

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

北海道放射線技術雑誌 (1993.07) 53号:57～63.

乳房温存療法のDose Volume Histogramによる線量評価と解析

西部茂美、平田良昭、常丸武敏、菊池雄三

《原 著》

乳房温存療法の Dose-Volume Histogram による線量評価と解析

Quantitative appraisal and analysis of breast conserving method by dose-volume histogram

西 部 茂 美* 平 田 良 昭* 常 丸 武 敏*
菊 池 雄 三**

Summary Conservative therapy for breast cancer consists of conservative surgery and radiation therapy. The purpose of the former is the removal of macroscopic lesions; that of the latter is the eradication of microscopic residual foci in order to preserve the breast.

The objectives of conservative breast treatment are to achieve the same results as a mastectomy while preserving cosmetic appearance and function, and improving the patient's quality of life. Therefore we should give serious consideration to radiation therapy for the sake of breast preservation.

In this study, we determined the recommended dosages for various organs by a three-dimensional method using 13 slices of CT scans. We quantified and analyzed the optimal irradiation techniques using a dose-volume histogram.

Key words; Radiotherapy, breast cancer, dose-volume histogram dosimetry, X-ray CT
北放技術誌 53: 57-63, 1993

I. 緒 言

近年日本国内においても乳癌治療の質的向上を目的とし、乳房切断術に劣らぬ治療成績を維持しながら治療成績を下げることなく、早期乳癌に対する乳房温存療法^{1),2)}が行われるようになってきた。

我々の施設においても、温存乳房に対する放射線治療を数例経験し、それにともない最適な照射方法と手段が要求されるようになってきた。ここではCTスライスを使用し、各臓器の線量並びにTargetに対する線量を三次元的に把握し、カラーウォッシュ表示並びにDose-Volume Histogram^{3),4)} (以下DVH)を用いて照射方法を解析した。

II. 方 法

まず始めに、CT寝台上に患者を仰臥位に寝かせ、患

側の上肢を最大限頭側に挙上させ、スライス幅8mmにて撮影を行う。照射野の設定に当たり、選択的細小血管造影用カテーテル (ハナコ ディスポーザブルトルクカテーテル 外径5Fr) を適当な長さに切断したものを用い、照射野^{5),6)}の上縁は第一肋間とし、下縁は乳腺下縁を含む術創の1cm下方とし、内縁は胸骨正中、外縁は中腋窩線上を含む術創の1cm外側を目安として、上述の範囲を含むように縦横5cm間隔で貼付する。その後、スカウト像を撮影し患者により20~30枚の撮影を行う。注目画像はCT (Siemens Asahi 製 SOMATOM DRH)ターミナルから、治療計画用コンピューター (Siemens Asahi 製 Mevaplan) にオンラインにて転送する。

Fig. 1にCT装置のガントリー側概観図を示すが、寝台が湾曲しているため、治療寝台と同一条件にするための厚さ2cmの亚克力板を敷き患者の水平を保つようにしている。Fig. 2は治療計画用コンピューターの概略図で、以下の三次元線量計算⁷⁾並びにMPR⁸⁾ (Multi Planar Reconstructions) 表示及び

* 旭川医科大学医学部附属病院 放射線部
** 旭川医科大学医学部 放射線医学講座
(1993年1月28日 受理)

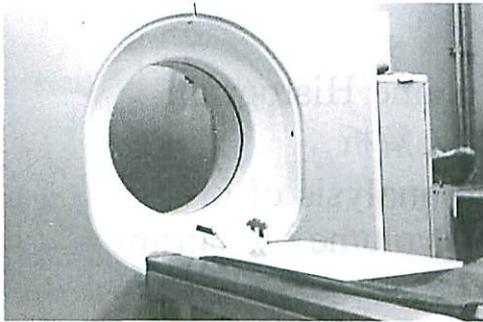


Fig. 1 CT 寝台側概略図

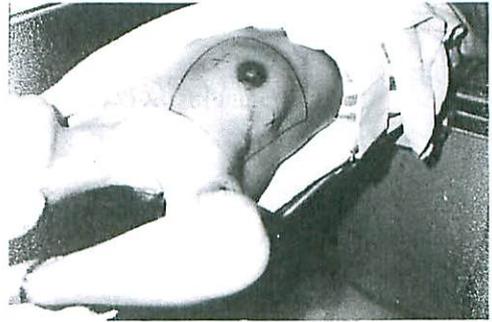


Fig. 4 患者の体位(2)



