated with IGRT. Prostate or metal marker matching tended to produce slightly smaller margins than bone matching.

## DISCUSSION

This study provides a clear picture of present practices of IMRT and/or IGRT for prostate cancer in Japan.

Simulations and treatments were performed in the supine position at most facilities. However, facilities employed various fixation methods. In most facilities, some kind of fixation method was used, although immobilization devices for body malignancies are not covered by health insurance in Japan. In the patterns of care study on prostate cancer patients who were treated with EBRT from 2003 to 2005, immobilization devices were used on only 15% of patients (7). One reason for the high frequency of the usage of patient immobilization devices in this study could be the gradual popularization of fixation methods over time. An additional reason is probably the fact that some sort of fixation method tends to be used in more precise radiation treatment, because patient immobilization can be an important contributor to the reproducibility and accuracy of radiotherapy (9).

The pretreatment condition of the bladder and rectum also varied greatly among facilities. Although fixation of the prostate is frequently conducted with a rectal balloon in Western countries (10), this method has not been used at all in Japan.

In this study, we did not investigate PTV margins when IGRT was not used. Therefore, we were unable to clarify whether IGRT causes decreased margins. However, PTV margins tended to be slightly smaller with prostate or fiducial marker matching than that with bone matching. PTV margins should be determined at each facility taking into account position errors caused not only by the IGRT method, but also by the patient position, fixation method and pretreatment condition of the bladder and rectum. Enmark et al. (11) demonstrated that a margin of 4 mm in all directions was adequate to account for uncertainties including the inter- and intrafraction motions, if IGRT with fiducial markers is performed on a daily basis. Some facilities have chosen prostate-PTV margins of <4 mm. Because of uncertainties such as intrafraction motion or uncertainty of the target delineation, decreases in the PTV margin should be carefully performed even when IGRT is applied.

The radiation dose administered at most facilities was 2 Gy per fraction. The median value of the total radiation dose was 76 Gy with IMRT and 70 Gy with 3DCRT. It is well known that the radiation dose is a strong independent predictor of failure (12), and IMRT can reduce the unwanted doses to nearby organs at risk. Therefore, as IMRT becomes more widespread in Japan, more appropriate higher dosages

of radiation should be utilized. However, a significant problem is the fact that the IMRT dose prescription varies. It is necessary to define and develop recommended guidelines for dose prescription and a dose reporting system for IMRT in Japan (13).

IMRT and IGRT were being conducted at approximately half of the facilities in this study. However, our survey targeted large-scale facilities. If all radiation therapy facilities in Japan were to be surveyed, this proportion would probably be smaller (3). At present, high-precision radiation therapy devices such as IMRT and IGRT are being rapidly introduced (3,14), and an increasing number of facilities will surely come to adopt IMRT and IGRT. The results of the survey in this study will provide beneficial information to those facilities as they begin treatment.

## Acknowledgements

We thank all radiation oncologists who participated in this study. We are also grateful to Y. Asazawa for making the questionnaire available to us.

## Funding

This study was supported in part by Grant-in Aid from the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan [H21–018].

## Conflict of interest statement

None declared.

## References

1. Harmenberg U, Hamdy FC, Widmark A, Lennernas B, Nilsson S. Curative radiation therapy in prostate cancer. *Acta Oncol* 2011;50(Suppl 1):98–103.
2. Ghilezan M, Yan D, Martinez A. Adaptive radiation therapy for prostate cancer. *Semin Radiat Oncol* 2010;20:130–7.
3. Teshima T, Numasaki H, Shibuya H, Nishio M, Ikeda H, Sekiguchi K, et al. Japanese structure survey of radiation oncology in 2007 based on institutional stratification of patterns of care study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;78:1483–93.
4. Kupelian P, Meyer JL. Image-guided, adaptive radiotherapy of prostate cancer: toward new standards of radiotherapy practice. *Front Radiat Ther Oncol* 2011;43:344–68.
5. National Comprehensive Cancer Network. NCCN clinical practice guidelines in oncology: prostate cancer V1 2011. <http://www.nccn.org/>.
6. Horwich A, Parker C, Kataja V. Prostate cancer: ESMO clinical recommendations for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2009;20(Suppl 4):76–8.
7. Nakamura K, Ogawa K, Sasaki T, Onishi H, Koizumi M, Araya M, et al. Patterns of radiation treatment planning for localized prostate cancer in Japan: 2003–05 patterns of care study report. *Jpn J Clin Oncol* 2009;39:820–4.
8. Ogawa K, Nakamura K, Sasaki T, Onishi H, Koizumi M, Araya M, et al. Radical external beam radiotherapy for clinically localized prostate cancer in Japan: changing trends in the patterns of care process survey. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011, in press.
9. Fiorino C, Reni M, Bolognesi A, Bonini A, Cattaneo GM, Calandrino R. Set-up error in supine-positioned patients immobilized

- with two different modalities during conformal radiotherapy of prostate cancer. *Radiother Oncol* 1998;49:133–41.
10. Smeenk RJ, Teh BS, Butler EB, van Lin EN, Kaanders JH. Is there a role for endorectal balloons in prostate radiotherapy? A systematic review. *Radiother Oncol* 2010;95:277–82.
  11. Enmark M, Korreman S, Nystrom H. IGRT of prostate cancer; is the margin reduction gained from daily IG time-dependent? *Acta Oncol* 2006;45:907–14.
  12. Viani GA, Stefano EJ, Afonso SL. Higher-than-conventional radiation doses in localized prostate cancer treatment: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;74:1405–18.
  13. ICRU. International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT). Report 83. Oxford: Oxford University Press 2010.
  14. Teshima T, Numasaki H, Shibuya H, Nishio M, Ikeda H, Ito H, et al. Japanese structure survey of radiation oncology in 2005 based on institutional stratification of patterns of care study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;72:144–52.

## 国内のラルス稼働状況と子宮頸癌の治療

●静岡県立静岡がんセンター 放射線治療科 西村哲夫

### 1. 国内のラルスの設置と稼働の状況

国内のラルス設置状況に関する最近の日本アイソトープ協会の調べによると、2007年より2年おきに見た設置施設数は196→182→176、稼働施設数は182→169→160と減少傾向にあった(図1)。この中で旧型コバルトラルスに限ってみると設置施設数は49→31→14、稼働施設数は40→24→4と激減していた(図2)。このように国内のラルス稼働施設の減少の主な理由は旧型ラルスの廃棄に際して、新たな装置への更新が行われなかったものである。しかし2011年非稼働の16施設のうち旧型ラルスは10施設であったが、残りの6施設はイリジウムラルス使用施設であり、装置を備えていても十分な患者数が確保できずに使用しない施設もあることが推測された。

厚労省石倉班では2009年以来、子宮頸癌のラルス治療の均てん化の検討を行ってきた。2011年の都道府県別ごとの稼働施設数の中央値は2(1~19)であり、1施設だけの県は8であった。また全国のがん診療連携拠点病院388のうちラルスが稼働しているものは146(37.6%)であり、拠点病院が稼働施設数に占める割合は146/162(90.1%)であった(検討の段階では上記全稼働ラルス施設数は162とみなした)。すなわちラルス治療はがん診療連携拠点病院がその大きな役割を担っていることが分かった。

以上のデータをまとめると、全国のラルスを持つ施設は、大都市を除くとがん診療連携拠点病院に集約されつつあり、二次医療圏を超えた患者の移動が行われていると考えられる。また場合によっては都道府県の枠(三次医療圏)を超えた患者の移動もあると思われる。なおこれらのデータは2010年の診療報酬の改定の影響は反映していないものと考えられるが、最近新たにラルス治療を始めた2施設もあり今後の動向が注目される。

### 2. 子宮頸癌ラルス治療潜在適応患者数の推定

国内では子宮頸癌のほぼすべての腔内照射はラルスによって行われている。ラルス治療潜在適応の患者数を推定することにより、ラルス施設数の適正配置について検討した。

日本産科婦人科学会子宮頸癌患者年報に登録され、放射線治療主体で治療が行われた症例と手術主体で治療が行われた症例の半数を合わせてラルス治療の潜在的適応とみなし、子宮頸癌全体の中で占める割合を求めた。一方全国がん罹患モニタリング集計にある全国推定患者数を求めて、潜在適応患者数を算出した。

2007年の子宮頸癌患者年報には5024人が登録された。放射線治療主体で治療が行われた1397人と

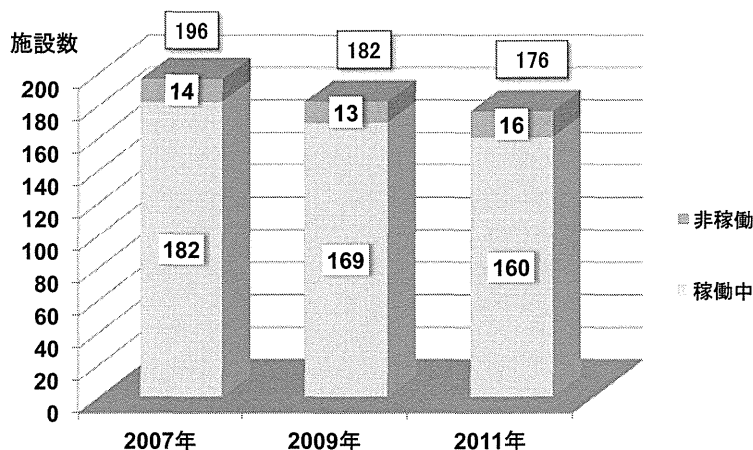


図1. RALSの設置と稼働状況の推移

手術主体で治療が行われた2273人の半数1186人の合わせた2583人(51.4%)をラルス治療の潜在的適応とみなした。一方2005年罹患数推定値は8474人であり、ラルス治療潜在適応患者数は $8474 \times 0.516 = 4357$ 人と算出された。これを人口1億2702万人で割ると人口100万人当たり3.4人がラルス治療の潜在患者になると推定された。この推定値を稼働している各都道府県の1施設当りの患者数に換算すると中央値25(11-81)であったが20人未満が11県、一方40人以上が10県と大きな差があった。これらの現状は患者数の過剰な負荷が掛かる施設がある一方で、少ない患者数のままで非効率的な運用を行わざるを得ない施設のあることが分かった。

### 3. 子宮頸癌の腔内照射患者の居住医療圏の調査

2010年に腔内照射を行った子宮頸癌患者について特定の県(静岡、沖縄)の施設に協力を得て、居住する二次医療圏別の患者数を調査した。二次医療圏別の子宮頸癌の腔内照射の患者数は沖縄県では1施設で51例の治療が行われ、人口100万人あたりの患者数は平均3.7人で患者が居住する5つの二次医療圏別には1.9~5.6(中央値3.8)だった。一方主として3施設で治療が行われた静岡県では85人の治療が行われ、県外の2例をのぞいた人口100万人あたり患者数平均は2.5人で8つの二次医療圏別では0.8~5.4(中央値2.5)だった。前記の潜在患者数3.4人と比べる特に沖縄県では離島などの問題があるにも関わらず、適切に治療が行われていることが分かる。このような調査は均てん化を考える上で有用と思われる。

