

Title	単分割原体絞り照射法の研究
Author(s)	松田, 忠義; 大沼, 勲; 高橋, 信次 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(2), p. 92-100
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16986">https://hdl.handle.net/11094/16986</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 単分割原体絞り照射法の研究

国立名古屋病院放射線科  
 松田 忠義 大沼 勲  
 名古屋大学医学部放射線医学教室  
 高橋 信次  
 愛知がんセンター放射線治療部  
 森田 皓三

(昭和49年8月30日 受付)

## A Study on the Conformation Therapy using a Monobloc Collimator System

Tadayoshi Matsuda and Isao Onuma  
 Department of Radiology, National Nagoya Hospital  
 Shinji Takahashi  
 Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine  
 Kozo Morita  
 Department of Radiotherapy, Aichi Cancer Center Hospital

---

Research Code No.: 601

---

Key Words: Moving field irradiation, Conformation radiation therapy

---

Since the multiple bloc collimator system heretofore for the conformation therapy is complicated and also expensive, we developed a new collimator system.

This new device is composed of one pair of monobloc collimator which can be moved in order to make rectangular radiation field.

When we plan an elliptical beam focus, diameters of an ellipse in every 15 degrees are to be calibrated in order on the controller.

The collimator are constructed so as to be changed its aperture by the signals from the potentiometers attached to the controller during the rotation of the source.

This monobloc collimator system adopts a line contact method so that it can obtain more accurate beam focus of elliptical cylinder than that planned with the existing point contact method.

The new collimator system is smaller in size and more simple in operation comparing with the existing multiple bloc collimator system.

### 緒言

回転照射中に照射口の絞りが開閉しながら照射する所謂可変絞り照射法は多くの研究者によつて

研究され<sup>1)2)13)14)16)</sup>, いくつかの方式の装置が考案されている。私共は従来の方式とは違った機構で照射口の絞りを開閉する装置を開発し, その基

礎的な事柄と臨床応用について検討した。

それでこの論文では次の事柄を明らかにする。

1) この装置はどのような機構か2) 従来の方式と比較し特長はどうか3) 楕円形の線巢を作る場合、接点方式と接面方式のどちらが正しい結果がえられるか。又その理由は何故か4) 多分割の原体絞り照射と比較して優劣はどれか5) この照射法の適応はどういう場合か等である。

尚、可変絞り照射法は多分割原体絞り照射法に対して、単分割原体絞り照射法と呼ぶのが適当であり、この呼名を使用することにする。

**単分割原体絞り装置**

新しい機構の原体絞り装置は東芝13Mev Linacに組み込んで製作した。此の装置の機構は従来のカム方式と違って、照射野の直径を制御盤に目盛り、これからの信号で照射口の絞りが開閉する仕組みである。それでこの装置と機構の概要を説明する。

此の装置は制御器、回転角度検出器、絞り開閉用モーターから構成される。制御器盤面には楕円形の直径を目盛る24個のポテンシオメータ (Fig. 1 A) と回転照射中に変動する照射野の大きさを示めすメータなど (Fig. 1 B) が取付けられる。

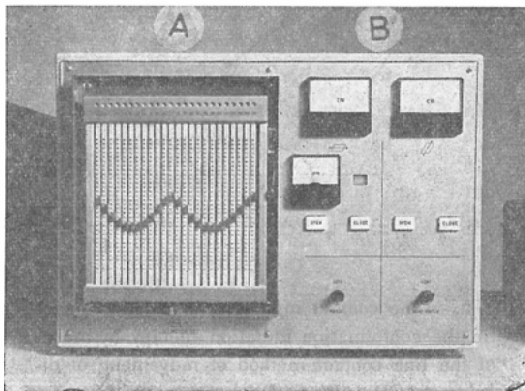


Fig. 1. Controller of conformation radiation therapy unit in National Nagoya Hospital.

- A: Planning board connected with the potentiometer.
- B: Indicator of Change of aperture of collimator during rotation.