Fig. 2 治療計画用コンピュータ概観図

DVH 線量解析はこの装置を用いて行った。

計算の対象とした症例は Fig. 3, Fig. 4 に示すように、39 歳の女性で、腫瘍径が 2 cm 以下で、腫瘍内縁-乳頭外縁内距離が 3 cm 以上であり、手術療法⁹⁾としては Quadrantectomy と Level III の Axillary dissection を受け、Radiation; 48 Gy/20 f/5 w of Tangential technique with ⁶⁰Co γ -ray の適応となった stage I の乳癌患者である。次に放射線治療専門医が標的領域上に Target Volume を決定する。この決定された 13 枚のスライスを用いて、その後我々は照射野

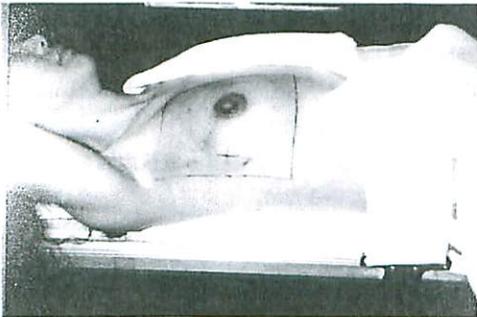


Fig. 3 患者の体位(1)

と Target 及び肺臓との位置関係を確認し、以下に示す照射方法 1) ~ 3) の照射条件に応じて治療計画の検討を行った。ついで、線量計算は標的領域の面積が最大となるスライスを中心とし、全部で 13 枚分の画像の CT 値を利用した三次元¹⁰⁾の散乱補正を行った E-TAR 法により計算した。DVH を計算する臓器としては体輪郭全体、全右肺臓、全右肺臓の 1/2 及び Target とし、各 CT 画像上にライトペンで関心領域 (ROI) を設定して入力した。

照射方法

- 1) いずれもアイソセンターの軸は同一とし、フィールド 6.5 cm × 18 cm における open 対向 2 門接線照射, 15 度 wedge 使用対向 2 門接線照射, 30 度 wedge 使用対向 2 門接線照射, 45 度 wedge 使用対向 2 門接線照射法の各比較
- 2) いずれもアイソセンターの軸は同一とし、15 度 wedge 使用対向 2 門接線照射におけるフィールド 6.5 cm × 18 cm, 7 cm × 18 cm, 7.5 cm × 18 cm, 8 cm × 18 cm, 8.5 cm × 18 cm の各照射法の比較
- 3) いずれも 15 度 wedge 使用 2 門接線照射において入射点は同一とし、線錐の向きを互いに肺臓を避けるように X 軸方向に各々 0 度, 2 度, 4 度, 8 度, 12 度 swing させた照射法の比較

ここで、照射方法 3 は SSD 法を用い、セッティングに関してはバックポインターを用いて調整している。

以上の 3 段階の照射方法について検討した。

III. 結 果

⁶⁰Co 遠隔治療装置を用いた照射方法 1) における線量分布図を表示し Fig. 5 ~ Fig. 9 に示す。各照射方法においてはアイソセンターでの線量を同じ比率とし、アイソセンターでの合計線量を指示線量とした。

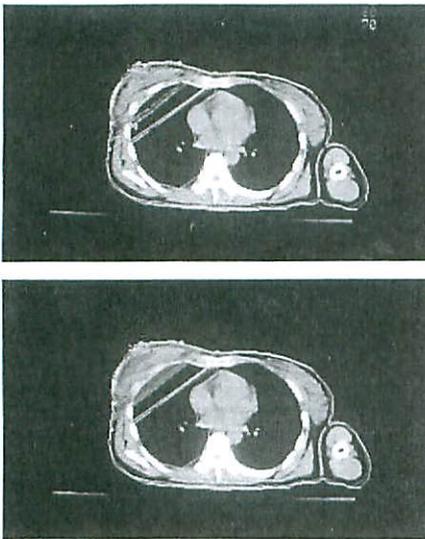


Fig. 5 6.5 cm×18 cm field 対向 open の線量分布図 (グラフの上段は従来の等高線表示, 下段はカラーウォッシュ表示)

