上顎原体照射における線巢型の標準化

愛知がんセンター放射線第2部 放射線技術科
(部長 森田皓三)

青山 賢一・植田 俊男・内山 幸男

(論文受理 昭和52年5月9日)

(Code No. 41110, 41312, 41224)

STANDARIZATION OF THE TARGET VOLUME FOR THE CONFORMATION RADIOTHERAPY OF CANCER OF THE MAXILLARY SINUS

by KENICHI AOYAMA,

TOSHIO UEDA and

YUKIO UCHIYAMA

Dept. of Radiation Therapy Aichi Cancer
Center, Nagoya

(Article received: May, 9, 1977)

summary

Conformation mechanism is capable of fitting the high dose region to the shape and size of any tumor.

In case of the conformation radiotherapy for cancer of the maxillary sinus, the shapes of the target volume and the transverse section of the patient's face are considerably constant in every patients.

The axial transverse tomograms of the maxillary sinus in 52 cases with cancer of the maxillary sinus were traced and the shape of the target volume was decided on each case.

From these procedures it was found out, that the shape of the transverse section of the patient's face can be substituted by the long oval of Haynes's with the maximal difference of 3 mm (about 3% difference of the TPR).

Three kinds of cam (small, middle and large size) were prepared on the practical application of this method, because the figure of the transverse section of the patient could be also classified three kinds of long oval of Haynes.

The TPR and the dose can be easily calculated from these standardized figures.

1. 緒 言

原体照射法は、病巣の形に近い立体的な高線量域を得ようとする方法である。従って、原体絞りを制御するためのカムの形は、病巣部を含む回転横断写真を基に決め

られる¹³⁾。病巣の形は症例毎に異なるが、部位によっては、照射範囲及びその形にそれ程大きな変化を認めないものもある。たとえば、子宮全骨盤腔の原体照射においては、10種類の線巢型に標準化されており⁶⁾、体型や病巣の進展度に応じて対応するカムの組合せを使用する方

法がとられている。

本論文では、上顎原形照射に関する《線巢の型》の標準化を試みた。以下にその結果についてのべる。

2. 目 的

上顎癌の原形照射における線巢型を、頭部横断面の大きさに応じて標準化し、更に能率的な線量計算法についても検討を加えた。

3. 方法および結果

3.1 頭部横断図形の近似

1971年から1975年までの過去5年間に、上顎癌原形照射法で治療を行なった患者52例の治療計画記録から、頭幅、頭長、及び回転中心から皮膚表面までの距離を夫々測定した。Fig. 1 に示す様に、回転中心は何れも健側眼球のレンズの位置を基準として、内側に5.2 cm、後方に4.5 cm の点である。

上記52例の頭部横断面に対し、回転中心より皮膚表面までの長さを同じ線束中心軸の入射角度について測定し、角度毎の平均の長さを求めた。次に各々の横断面について、頭長、頭幅の長さから、それに相当する Haynes の長円³⁾を描き、同様に回転中心に相当する点から、周囲までの長さを平均した。Fig. 2 はこの結果を整理したものを示す。

図の横軸は入射角度、縦軸は回転中心—皮膚表面間距離を表す。実線は治療計画図の計測値の平均、点線は Haynes の長円の平均を示す。

Fig. 1. Expected target area (chain line) and protection area (circle) in conformation therapy for the maxillary sinuses.

Fig. 2. Distance from skin surface to rotation center at the every incidence angle. Solid line was obtained from actual patient contour. Broken line was approximated contour of Haynes's oval.

図において、回転中心から各々の入射角度毎の治療計画図の計測値の長さと、Haynes の長円における長さとの値を比較すると、45度と105度近辺で、両者の差が最も大きくなる。そこで52例の患者について、これらの角度における実測と Haynes の長円との平均値、及び分散の比の検定を行なった。入射角45度における計画図の実測の平均値は6.98、分散は0.468、Haynes の長円の同角度における平均値は7.36、分散は0.608であった。また105度では、平均値=5.22、分散=0.464と平均値=5.54、分散=0.669となった。そこで45度及び105度における夫々の平均値をt分布表により有意水準1%での検定を行なうと、次の式に各々を代入する。

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2}}} \cdot \sqrt{\frac{(n_1 + n_2 - 2) n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