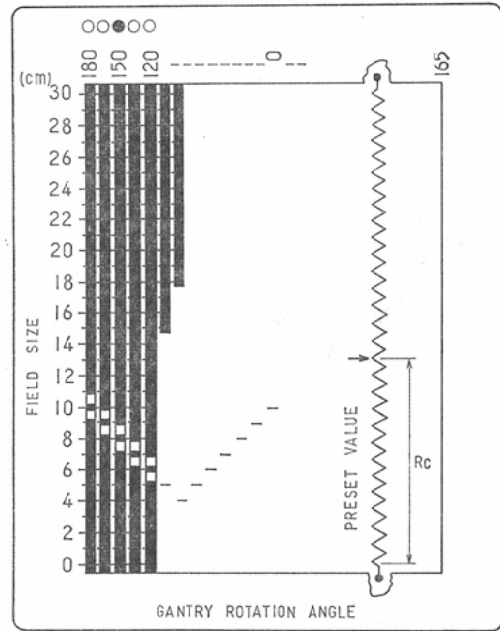


Fig. 2. Schematic illustration of construction of the planning board. The diameters of radiation field in direction of every 15 degrees are adjusted to the value at the board successively by means of potentiometers.

楕円形の直径を目盛る24個のポテンシオメータには、0から30cmまで1cm間隔で目盛られている (Fig. 2)。今、或る大きさの楕円形の照射野を計画する場合には、楕円形の15度毎の直径をポテンシオメータの上に印された角度に従って、摺動ツマミを介し、順番に目盛る (Fig. 2)。この装置で照射口の絞りが開閉する機構は次の通りである。今、ポテンシオメータに目盛った直径  $R_c$  が次の15度の直径  $R_j$  よりも大きい場合 (+) は、 $R_c$  と  $R_j$  の差がなくなる迄、コリメータ開閉モータ (M) が駆動してコリメータ (C) が開く (Fig. 3)。此の反対に  $R_c$  が  $R_j$  よりも小さい場合 (-) は、 $R_j$  と  $R_c$  の差がなくなる迄コリメータが開閉する (Fig. 3)。以上の仕組で制御盤面に設定した直径の大きさに応じて、線源の回転中両側のタンダステン絞りが対称して開閉する。

一方、回転中の照射口の変化は、制御器パネルの表示メータ (Fig. 1 B) で直接読みとられる。

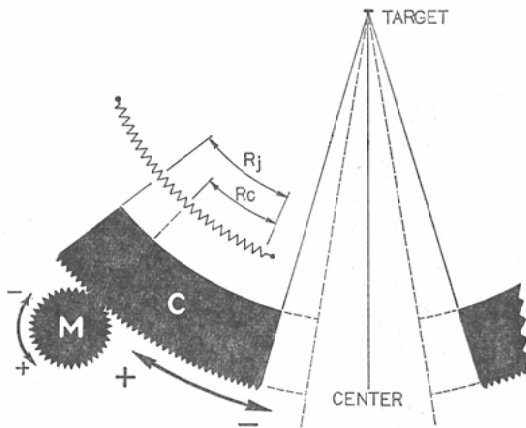


Fig. 3. Assuming (In case) the change of diameters of ellipsoid irradiation field is intended from  $R_c$  to  $R_j$  during rotation of  $15^\circ$ , the scale of potentiometer is set  $R_c$  and  $R_j$  at the planning board. Then the diaphragm moves the distance from  $R_c$  to  $R_j$  for the range of rotation of  $15^\circ$ .

研究方法・研究結果

今回製作した装置で原体絞り照射を実施する場合の基礎的な事柄として、制御盤に目盛る楕円形の直径の求め方と、制御盤に設定した条件と実際に得られる線巢との関係の2つの課題について研究した。

I 設定楕円形の直径の算定

原体絞り照射法で線束の幅を調整する方法に、接点方式 (Fig. 4) と接面方式 (Fig. 5) とがある<sup>9)10)</sup>。同じ大きさの楕円形の線巢を設定する場合、制御盤に目盛る直径の数値が接点方式と接面方式では相違する。此は直径の計測が両者で違うからである。先づ直径の計測について述べる。

1. 接点方式による直径

接点方式では所要の大きさの楕円形について15度毎の直径、例えば Fig. 4 の  $A_1B_1$ ,  $A_2B_2$  の如く順に計測し、此の値を制御盤に目盛る。此の計測は簡単である。

2. 接面方式による直径の計測

接面方式では、各角度毎に線源から楕円に接線を引き、その接点間の距離を計る。此の実測は極めて煩雑であり、接面方式の直径の計算式を次の順序で求めた (Fig. 5)。楕円形の長径を  $2a$ 、短