### 4. 患者の選択による子宮頸癌の治療

静岡がんセンターは2002年4月開設され今年で丁度10年が経過した。子宮頸癌については開院当初よりIb期とII期の切除可能な扁平上皮癌については、手術と放射線治療の両方を提示して患者が選択できるようにした。

2002年9月から2008年12月の期間の152名の患者については、手術を選択したものが117名(76%)、放治を選択したものが35例(24%)であった。その全生存割合は手術選択89.2%、放治選択91.3%( $p=0.8020$ )、無再発生存割合は手術選択79.2%、放治選択85.1%( $p=0.4341$ )で両群に有意差はなかった。

2011年改定となった子宮頸癌の診療ガイドラインでは、手術と放射線治療は同等の治療としてみなされるようになった。この点に関しては私どもの経験でも全く問題がないと考えている。しかし診療ガイドラインに手術と同等と記載されていても、放射線治療が適切に実施される体制が整っていることが前提である。設備がないから、信頼できる放射線腫瘍医がいないからという理由で、患者に放射線治療の説明が行われないことは避けるべきである。このために各医療機関の内部の診療体制の確立とコンセンサス作りが必要である。また場合によっては医療機関を超えた地域の事情に応じた診療体制を整えることが大切である。

### 5. まとめ

ラルス治療は子宮頸癌の治療に必須である。都道府県や医療圏別にみると、尚整備の不十分な地域がある。今後はがん診療連携拠点病院を中心とした各地域のネットワーク作りと人材育成が課題と考えられる。

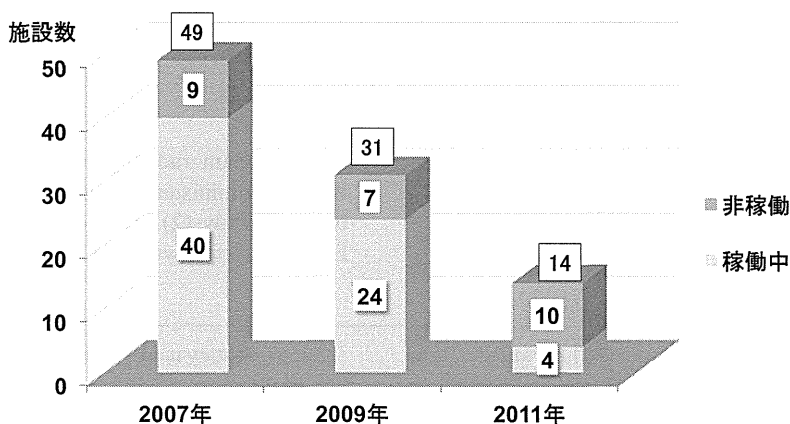


図2. 旧型国産RALSの設置と稼働状況の推移

## INTERNATIONAL BRACHYTHERAPY PRACTICE PATTERNS: A SURVEY OF THE GYNECOLOGIC CANCER INTERGROUP (GCIG)

AKILA N. VISWANATHAN, M.D., M.P.H.,\* CARIEN L. CREUTZBERG, M.D., PH.D.,<sup>†</sup>  
PETER CRAIGHEAD, M.B., CH.B.,<sup>‡</sup> MARY McCORMACK, FRCR PH.D.,<sup>§</sup> TAKAFUMI TOITA, M.D.,<sup>¶</sup>  
KAILASH NARAYAN, M.D., PH.D.,<sup>||</sup> NICHOLAS REED, M.B.B.S.,\*\* HARRY LONG, M.D.,<sup>††</sup>  
HAK-JAE KIM, M.D.,<sup>‡‡</sup> CHRISTIAN MARTH, M.D.,<sup>§§</sup> JACOB C. LINDEGAARD, M.D.,<sup>¶¶</sup>  
ANNMARIE CERROTTA, M.D.,<sup>|||</sup> WILLIAM SMALL, JR., M.D.,\*\*\* AND EDWARD TRIMBLE, M.D., M.P.H.<sup>†††</sup>

\*Department of Radiation Oncology, Brigham and Women's Hospital and Dana-Farber Cancer Institute, Harvard Medical School, Boston, MA; <sup>†</sup>Department of Clinical Oncology, Leiden University Medical Center, Leiden, The Netherlands; <sup>‡</sup>Tom Baker Cancer Centre, Calgary, Alberta, Canada; <sup>§</sup>Department of Oncology, University College London Hospital, London, England; <sup>¶</sup>Department of Radiology, Graduate School of Medical Science, University of the Ryukyus, Okinawa, Japan; <sup>||</sup>Division of Radiation Oncology, Peter MacCallum Cancer Centre and Department of Obstetrics and Gynecology, University of Melbourne, Melbourne, Australia; \*\*Beatson Oncology Centre, Glasgow, Scotland; <sup>††</sup>Division of Medical Oncology, Department of Oncology, Mayo Clinic College of Medicine, Rochester, MN; <sup>‡‡</sup>Department of Oncology, Seoul National University Hospital, Seoul, South Korea; <sup>§§</sup>Medical University Innsbruck, Innsbruck, Austria; <sup>¶¶</sup>Aarhus University Hospital, Aarhus, Denmark; <sup>|||</sup>Department of Radiation Therapy, Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori, Milano, Italy; \*\*\*The Robert H. Lurie Comprehensive Cancer of Northwestern University, Chicago, IL; and <sup>†††</sup>National Cancer Institute, Bethesda, MD

**Purpose:** To determine current practice patterns with regard to gynecologic high-dose-rate (HDR) brachytherapy among international members of the Gynecologic Cancer Intergroup (GCIG) in Japan/Korea (Asia), Australia/New Zealand (ANZ), Europe (E), and North America (NA).

**Methods and Materials:** A 32-item survey was developed requesting information on brachytherapy practice patterns and standard management for Stage IB–IVA cervical cancer. The chair of each GCIG member cooperative group selected radiation oncology members to receive the survey.

**Results:** A total of 72 responses were analyzed; 61 respondents (85%) used HDR. The three most common HDR brachytherapy fractionation regimens for Stage IB–IIA patients were 6 Gy for five fractions (18%), 6 Gy for four fractions (15%), and 7 Gy for three fractions (11%); for Stage IIB–IVA patients they were 6 Gy for five fractions (19%), 7 Gy for four fractions (8%), and 7 Gy for three fractions (8%). Overall, the mean combined external-beam and brachytherapy equivalent dose (EQD2) was 81.1 (standard deviation [SD] 10.16). The mean EQD2 recommended for Stage IB–IIA patients was 78.9 Gy (SD 10.7) and for Stage IIB–IVA was 83.3 Gy (SD 11.2) ( $p = 0.02$ ). By region, the mean combined EQD2 was as follows: Asia, 71.2 Gy (SD 12.65); ANZ, 81.18 (SD 4.96); E, 83.24 (SD 10.75); and NA, 81.66 (SD, 6.05;  $p = 0.02$  for Asia vs. other regions). The ratio of brachytherapy to total prescribed dose was significantly higher for Japan ( $p = 0.0002$ ).

**Conclusion:** Although fractionation patterns may vary, the overall mean doses administered for cervical cancer are similar in Australia/New Zealand, Europe, and North America, with practitioners in Japan administering a significantly lower external-beam dose but higher brachytherapy dose to the cervix. Given common goals, standardization should be possible in future clinical trials. © 2012 Elsevier Inc.

Brachytherapy, Cervical cancer, Radiation dose.

### INTRODUCTION

Globally, cervical cancer represents the most common gynecologic malignancy (1). Patients with locally advanced cervical cancer (Stage IB2–IVA) require treatment with

external-beam radiation (EBRT) with concurrent chemotherapy administered as a radiation sensitizer followed by brachytherapy (2). The recommended cumulative dose of EBRT and brachytherapy to cure locally advanced disease

Reprint requests to: Akila N. Viswanathan, M.D., M.P.H., Brigham and Women's Hospital, Department of Radiation Oncology, 75 Francis Street L2, Boston, MA 02115. Tel: (617) 732-6331; Fax: (617) 278-6988; E-mail: aviswanathan@irow.harvard.edu

Presented at the Cervical Cancer State of the Science Meeting, Manchester, UK, June 18, 2009.

Supplementary material for this article can be found at [www.redjournal.org](http://www.redjournal.org).

Conflict of interest: none.

**Acknowledgment**—The authors thank Barbara Silver for reviewing the manuscript and the physician respondents to this survey.

Received July 3, 2010, and in revised form Sept 3, 2010. Accepted for publication Oct 6, 2010.

ranges from 80 to 90 Gy recorded at point A using low-dose-rate (LDR) brachytherapy (2).

Over the past 20 years, high-dose-rate (HDR) brachytherapy has increased and replaced LDR in many practices (3). The Patterns of Care for cervical cancer radiation practice in the United States reported a 16% HDR utilization rate in 1999 (4), whereas 85% of surveyed physician members of the American Brachytherapy Society (ABS) reported having HDR at their institution in 2007 (3). Overall, randomized studies indicate that outcomes with HDR resemble those with LDR, though many issues exist regarding the methodology of randomization and the follow-up duration across the studies (5). However, caution regarding large fractions given to normal tissues and adequate tumor coverage have increased awareness and recommendations for the use of computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) to determine doses to the tumor and the organs at risk (6).

The biologic equivalent dose formulas allow calculation of the brachytherapy dose (7, 8). However, these formulas require an assumption that the  $\alpha/\beta$  ratio for tumor is 10, which may be an underestimation for squamous cell carcinoma. Furthermore, concerns regarding the validity of the linear quadratic model exist for very low or very high doses per fraction (9). Publication of standard fractionation regimens for HDR cervical cancer brachytherapy with point A-based standard loading (10, 11) led to widespread adoption in the United States of the regimen 6 Gy for five fractions over approximately 2.5 weeks. Preliminary results demonstrate a 2-year Grades 3 and 4 bowel toxicity rate of 11% with this HDR regimen (12). By contrast, with 2-year follow-up, only three (5%) Grade 3 or greater gastrointestinal complications occurred in a group of 65 patients treated with 6 Gy for five fractions in one report (13). It remains unknown whether 6 Gy for five fractions has a higher toxicity rate than 5.5 Gy per fraction or than LDR brachytherapy.

The Gynecologic Cancer Intergroup (GCIg) strives to forge collaborations between cooperative groups to move the development of oncologic clinical trials forward in a highly constructive and cost-effective manner. Randomized trials with international participation will accrue cervical cancer patients rapidly and result in advances on a global stage. To determine brachytherapy practice patterns and the HDR brachytherapy regimens most frequently prescribed by GCIg members, a survey of GCIg members was conducted. The goal is to clarify which regimen would be acceptable for future international collaborative clinical trials.