$\bar{x}$ = 実測の平均値

$\bar{y}$ = Haynes の長円の平均値

s_1^2 = 実測の分散

s_2^2 = Haynes の長円の分散

$n_1 = n_2$ = 症例数

45度では、

$$n_1 = 52, \quad \bar{x} = 6.98, \quad s_1^2 = 0.468$$

$$n_2 = 52, \quad \bar{y} = 7.36, \quad s_2^2 = 0.608$$

$$t = -2.615 \text{ となる。}$$

105度では、

$$n_1 = 52, \quad \bar{x} = 5.22, \quad s_1^2 = 0.464$$

$$n_2 = 52, \quad \bar{y} = 5.54, \quad s_2^2 = 0.669$$

$$t = -2.147 \text{ となる。}$$

一方、自由度 $n_1 + n_2 - 2 = 102$ 、であるから、自由度102のt分布表から、有意水準=0.01に対する t_0 は2.617

となり有意差は認められないといえる。

次に分散の比を F 分布表により有意水準 1% の検定を行なうと、次の式に各々を代入する。

$$F = \left(\frac{n_1 s_1^2}{n-1} \right) / \left(\frac{n_2 s_2^2}{n-1} \right)$$

s_1^2 = 実測の分散

s_2^2 = Haynes の長円の分散

$n = n_1 = n_2$ = 症例数

45度では、

$$n_1 = 52, s_1^2 = 0.468, n = 52$$

$$n_2 = 52, s_2^2 = 0.608, n = 52$$

$F = 0.7698$ となる。

105度では、

$$n_1 = 52, s_1^2 = 0.464, n = 52$$

$$n_2 = 52, s_2^2 = 0.669, n = 52$$

$F = 0.6935$ となる。

そこで F 分布表より、有意水準 0.01 に対して、 $f_1 = 1.95$ と $1/f = 0.5128$ の間に F の値があるので両者の間に有意差が認められないと言える。以上の検定の結果、実際の横断面を Haynes の長円で表わすことが出来ると考える。

Fig. 3 は横断面の実測値の平均値を実線で、Haynes の長円の平均値を点線で表わし、両者を横断面上で重ね合わせた図である。Fig. 3 から、実測と Haynes の長円の差は両方の眼球の近辺に認められ、その差はおおよそ 3 mm である。

Fig. 3. Averaged contour of actual horizontal cross section of the 52 cases (solid line) and approximated contour with Haynes's oval (broken line).

Fig. 4. The ratios of surface to center distance between the actual contour to Haynes's oval shown in Fig. 3.

次に各々の相対する資料52例について、治療計画図に対する Haynes の長円の比を各入射角度毎に計算し、これらの比の平均値と標準偏差を求めた。これを Fig. 4 に示す。図中の実線は平均値を表わし、点線は標準偏差を示す。

図から両者の比の平均値は、両側の眼球部分の近辺を除けば全体的にはほとんど 1 に近い事がわかる。

3.2 TPR の値の検討

以上の結果から顔の横断面を Haynes の長円で近似してもそれ程大きな差のない事が判ったので、次に TPR の値について検討した。

Haynes の長円で近似して求めた TPR と、患者の横断面から求めた TPR の比を52例について計算し、その値が度数分布の正規分布に対して適合しているかどうかを、K, Pearson の適合度検定法を用いて調べた。

まず度数分布の階級を 9, すなわち、自由度 9 で行なった。比の平均値は、0.9977 となり、その標準偏差は、0.0083 となった。そしてこれらをそれぞれ母平均、母標準偏差とし、正規母集団分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times \delta} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-m}{\delta} \right)^2}$$

m = 母平均

δ = 母標準偏差

を作り、 $m = 0.9977$, $\delta = 0.0083$ を代入し、これが度数分布の資料とよく適合しているかどうかを有意水準 5% ($\epsilon = 0.05$) で検定した。結果は、 $x_0^2 = 15.51$ ($\epsilon = 0.05$, 自由度 8) に対して、計算値は、 $x^2 = 13.37$ となり、 x_0^2

Fig. 5. Distribution of the ratio (TPR(A)/TPR(B)). TPR(A)=TPR of actual transverse section of the patient. TPR(B)=TPR of Haynes's oval.

$>x^2$ で適合しているといえる。このことから治療計画の横断面を Haynes の長円で表わしても支障がないと言えそうである。

Fig. 5 は、上記 TPR の計算値の比を正規分布曲線によって表わしたものである。図より、Haynes の長円での近似でも、線量の差は最大 3% である。

以上の結果から、治療計画の横断面を Haynes の長円で表わしても、横断面上では、眼球部分で 3 mm ほどの違いがあるのみで、その他の部分は、ほとんど一致する。また、TPR の計算では、最大でも 3% の違いであることがわかった。

3.3 頭部断面の大きさによる分類

52例の患者の横断面について、頭長と頭幅の平均値を求めると、頭長の平均は 19.75 cm、頭幅の平均は 15.56 cm となった。そこで頭の大きさに応じて、上記 52 例を L; M; S の 3 つのタイプに分類した。

