

Title	各照射術式における線量分布図の比較について：コンピュータによる線量計算から
Author(s)	大島, 統夫; 安河内, 浩; 町田, 喜久雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(4), p. 212-219
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15541
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

各照射術式における線量分布図の比較について

(コンピュータによる線量計算から)

東京大学医学部付属病院分院放射線科 (科長 安河内浩助教授)

大島 統男 安河内 浩 町田喜久雄
菅原 正* 工村 房二 多田 信平**

(昭和49年1月11日受付)

(昭和49年2月28日 最終原稿受付)

Comparison of the Isodose Curves by the Differences Among Tumor
Source Distances and/or Diameters of Body Cross Section
Calculation of Various Isodose Curves in Telecobalt
Therapy by Small ComputerMotoo Ohshima, Hiroshi Yasukochi, Kikuo Machida, Tadashi
Sugawara*, Fusaji Kumura and Shimpei Tada**.Department of Radiology (Director: Associate Professor H. Yasukochi) University
Branch Hospital, Faculty of Medicine, University of Tokyo.
112 Mejirodai 3-28-6, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

Research Code No.: 601

Key Words: Isodose Curves, Maxillary carcinoma, Esophageal carcinoma,
Uterine cervix carcinoma, Computer

In planning telecobalt therapy at the Department of Radiology, University Branch Hospital, University of Tokyo, in order to give accurate dose to the diseased area, we set the field size by using the Martius X-ray film method, know the cross sectional area by means of transverse tomography or sonography, and confirm the irradiation field by cobaltgraphy as reported previously. During these 4 years, the dose distribution and the tumor dose have been calculated by a small digital computer HIDAS 2000 E (4 KW), in every case as a routine work. The principles and programs have been reported in separate papers. In this article we show the results of dose distribution calculated by the computer in some representative cases. According to our observations, it was revealed that the relative dose distribution has almost no relation to the size of human body and the source-tumor distance, at least in the cancer of maxilla, esophagus, and uterine cervix according to our technique.

* 現自治医科大学放射線医学教室

** 現慈恵会医科大学放射線医学教室

* Department of Radiology Jichi Medical College.

** Department of Radiology Jikeikai Medical College.

When we used the same irradiation technique if source-tumor distance was changed from 50 to 100 cm, we found almost no difference among dose distribution curves within the patient, even though the size of human body of the Japanese changed within one standard deviation.

In the case of maxillary carcinoma, the most effective technique for irradiation is the rectangular crossing anterior and lateral fields with 45° wedge filters (maxillary C in Fig. 1), and the most unsuitable is the two rectangular crossing fields without wedge filters (maxillary A in Fig. 1), because the dose distribution on the center of the human body is unacceptably low.

In esophageal cancer, the anterior and posterior two opposite field irradiation (esophageal A in Fig. 1) is adequate from the view point of lower pulmonary dose, and the one anterior and two posterior oblique field irradiation (esophageal B in Fig. 1) is also good because of lower dose of spinal irradiation. Another reason why we apply two opposite fields is the clinical experience that the geometrical separation between esophagus and spine in determining irradiation field is very difficult. Moreover, we found that the rotation technique (esophageal C in Fig. 1) is unsuitable as pulmonary dose is higher than the above-mentioned methods.

In the case of carcinoma of the uterine cervix, we gave the same dose equally to the area between A-points and B-points in calculation. For this purpose it is reasonable to give at least 70% dose of teletherapy dose at B-point by the intracavity small sources in pendulum irradiation (uterine C in Fig. 1), and it is necessary to irradiate 60% dose to the same area by small sources in six-field irradiation method (uterine B in Fig. 1).