## METHODS AND MATERIALS

The GCIg represents an international association of member cooperative groups conducting large clinical trials for gynecologic malignancies. Since its inception in 1997, 18 cooperative groups have joined, including the AGO-Austria (Austria), AGO-OVAR (Germany), ACRIN (USA), ANZOG (Australia, New Zealand), DGOG (the Netherlands), EORTC (Europe), GEICO (Spain), GINECO (France), GOG (USA), JGOG (Japan), MANGO (Italy),

MITO (Italy), MRC/NCRI (Great Britain), NCIC (Canada), NSGO (Scandinavia), RTOG (USA), SGCTC (Scotland), and SWOG (USA).

A 32-question survey was designed to address questions regarding standard practice patterns for locally advanced cervical cancer management, such as routine doses of external beam and the use of concurrent chemotherapy, and also to determine baseline brachytherapy practice patterns, including both HDR and LDR utilization, at the time of the survey (Appendix E1 available online at [www.redjournal.org](http://www.redjournal.org)). An e-mail providing background information, the purpose of the survey, and a link to a web page for easy retrieval of the survey was sent electronically to the chair of each GCIg member cooperative group in December 2008. Each cooperative group chair could choose to forward the email to six radiation oncology members from separate representative centers that had a large volume of cervical cancer cases. Respondents could complete only one survey on a computer, and entered their names and e-mail addresses to avoid duplicate submissions. The survey website closed in May 2009. Appendix E1 (available online at [www.redjournal.org](http://www.redjournal.org)) lists the specific items queried.

The biologically equivalent doses were calculated in 2-Gy equivalents using the EQD2 equation. For respondents that used a mid-line block, the total dose to the nodes and the dose to the cervix were summed separately. The EBRT and brachytherapy EQD2 doses were calculated at point A for patients with Stage IB–IIA and those with Stage IIB–IVA disease; then the average was taken for a cumulative sum for all stages. Analysis of reported HDR fractionation regimens was divided by country and by region, including Asia (Japan/Korea); Australia/New Zealand; Europe (Austria, Denmark, England, Finland, Germany, Italy, Ireland, the Netherlands, Scotland, Spain); and North America (USA, Canada). Quartiles of dose were evaluated to determine whether any particular region or country grouped into the highest or lowest dose ranges. The *t*-test statistic was performed to determine whether any significant differences in dose existed by region.

## RESULTS

### *Respondent characteristics*

A total of 16 cooperative groups gave member responses to this survey. Of 74 respondents, two were excluded: one non-GCIg member and one GCIg member who did not answer questions regarding brachytherapy, yielding a final study population of 72 respondents. Cooperation was received from the AGO-Austria ( $n = 3$ ), ABO-Germany ( $n = 2$ ), ACRIN ( $n = 1$ ), ANZGOG ( $n = 6$ ), DGOG ( $n = 6$ ), EORTC ( $n = 5$ ), GEICO ( $n = 1$ ), GOG ( $n = 5$ ), JGOG ( $n = 6$ ), KGOG ( $n = 4$ ), MANGO ( $n = 3$ ), MITO ( $n = 2$ ), MRC/NCRI ( $n = 9$ ), NCIC ( $n = 10$ ), NSGO ( $n = 3$ ), and the RTOG ( $n = 6$ ). Regions of the world represented were Japan/Korea ( $n = 10$ ), Australia/New Zealand ( $n = 6$ ), Europe ( $n = 34$ ), and North America ( $n = 22$ ).

Of the 72 respondents, 63 (88%) practice radiation oncology; 8 (11%), both medical and radiation oncology; and one (1%), gynecologic oncology. Regarding the average number of cervical cancer patients treated per year, 7 (10%) treat 1 to 9, 18 (25%) treat 10 to 19, 11 (15%) treat 20 to 29, 9 (13%) treat 30 to 39, 6 (8%) treat 40 to 49, 10 (14%) treat 50 to 59, 6 (8%) treat 60 to 69, 4 (6%) treat 70 to 79, and 1 (1%) treats more than 140.

### External-beam radiation to the cervix

Physicians were queried regarding the standard EBRT dose prescribed for treating cervical cancer. For those who reported administering a parametrial boost dose, the parametrial doses were excluded from the EBRT cumulative cervical dose calculation, since the goal of a midline block is to avoid significant radiation to the cervix during these fractions. After averaging all respondents' reported dose to the cervix, the mean EBRT dose was 44.2 Gy (range, 19.8–50.4) for Stage IB–IIA patients and 47.2 Gy (range, 30.6–54) for Stage IIB–IVA patients. The average cervical dose for the Japanese respondents (not including the parametrial boost dose) was 23.3 Gy (range, 19.8–30) for Stage IB–IIA patients and 36.7 Gy (range, 30.9–40) for Stage IIB–IVA patients. All Japanese respondents commented that after insertion of a midline block, the total dose to the parametria and pelvic nodes equals 50 Gy (30 Gy to the cervix plus 20 Gy after insertion of the midline block). By contrast, all other countries reported a mean EBRT dose of 46.11 Gy (range, 40–50.4) for Stage IB–IIA patients and 48.2 Gy (range, 40–54) for Stage IIB–IVA patients. The most commonly added parametrial boost dose is 5.4 Gy after 45 Gy to the entire pelvis. For Stage IB–IIA patients, the most common EBRT doses are 45 Gy ( $n = 41$ , 57%) and 50.4 Gy ( $n = 15$ , 21%). For Stage IIB–IVA, the most common EBRT doses are 45 Gy ( $n = 26$ , 36%), 50.4 Gy ( $n = 27$ , 38%), and 54 Gy ( $n = 5$ , 7%).

All respondents prescribe concurrent chemotherapy with EBRT. In addition, 4% (three respondents) consider giving neoadjuvant chemotherapy before concurrent chemoradiation. The chemotherapy agents marked on the survey included cisplatin (97%), 5-fluorouracil (4%), carboplatin (5%), paclitaxel (5%), and nedaplatin (2%).

### Brachytherapy

With regard to dose rate, 61 respondents (85%) have HDR available, 13 (18%) had LDR, and 8 (11%) have pulse-dose-rate. Chemotherapy is given on the same day as an HDR fraction by four respondents (6%). An HDR fraction is given on the same day as an EBRT fraction by three respondents (4%). A total of 38% of respondents might hospitalize patients overnight for HDR treatment. For those using LDR, an equal number of respondents use on average one or two fractions, with a per-fraction dose ranging from 10 to 40 Gy. Three respondents administer chemotherapy during an inpatient LDR hospitalization.

The tandem and ovoid is the most frequently used applicator for HDR, pulse-dose-rate, and LDR, with 54% using this applicator for more than 75% of their cases annually. The tandem and ring applicator is used in 24% of cases, tandem and cylinder in 4%, tandem and interstitial in 3%, and interstitial only in 1%. For applicator insertion, 97% of respondents' patients receive anesthesia, consisting of general (46%), spinal (27%), intravenous conscious sedation (28%), and/or oral pain medication (14%). Ultrasound is used for assistance with applicator insertion by 62% of respondents; 24% use ultrasound less than 10% of the time, 12% use it for

10–25% of cases, 7% use it for 26–50% of cases, 1% use it for 51–75% of cases, and 18% use it for more than 75% of their cases.

With regard to imaging the brachytherapy applicator after insertion, 17 centers (24%) reported that they use plain x-ray films, either alone or in combination with MRI and/or CT. By contrast, CT is the most commonly used imaging modality ( $n = 41$ , 57%); 27 respondents use CT for every fraction, and 14 use CT for the first fraction only. MRI is used by 18 centers (25%), of which eight use MRI for every fraction and 10 for the first fraction only; of these 10, eight acquire a CT scan for every fraction. In terms of prescribing to the cervix, 56 (78%) prescribe to point A, 8 (11%) follow the GEC-ESTRO guidelines (14, 15) alone, 15 (21%) follow the GEC-ESTRO and report dose to point A, 4 (6%) follow the ABS guidelines alone, and 8 (11%) use both the ABS and point A.

The major HDR fractionation patterns are depicted in Fig. 1 and listed in the table. For Stage IB–IIA patients, the most common HDR fractionation pattern is 6 Gy for five fractions ( $n = 11$ , 15%), as it is for Stage IIB–IVA patients ( $n = 14$ , 19%). A total of 28 fractionation regimens are reported, of which 18 are used by only one institution. The most common fractionation regimen, 6 Gy for five fractions, is prescribed by centers in the United States, Canada, Australia, New Zealand, the United Kingdom, Spain, Italy, and Germany. The second most common regimen, 7 Gy for four fractions, is prescribed by centers in the United States, Australia, Austria, and the Netherlands. For HDR dose reporting, of the 68 respondents to this question, 32 (47%) calculate equivalent dose using the 2-Gy (EQD2) formula, whereas 31 (46%) use only the biologic equivalent dose formula, and five (7%) multiply the raw cumulative dose by 1.33.

The recommended mean combined EBRT plus brachytherapy EQD2 was 78.9 Gy (standard deviation [SD] 10.7) for Stage IB–IIA patients and 83.3 Gy (SD 11.2) for Stage IIB–IVA patients for all countries ( $p = 0.02$  Stage IB–IIA vs. IIB–IVA). For all stages and all countries, the mean EBRT plus brachytherapy dose was 80.9 (SD 10.14). By region, the mean combined EQD2 for Australia/New Zealand was 81.18 (SD 4.96); for Europe, 83.35 (SD 10.75); for North America, 81.66 (SD 6.05); and for Asia, 71.2 Gy (SD 12.65;  $p = 0.02$  for Asia vs. other regions). The mean EBRT plus brachytherapy dose for Japan was 62.73 (SD 6.7), and for Korea it was 83.9 (SD 6.86). Therefore, the only significant difference was between Japan and the other countries in the survey. Overall, 17 centers (7 Europe, 3 North America, 6 Japan, and 1 New Zealand) had EQD2 cumulative values ranging from 56.8 to 75 Gy; 6 centers (all in Europe) reported EQD2 values over 95 Gy, ranging from 97.6 to 115.4 Gy. The highest reported dose was from a center that uses a fractionation regimen of 7 Gy for seven fractions after full-dose radiation to the pelvis. Figure 2 depicts the EQD2 by region.