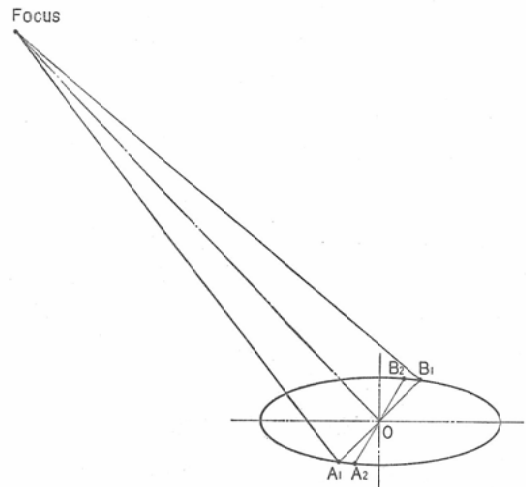


Fig. 4. Point contact method: In order to perform the conformation radiation therapy by means of the point contact method movement of diaphragm,  $A_1B_1$ ,  $A_2B_2$ ,  $A_3B_3$ , ... become the diameter of the ellipse of the beam focus to be irradiated.

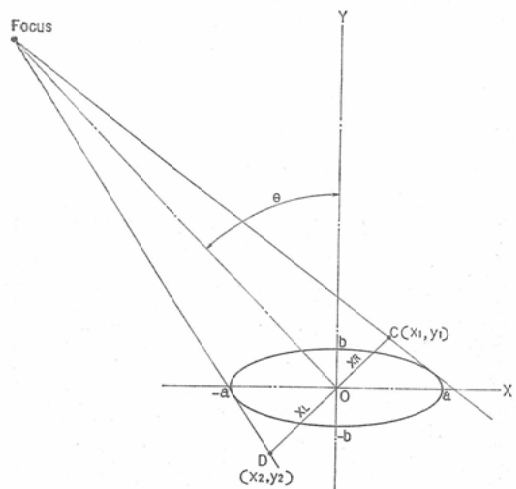


Fig. 5. Line contact method: In order to perform the conformation radiation therapy by means of the line contact method of movement of diaphragm,  $CD$ ,  $C'D'$ ,  $C''D''$  become the diameter of ellipse of the beam focus.

径を  $2b$  とすれば、楕円形の一般式は  

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1 \dots \dots \dots (1)$$
 で表わされる。

治療装置の線源から楕円形の照射野の中心迄の距離 (FCD) を  $L$ , 回転角を  $\theta$  とすると, 治療装置の線源の位置は

$$F(-L \sin \theta, L \cos \theta) \dots\dots\dots (2)$$

で表わされる。

又, 焦点から楕円形に接する2本の直線の一般式は

$$Y = C(X + L \sin \theta) + L \cos \theta \dots (3)$$

で表わされ, 直径の傾斜を示す  $C$  を求めると

$$C = \frac{L^2 \sin \theta \cos \theta \pm \sqrt{L^4 \sin^2 \theta \cos^2 \theta - (a^2 - L^2 \sin^2 \theta)(b^2 - L^2 \cos^2 \theta)}}{L^2 \sin^2 \theta} \dots\dots\dots (4)$$

となる。

一方, 楕円形の中心をとおり, 線束の中心線に直交する直線は

$$Y = \tan \theta X \dots\dots\dots (5)$$

である。

又, (3)式と(5)式から

$$X = \frac{CL \sin \theta + L \cos \theta}{\tan \theta - C} \dots\dots\dots (6)$$

となる。

接面方式の直径は Fig. 5 で  $XL + XR$  で代表されるが,  $XL$  と  $XR$  は次式で表わされ, その値は必ずしも一致しない。

$$XR = OC = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$XL = OD = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} \dots\dots\dots (8)$$

結局, 接面方式の楕円形の直径は  $\sqrt{X_1^2 + Y_1^2} + \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$  となり, (4) (5) (6) から  $XY$  を代入して求める。此等の計算式で長径 ( $a$ ) と短径 ( $b$ ) を変数とし,  $\theta$  を  $0^\circ$  より  $15^\circ$  間隔で変化させた場合の楕円形の直径の大きさを, 電子計算機を用いて求めた。即ち, 長径  $17\text{cm}$ , 短径  $15\text{cm}$  の楕円形から長径  $5\text{cm}$ , 短径  $3\text{cm}$  迄の  $83$  通りの大きさの楕円形の  $15^\circ$  毎の直径の値を求め, 此等の数値を完備した。