52例の頭部横断面図より測定した頭長の最大値は、21.5 cm、頭幅は 17.0 cm、頭長の最小値は 18.1 cm、頭幅は 14.1 cm であった。そこで頭長の平均値 $=\bar{D}_L$ 、頭幅の平均値 $=\bar{D}_W$ に対し、 ± 0.5 cm の範囲に入るものを M、M 以上の値の範囲を L、M 以下の値の範囲のものを S とこのように分類し、L 及び S についての平均を求めると、した。L の平均値は、頭長が 20.8 cm、頭幅が 16.5 cm となった。S の平均値は、頭長が 18.5 cm、頭幅が 14.6 cm となった。L; M; S の人数比は、18;18;16 となりほぼ等しい割合に分けられた。このように分類した L, M, S, の各々の中心から皮膚面までの長さの平均値は、Fig. 6 に示す。

Fig. 6 は、Fig. 2 と同様に L; M; S の各々の入射角度毎の回転中心から皮膚表面までの長さを示すもので、横軸に入射角度、縦軸に各々の長さを表わす。図中の点線は L、実線は M、一点鎖線は S を示す。

Fig. 6. Relationship between beam rotation angle (θ) and r (sec Fig.) in 3 sizes of head. A dotted line=L, solid line=M, chain line=S at each mean value.

Fig. 7. Relationship between rotation angle (θ) and r (see Fig.) in 3 modified contour (Haynes's oval). A dotted line=L, solid line=M, chain line=S.

図より、頭長と頭幅はほぼ相関関係にあり、上記の分類方法の範囲から外れるものはない。すなわち、頭長が極端に大きく、頭幅が極端に小さいもの、あるいはその逆の状態のものはほとんどないという事ができる。

Fig. 7 に、Haynes の長円で近似した場合でも同様の結果を得る事を示す。

3.4 線巢型の標準化

頭部横断面の輪廓を上記 L; M; S に分類し、夫々の群毎に治療計画図に描き込まれた予定線巢の形、すなわちカムの形を整理し、その平均的な形と寸法を求めた。この結果を Fig. 8 と Fig. 9 に示す。

Fig. 8 は眼球を含む横断面 (横断面 1) に相当するもの、Fig. 9 は、それより 3 cm, 6 cm 足方の横断面 (横断面 2, 3) に相当する線巢形を整理した平均的なカムの形を示す。

Fig. 8. Rotation center to circumference distances of conformation cam No. 1 in 3 sizes of head. A dotted line=L, solid line=M, chain line=S.

Fig. 9. Rotation center to circumference distances of conformation cam No. 2 and 3 in 3 sizes of head. A dotted line=L, solid line=M, chain line=S.

Fig. 10. A-P and lateral view of the field produced with conformation cams shown in Fig. 7 and 8 for 3 sizes of head. A dotted line=L, solid line=M, chain line=S.

図中の横軸は入射角度、縦軸は回転中心からカムの周辺までの長さを示す。図の実線は、頭部横断面の大きさがMの範囲で使用された平均の長さ、同様に点線がL、一点鎖線がS、に相当するカムの寸法を示す。

Fig. 8, 9 に示した頭部の寸法 L; M; S に相当するカムによって作られる照射野は、Fig. 10 に示す。

図中の上図は正面の照射野を、下図は側面の照射野を示す。頭部の寸法が、L, M, S に相当する照射野を夫々、点線、実線、一点鎖線で示した。又二点鎖線は回転中心軸を示す。

以上、眼球を含む頭部横断面の大きさに対する区分と、それに対応した原体照射用カムによって形成される照射野を数値的に示したのが、Table 1 である。

Fig. 11 は、頭部横断面に対するカムの形と、正面、側面の照射野がいかなる関係にあるかを、Mの大きさの頭部について示したもので、他の大きさのものについてもほぼ同様な傾向である。

Table 1. S/L (=field area/field perimeter) value of 3 conformation fields applicable to the head sizes (S.M.L.) at transverse section through the eye-balls.

	Head length (cm)	Head breadth (cm)	S/L		
			AP view (1)	Lateral view (2)	mean [(1)+(2)] /2
S	<19.25	<15.06	2.03	2.02	2.025
M	19.75±0.5	15.56±0.5	2.18	2.21	2.195
L	>20.25	>16.06	2.42	2.44	2.430

Fig. 11. Relationship between portal (A-P, Lateral), and top view of conformation field for the maxillary sinusses.

上顎原体照射における線量型の標準化 (青山・植田・内山)

Fig. 12. TPR curve against 3 types of conformation target volume indicated in Table 1.