はじめに

我々は、東大分院放射線科においてはテレコバルト放射線治療に際して、マルチウス板使用のX線による位置決め、回転横断層写真による横断面の情報収集、コバルトグラフィによる照射野の確認を行ない、目的とした部位へ正確に照射する努力をしている。又、4年前よりコンピューターを利用して線量分布及び腫瘍線量の計算をルーチンに行なっている。今回は、人体横断面の線量分布が照射術式、人体の大きさ、線源腫瘍間距離によつてどのように異なるかをコンピューターにより計算し検討したので報告する。

I. コンピュータによる線量分布計算について

放射線治療に際して、回転横断層撮影によつて人体横断面を楕円と推定した場合、横径および縦径、腫瘍の位置等の情報を集める。回転横断層撮影では、通常 0.6mmの横断面を撮ることができる。又、拡大率は、約1.33倍である。この撮影法は、主に頭頸部及び胸部に適しているが、腹部は鮮鋭度が悪く、むしろこの場合は超音波装置に

よる超音波断層像の方がより優れている。

以上により、人体の計測、腫瘍の範囲が決定したら、適当な照射野を設定し、コンピューターを使用し線量計算及び線量分布描出を行なう。現在使用中のコンピューターは、HIDAS 2000 E (4 KW) ハイブリッド計算機であるが、そのデジタル部のみを使用している。計算の原理⁶⁾、プログラム⁷⁾等については、別に報告されているが、小形電算機であるため計算に時間がかかるという欠点もあり、最近 TOSBAC-40 T S S (本体 64KB) の端末器が設置されたので、これによる線量計算も検討している。

II. 上顎癌を対象とした照射について (M)

日本人の人体については宮川ら⁵⁾が報告した骨髄線量計算の論文に回転横断層像をもとにした平均値がある。これによると、上顎洞中心における人体の横径は、 16.9 ± 0.8 cm (平均±標準偏差)、縦径は、 20.7 ± 0.5 cmである。尚、この場合平均-1標準偏差の断面像を便宜上Sとし、平均値の場合をMとし、平均+1標準偏差の場合をL

Table 1 Diameters of Body Cross Section Used in this Report (mean \pm one standard deviation in cm)

Level	Sagittal diameter	Transverse diameter
Maxillary sinus	20.7 \pm 0.5	16.9 \pm 0.8
Middle esophagus	16.4 \pm 1.4	30.3 \pm 2.2
Uterine cervix	15.8 \pm 1.7	26.4 \pm 1.6

Table 2 Nominations for Calculated Maps in Each Cross Section

A00 S	A00M	A00 L	A75 S	A75M	A75 L
A50 S	A50M	A50 L			
B00 S	B00M	B00 L	B75 S	B75M	B75 L
B50 S	B50M	B50 L			
C00 S	C00M	C00 L	C75 S	C75M	C75 L
C50 S	C50M	C50 L			

'A', 'B', 'C': Technique of irradiation listed in Tables 3, 4, and 5.

'00', '75', '50': Tumor-source distance for 100, 75 and 50cm.

'M', 'L', 'S': Body cross section diameters for mean, mean plus one standard deviation, and mean minus one standard deviation.

Table 3 Radiation Technique for Maxillary Sinus

Coordinates of tumor (3.0, 3.5) and of body center (0.0, 0.0)

'A': Rectangular crossing anterior and lateral fields.

Field width at the center of tumor is 6.0 cm in each port.

'B': Anterior and two opposite lateral fields.

Field width at the center of tumor is 6.0 cm in each port.

'C': The same field as 'A' with 45° wedge filters.

と表現した。又、照射術式を3種類選びそれらを夫々、A, B, Cと表現した。更に腫瘍線源間距離50cmの場合を50, 75cmの場合を75, 100cmの場合を00と表現した。例えばAの照射術式で腫瘍線源間距離を75cm, 人体を平均 \pm 1標準偏差の大きさとした場合の線量分布図は、A75Lと表現する。従って上顎を対象として27枚の線量分布図を

作成した。(以下食道癌, 子宮頸癌を対象とした場合についても同様である)。これらをもとにして表3に示す如く前右直交2門照射(A), 前右左3門照射(B), 前右楔(45°)照射(C)について線量分布計算を行なった。又、これら照射術式及び以下に述べる食道癌, 子宮頸癌における照射術式を合わせて大略すると図1の如くである。