II. 設定条件と線巢との関係

制御盤のポテンシオメータに目盛る条件と実際に得られる線巢との関係について実験的に検討した。

1. 実験方法

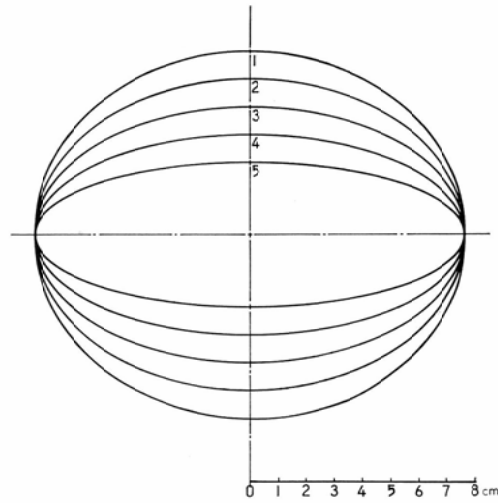


Fig. 6. Planning of the beam focus with an elliptical irradiation field with the major and minor axes of : 1) 15 : 13cm 2) 15 : 11cm 3) 15 : 9cm 4) 15 : 5cm

長径が  $15\text{cm}$  で短径が  $13\text{cm}$ ,  $11\text{cm}$ ,  $9\text{cm}$ ,  $5\text{cm}$  の5つの楕円形について (Fig. 6), 接点方式と接面方式で求めた直径を制御盤に目盛り線量分布図を求めた。線量分布図の作成はフィルム法を中心にし, 此に硝子線量計の測定結果を加えて完成した。

長径  $30\text{cm}$ , 短径  $20\text{cm}$  の楕円形 Mix D ファントームにグラビヤノーマルを挟み回転照射した。現像処理したフィルムからフィルムプロッターで線量分布図を求めた。硝子線量計による測定は直径  $1\text{mm}$  長さ  $6\text{mm}$  の蛍光ガラス管5本を1組にして, 上述の楕円形ファントームの長軸と短軸の数カ所に挿入し, 回転照射し5本の線量計の平均値でその個所の線量値とした。

放射線源は  $10\text{MV}$  リニアック X線である。

2. 実験結果

同じ大きさの楕円形でも接点方式と接面方式とでは実際に得られる線巢が相違する。例えば長径  $15\text{cm}$ , 短径  $5\text{cm}$  の楕円形を接点方式で求めた直径を目盛つて回転照射したフィルム (Fig. 7) と接面方式で求めた直径を目盛つて回転照射したフィルム (Fig. 8) とでは線巢の形と大きさの相違が明瞭である。それで, 設定条件と線巢との関係を

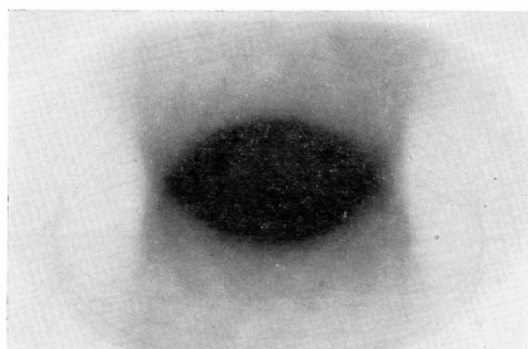


Fig. 7. Beam focus radiogram obtained by the conformation irradiation with a point contact method (ellipse of 15:5cm). The same size and shape of beam focus as that of planning are not obtained.

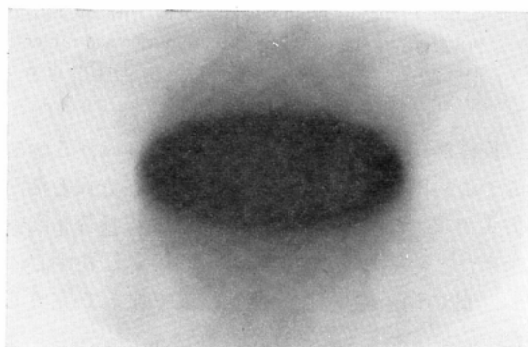


Fig. 8. Beam focus radiogram by the conformation irradiation planned with a line contact method (ellipse of 15:5cm). The size and shape of beam focus are the same as that of planning.