The average ratio of brachytherapy dose to total sum (EBRT plus brachytherapy) dose was 0.45 (SD 0.08) for Stage IB–IIA and 0.44 (SD 0.08) for Stage IIB–IVA ( $p = \text{NS}$ ). However, for Japanese respondents, the all-stages ratio



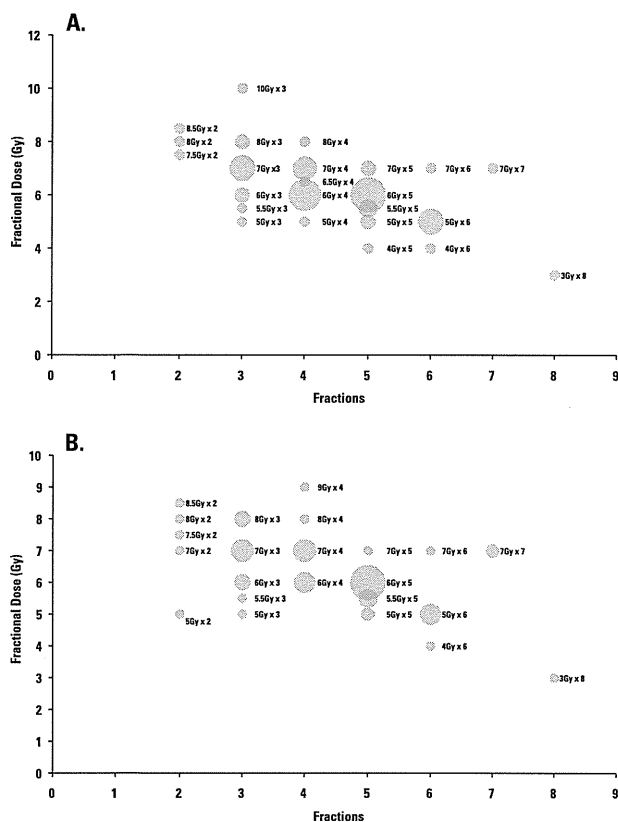


Fig. 1. Cervical cancer high-dose-rate brachytherapy fractionation patterns by dose in Gray (Gy) and number of brachytherapy fractions prescribed. (A) Respondents' answers regarding the fractionation pattern prescribed for Stages IB–IIA cervical cancer. (B) Fractionation pattern recommended for Stages IIB–IVA cervical cancer. The size of the circle is proportional to the number of respondents, with the largest number reporting 6 Gy for five fractions.

was 0.51 (SD 0.03), which was significantly different from the average ratio for all other countries ( $p = 0.0002$ ). When stratified by stage, this difference in brachytherapy ratio was seen only for the Stage IB–IIA subgroup. For Japanese respondents, the ratio of brachytherapy to EB plus brachytherapy was 0.58 (SD 0.05) for Stage IB–IIA and 0.45 (SD 0.06) for Stage IIB–IVA ( $p = 0.002$ ). In other words, to accommodate their reduced EBRT dose, the Japanese use a higher brachytherapy dose for patients with Stage I–IIA tumors than that typically used elsewhere.

### Complications

When queried about the number of patients treated for cervical cancer who were hospitalized annually for a complication, most respondents indicated 0 ( $n = 12$ , 17%), 1 ( $n = 37$ , 60%), or 2 ( $n = 9$ , 13%).

## DISCUSSION

The primary goal of this survey was to gauge variation in HDR fractionation for cervical cancer and to determine brachytherapy practice patterns internationally, in order to assist with the development of the brachytherapy portion of

international randomized clinical trials. Inasmuch as cervical cancer remains a leading cause of mortality in developing countries, international collaborative randomized trials that can advance treatment approaches on a global level are needed. In particular, before undertaking this study, we questioned whether the heterogeneity of brachytherapy practice might hinder standardization. As part of this survey, other items of interest were queried, including the utilization of three-dimensional (3D) imaging during brachytherapy. Other questions were designed to provide a 3-year update to selected general management information queried on the 2007 survey (16).

With regard to the general management of cervical cancer, this survey showed that the use of concurrent chemoradiation is similar to that reported in the 2007 survey, as are EBRT doses. In terms of brachytherapy, a greater proportion of respondents in this survey reported the use of HDR than in a United States–based survey from 1999 (4). However, the use of HDR in the United States also seem to be increasing, with 85% of ABS members having HDR brachytherapy available in their practices in 2007, indicating a growing acceptance of HDR brachytherapy in the United States that matches international implementation (3). The transition from LDR to HDR has been based on an increased acceptance of the feasibility, safety, and efficacy of HDR when carefully administered, with a concomitant increase in the use of 3D imaging. Three-dimensional imaging allows dose optimization away from the normal tissues in an attempt to spare them the large fractional dose used in HDR brachytherapy.

Overall, a significant proportion of GCIG members have access to 3D imaging for gynecologic brachytherapy. The most frequently used method for brachytherapy imaging is CT. In a recent ABS survey, 70% of respondents used CT after brachytherapy applicator insertion, and 57% used CT imaging in this survey (3). Before the 1990s, plain x-ray film simulation was the standard of care. After the integration of CT into radiation oncology departments, 3D imaging use increased and now represents the standard for external beam. The integration of 3D imaging into brachytherapy has also expanded, albeit later than for EBRT. This study found a significant proportion using the best available 3D imaging modality available at their institution, either CT or MRI, for cervical cancer brachytherapy planning.

In this survey, HDR brachytherapy dose fractionation recommendations varied considerably. The most common fractionation internationally was 6 Gy for five fractions, although this regimen is used by fewer than 20% of reporting institutions. Despite the high degree of individuality in brachytherapy prescribing, the biologic equivalence was remarkably similar for all countries and regions except Japan. All six Japanese respondents follow a regimen of treating to 20 to 30 Gy for early stage disease, then place a midline block, which significantly reduce the cumulative EQD2 cervical dose compared to that used in other countries. Nevertheless, the EQD2 dose to the cervix was equivalent, on average 80 Gy for all regions of the world surveyed. The Japanese cervix dose reduction to approximately 70 Gy, instead of the

Table 1. Routine high-dose-rate brachytherapy fractionation regimens for cervical cancer as used by Gynecologic Cancer Intergroup surveyed physicians

Standard fractionation for Stages IB–IIA cervical cancer				Standard fractionation for Stages IIB–IVA cervical cancer			
% Respondents ( <i>n</i> )	Dose/fraction	Fractions ( <i>n</i> )	EQD2	% Respondents ( <i>n</i> )	Dose/fraction	Fractions ( <i>n</i> )	EQD2
18% (11)	6	5	40	23% (14)	6	5	40
15% (9)	6	4	32	10% (6)	7	4	40
12% (7)	7	3	29.75	10% (6)	7	3	30
8% (5)	5	6	37.5	8% (5)	6	4	32
8% (5)	7	4	39.7	7% (4)	5.5	5	35.5
5% (3)	5	5	31.25	5% (3)	5	6	37.5
5% (3)	5.5	5	35.52	5% (3)	7	6	59.5
3% (2)	8	3	36	5% (3)	6	3	24
1.6% (1)	3	8	26	5% (3)	8	3	36
1.6% (1)	4	5	23.3	3% (2)	7	7	69.4
1.6% (1)	4	6	28	3% (2)	5	5	31.3
1.6% (1)	5	3	18.75	1.6% (1)	3	8	26
1.6% (1)	5	4	25	1.6% (1)	4	6	28
1.6% (1)	5.5	3	21.3	1.6% (1)	7	5	49.6
1.6% (1)	6	3	24	1.6% (1)	8	4	48
1.6% (1)	6.5	4	35.75	1.6% (1)	9	4	57
1.6% (1)	7	5	49.6	1.6% (1)	5	3	18.8
1.6% (1)	7	6	59.5	1.6% (1)	5.5	3	21.3
1.6% (1)	7	7	69.4	1.6% (1)	5	2	12.5
1.6% (1)	7.5	2	21.9	1.6% (1)	7.5	2	21.9
1.6% (1)	8	2	24	1.6% (1)	8	2	24
1.6% (1)	8	4	48	1.6% (1)	8.5	2	26.2
1.6% (1)	8.5	2	26.2				
1.6% (1)	10	3	50				

Abbreviation: EQD2 = Equivalent dose in 2 Gy fractions.

Results indicate the diversity of responses.

The EQD2 formula was used to convert the high-dose-rate dose and number of fractionations.

international standard of 80 Gy, must be further analyzed, including comparison of recurrence rates and toxicities; an upcoming abstract shows reasonable rates of local control (17). The Japanese regimen, in use for several decades, was implemented upon the observation that Japanese women, potentially because of their small body size, had very high bowel and bladder toxicity rates when treated with higher pelvic EBRT doses (18). The current Japanese regimen begins HDR intracavitary brachytherapy once per week after 20 Gy. Whether a genetic

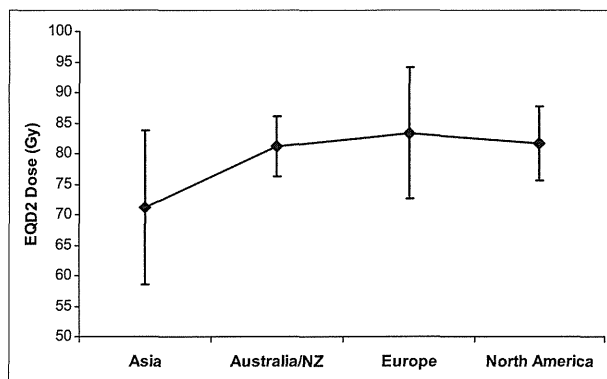


Fig. 2. The sum external beam plus brachytherapy dose with the error bars indicating the standard deviation (SD), converted using the equivalent dose in 2-Gy fractions (EQD2) assuming an  $\alpha/\beta = 10$ , by region of the world. The mean EQD2 dose was 80.9 Gy (SD 10.14).

difference in sensitivity to radiation exists is unknown, but one implication of the successful outcomes in Japanese women is that brachytherapy may be the more critical component for treatment to the cervix, particularly for early stage disease with a lower risk of nodal spread.

A previously unassessed difference in brachytherapy administration was identified with regard to the proportional relationship of brachytherapy to the sum total dose. For early-stage patients, the Japanese respondents administer a significantly higher proportion of the dose using brachytherapy than practitioners from other countries. The reliance on HDR brachytherapy fractionation may indicate that a large dose given with HDR can compensate for a lower external beam dose in patients with small tumors. This assumption of proportionality must be corroborated with recurrence information.

For all respondents (including those from Japan), the mean EBRT plus brachytherapy cumulative EQD2 dose was 80.4 Gy, with a standard deviation of 10 Gy. Patients with higher-stage disease (Stage IIB–IVA) received a significantly higher dose than did those with earlier-stage cervical cancer. Therefore, a dose of 80 Gy may be considered the universally accepted international baseline dose overall, with on average 79 Gy for Stage IB–IIA and 84 Gy for Stage IIB–IVA cases. A dose of 80 Gy is approximately equivalent to 45 Gy delivered with EBRT and 5.5 Gy for five fractions delivered with HDR brachytherapy. A dose

of 84 Gy is approximately equivalent to 45 Gy with EBRT and 6 Gy for five fractions or 7 Gy for four fractions of HDR.