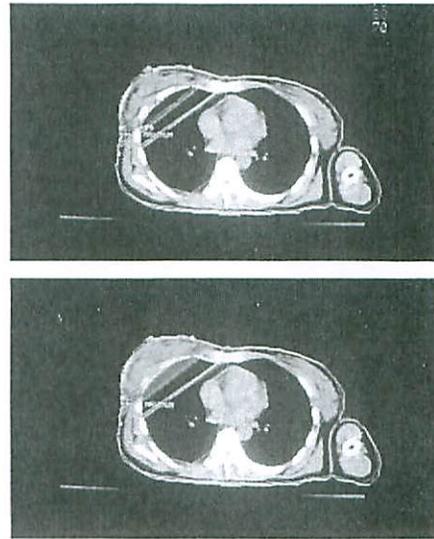


Fig. 7 6.5 cm×18 cm field 対向 30度 wedge 使用の線量分布図 (グラフの上段は従来の等高線表示, 下段はカラーウォッシュ表示)

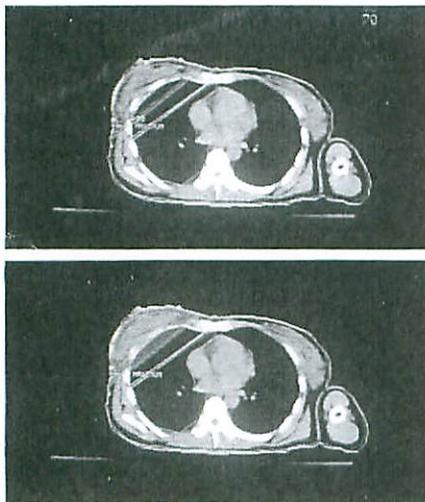


Fig. 6 6.5 cm×18 cm field 対向 15度 wedge 使用の線量分布図 (グラフの上段は従来の等高線表示, 下段はカラーウォッシュ表示)

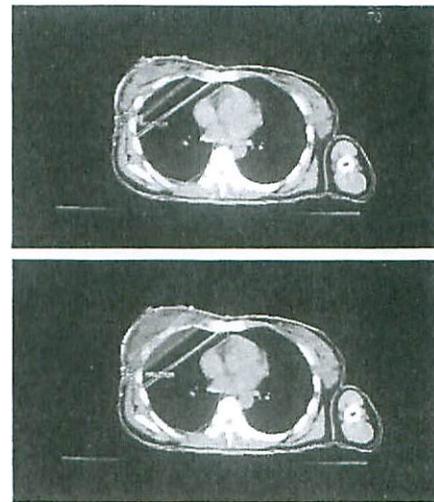


Fig. 8 6.5 cm×18 cm field 対向 30度 wedge 使用の線量分布図 (グラフの上段は従来の等高線表示, 下段はカラーウォッシュ表示)

Fig. 5 は open, Fig. 6 は 15 度 wedge, Fig. 7 は 30 度 wedge, Fig. 8 は 45 度 wedge 使用の場合で、いずれも図の上段は従来の等高線表示で、下段は同一線量域を色分け (この原稿上ではグレースケール表示) して表示したものである。図から解るように従来の線量分布表示では、等線量曲線表示のため注意深く観察しない

と解りにくく、我々はカラーウォッシュ表示を行い視覚的に明瞭な方法を採用している。この照射方法の中では分布表示上 30 度 wedge 使用のものが一番均等であった。

Fig. 9 は右肺臓に関心領域を各スライスごとに設定し、照射方法 1) における DVH 解析を試みたものであ

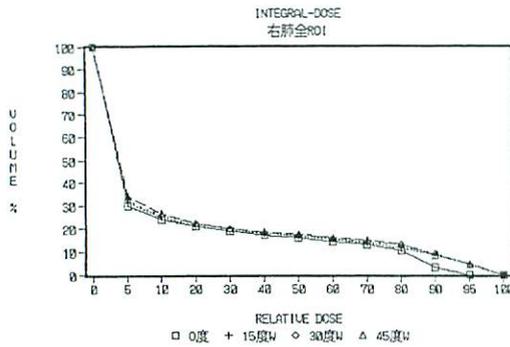


Fig. 9 右肺臓全体のROIにおける open, 15度 wedge, 30度 wedge, 45度 wedge 使用の DVH 積分表示 (field はいずれも 6.5 cm × 18 cm とし, グラフの縦軸は右肺臓全体の容積を 100% に, 横軸は指示線量を 100% に各々正規化して積分表示)