接点方式と接面方式とについて述べる。

#### A. 接点方式の設定条件と線巢との関係

接点方式で求めた直径を制御盤に目盛つて作成した線量分布図から90%線量域をFig. 9に整理した。90%線量域は何れも楕円形であるが、その大きさは設定条件 (Fig. 6) と必ずしも一致しない。90%線量域の長径と短径の長さはそれぞれ次の通りである。15cm:13cmでは14.3cm:12.7cm, 15cm:11cmでは13.8cm:10.8cm, 15cm:9cmでは13.6cm:8.6cm, 15cm:7cmでは11.0cm:6.8cm, 15cm:5cmでは8.7cm:5.1cmである。他の楕円形について行つた実験でも此と類似する結果が得られた。此等の実験結果から接点方式で計画

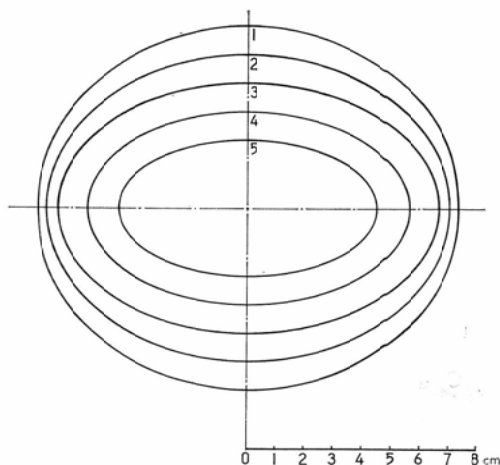


Fig. 9. Curves of 90% dose distribution, when the five ellipse of figure 6 are planned by a point contact method.

する場合の設定値と線巢との関係は次の様に要約される。1) 長径と短径の比が小さい楕円形では設定値に略々一致した大きさの線巢が得られる。2) 長径と短径の比が大きくなるにつれ、設定値と線巢との差が大きくなる。即ち、短径方向では殆ど差がないが、長径方向では設定値よりも漸次小さくなる。3) 接点方式で計画する場合、長径と短径の比が3:2迄の楕円形が限度である。それよりも比の大きい楕円形では、設定条件と線巢との隔りが大きく、その補正は困難である。

#### B. 接面方式の設定条件と線巢との関係

接面方式で求めた直径を制御盤に目盛つて作成した線量分布図から90%線量域をFig.10に整理した。90%線量域の長径と短径の長さはそれぞれ次の通りである。15cm:13cmでは14.6cm:12.9cm, 15cm:11cmでは14.5cm:10.9cm, 15cm:9cmでは14.3cm:9.2cm, 15cm:7cmでは13.9cm:7.5cm, 15cm:5cmでは13.8cm:6.1cmである。他の楕円形について行つた実験でも此と類似する結果が得られた。此等の実験結果から接面方式で計画する場合の設定値と線巢との関係は次の様に要約される。1) 長径と短径の比が小さい楕円形は勿論、此の比が大きい楕円形でも設定値に略々一致した大きさの楕円形の線巢が得られる。2) 長径

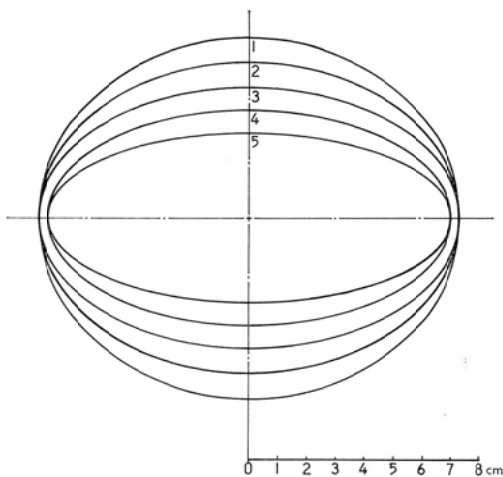


Fig. 10. Curves of 90% dose distribution, when the five ellipse of figure 6 are planned by a line contact method.

と短径の比が大きい楕円形では、長軸方向では差はないが、短軸方向で多少大きくなる傾向が見られる。3) 接面方式では長径と短径の比が2:1以上の楕円形でも、設定条件に一致した形状と大きさの線巢が得られる。

C. 線巢の長軸が傾く場合の設定条件と線巢との関係

設定する楕円形の長軸がファントームの長軸に傾く場合の設定条件と線巢との関係を検討した。即ち、設定する楕円形の長径が楕円体ファントームの長軸に対して、1) 直角即ち短軸と一致する場合、2) 45度傾く場合、3) 長軸と一致する場合、4) 135度傾く場合の4通りである。長径15 cm、短径7 cmの楕円形を接面方式で求めた直径を設定条件にした。制御盤の電位差計に目盛る位置が順に移動するだけで、その他の操作はすべて同じである。長径30 cm、短径20 cmの楕円形のMix Dファントームを用いて4通りの場合の線量分布図を作成し、90%線量域を Fig. 11に一括整理した。いずれの場合も長径13.9 cm、短径7.5 cmの同形、同大の楕円形の線巢が得られた。即ち、設定する楕円形の長軸がファントームの長軸に傾斜して計画しても、常に同形同大の線巢が作成できることが判つた。