Standardization of HDR brachytherapy on an international level will assist institutions in terms of comparing toxicities and outcomes in patients with cervical cancer, and will also allow for the exchange of information and uniformity in a multi-institutional international randomized clinical trial that permits HDR brachytherapy. A cumulative

dose of 80 Gy should be considered an achievable goal for patients with locally advanced cervical cancer. Analysis of the outcomes in Japanese patients treated with a lower total dose is necessary. Future randomized trials in the era of chemoradiation may attempt radiation dose variation based on response and on improved sparing of normal tissues with 3D imaging, to determine the acceptable safe threshold level that results in equivalent eradication of disease while minimizing toxicities.

## REFERENCES

1. Age-standardized incidence rates of cervical cancer. 2009. (Accessed May 22, 2010, at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/>).
2. Eifel PJ, Winter K, Morris M, *et al.* Pelvic irradiation with concurrent chemotherapy versus pelvic and para-aortic irradiation for high risk cervical cancer: An update of Radiation Therapy Oncology Group Trial (RTOG) 90-01. *J Clin Oncol* 2004;22:872–880.
3. Viswanathan AN, Erickson BA. Three-dimensional imaging in gynecologic brachytherapy: A survey of the American Brachytherapy Society. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:104–109.
4. Erickson B, Eifel P, Moughan J, *et al.* Patterns of brachytherapy practice for patients with carcinoma of the cervix (1996-1999): A patterns of care study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:1083–1092.
5. Stewart AJ, Viswanathan AN. Current controversies in high-dose-rate versus low-dose-rate brachytherapy for cervical cancer. *Cancer* 2006;107:908–915.
6. Viswanathan AN, Dimopoulos J, Kirisits C, *et al.* Computed tomography versus magnetic resonance imaging-based contouring in cervical cancer brachytherapy: Results of a prospective trial and preliminary guidelines for standardized contours. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;68:491–498.
7. Fowler JF. The linear-quadratic formula and progress in fractionated radiotherapy. *Br J Radiol* 1989;62:679–694.
8. Dale RG. The application of the linear-quadratic dose-effect equation to fractionated and protracted radiotherapy. *Br J Radiol* 1985;58:515–528.
9. Stewart AJ, Bentzen SM. Radiobiological aspects of brachytherapy in the era of 3-dimensional imaging. In: Viswanathan AN, Kirisits C, Erickson B, Poetter R, editors. *Gynecologic radiation therapy: Novel approaches to image-guidance and management*. Berlin: Springer; 2011.
10. Nag S, Erickson B, Thomadsen B, *et al.* The American Brachytherapy Society recommendations for high dose rate brachytherapy for carcinoma of the cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;48:201–211.
11. Petereit DG, Pearcey R. Literature analysis of high dose rate brachytherapy fractionation schedules in the treatment of cervical cancer: is there an optimal fractionation schedule? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;43:359–366.
12. Forrest J, Ackerman I, Barbera L, *et al.* Treatment outcomes for patients with advanced cervical cancer treated with GOG protocol definitive chemoradiotherapy and HDR brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;75:S151.
13. Anker CJ, Cachoeira CV, Boucher KM, *et al.* Does the entire uterus need to be treated in cancer of the cervix? Role of adaptive brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:704–712.
14. Haie-Meder C, Potter R, Van Limbergen E, *et al.* Recommendations from Gynaecological (GYN) GEC-ESTRO Working Group (I): Concepts and terms in 3D image based 3D treatment planning in cervix cancer brachytherapy with emphasis on MRI assessment of GTV and CTV. *Radiother Oncol* 2005;74:235–245.
15. Potter R, Dimopoulos J, Kirisits C, *et al.* Recommendations for image-based intracavitary brachytherapy of cervix cancer: the GYN GEC ESTRO Working Group point of view: in regard to Nag, *et al.* (*Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:1160–1172. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62:293–295. author reply 5–6).
16. Gaffney DK, Du Bois A, Narayan K, *et al.* Practice patterns of radiotherapy in cervical cancer among member groups of the Gynecologic Cancer Intergroup (GCIg). *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;68:485–490.
17. Toita T. Prospective multi-institutional study of definitive radiotherapy and high-dose-rate intracavitary brachytherapy in early stage uterine cervical cancer: A cooperative study of Japan Radiation Oncology Group (JAROG) and Japanese Radiation Oncology Study Group (JROSG). *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;77:S100.
18. Toita T, Kakinohana Y, Ogawa K, *et al.* Combination external beam radiotherapy and high dose rate intracavitary brachytherapy for uterine cervical cancer: Analysis of dose and fractionation schedule. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;56:1344–1353.

## 原 著

## 遠隔放射線治療計画支援：当院の現状と将来

<sup>1)</sup>九州大学病院別府病院放射線科<sup>2)</sup>九州大学大学院医学研究院 臨床放射線科学<sup>3)</sup>九州大学大学院医学研究院 重粒子線がん治療学講座渥美和重<sup>1)</sup>, 中村和正<sup>2)</sup>, 吉留郷志<sup>1)</sup>, 塩山善之<sup>3)</sup>, 佐々木智成<sup>2)</sup>, 大賀才路<sup>2)</sup>, 吉武忠正<sup>3)</sup>, 篠藤 誠<sup>2)</sup>, 浅井佳央里<sup>2)</sup>, 坂本勝美<sup>1)</sup>, 平川雅和<sup>1)</sup>, 本田 浩<sup>2)</sup>

## Remote Radiation Planning Support System

Kazushige ATSUMI<sup>1)</sup>, Katsumasa NAKAMURA<sup>2)</sup>, Satoshi YOSHIDOME<sup>1)</sup>, Yoshiyuki SHIOYAMA<sup>3)</sup>, Tomonari SASAKI<sup>2)</sup>, Saiji OHGA<sup>2)</sup>, Tadamasa YOSHITAKE<sup>3)</sup>, Makoto SHINOTO<sup>2)</sup>, Kaori ASAI<sup>2)</sup>, Katsumi SAKAMOTO<sup>1)</sup>, Masakazu HIRAKAWA<sup>1)</sup> and Hiroshi HONDA<sup>2)</sup><sup>1)</sup>Department of Radiology, Kyushu University Beppu Hospital<sup>2)</sup>Department of Clinical Radiology, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University<sup>3)</sup>Department of Heavy Particle Therapy and Radiation Oncology, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University

**Abstract** We constructed a remote radiation planning support system between Kyushu University Hospital (KUH) in Fukuoka and Kyushu University Beppu Hospital (KBH) in Oita. Between two institutions, radiology information system for radiotherapy division (RT-RIS) and radiation planning system (RTPS) were connected by Virtual Private Network (VPN). This system enables the radiation oncologists at KUH to perform radiotherapy planning for the patients at KBH. The detail of the remote radiation planning support system in our institutions is as follows: The radiation oncologist at KBH performs radiotherapy planning and the data of the patients are sent anonymously to the radiation oncologists at KUH. The radiation oncologists at KUH receive the patient's data, access to RTPS at KBH, verify or change the radiation planning at KBH: Radiation therapy is performed at KBH according to the confirmed plan by the radiation oncologists at KUH. Our remote radiation planning system is useful for providing radiation therapy with safety and accuracy.

**Key words** : Remote medicine, Remote radiology, Remote radiation planning

## はじめに

日本の放射線治療の問題点として、高齢化に伴うがん患者の増加と放射線腫瘍医、医学物理士等のスタッフの不足が挙げられる。さらに、技術の進歩により、定位放射線治療、強度変調放射線治療、画像誘導放射線治療などの高精度放射線治療

が普及し、放射線治療そのものが高度で専門性の高い、複雑なものとなってきている。これらに対応する放射線腫瘍医の負担は、予想をはるかに超えて重いものとなっている。また、地域がん診療連携拠点病院や地方中核病院においては、高額な予算を使って高精度放射線治療機器を導入したにもかかわらず、放射線腫瘍医の適切な人的供給ができず、機器の性能を十分に発揮できていない施設も多く、非常勤医師による診療支援によってかろうじて治療を実施できている施設も少なくない。近い将来においては放射線治療専門医数の絶対的

Address for correspondence : Kazushige ATSUMI  
Department of Radiology, Kyushu University Beppu Hospital,  
4546 Tsurumihara Tsurumi Beppu Oita 874-0838, Japan  
Phone : + 81-977-27-1600, Fax : + 81-977-27-1605  
E-mail : kaatsumi@med.kyushu-u.ac.jp

な不足は解消される見込みは少なく、限られた人的資源の下で、放射線治療専門医の有効利用や作業効率の改善を迫られているのが現状である。

この問題を解決する一つの方法として、情報工学技術 (Information Technology, IT) を利用した遠隔放射線治療支援の導入が挙げられる。IT を利用した遠隔医療は、放射線画像診断<sup>1)</sup>や病理診断の分野において広く実用化されており、放射線治療分野に関しても徐々に普及しつつある。遠隔放射線治療支援は、放射線腫瘍医が不足している施設に対し、放射線治療の品質向上とがん医療の均てん化に寄与しうる有用な方法のひとつであり、遠隔放射線治療支援を安全かつ高品質に運用することを目的として、平成 22 年に日本放射線腫瘍学会 (Japanese Society for Therapeutic Radiology and Oncology, JASTRO) より遠隔放射線治療計画支援ガイドライン<sup>2)</sup>が作成された。ガイドラインでは、遠隔放射線治療計画支援とは画像を主とした医療情報を電子化し、様々な通信技術を用いて異なる複数の施設間において医療情報を転送し、放射線治療計画を中心とする放射線治療の診療支援・評価・指導などを行うものと定義され、運用時に守るべき指針が示されている<sup>2)</sup>。また、平成 24 年 3 月に作成された「がん対策推進基本計画 (案)」では、放射線治療の推進として、「医療安全を担保した上で、情報技術を活用し、地域の医療機関との間で放射線療法に関する連携と役割分担を図る」とされており<sup>3)</sup>、今後ますます情報技術を活用した連携が重要になると考えられる。

九州大学病院 (福岡県福岡市、以下、本院) と九州大学病院別府病院 (大分県別府市、以下、別府病院) では、2011 年 4 月より、本院から別府病院に対する遠隔放射線治療支援システムを導入し、実用化されている。九州大学病院での概要を述べ、遠隔放射線治療支援の今後について論ずる。

## 方 法

別府病院 (約 100 床、放射線治療年間新患者数 150 例程度) においては、2012 年 4 月の時点で、常勤の放射線治療専門医 1 名 (放射線治療経験 7 年)、放射線治療担当技師 2 名で、放射線治療部門情報システム (治療 RIS; 横河医療ソリューションズ株式会社)、治療計画装置 (XiO; Elekta 社)、リニアック 1 台を用いて、放射線治療診療を行っ

