中心分割法の臨床的応用

岡山大学医学部附属病院中央放射線部（部長：青野 要）

松島紀志夫・永谷伊佐雄・稲村圭司

門久繁文・中桐義忠・三上泰隆

杉田勝彦・青野 要

（昭和59年11月28日受稿）

Key words：放射線治療，T字形照射野，
水晶体保護

緒 言

悪性リンパ腫，セミノーマ，ウィルムス腫瘍，肺転移腫等の大照射野を必要とする症例に対して，高エネルギーX線あるいは ^{60}Co γ 線を用いて放射線治療をする際に，患者の耐容性から容積線量をあまり増やさない為には，1回照射線量を減量するか，または照射野を2門以上に分割せざるを得ない。しかし，1回線量を減ずる事はTDFに問題があり，照射野を分割する事はその境界部に問題が起る。そこでわれわれは，この境界部の線量不均一性を是正すべく中心分割照射法を考案し，その有用性について先に報告した¹⁾。

今回，われわれは単に大照射野を必要とする以外の症例についても，この中心分割法が応用できるのではないかと考え^{2, 3}の症例について検討し，良好な結果を得たので報告する。

目 的

- 1) 食道癌，肺癌等に対するT字形照射野における ^{60}Co γ 線と10MVX線の併用。
- 2) 上顎癌，及び副鼻腔内悪性リンパ腫に対する照射時の水晶体保護。
- 3) 肋骨転移腫に対する切線照射。

等の臨床に際して，中心分割法を応用するため，フィルム法による^{2, 3}の実験を行い，治療計画用コンピュータ装置を用いてその適応性を検討した。

使用機器

照射装置；東芝製 Linac LMR-15A

東芝製コバルト治療機 RI-107

治療計画装置；CMS社製 Modulex

線量計；アイオネックス 2500/3

チェンバー；0.6cc 指頭型

等線量自記装置；東芝製 MRA-301

濃度計；サクラ等濃度記録装置 PDI-10

CT；東芝製 TCT-60A

自動現像機；サクラ QX-1200

フィルム；Kodak XV-2 Ready Pack

ファントム；Mix-DP

治療用人体ファントム

方法，結果及び考察

中心分割法について¹⁾

高エネルギーX線，あるいは ^{60}Co γ 線を用いた放射線治療に際して，Target volume が広範囲にわたり，大照射野を必要とする症例に対し，一度に1.5～2 Gyの線量を照射することは患者の耐容性，及び副作用の面から困難な場合が多い。このような場合，対応策として通常は1回の照射線量を少なくするか，または照射野を分割して交互に照射する方法が用いられる。後者の場合，従来，2つの照射野中心を設定し，適当な照射野間隔をとり交互に照射を行っているが，境界面の線量は不均一となり hot dose area や cold dose area を生じる。図1(a)はこの方法による線量の均一性を調べるための実

験配置図である。ファントムにフィルムをはさみ、線束とフィルム面が平行になるよう配置し、2つの線束は深さ10cmで交差するようにした。(b)はこの方法で作成したフィルムの資料で、左から照射野10×10, 12.5×10, 15×10cmのもので、当然のことながら、照射野が大きくな

る程不均一領域が拡大する。この資料をマイクロデンシトメータで濃度スキャンしたものが(c)で、図の左下は深さ22.5cm、左上は2.5cmのところを横にスキャンした濃度走査曲線である。また、右は境界面を縦にスキャンした結果で、この方法による境界面の不均一性は明らかに大

図2 対向2門照射における線量曲線

図3(a) 実験配置図(中心分割法)

きい。この結果をもとに、前後対向4門照射について線量分布の合成を行い、照射野内と境界面の線量分布の比較をしたものが図2である。グラフは人体の矢状面を模式的に表わし、横軸は厚み、縦軸は線量強度である。境界面の線量分布は照射野内に比べ、不均一なものとなり、線量も4門の線量が重なる中央部においては約1.8倍もの増加となる。