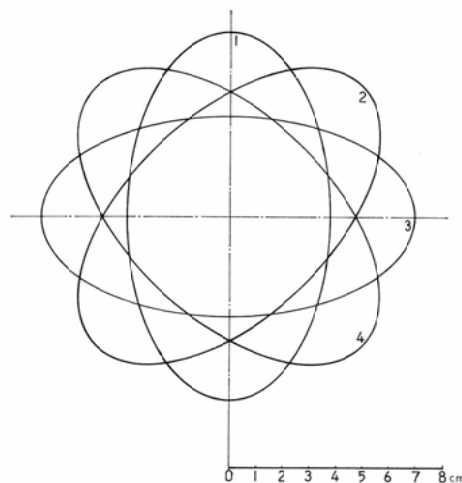


Fig. 11. Curves of 90% dose distribution of conformation irradiation (ellipse of 15:7 cm).

- 1) When the major axis of ellipse of irradiation field joins perpendicularly to the major axis of the ellipse of the axial transverse section the elliptic cylinder with 90 degrees.
- 2) When joins to that with 45 degrees.
- 3) When joins to that with 0 degree.
- 4) When joins to that with 135 degrees.

Ⅲ. 原体絞り照射法の適応と実施方法

単分割原体絞り照射法の基礎資料が完備して以来、此の方法で治療した症例は65例である。その内訳は子宮頸癌17例、肺癌10例、喉頭癌と上顎癌が各8例、食道癌と直腸癌が各6例であり、以下膀胱癌と睾丸腫瘍が各3例、甲状腺癌と外耳道癌が各2例である。

65例の症例の中、原体絞り照射のみで治療した34例は子宮頸癌、喉頭癌、直腸癌等である。此に対し最初固定照射で治療し、途中から原体絞り照射法に切替えた31例は肺癌、食道癌、上顎癌等である。

今、肺癌の症例を代表して原体絞り照射法の計画の立て方と実施方法について説明する。症例は63歳の男性である。背腹方向のX線写真で、右肺門部に4×5 cmの腫瘤陰影が認められる扁平上皮癌に対して、腫瘤と縦隔洞を含む範囲に、前後の対向2門で4000 rad照射した。腫瘤陰影は3×4 cmに縮小したが、その中央で撮影した横断写真

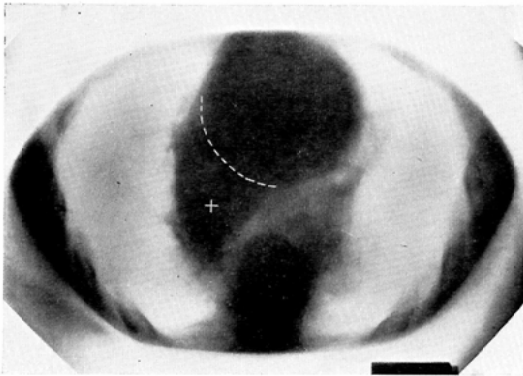


Fig. 12. Axial transverse tomogram of a patient with lung cancer. The tomogram shows clearly the position and extent of the tumor (+) in relation to the heart.

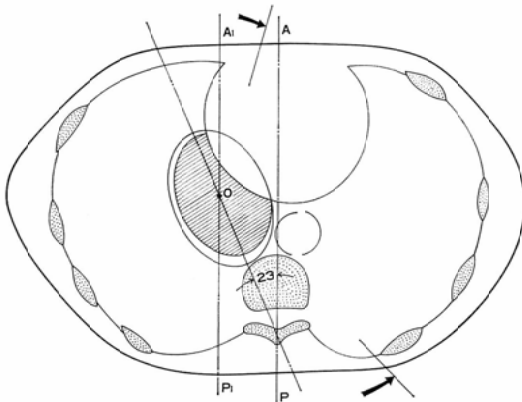


Fig. 13. Planning for conformation irradiation. Planning for lung cancer (Fig. 12) is made possible to select accurately the field size, direction of the central ray to the field size, direction of the central ray to the sagittal plane and position of rotation center.