ている。これに対し、本院は常勤放射線治療専門医 7 名 (放射線治療経験 5 ~ 20 年)、放射線治療担当技師 9 名 (うち 1 名は医学物理士) で、治療計画装置 8 台、リニアック 2 台、サイバーナイフ 1 台、高線量率腔内照射装置 1 台などにて、新患者数 1000 例を超える症例の放射線治療を行っており、豊富な症例経験を有している。その経験を生かし、本院より別府病院への遠隔放射線治療支援を行っている。

今回構築した遠隔放射線治療支援システムでは、本院と別府病院の間でのセキュリティ確保のために VPN (Virtual Private Network) を介して、治療 RIS および治療計画装置を接続している (Fig. 1)。伝達する情報には、暗号化を施し、内容が判読できないようにしている。治療 RIS については、原則的に本院と同一のシステムを利用しているため、VPN にて接続することにより、ストレスなく本院から別府病院へアクセスできる。一方、本院での主たる治療計画装置 (Eclipse; Varian 社製) は別府病院と異なるため、別府病院と同一の機種 (XiO) 1 台を本院にも設置し、その端末同士を接続している。

治療 RIS、治療計画装置いずれも、本院端末より別府病院端末へのアクセスが可能で、治療のコンサルトがあった場合の情報の共有や治療計画の確認、実施が可能である。現在、このシステムを用いて、別府病院で放射線腫瘍医が行った治療計画の確認 (二重検証) や指導、難易度の高い症例における治療方針の検討などを、本院の放射線腫瘍医と連携して行っている。2011 年 4 月より 2012 年 2 月の間で、前立腺癌症例 19 例、肺癌に対する体幹部定位放射線治療 6 例に対して、治療計画装置の連携により、線量分布や処方線量、分割回数などの治療計画の確認、指導を行った。具体的には、①別府病院医師が患者診察、説明などを行い、治療計画 CT を撮像し、治療計画を行う、②匿名化した患者情報を別府病院より本院医師に電子メールなどで伝達する、③本院より別府病院の治療 RIS、治療計画端末にアクセスし、別府病院医師が行った治療計画の確認や修正を行う、④確認後の治療計画に基づき別府病院で放射線治療を行う、という流れで行っている。これにより、別府病院における放射線治療診療の品質や安全性の向上に寄与していると思われる。

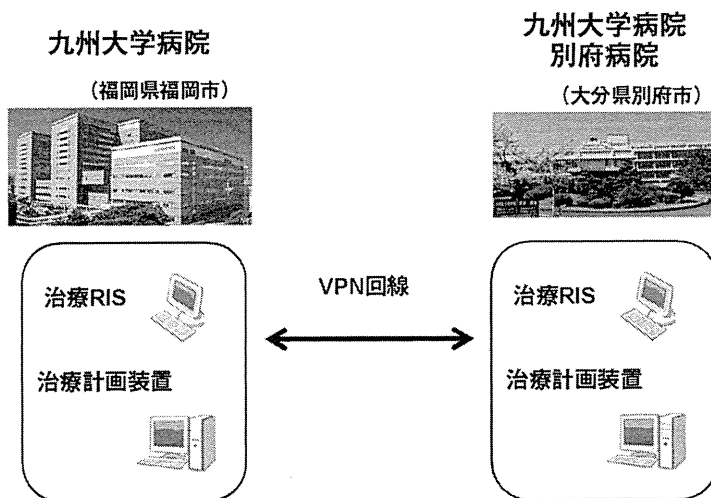


Fig. 1 Construction of a remote radiation support system between Kyushu University Hospital and Kyushu University Beppu Hospital. (Abbreviations : VPN, Virtual Private Network ; RIS, radiology Information System.)

現在の問題点としては、①別府病院で治療計画装置を使用している間は本院から治療計画装置にアクセスできないため、本院からのアクセスに時間的な制約があること、②本院と別府病院で同時に同じ画面を閲覧することができないため、インタラクティブな意思疎通が困難なことがあること、などが挙げられる。

平成 24 年 4 月より、本院および別府病院の病院間の連携として、テレビ会議システムによる連携を導入された。これにより、本院および別府病院間での症例検討やカンファレンスなどが可能となり、放射線腫瘍医を含むスタッフの情報交換、育成などに大きく貢献することが期待される。

### 考 察

近年、日本各地で遠隔放射線治療支援が広く導入されつつある。今回報告した当院での遠隔放射線治療支援は、常勤の放射線腫瘍医が勤務する施設に対する補助的な放射線治療支援であるが、遠隔放射線治療支援のもう一つの重要な役割として、常勤の放射線腫瘍医が不在の施設に対する放射線治療支援が挙げられる。平成 19-20 年 JASTRO 研究課題によって作成された遠隔放射線治療計画支援ガイドラインによれば、現在導入されている遠隔放射線治療支援はほとんどがこのような施設に対する支援であるとされている<sup>2)</sup>。特に基幹病

院と放射線腫瘍医不在の病院との距離が大きく離れていることの多い東北、北海道地方でこのようなシステムが発達している<sup>4)~6)8)</sup>。常勤の放射線腫瘍医がない施設に対する放射線治療支援の実践的な運用は、①提出された放射線治療計画書を元に、出張医師が患者の診察と治療に関する説明を行う、②治療計画 CT が撮像され、同データを元に、帰院した医師が派遣元の病院にて遠隔で治療計画を行う、③同計画を元に実際の照射が施行される、④出張医師が実際の照射記録を確認し、定期的に患者を診察する、という運用で行われている。

現在、北部九州の放射線治療施設で、常勤放射線腫瘍医不在の場合には、放射線腫瘍医が非常勤医師として各施設に週 1、2 回派遣され、限られた時間内で、放射線治療依頼を受けた患者の初回診察から患者の病状把握、治療の説明、治療計画、治療開始時の確認、治療開始後の定期的な診察まで、放射線治療に関するあらゆる診療を行っている場合が多い。今後、遠隔放射線治療支援システムを導入することにより、派遣先の病院での治療計画の時間を節約し、患者との対面で行う診察や治療の説明に時間を割くことが可能である。これにより、限られた数の放射線腫瘍医でも、カバー出来る放射線治療施設の増加に対応可能であろう。また、十分な放射線治療経験を持つが、新規導入

された治療計画装置の操作には習熟していない医師に対して、放射線治療計画を支援するといった新しい運用もあり得るかもしれない。

遠隔放射線治療支援の問題点として、設備投資や個人情報の管理などのセキュリティ面、正確な情報伝達、患者の診察や治療に関する説明等の重要性、実働時間に見合った診療報酬の評価など、いくつかの点が挙げられている。当院で使用しているネットワークは、医療情報システムの安全管理に関するガイドライン<sup>6)</sup>で、安全性は高いとされているVPNを用いたクローズドなネットワークであり、また、伝達する情報は暗号化されており、セキュリティ面での安全性は担保できているものと思われる。

今回用いた遠隔放射線治療支援システムでは、基幹病院および支援先病院の双方に同一の治療計画装置が必要であったが、Windowsベースで動く治療計画装置では、ネットワークのセキュリティを確保すれば、Remote Desktopにより安価に治療計画支援用ネットワークを構築できる<sup>8)9)</sup>。今後はこのようなコスト面にも十分配慮する必要がある。

平成24年3月に公開されたがん対策基本計画(案)では、放射線療法の推進として、「国や地方公共団体は、拠点病院をはじめとする入院医療機関などと、放射線療法の質を確保し、地域格差を是正し均てん化を図るとともに、人員不足を解消する取組に加えて、一部の疾患や強度変調放射線治療などの治療技術の地域での集約化を図る」とされている<sup>3)</sup>。また、「医療安全を担保した上で、情報技術を活用し、地域の医療機関との間で放射線療法に関する連携と役割分担を図る」ことが求められている。放射線腫瘍医数が十分ではない現状では、このような情報技術を活用し、遠隔放射線治療支援システムを構築することは、がん対策基本計画の方向性に合致し、地域の医療機関と基幹病院との連携を効率的に図ることができ、地域全体の放射線治療の診療のレベルアップに貢献し、放射線治療の品質と安全性の向上につながることを期待される。

しかし、遠隔放射線治療支援システムはあくまで治療計画の支援のみであり、定期的な放射線腫瘍医の診察は必須である。遠隔放射線治療計画支援ガイドラインには、「放射線治療期間中、放射線

腫瘍医が定期的に治療施設で患者を診察する必要がある」とされており、状態の変化があった場合には治療施設の主治医あるいは担当医が患者を診察する体制を整える必要がある。

## 結 語

当院における遠隔放射線治療支援システムの現状について報告した。遠隔放射線治療支援システムは、安全で高品質な放射線治療を提供するための有効な手段と思われる。

## 謝 辞

本研究は厚生労働科学研究費補助金がん臨床研究事業「がん医療の均てん化に資する放射線治療の推進及び品質管理に係る研究」から一部補助を受けて実施された。

## 参 考 文 献

- 1) 九州モデルの現状と将来展望(特集 遠隔画像診断) 中田肇, 羽賀靖, 本田浩, 映像情報 medical 40: 386-390, 2008.
- 2) 遠隔放射線治療計画支援ガイドライン 平成19-20年 JASTRO 研究課題「遠隔放射線治療計画支援の運用指針作成」研究班.
- 3) 第32回がん対策推進協議会資料, <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000023yyd.html>
- 4) 小川芳弘, 根本建二, 高井憲司, 坂谷内徹, 菅原俊幸, 奈良崎覚太郎, 神宮啓一, 宮地秀夫, 高井良尋, 山田章吾, 諭栄. Remote disk mount方式を用いた遠隔放射線治療システムの構築. 日本放射線腫瘍学会誌 18: 39-42, 2006.
- 5) 根本建二. 遠隔放射線治療支援システムの構築. 新医療 28: 99-102, 2001.
- 6) 根本建二. 遠隔放射線治療支援の現状と将来—遠隔放射線治療計画を中心に—インナービジョン 20: 104-109, 2005.
- 7) 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン第4.1版 厚生労働省
- 8) 鈴木恵士郎, 青山英史, 影井兼司他. 遠隔放射線治療計画システムの開発, <http://www.noas-tec.jp/kinouindex/data2008/pdf/03/S05.pdf>
- 9) 馬場祐之, 富高悦司, 村上龍次, 水上直久, 森下昭治, 山下康行. Remort desktop を利用したりアルタイム遠隔放射線治療計画・支援システムの構築. 日本放射線腫瘍学会誌 16: 249-252, 2004-12-25.