II-1 前右単純二門照射について(A)

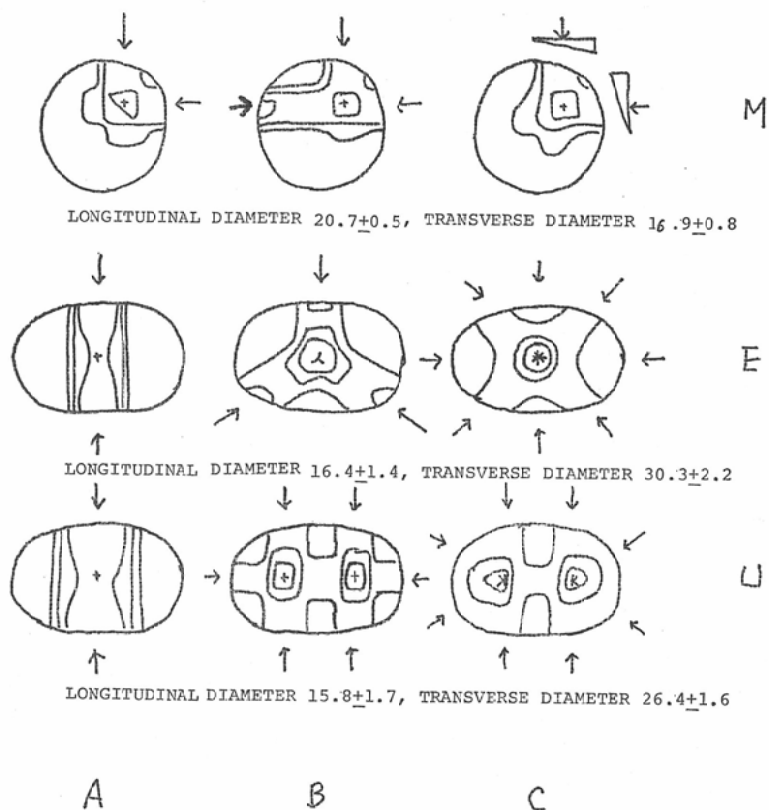
A50S, A50M, A50L, A75S, A75M, A75L, A00S, A00M, A00Lの9通りについてコンピューターにデータを入れ比較した。これらのうちで、A00Sと、A50Lが最も差のある照射方法であると考えられるから、この2種類を同一の図に書き入れると図2のようになる。図からわかるようにA00Sの場合にわずかに30%線が深くなり、90%範囲が狭くなっているが、2種類の線量分布曲線の間には大きな差はないことがわかる。その他の7種類の線量分布はこの中間になった。尚照射野はいずれの場合も腫瘍の位置で前面より6cm幅, 右側より6cm幅で、腫瘍中心は人体の中心を原点とした場合、右へ3.0cm前へ3.5cmの所とした。

II-2 三門照射について(B)

II-1の場合と同様9通りの照射方法について検討した。このうち前項同様、最も差があるとみられるB00SとB50Lについて線量分布を図示すると図3のようになる。2種類の線量分布曲線の間には、ほとんど差は認められない。又、他の7種類の線量分布図はこの中間になる。この場合の照射野は、腫瘍の点において前より6.0cm, 左右より夫々6.0cmの幅である。

II-3 前横楔フィルター使用の二門照射について(C)

II-1, II-2と同様に検討すると、そのC00S, C50Lの線量分布曲線は図4のようになる。30%像がわずかに深くなるが、やはり、この両者の間に線量分布曲線の大きな差は認められない。他の7種類の図がこの中間になることはII-1, II-2と同様であつた。なお楔は45°, 照射野はII-1と同様である。



STD (00):100cm, (75):75cm, (50):50cm

Fig. 1. Scheme of Irradiation for Maxillary Carcinoma, Esophageal Carcinoma, and Carcinoma of Uterine Cervix. Source-tumor distances are 50, 75 and 100 cm. Body sagittal and transverse diameters are represented for mean value \pm one standard deviation in cm. 'M', 'E', and 'U' mean the level for maxillary sinus, middle esophagus, and uterine cervix.