(Fig. 12) で心臓陰影の後方に接して  $4 \times 7$  cm の腫瘤陰影 (+ 印) が認められる。此の横断写真の所見から、次の計画を立てる。照射野は  $5 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$  の楕円形で、その中心は体の正中線 A P から右へ  $3.6 \text{ cm}$  の体表面から  $9 \text{ cm}$  の深さである。楕円形の長軸は正中線に対し  $23^\circ$  傾ける (Fig. 13)。此の計画で  $3000 \text{ rad}$  照射した。

肺癌、食道癌などの場合、先づ固定照射で  $3000 \sim 4000 \text{ rad}$  照射し、引きつづき運動照射で仕上げる方法を採用している。そして肺癌の拡りを横断写

真で診断すると<sup>8)</sup>、照射野が円形よりも楕円形が適切である場合が多いことを経験している。回転横断写真の所見を基にすると、楕円形の大きさとその傾き、回転中心の位置などを具体的正確に求めることができる。

### 考 按

回転照射中、照射口が開閉しながら照射する可変絞り照射法は、梅垣<sup>17)</sup>、有水<sup>1)</sup>、高橋<sup>14)</sup>、飯田<sup>2)</sup>、Proimos<sup>12)</sup> 等が研究開発した方法である。研究当初の方法は、いずれも楕円形の模型を絞りの中間に挿入して、絞りを開閉する機構であり、実際の治療には可成りの困難があつた。岡島等は任意の大きさと扁平度の楕円形の線巢を遠隔操作で作成する装置を開発した<sup>11)</sup>。可変絞り照射法が実際の治療に広く利用されるようになったのは<sup>4)5)6)15)</sup>、此の装置が完成してからである。

元来、可変絞り照射法は、多分割原体絞り照射に対して、単分割原体絞り照射と呼ぶのが適当と考え、此の呼名を提唱したい。

それで今、新方式の単分割原体絞り装置の特長、この装置で正しい線巢を作る条件、多分割原体絞り照射との比較などについて順に考察する。

新方式の原体絞り装置の特長：今回製作した原体絞り装置は、従来の装置に比較し、2つの特長が考えられる。その1つは、照射口の絞りの開閉機構が基本的に違うことである。即ち、従来の可変絞り装置と多分割原体絞り装置は、いずれもカムを使用して絞りが開閉する機構であるが、今回製作した装置では、所要の楕円形の直径を制御盤に目盛るだけで、任意の大きさと傾きの楕円形の線巢が作られることである。従つて従来の方式よりも、操作が簡単で確実なことは明らかである。第2の特長は接点方式と接面方式の原体絞り照射ができることである。従来の装置は絞りの開閉機構によつて、接点方式か接面方式かのいずれかが決まり、此迄に報告された装置<sup>1)2)7)11)12)</sup>の多くは接点方式が採用されている。従つて既に明らかにされているように作成できる楕円形の線巢に限界があつた。

接点方式と接面方式の比較：此の装置の制御盤



に目盛る設定値と実際に得られる線巢との関係を検討した結果、接点方式で求めた直径よりも、接面方式で求めた直径で計画の方が正しい線巢が得られることが明らかになった。即ち、接点方式で計画すると、長径と短径の比が大きい楕円形では設定値と実際の線巢との隔りが大きいが、接面方式で計画すると長径と短径の比が2:1迄の楕円形が設定条件と略々一致した線巢が得られる。此の理由は、直径の計測が両者で違うからであり、同じ楕円形の直径を計測するのに、接点方式では接面方式よりも小さく、特に長軸方向でその差の大きいことが Fig. 4 と Fig. 5 から明瞭である。カムを使用する多分割原体絞り照射の場合も、接点方式の機構では歪みが大きく、又接面方式の機構で正しい線巢が得られることが、植田<sup>10)</sup>、北川<sup>9)</sup>、Proimos<sup>13)</sup>等の研究で明らかにされている。一方、楕円形の直径の計測は接点方式では簡単であるが、接面方式では煩雑である。臨床上必要と考えられる87通りの楕円形の15度毎の直径を接点方式と接面方式で計算し、此を完備したことは今回の研究成果の一つである。