(Received for publication May 23, 2012)

## 子宮頸癌に対するイメージベース小線源治療の展望

大野達也\* 野田真永\* 久保巨輝\* 中川彰子\* 渋谷 圭\*  
清原浩樹\* 斎藤淳一\* 鈴木義行\* 中野隆史\*

### ■ はじめに

子宮頸癌の局所制御を目指す場合、線量集中性に優れた小線源治療の役割は大きい<sup>1)</sup>。子宮頸癌に対する腔内照射では、従来から正側2方向のX線撮影に基づく二次元治療計画が行われてきた。これに対し、MRIやCTなどを用いた三次元治療計画に基づき小線源治療を行うのが3D-Image-based brachytherapy (以下, 3D-IBBT) または3D-Image-guided brachytherapy (以下, 3D-IGBT) である。本稿では、MRIやCTを用いたIBBT/IGBTをレビューするとともに、子宮頸癌に対する小線源治療が二次元から三次元治療計画に移行することで治療の個別化がどのように進むのかについて、群馬大学の治療経験も交えて現状と展望を述べる。

### ① 通常の腔内照射

通常の腔内照射では、タンデムとオボイドを挿入した後、模擬線源を挿入した状態で直交するX線写真を撮影する。その写真から線源位置を読み込み、照射パラメータ(基準点や指示線量)の設定と治療計画装置による線量分布計算の後、本線源を用いた治療が行われる。この際の基準点としてはA点がいられ、「子宮頸癌取扱い規約」では「外子宮口か

ら子宮長軸方向に2cm上方で、長軸に直交する線上で2cm外側の点」と定義されている<sup>2)</sup>。本邦ではこれまで、子宮頸癌に対する腔内照射としては通常A点処方が行われ、その治療成績は早期では手術療法に匹敵し、手術非適応となる局所進行期でもおよそ半数の患者が5年生存することが示されている<sup>3) 4)</sup>。また、ICRU38に示される膀胱や直腸の評価点についても、特に後者では評価点の線量が晩期有害事象の発生と相関があるとする報告が多い<sup>5)</sup>。

一方、腫瘍の大きさや形状は症例毎に異なり、同一症例のなかですら治療に伴い刻々と変化する。このような違いを考慮すると、画一の基準点(A点)で同じ指示線量を用いることが必ずしも妥当ではない場合があることは想像できる。従来の二次元の治療計画に対して、CTやMRIなどを用いた三次元治療計画に基づき小線源治療を行うのが3D-IBBT、または3D-IGBTである。

CTやMRIでは膀胱、直腸、S状結腸、小腸などの子宮周囲の臓器が描出されるため、これらの臓器に対する不必要な線量を減らすことにより、晩期障害を予防することが期待できる。さらに、MRIを用いた場合は、MRIが腫瘍の描出に優れることを利用して個々の腫瘍に応じた治療計画を立てることが可能である。

\* T. Ohno, S. Noda, K. Kubo, A. Nakagawa, K. Shibuya, H. Kiyohara, J. Saitoh, Y. Suzuki, T. Nakano 群馬大学 放射線科

[索引用語: 子宮頸癌, イメージベース小線源治療]



表 1 GYN GEC-ESTRO Recommendation

	Limited disease (tumor size < 4cm)	Advanced disease (tumor size > 4cm)
GTV	Gross tumor volume at time of brachytherapy* Macroscopic tumor extension detected by clinical examination and on MRI	Gross tumor volume at time of brachytherapy Macroscopic tumor extension detected by clinical examination and on MRI
HR-CTV (high risk CTV)	GTV + whole cervix	GTV + whole cervix + pathologic residual tissues (palpable indurations and /or residual grey zones in parametria, uterine corpus, vagina or rectum and bladder on MRI, taking into account tumor spread at diagnosis)
IR-CTV (intermediate risk CTV)	HR-CTV + 5-15mm safety margin (AP = 5mm and limited by bladder and rectum, CC = 10mm, Lateral = 10mm)	HR-CTV + 5-15mm safety margin (AP = 5mm and limited by bladder and rectum, CC = 10mm, Lateral = at least 10mm**)

\* : 原著には, GTV<sub>BT</sub> (腔内照射時の GTV) は GTV<sub>D</sub> (診断時の GTV) と同一とある。

\*\* : 少なくとも治療開始時に進展していた範囲を含める。

## ② MRI-based brachytherapy

まず, MRIを用いた IGBT を精力的に研究している GYN GEC-ESTRO Working Group の取り組みを紹介する。この研究組織は 2000 年に設立され, 子宮頸癌の小線源治療に対して MR 像を用いた 3D 治療計画の Recommendation を報告している<sup>6) 7)</sup>。ターゲット設定の要点を表 1 にまとめる。

### 1) DVH パラメータと治療成績

HR-CTV を用いた場合の治療の標準化の研究は, まだ始まったばかりである。これまでは, HR-CTV の臨床的有用性について, 単施設からの報告が散見されるにすぎない。最も症例数の多いウィーン大学からは, 子宮頸癌 141 名中, 局所再発をきたしたのは 18 名で, HR-CTV の D90 と D100 が局所再発にかかわる重要な DVH パラメータであったと報告されている<sup>8)</sup>。全症例では, HR-CTV の D90 が 87Gy EQD2 (全骨盤照射と腔内照射の HR-CTV の D90 線量の和を LQ モデルを用いて 2Gy/fr の生物効果等価線量として換算) 以上では 4% の局所再発率であったのに対して, 87Gy EQD2 未満では 20% であった。これを, 診断時と腔内照射開始時のいずれも腫瘍径が 5cm を超えていた 31 名に限ると, HR-CTV の D90 が 87Gy EQD2 未満では 46% に局所再発が認められた。

以上から, HR-CTV の D90 には線量依存がみられ, 腫瘍径が 5cm を超える場合には少なくとも 87Gy EQD2 が必要であると考えられた。Pötter ら<sup>9)</sup> によりアップデートされた 156 名 (観察期間中央値は 42 カ月) の 3 年局所制御率は 95% であり, 因子別にみても腫瘍径 > 5cm で 92%, III B 期でも 86% と進行例でも優れていた。また, 3 年全生存率は 68% であり, グレード 3 以上の晩期有害反応は 11 名 (直腸 5 名, 膀胱 3 名, 陰 2 名) であった。現時点での DVH パラメータの線量指標は, HR-CTV の D90 > 85Gy EQD2, 直腸・S 状結腸の D2cc < 70Gy EQD2, 膀胱の D2cc < 90Gy EQD2 となっている。現在は, 多施設共同臨床試験 EMBRACE が進行中である。

なお, ウィーン大学の治療法は中央遮蔽のない骨盤部外照射 40 ~ 50Gy と小線源治療 7Gy (A 点) を 4 回処方する IGBT であり, 本邦の標準的な治療スケジュールに比べて線量が高い。また, 用いるアプリケーションも本邦ではほとんど用いられていないリングアプリケーションである点には注意を要する。

### 2) 医師による contouring の違い

GYN GEC-ESTRO Recommendation では, Advanced disease すなわち局所進行癌の場合, 子宮頸部に加えて頸部外の腫瘍の広がり (触知可能で病理学的に腫瘍が残存していると考えられる傍子宮結合織部分, かつまたは, T2 強調 MR 像で高信

号を示さないが腫瘍が残存していると考えられる部分 = 「グレーゾーン」も HR-CTV に含めるとされている。よって、内診所見と MRI に基づく画像所見の両者が HR-CTV には反映される。

Dimopoulos らは、この GYN GEC-ESTRO Recommendation に従って作成されたターゲットが、contouring を行う医師間でどのくらい異なっていたかについて報告している<sup>10)</sup>。子宮頸癌 19 名を対象に、施設の異なる 2 名の放射線腫瘍医が腔内照射時の MR 像上に GTV, HR-CTV, IR-CTV の contouring を行ったところ、GTV の違いをもたらす最大の要因は、マニュアルで画像表示を変化させることによる腫瘍のみえ方であり、特に GTV 尾側の contouring の違いが大きかった。HR-CTV では、特に腔や傍子宮結合織への腫瘍進展に対する内診所見の情報が必要な差をもたらしていた。また、MRI の画像診断の解釈の違いにより、HR-CTV 頭側の contouring にも違いがみられた。

腔内照射では急峻な線量分布を呈するため、HR-CTV の違いは時に D90 の線量として大きな相違をもたらす可能性がある。特に、腔や傍子宮結合織の腫瘍進展に対する contouring はアプリケーションから遠ざかる方向となるため、HR-CTV の D90 線量への影響は大きいと考えられる。つまり、腔や傍子宮結合織の腫瘍進展が問題となる局所進行癌の臨床的所見を正しくとらえることが、適切な HR-CTV の contouring には欠かせないと言えよう。

### ③ CT-based brachytherapy

MRI が単純 CT に比べて腫瘍の描出に優れているのは確かであるが、現実的に本邦では MRI のマシンタイムを腔内照射のために複数回確保することは困難な場合が多いであろう。一方、撮影時間が短いことや治療計画 CT などが利用可能となったことにより、CT-based brachytherapy を行う施設は増えつつある。米国 American Brachytherapy Society (ABS) が行った 2007 年の調査では、回答者 133 名中、73 名 (55%) は CT-based brachytherapy を行い、MRI を用いているのはわずかに 3 名 (2%) に過ぎなかった<sup>11)</sup>。

### 1) CT-based brachytherapy における CTV の設定

Shin らは<sup>12)</sup>、子宮頸癌 30 名を対象に CTV に基づく線量処方と A 点に基づく線量処方の治療計画を比較して、標的カバーやリスク臓器の過大な線量を避ける点において前者が優れていると報告した。ここでは、内診所見や治療開始前の MRI を参照しながら、腔内照射時の CT 画像で認められた明らかな残存腫瘍を GTV とした。さらに、この GTV に対して通常は 1cm のマージンを付加した CTV を、治療前に傍子宮結合織への浸潤が認められた場合は 2cm のマージンを付加して CTV とした。

Tan らは<sup>13)</sup>、子宮頸癌 28 名に対して CT-based brachytherapy を行い、3 年原病生存率 81%、3 年骨盤内制御率 96% と優れた治療成績を報告した。彼らは、麻酔下の内診で触知された腫瘍を考慮して、CT 上の子宮頸部、子宮体部、直腸、膀胱、S 状結腸、小腸を contouring した。子宮頸部および頸部外の腫瘍進展をターゲットとしている点では、概念的に GYN GEC-ESTRO Recommendation の HR-CTV に相当している。

Viswanathan らは<sup>14)</sup>、GEC-ESTRO Recommendation に対比するように CT-based brachytherapy の HR-CTV, IR-CTV を開発し、MRI-based brachytherapy の HR-CTV, IR-CTV と比較した。その結果、HR-CTV, IR-CTV の D90 は MRI の場合に比べて有意に小さく、側方の contouring が広いことが主たる要因であった。彼らのガイドラインでは、病期別に HR-CTV, IR-CTV の contouring 範囲が記載されており、例えば、II B 期では傍子宮結合織の浸潤を内外側に 2 分し、内側 2 分の 1 の浸潤では頸部から 2cm 以内の「butterfly-shaped structure」として contouring するようになっている。