この問題点を解消する方法として、種々の論文が発表されているが²⁻⁴⁾、われわれは図3(a)に示すように一度に大照射野をとり中央まで鉛ブロックし、半分の照射野で交互に照射を行う

図3(b) 中心分割法によるフィルムの資料

中心分割法を創案した。(b)はこの方法で得られたフィルムの資料で、これをスキャンした濃度走査曲線が(c)である。図の左は資料を横に、右は縦にスキャンしたもので、図から境界面に多少の不均一部分があり、1門照射で約4%、対向2門照射で約8%の線量増加となるが、2つの中心を設定する方法に比べ線量の均一性がよく、不均一areaも著しく小さいことがわかる。

この基礎的データをもとに、今回、われわれは日常の臨床で遭遇する3つの照射法について、中心分割法の適応を検討した。

臨床的応用

1) T字形照射野

食道癌、肺癌、悪性リンパ腫などの放射線治療に際して、しばしば用いられる照射法にT字形照射野による対向2門照射法がある(図4)⁵⁾。この照射法は両鎖骨上窩～縦隔のリンパ節をTargetとし、照射野を大きくとり、肺野を鉛ブロックする方法であるが、容積線量が大きくなり、重症患者にとっては耐容しがたい治療となる。又、鎖骨上窩リンパ節は縦隔リンパ節に比

図3(c) 濃度走査曲線 (中心分割法)

図4 T字形照射野

図5 T字形照射野における中心分割法

べ浅在性であり、あまり高いエネルギーの線源を用いると、ビルドアップ領域に入り、Target内の線量は小さくしかも不均一となり、リンパ節後方の正常組織に多くの線量が当たるといこともこの照射法の欠点である。

そこで、われわれは中心分割の手法を用いて、両鎖骨上窩は ^{60}Co γ 線で前方1門、縦隔はライ

ナック10MVX線を使った前後対向2門照射を行う変則のT字形照射野による治療を試みた。図5はその方法を示したもので、図中、T字のつけ根の中央に+印をつけ双方の照射野中心とする。照射野目盛を照射野の縦方向の長さの2倍に合わせ、 ^{60}Co では下半分(点線の部分)、ライナックでは上半分(一点端線の部分)を鉛ブ

コバルト 60 γ 線

10 MVX 線

図 6(a) 中心分割法の等線量曲線

図 6(b) 実験的線量合成

ロックして交互に照射を行う。照射野の間隔については、中心分割法の基礎資料（図 3, c）で明らかのように、境界面で 8% の hot dose area が生じることを考慮して、ライナック照射時のブロックを 5 mm 下げ、2 つの照射野間隔を 5 mm とした。図 6(a) はコンピュータが打ち出した中心分割法における等線量曲線を示したもので、左が ^{60}Co 、右が 10 MVX 線のものである。この 2 つをファントム上で実験的に合成したものが(b)で、ファントム左方を患者の鎖骨上窩領域として ^{60}Co γ 線 1 門照射とした。後方の正常組織に対する線量は深部に行く程、少

なくなっている。又、境界面の線量分布の不均一性は殆んどなく良好であると言える。

以上のことから、広範囲な T 字形照射野を必要とする臨床例に対し、 ^{60}Co 及びライナックを併用した中心分割法は患者に対する副作用、及び Target 内の線量分布の面から有用であると考ええる。但し、実際の操作にあたっては照射野中心、及びブロック設定時の再現性には細心の注意が必要である。