多分割原体絞り照射法との比較：新方式の単分割原体絞り装置と従来の多分割原体絞り照射装置の優劣を比較検討する。多分割原体絞り照射では、9対乃至18対の絞りがそれぞれ独立して開閉し、断面ごとに違った形の線巢を作る<sup>3)7)</sup>。従つて1対の絞りが開閉する単分割原体絞り照射に比較すると、全体として遙かに複雑な形状の線巢を作りあげる。実際の治療の場合、多分割原体絞り照射法が、その特長を最も発揮するのは、食道全域や全骨盤腔などのように、可成り広い範囲を治療する場合である<sup>10)</sup>。体軸方向の範囲が10cm以内では、各断面毎の形を変える有用性も考えられるが、単分割の原体絞り照射との差は少い。従つて、日常取扱う症例の多くは単分割原体絞り照射でその目的が果たされると考える。今回製作した単分割原体絞り装置は、従来のカムを使用する多分割原体絞り装置に比較すると、装置が小型で操作が簡単である。その費用も遙かに廉価である。私共が今回製作した装置を原体照射の普及型と考

える理由である。新方式の原体絞り照射装置で治療した症例は65例に過ぎないが、適応した症例は身体各部の12カ所に及んでいる。此等の症例の多くは同時に打抜き照射法が加味されている。原体絞り照射と打抜き照射を組合せた治療の適応は随分多い。此等の照射法の基礎資料が完備したので、今後治療例数が増加し、適応が拡大すると考えている。

### 結 論

新しい方式の単分割原体絞り照射装置を制作し、基礎的な事柄と臨床応用について報告した。此の装置では、所要の楕円形の15度毎の直径を制御盤に目盛るだけで、任意の大きさと傾きの楕円形の線巢が作られる。此の装置で楕円形の線巢を計画する場合、接面方式で求めた直径で計画の方が正しい結果が得られることを明らかにした。そして臨的に必要な83通りの楕円形について、15度毎の接面方式の直径を計算し、此を完備した。

新方式の単分割原体絞り照射装置は、従来のカムを使用する多分割原体絞り照射装置に比較すると、装置が小型で操作が簡単である。特定の場合を除き、多分割原体絞り照射の目的が、此の装置で果たされる。此の装置は原体照射の普及型である。

(本研究は厚生省がん研究助成金(田崎班)の援助によつた。感謝の意を表す。線量測定などの実験に御協力いただいた上田修氏に厚く感謝する。)

### 参考文献

- 1) 有木 昇：可変絞りによる運動照射法。日本医放会誌，20，(昭35)，224～235。
- 2) 飯田博美：任意の形の病巣に最高放射線密度を合せる方法(可変絞りによる方法)。日本医放会誌，19(昭35)，2482～2489。
- 3) 北川俊夫，母里知之，奥村 寛，植田俊男，高橋信次，中里伸平：原体照射法における任意の形の線巢の作成。日本医放会誌，29(昭44)，162～169。
- 4) 北島 隆，森田皓三，大沼 勲：直腸癌の原体照射。日本医放会誌，20(昭36)，2754～2758。
- 5) 北島 隆，大沼 勲：胸部食道癌のコバルト遠隔照射。日本医放会誌，21(昭36)，178～183。
- 6) 北島 隆，森田皓三，高橋信次：肺癌に対する

- 原体照射の試み. 日本医放会誌, 21 (昭36), 189~196.
- 7) 北島 隆, 山本千秋, 牧野純夫, 永井勝美, 高橋信次: 原体照射装置の試作. 日本医放会誌, 26 (昭41), 192~200.
  - 8) 松田忠義: 胸部疾患の回転横断撮影. 日胸疾会誌, 7 (昭44), 40~46.
  - 9) 森田皓三, 竹内昭, 池田洋: 原体照射法における振り照射の意義. 日本医放会誌, 25 (昭45), 805~810.
  - 10) 森田皓三: 高エネルギーX線治療—特に原体照射法を中心として—臨放, 17 (昭47), 754~762.
  - 11) 岡島俊三, 青木吉和: 新しい可変照射法の工夫. 日本医放会誌, 24 (昭39), 180~182.
  - 12) Proimos, B.S.: Synchronous Protection and Field Shaping in Cyclotherapy. Radiology, 77 (1961), 591—599.
  - 13) Proimos, B.S.: Beam-shapers oriented by gravity in rotational therapy. Radiology, 87 (1966), 928—937.
  - 14) 高橋信次:  $^{60}\text{Co}$  廻転照射に於ける新しい工夫. 臨放, 5 (昭35), 653~658.
  - 15) Takahashi, S.: Conformation Radiotherapy. Acta Radiol. Suppl. 242 (1965), Stockholm.
  - 16) 植田俊男, 北島 隆:  $^{60}\text{Co}$  原体照射法における線量分布の歪み. 日本医放会誌, 28 (昭43), 58~63.
  - 17) 梅垣洋一郎: 可変絞りによる運動照射法について. (昭32), 16回日本医学放射線学会総会.
-