以上のように、CT を用いた場合の CTV 設定には複数例の報告があり、本邦でも外部照射と同様<sup>15) 16)</sup> 従来の指標を吟味した上での確立が待望される。

### 2) 群馬大学の In room CT-based brachytherapy における contouring

我々は、GYN GEC-ESTRO Recommendation の HR-CTV に準じた CTV を、腔内照射直前の MRI を参照しながら、アプリケーション挿入状態で撮影された CT 画像上に contouring している (図 1)。当

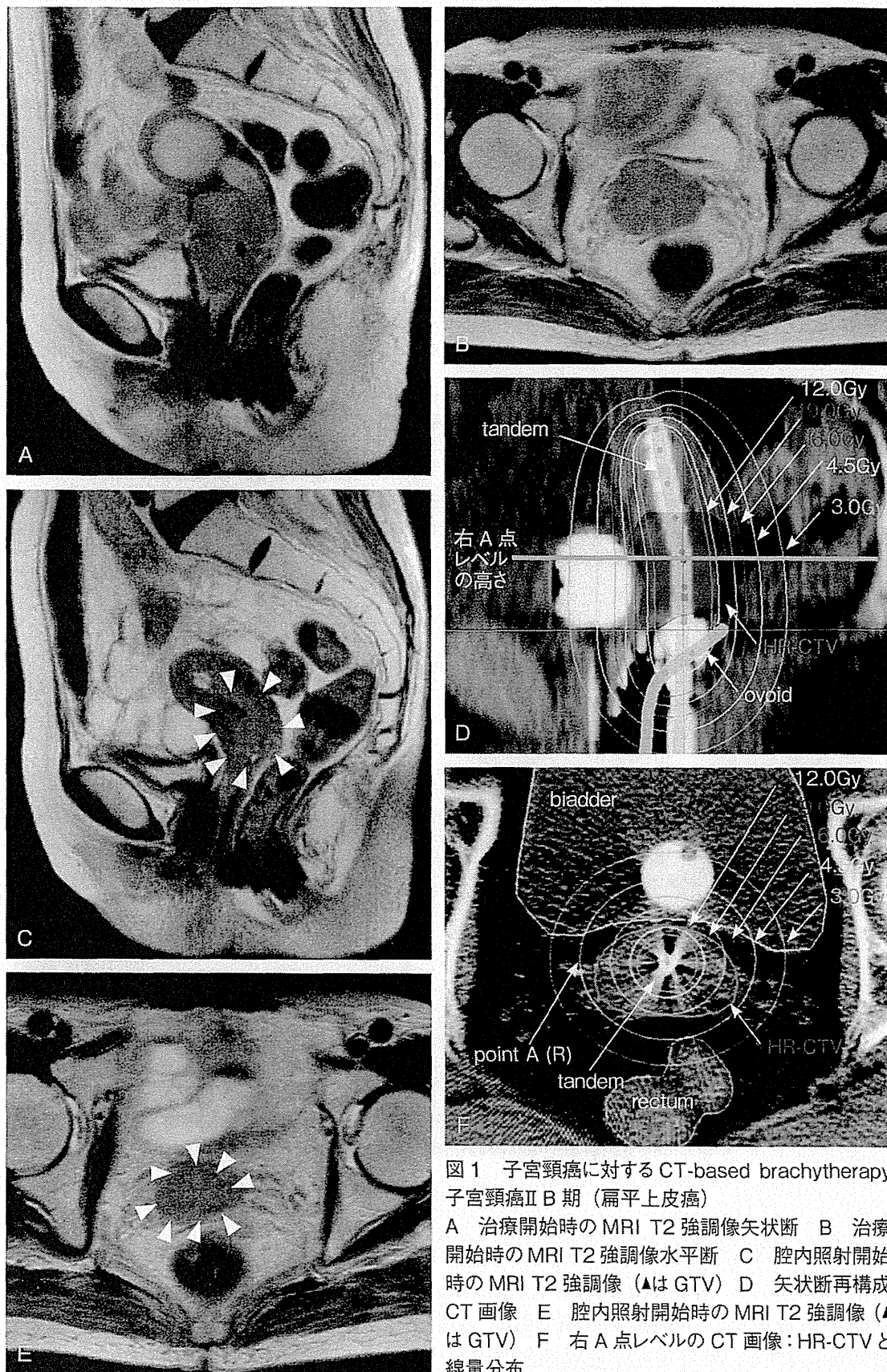


図1 子宮頸癌に対するCT-based brachytherapy  
 子宮頸癌II B期 (扁平上皮癌)  
 A 治療開始時のMRI T2強調像矢状断 B 治療開始時のMRI T2強調像水平断 C 腔内照射開始時のMRI T2強調像 (▲はGTV) D 矢状断再構成CT画像 E 腔内照射開始時のMRI T2強調像 (▲はGTV) F 右A点レベルのCT画像:HR-CTVと線量分布

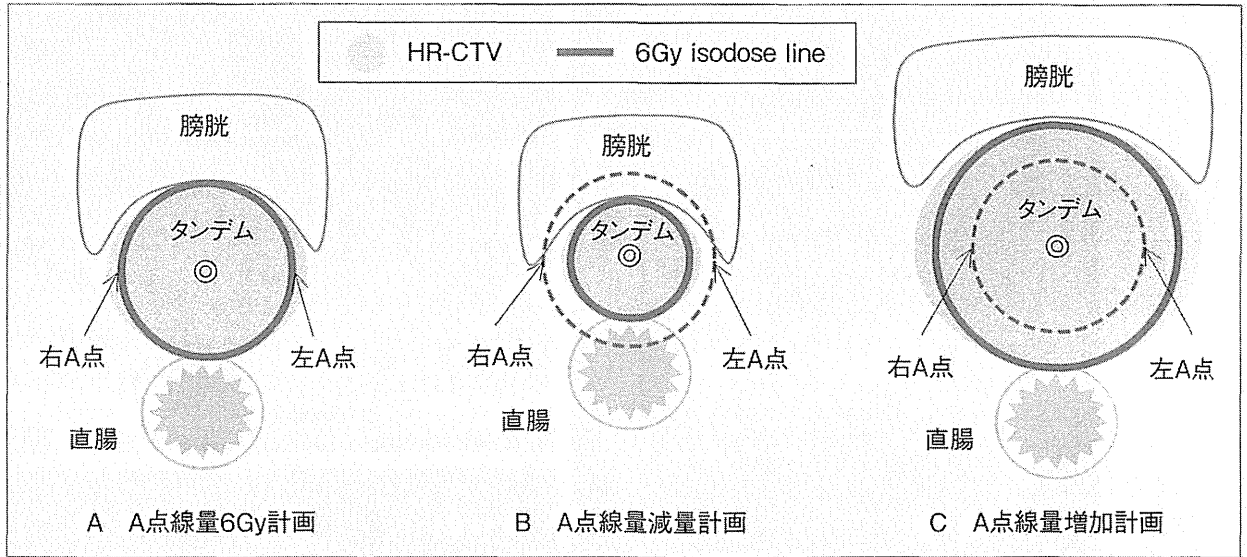


図2 群馬大学の子宮頸癌に対する小線源治療方針(1): A点線量の変更

A点線量を6Gyとして治療計画を作成後、線量分布をみてからHR-CTVにあわせてA点線量を増減するか、あらかじめA点以外の基準点をHR-CTVの辺縁に設定し、その基準点に6Gy処方する方法を用いている。この際、A点線量も記録する。

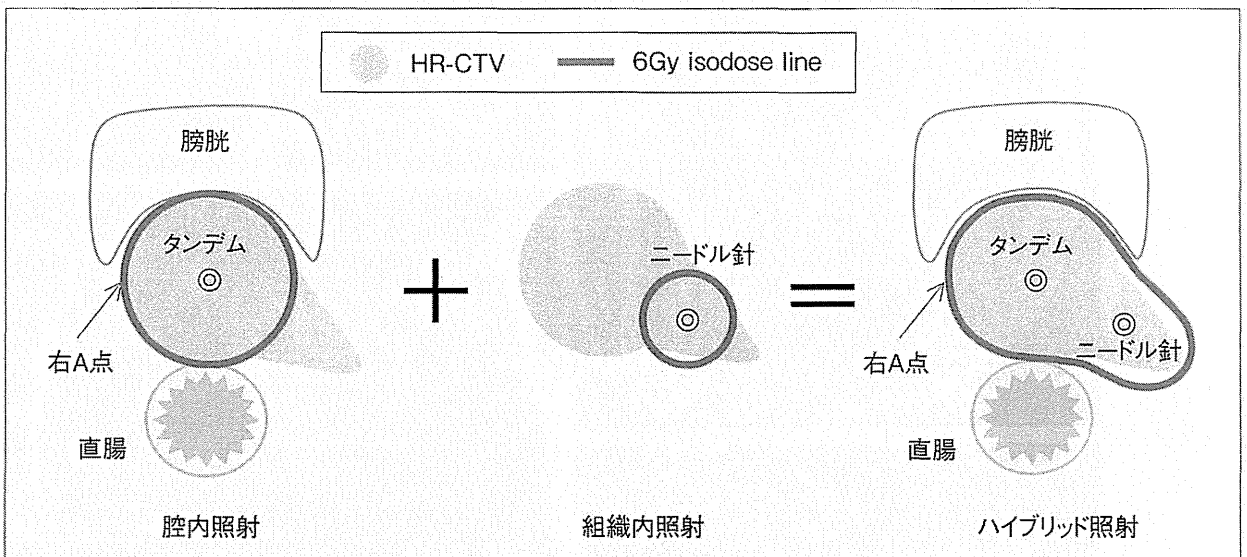


図3 群馬大学の子宮頸癌に対する小線源治療方針(2): ハイブリッド小線源治療

腫瘍がBulkyかつ不整の場合、腔内照射用アプリケータを用いた単なるA点線量の増加ではリスク臓器の線量も増加させてしまうため、不足分を組織内照射用のニードル針の追加によって補う。

施設では、小線源治療室内に設置された自走式CTを用いることにより、同一寝台でアプリケータの挿入と抜去、X線撮影、CT撮影が可能である。局所進行癌に対する同時併用化学放射線療法が行われた場合、腔内照射開始時までに腫瘍が著しく縮小している場合もあるが、GTVやグレーゾーンの把

握、HR-CTVのcontouringには、腔内照射直近のMRIを参照することが大変有用と考えている。特に、子宮軸に対する頭尾方向の腫瘍進展範囲の同定には、MRI矢状断画像とCTの矢状断再構成画像を対比させるとよい。通常は、子宮軸が前後左右に傾いていることが多く、CTの水平断画像のみで