る。グラフ¹¹⁾の縦軸は右肺臓全体の容積を 100% に, 横軸は指示線量を 100% に各々規格化して積分表示したもので, グラフから解るように, どの照射方法においても右肺臓の 15% 程度が指示線量の 60% 程度照射されることになる。又, 右肺臓全体の容積に比べ照射容積が少ないため, 各照射法による右肺臓の照射される容積の変化はそれほど顕著なものではないことが解る。

Fig. 10 は照射方法 2) における DVH 解析を試みたものである。ここでは肺臓の照射される容積の変化をみるために, 右肺臓の関心領域を従来の半分を設定した。グラフから指示線量の 80% ラインを見てみると, 肺臓側照射野の 0.25 cm の増分にともない, 肺臓の照射容積が上昇していることが解る。

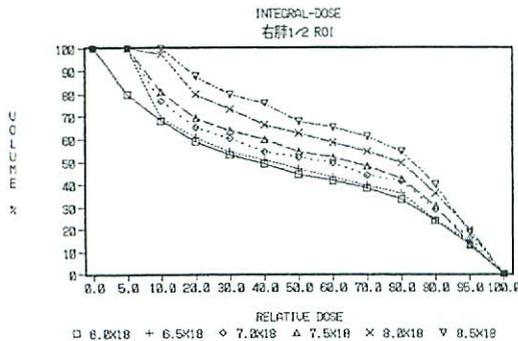


Fig. 10 右肺臓全体の 1/2 において, field を変化させた DVH の積分表示 (field は各々 X 軸方向に 6.0 cm, 6.5 cm, 7.0 cm, 7.5 cm, 8.0 cm, 8.5 cm とし, 同様に正規化した)

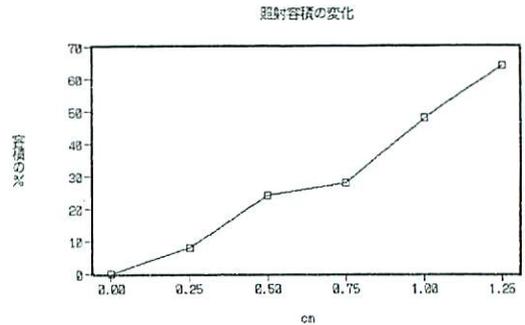


Fig. 11 Fig. 10 において, 指示線量の 80% ラインにおける肺臓の容積の変化率 (グラフの縦軸は容積の変化率を表し, 横軸は照射野を示す)

ここで, 右肺の 1/2 を関心領域に設定したわけは, DVH の変化率をより顕著にみるために便宜上設定したものであり, これにより全体の DVH に差が生じたものではない。

そこで, この点における照射容積の変化率を Fig. 11 に示した。グラフから 0.25 cm では 8%, 0.5 cm では 23.7%, 0.75 cm では 27.5%, 1.0 cm では 47.6%, 1.25 cm では 63.8% の変化となった。

Fig. 12 及び Fig. 13 は照射方法 3) における DVH 解析を試みたものである。グラフから解るように, 指示線量の 80% ラインを見てみると, たった 2 度 swing させることにより 15% 肺臓の線量を減らすことが出来, 4 度では 26%, 8 度では 56%, 12 度では 70% 程度となった。又, Fig. 14 にこの時の線量分布を示した。分布上段左は 2 度, 上段右は 4 度, 下段左は 8 度, 下段右は 12 度 swing させたもので, この分布上からは

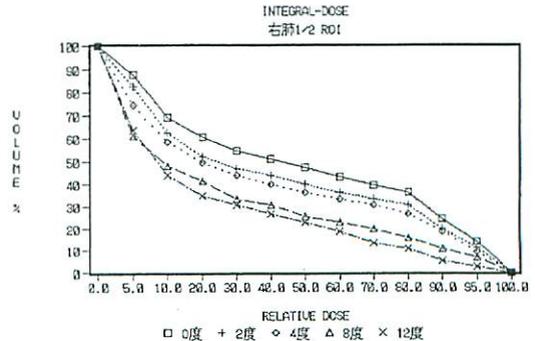


Fig. 12 右肺臓全体の 1/2 において, swing する角度を変化させた DVH の積分表示 (field は X 軸方向に各々 0 度, 2 度, 4 度, 8 度, 12 度 swing し, 同様に正規化した)