3.5 標準線量に対する TPR 図表

Table 1 に示す様に、上顎癌に対して行なう原体照射の線量型の型を 3 種類、すなわち頭部の寸法に応じて L, M, S に分類を行なうと照射野の型が決まる。そこで表に示した各線量型の照射野の S/L の値から、夫々の線量型に対応する TPR 曲線を描いた。

Fig. 12 は、6 MeV X線を使用した場合の TPR 曲線を示す。横軸には平均の深さ $\bar{r}$ をとり、縦軸には TPR をとり、3 種類の照射野の正面、側面の S/L の平均値をパラメータにとってある。

図中の○印のプロットは、治療計画記録にある TPR の値を示したもので、何れも殆んどこの曲線内に入っている。各点が曲線上に一致しないのは、カムの形、すなわち照射野の大きさが標準化したものと多少異なるからであると考えられる。この曲線を用いれば、頭の大きさに応じ、標準化した 3 種類の線量型の一つを選択すれば、平均の深さ（これは頭の大きさを Haynes の長円で近似出来る。）から容易に TPR を求めることができる。

4. 考 按

上顎癌に対して原体打抜き照射を行なう場合、回転横断写真上にカムの形が医師によって描かれる。しかしそれは上記のように頭の大きさを、L, M, S に分類することにより、カムもそれに応じ大きさを決定する事が出来る。しかし、病巣の進展度、又頭の大きさが Table 1 に示す値より極端に異なっている場合、又それ以外の何らかの理由で病巣の大きさ（カムの大きさ）を変化させなくてはならない場合には、個々に応じたカムを作る必要がある。しかしそのような特殊な例は、今回私共が処理した 52 例中には含まれないのでほとんどのものが適応出来ると考えられる。頭の大きさは、Haynes の長円で近

似することが出来るので、そのパターンに合ったカムを使用すれば、線量計算、及びカムの作成を簡略化する事が出来る。

5. 結 論

上顎癌原体照射治療を行なう場合、上顎部の病巣はほぼ箱形の骨に囲まれているため、照射範囲も比較的限定されて居り、患者毎の差もそれ程大きくない。

頭の大きさは、治療計画図の頭部横断面を整理した結果、L; M; S の 3 種類に整理することが出来、又平均の深さを計算する時には、それを Haynes の長円で近似する事が出来る。近似した場合、実際の横断面との差は、両側の眼球部分で約 3 mm 程度の差のみで、TPR の比においては、最大でも 3 % 以下であった。

線量の型（カムの大きさ）については、上記の頭の大きさ、L; M; S についてもそれぞれ平均値を求めた結果、それぞれのカム（照射野）の型が決った。その分類された頭部横断面の平均の $\bar{r}$ と照射野の大きさによって TPR のグラフを作り、簡単に TPR を求める事が出来る。

文 献

- 1) 青山賢一他：上顎癌原体照射時の眼球保護に使用される打抜き吸収体の材質の検討，日放技学誌，30，348-352，(1974)。
- 2) Busch, M.: Approximation and variation of human body surface for three dimensional dose calculation in teletherapy, Role of computers in radiotherapy. 77-91, IAEA, Vienna, (1968)。
- 3) Haynes, R. H. and Froese, G.: Idealized body contours in Radiation dosimetry. Acta Radiol. 48, 209-226, (1957)。
- 4) 木村千明，植田俊男：6 MeV X線による上顎癌原体照射の基礎実験，日放技学誌，30，343-347，(1974)。
- 5) 木村千明他：原体照射機構による二軸振子照射の線量分布と線量評価，日放技学誌，32，463-468，(1977)。
- 6) 森田皓三，笈 正兄：子宮頸癌に対する全骨盤腔内原体照射の際、患者の体型と照射線量との関係，日医放誌，35，780-787，(1975)。
- 7) 森田皓三：子宮頸癌に対する原体照射法の発展，臨床放，19，417-418，(1974)。
- 8) 森田皓三：上顎癌に対する原体照射法による放射線治療と眼障害，癌の臨床，21，560-564，(1975)。

-
- 9) 国沢清典: 統計学初歩 (数学セミナー増刷), 宝文館, (1974).
- 10) 植田俊男, 木村千明: 回転照射における線量計算の簡便法, 日放技学誌, 28, 55-58, (1972).
- 11) 植田俊男, 木村千明: 等時間曲線による原体照射機構の検討, 日医放誌, 34, 889-897, (1974).
- 12) 植田俊男, 北畠 隆: 眼球を保護する脳下垂体のリニアアクセラレータによる運動照射法, 日医放誌, 28, 1002-1009, (1968).
- 13) 植田俊男: 原体照射法の技術と応用, 日放技学誌, 32, 217-248, (1976).