II-4 各照射方法の比較について

A, B, Cの各照射方法を比較するため, A, B, C各々について50Lと00Sの線量分布曲線の平均をとり, 計3種類を同一の図に書き入れたのが図5である. また, 腫瘍中心線量を1とした場合の, 先に述べた各術式について9通りの照射方法での患側眼窩(1), 健側頬部(2), 人体中心部(3), 患側頬部(4), 患側後頭部(5)に相当する区域の3.75cm角の平均線量を計算し, 比較したものが図6である. 図から対側上顎の部位(2), Bで最も線量が多い事, 又人体中心部(3)では, Aではやや少なく, B, Cではほぼ同じである事がわかる. 以上より, 上顎癌の放射線治療につい

ては, これら三者ではCが最も適した照射法であり, 又中心部の線量が少ないAは最も不適な術式といえる. これは, この範囲の大きさの患者であれば線源, 腫瘍間距離は50~100cmでほとんど変わらないことも示している.

III. 食道癌を対象とした照射について

上顎癌同様, 中部食道を対象として前後二門照射(A), 前一門, 後二門(各照射野の角度120°)の三門照射(B), 回転照射(コンピュータ計算は八門照射でsimulateした)(C)の三つの術式について, AについてはA50S, A50M, A50L, A75S, A75M, A75L, A00S, A00M, A00Lの9通り, B, Cについても同様, 計

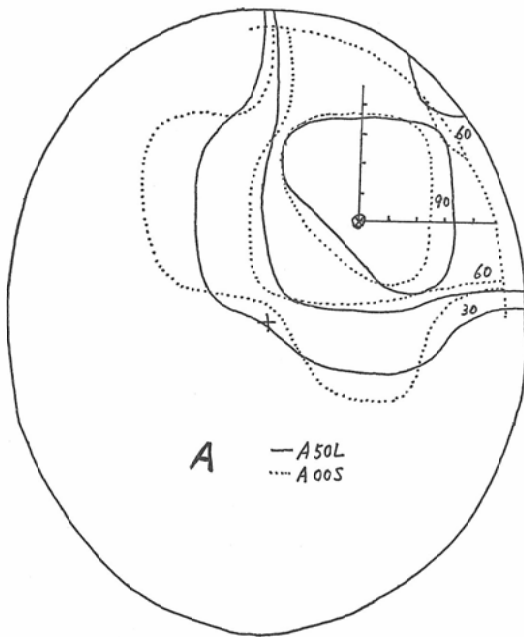


Fig. 2. Rectangular Crossing Anterior and Lateral Fields for Maxillary Sinus. Field width at the center of tumor is 6.0cm in each port. The iso-dose curves of A50L and A00S are drawn in the same figure from outer to inner 30%, 60%, and 90% of tumor dose.

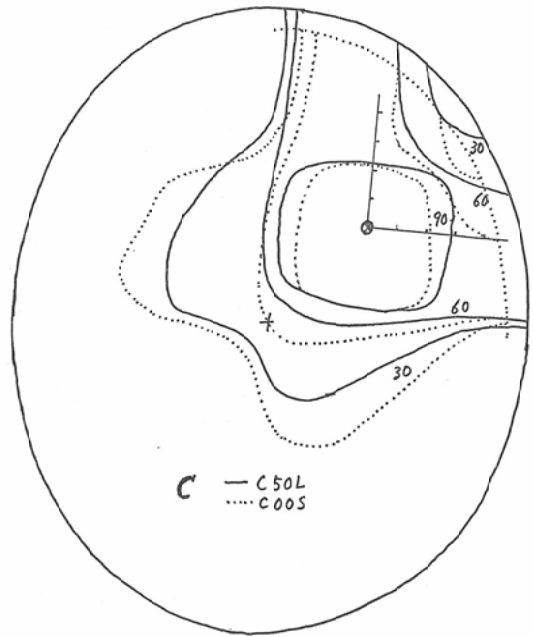


Fig. 4. Rectangular Crossing Anterior and Lateral Fields with 45° Wedge Filters for Maxillary Sinus. The iso-dose curves of C50L and C00L are drawn in the same fig. as in Fig. 2.