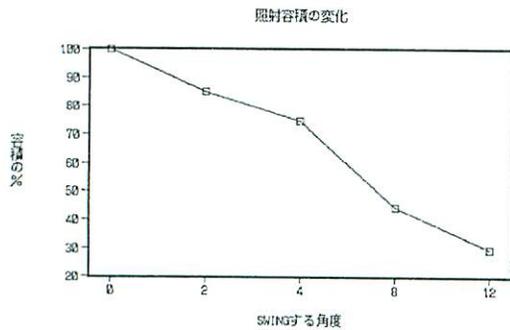


Fig. 13 Fig. 12において、指示線量の80%ラインにおける肺臓の容積の変化率(グラフの縦軸は容積の変化率を表し、横軸はswingする角度を示す)

8度までのswingが限界であると考える。

次に関心領域をTargetに設定し、上記1), 3)の照射方法における線量の均一性の変化を把握するためDVH解析を試みた。Fig. 15は照射方法1)における微分表示をしたもので、縦軸は計算したvoxelの数を示す。このグラフから解るように15度wedge使用のものが指示線量の90%を最高値にして上に凸な曲線グラフとなり、Target内の線量の均等性が一番優れていた。Fig. 16は照射方法3)における微分表示を示したもので、いずれの照射方法においても指示線量の90%を最高値にして上に凸な曲線グラフとなり、照射される線量の差はつきにくいことが解った。Fig. 17は照射方法1)における積分表示を示したもので、指示線量の85%の点においてはopen, 15度wedge使用の

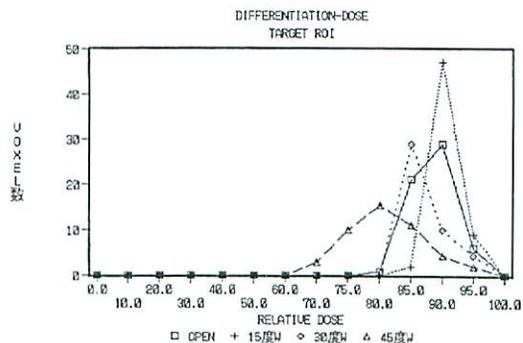


Fig. 15 照射野を一定としwedgeを変化させた場合のTarget ROIにおけるDVHの微分表示(wedgeの角度を各々open, 15度, 30度, 45度と変化させたもので、縦軸はvoxelの数を示し、横軸は指示線量を100%に各々正規化して微分表示)

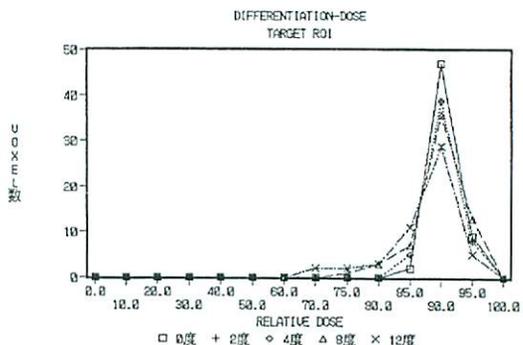


Fig. 16 照射野を一定としswingする角度を変化させた場合のTarget ROIにおけるDVHの微分表示(swingする角度を各々0度, 2度, 4度, 8度, 12度と変化させたもので、縦軸はvoxelの数を示し、横軸は指示線量を100%に各々正規化して微分表示)

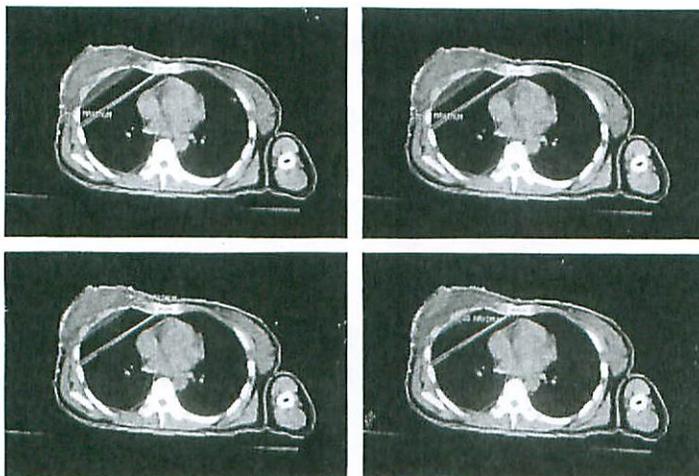


Fig. 14 各々swingさせた時の線量分布表示(分布上段左は2度, 上段右は4度, 下段左は8度, 下段右は12度)