2) 上顎癌及び副鼻腔内悪性リンパ腫治療時の水晶体保護

副鼻腔に発生する悪性腫瘍の中で、圧倒的多数を占める上顎癌は上顎洞の粘膜に発生して、粘膜壁に沿って浸潤しさまざまな骨破壊を起す。その進展方向は篩骨蜂巢や眼窩へ浸潤する上方型と、歯肉や硬口蓋に浸潤する下方型に分かれる⁶⁾。上顎癌に対する放射線治療は部位の偏在性から、通常、Wedge filter を用いた直交 2 門照射法で行われるが、副作用として水晶体照射による白内障の発生が考えられる。特に上方型では眼窩内への浸潤を考慮して、患側の水晶体を照射野内に含むことが多いが、健側のそれは保護する必要がある。従って、直交 2 門の横方向からの照射時に健側の水晶体の保護を目的とした眼球ブロックをするが、ブロックを深くかけ

ると患側の眼底が照射されず、浅くすると線束の広がりから健側の水晶体が照射されるという結果になる。

そこで、われわれは中心分割法の線束が垂直なことに着目して、直交2門の横方向の照射にこの方法を用いることを試みた。図7(a)は通

図11 線束のファントム内平坦度

図12 中心分割用45° Wedge filter の濃度分布曲線

図13 中心分割法による直交2門照射法の濃度分布図

常の直交2門照射法のシェーマである。この方法で患側の水晶体のみをブロックして治療を行うと、健側の水晶体に病巣線量の約20%が照射され、総線量60Gyとしても充分白内障の発生が予測される線量である(図7, b)。図8は横方向の照射のみ中心分割の手法を用いた場合のシェーマで、この方法によると患側の水晶体を鉛ブロックすれば健側のそれも保護できる。

ここで、Wedge filterの装填位置についてであるが、照射野の中央に入る通常的位置では照射野幅を2倍にする関係上、線束がWedge filterからはずれる部分ができる。われわれは図9に示すような照射野中央から半分だけedgeのかかるフィルターを作成し、その性能についてフィルム法により確認実験を行った。

まず、装置の線束平坦度を等線量自記装置及びフィルムを用いて調べた。図10は空中におけるGT方向、LR方向の平坦度を示し、図11はGT方向におけるファントム内の平坦度を深さ方向について示したものであるが、双方とも良好といえる。次に、作成した45° Wedge filter(図9, 右)の等線量曲線を図12に示す。左は鉛ブロックしない場合であるが、中心からWedge filterがかかっているのがよくわかる。右は

図14 中心分割法による直交2門照射法の線量分布図

図15 中心分割法による左右対向2門照射法の線量分布図 (Coronal 像)

は実際の臨床で使用するよう中心まで鉛ブロックしたもので、 45° のきれいな曲線となり、照射野辺縁は垂直となった。図13は人体ファントムを用いたフィルム法による直交2門照射の濃度分布曲線であり、図14は治療計画装置に描かせた線量分布図である。双方とも Target 内の線量分布はよく、健側の水晶体も保護できている。

同様に、鼻腔、副鼻腔に浸潤した悪性リンパ腫に対する左右対向2門照射についても、中心分割法で治療を行えば容易に水晶体の保護が可能である。図15は上顎洞に浸潤した悪性リンパ腫の症例で、患部のCT像から coronal 像を抽出し、治療計画装置を用いて作成した線量分布図

図16 中心分割法による左右対向2門照射法の濃度分布曲線

図17 中心分割用 30° Wedge filterの濃度分布曲線

である。照射野は 8×4 cmであるが、装置の照射野目盛を 8×8 cmに合わせ、上半分を鉛ブロックしたものである。又、眼窩後方に Target があるような症例を想定して、人体ファントムを用い、フィルム法で作成した左右対向2門射

図18 中心分割法による切線対向
2門照射法の線量分布図

の濃度分布曲線を図16に示す。図の横断像に示すように前半分をブロックした中心分割法で、水晶体に照射される線量は約10%に減少する。

3) 肋骨転移腫等に対する切線照射法

肺癌、乳癌などの肋骨転移腫に対する放射線治療は疼痛除去の目的も含めて、臨床上しばしば経験するところである。この照射法の最も留意すべき点は肺臓への無駄な照射を少しでも避けて、副作用としての放射線肺臓炎、肺線維症を最小範囲にとどめなければならないことである。そのためには線源及び照射法の選択が重要な要素となる。当施設ではこのような症例に対し、電子線前方1門、又はライナックX線による切線対向2門照射を行っているが、肺と肋骨は接しており、肺を完全に照射野からはずすことは不可能である。