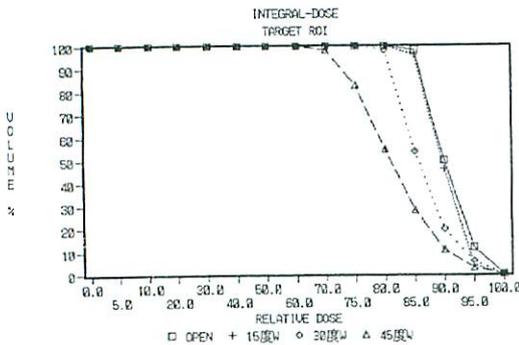


Fig. 17 照射野を一定とし wedge を変化させた場合の Target ROI における DVH の積分表示

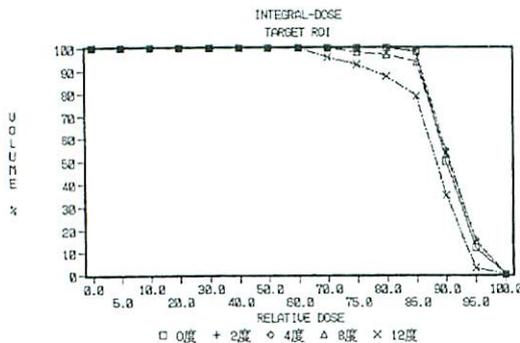


Fig. 18 照射野を一定とし swing する角度を変化させた場合の Target ROI における DVH の積分表示

場合はそれほど容積の線量差は無く、続いて 30 度 wedge 使用、45 度 wedge 使用と容積線量が減少している。Fig. 18 は照射方法 3) における積分表示を示したもので、指示線量の 85% においては open, 2 度, 4 度, 8 度 swing の場合いずれも容積の 95% 以上が照射されることになり線量に殆ど変化が無く、12 度 swing では 79% となり望ましくないことが解る。次に照射方法 1), 3) における照射方法の中で微分表示したときの voxel 数の最高値とその最高値の 50% における曲線の半値幅 FWHM (Full Width at Half Maximum) (Table 1 参照) を示す。ここで、FWHM の値は X 軸全体の値を 100 に正規化したときの値である。この値を用いて Target 内における線量の均一性を評価した。この方法は、最大点が変わり、また 50% 幅も変化するので線量の絶対的な均一性の指標にはなりにくいけれども、90% 線量の容積をみるうえで有用と考える。我々の施設では FWHM の値が 5% 以下になるよ

順位	照射法	PEAK値	FWHM
①	15度W	47	3.9
②	2度SWING	39	4.4
③	4度SWING	38	4.6
④	8度SWING	36	4.8
⑤	12度SWING	29	5.9
⑥	30度W	29	8.5
⑥	OPEN	29	8.5
⑧	45度W	16	15.2

Table 1 各種照射法の FWHM 値を用いた評価

うな照射方法を採用の目安としている。以上の結果、この患者は 15 度 wedge 使用で 4 度 swing させる照射方法とした。

IV. 考 察

乳房温存療法における放射線治療適応患者は、日本国内においても益々増加の傾向にあり、それにとまない個々の照射方法における線量の均一性並びに照射される肺臓の容積が大変重要な問題となってきた。実際の放射線治療においては、CT 画像上で最も Target 容積が最大となる画像を中心に線量分布表示を行い、照射方法を決定してきた経緯がある。以前から当施設においてはカラーウォッシュ表示を行うことにより、Target や肺臓の位置関係を一目で把握出来る方法を採用し従来の曲線表示に比べて随分と改良された。しかし、各々のスライス上に線量分布を重ねても、評価する方法としては二次元断面上の線量計算にとどまっていた。今回、CT 画像の各スライスにおける三次元再構成画像を作成し、線量計算を三次元的に捉えることができ、実際の照射方法のなかでどのように線量と臓器容積の関係が変化するかを DVH 解析することにより調べた。又、肺臓容積がどれだけ照射されるかは、患者の障害 (放射線肺炎、その他の合併症等) の程度にも関係してくる。出来るだけ目的とする臓器に均一な線量を照射し、肺臓の容積を減らさなければならな

い命題がある。具体的には従来の線量分布計算では 30 度 wedge 使用のものが一番適切と思われたが、照射方法 1) の DVH 微分表示の中では 15 度 wedge 使用のものが一番線量容積の均一性が優れていることが解った。又、DVH 積分表示の中では 45 度 wedge 使用のものを除けばどの照射方法もそれほど線量容積の変化は無かった。次に肺臓の線量をできるだけ減らすためには、肺臓を照射しないことが肝要であるが、周辺リンパ節との関係も考慮しなければならず、肺臓をできるだけ避けるように swing させる方法が望ましく、我々の提示した FWHM 法の値が 5% 以下になるような swing の仕方をすれば、随分と照射される容積の線量を減らせることが解った。

これらの DVH 解析 (微分表示と積分表示をうまく組合せることにより) を利用することで、最適な照射方法を三次元に定量・把握することができ、又、今後は臓器の障害の程度を予想することができると考えられる。さらには、照射される容積線量の最高値と最低値の差が微妙に今後の患者の予後をコントロールすることも考えられる。

ただ、治療計画の結果と実際の照射における照合、線量の確認等が問題と考えられ、今後よりいっそうの問題点の解決に努力して行きたい。

V. 結 語

乳房温存療法における線量の評価を各種の照射方法ごとに DVH を用いて解析した。解析の結果、できるだけ肺臓の照射容積を減少させ、しかも Target 内の線量の均一性を保つ照射法は、積分表示、微分表示、FWHM 値との比較をすることにより評価や把握ができ、治療計画上最適な照射方法を見つけることができた。

文 献

- 1) 近藤誠, 他: 乳房温存術による乳癌の治療, 癌の臨床, 32(1), (1986)
- 2) 大川智彦, 他: 乳癌放射線治療の歴史, 臨床放射線, 34: 455-461, (1989)
- 3) 渡辺良晴, 他: 小線源治療の DVH による線量解析, 北放技術誌, 51: 1-5, (1991)
- 4) 高橋卓: 前立腺癌に対する多軸偏心原体照射法の研究 (容積線量ヒストグラムによる照射容積の検討), 日医放会誌, 49(10): 1281-1289, (1989)
- 5) 手島昭樹, 他: 乳癌の乳房温存療法と照射技術—通常のシュミレータを用いて, 技術照射 I, 放治システム研究 Supple. 2: 1-4, (1990)
- 6) 平岡真寛, 他: 乳癌の乳房温存療法と照射技術—CT シュミレータを用いた放射線治療計画, 技術照射 II, 放治システム研究 Supple. 2: 5-7, (1990)
- 7) 稲巴清也: 放射線治療計画システム, 篠原出版, 東京 (1992)
- 8) Alfred R. Smith, ph.D., James A. Purdy, ph.D.: Three-Dimensional Photon Treatment Planning Report of Collaborative Working Group on the Evaluation of Treatment Planning for External Photon Beam Radiotherapy, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol.21; 1991.
- 9) 斎藤泰雄: 乳癌の乳房温存療法と照射技術—乳房温存療法の経験と放射線治療の問題点, 技術照射 II, 放治システム研究 Supple. 2: 5-7, (1990)
- 10) 稲巴清也, 他: Modified Equivalent TAR 法による 3 次元近似, 放治システム研究 Supple. 2: 88, (1985)
- 11) Leek. Mcneely, M. D., et al: Dose Volume Histogram of Lung Radiation from Chest Wall Treatment Comparison of Electron Arc and Tangential Photon Beam Technique, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol.21; 515-520, (1991).

要 旨

乳房温存療法は乳房温存手術と手術後の放射線治療からなり、前者は主に肉眼的病巣において、後者は温存乳房内の微小病巣の根治を最大の目的とする。

乳房温存療法の目的が、乳房切除術に劣らぬ治療成績を確保し、しかも美的及び機能の温存を維持しながら、患者の QOL を高めていくことを重視していくためには、温存乳房に対する放射線照射には細心の注意をはらわれなければならない。

ここでは CT 画像を 13 スライス使用し、各臓器の線量を三次元的に把握し、Dose-Volume Histogram を用いて最適な照射方法を定量・解析した。