われわれは切線対向2門照射において、線束の広がりによる肺の照射容積を小さくすること、及びCTを使った治療計画を容易にするため、

図9の左と中央に示すような線量分布補正用のWedge filter, 15°, 30°を作成し、中心分割法を行った。図17は作成した中心分割用Wedge filter 30°の等線量曲線である。前項で述べた45°と同様、照射野中心からedgeがかかるよう位置を調整しているが、用途の関係上、filterの向きは反対で、中心から辺縁に行く程厚くなっている。

実際に切線対向2門照射法による治療計画を行う場合、まず、患部のCTを撮り、治療計画装置で体輪郭及び内部臓器の輪郭を抽出し、線量分布図を作成するが、これをもとに、Target volumeを充分含み、且つ肺をできるだけ照射しないような照射野中心及び方向を設定する。照射野幅はTarget volumeの2倍とし、肺臓側半分を鉛ブロックする。この操作により、照射野は垂直となり、肺側への線束の広がりはなくなる。又、線量分布図における中心点の座標を記録しておき、実際の照射にあたっての位置設定は中心点を照射装置の回転中心に合わせ、ガントリを所定の角度だけ回転させればよく、患者の位置設定が簡単で確実となる。図18は肺癌の肋骨転移に対する切線対向2門照射の症例である。

結 語

以上、中心分割法の最初の目的である大照射野分割以外の臨床的応用について、3つの症例を検討呈示したが、肺転移腫及びlocal brain, その他にも応用範囲は広い。われわれは今後も簡便で、確実に照射野辺縁の線束を垂直にできるこの方法を、放射線治療における正確さと副作用軽減を目的として、利用して行きたいと考える。

文 献

1. 永谷伊佐雄, 稲村圭司, 中桐義忠, 三上泰隆, 松島紀志夫: 広範囲照射野における照射野分割法の検討, 日本放射線技術学会誌, 京都, Vol.35-3, pp.338-342, 1979.
2. 小沢良平: ベータatron電子線のつなぎ照射の一方, 日本放射線技術学会誌, 京都, Vol.30-2, p. 155, 1974.
3. 水谷武雄: 高エネルギーX線による照射野近接条件の検討. 第30回日本放射線技術学会予稿集, 京都, p. 219, 1974.

4. 松本光弘：照射野継ぎ目線量分布の均一化の検討（Matching Wedge 法）。第40回日本放射線技術会予稿集，京都，pp.208—209，1984.
5. 大川智彦，池田道雄：食道，臨床腫瘍学からみたがんの放射線治療。医学書院，東京，p. 216，1983.
6. 重松 康：鼻腔・副鼻腔の癌，癌と放射線治療，南山堂，東京，pp.137—148，1973.
7. 重松 康：乳癌，癌と放射線治療，南山堂，東京，pp.251—257，1973.

A clinical application of an alternate irradiation system

**Kishio MATSUSHIMA, Isao NAGAYA, Keiji INAMURA,
Shigefumi KADOHISA, Yoshitada NAKAGIRI, Yasutaka MIKAMI,
Katsuhiko SUGITA and Kaname AONO**

Department of Radiology, Okayama University Hospital

(Director; Prof. K. Aono)

In 1979, we published an article about an alternate irradiation system in the Japanese Journal of Radiological Technology. This system was very useful for wide local radiation.

In the present study, we examined the usefulness of this system in T-shape fields for patients bearing esophageal cancer, lung cancer, etc; in a 90° angle, two-portal treatment for a patient with maxillary cancer, and in a tangential treatment for a patient bearing a rib metastatic tumor.

The system was very useful, and side effects were minimal.