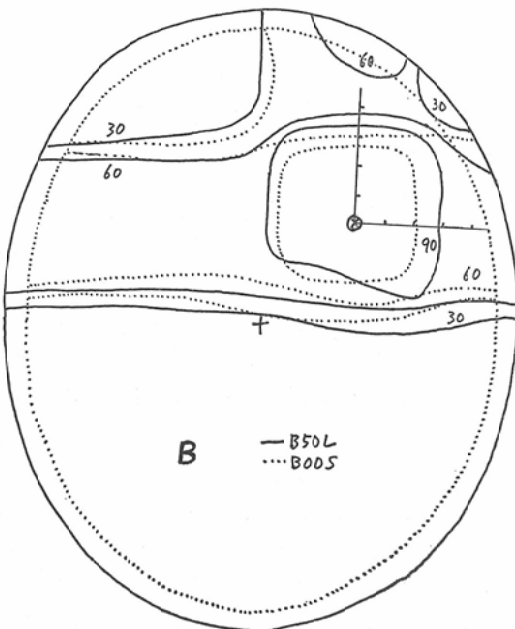


Fig. 3. Anterior and Two Opposite Lateral Fields for Maxillary Sinus. Field width at the center of tumor is 6.0cm in each port. The dose distribution curves of B50L and B00S are drawn in the same fig. as in Fig. 2.

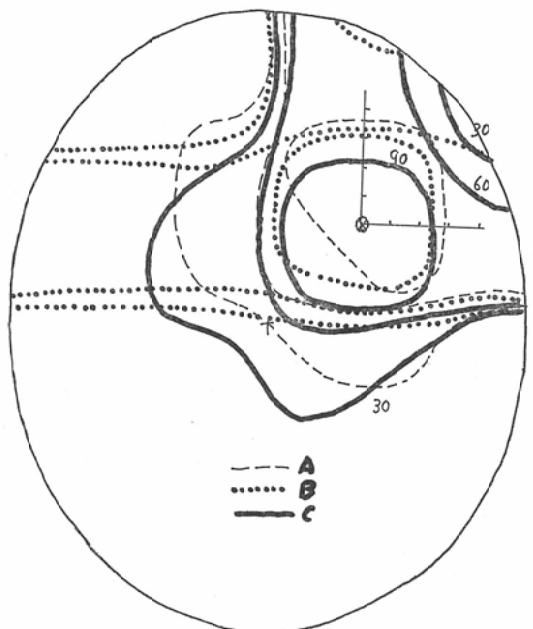


Fig. 5. Comparison of Iso-dose Curves in Each Technique for Maxillary Sinus. The average of 50L and 00S iso-dose curves in each irradiation technique of 'A', 'B', and 'C' are drawn in the same fig.

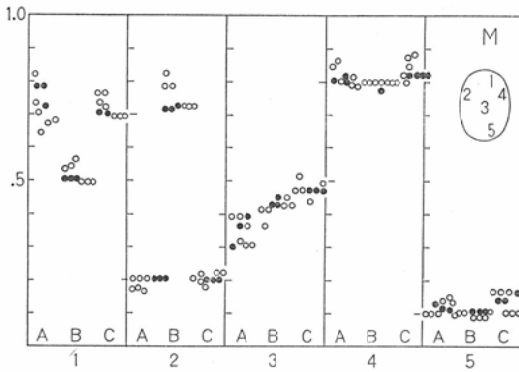


Fig. 6. Comparison of Relative Dose in Several Selected Areas in the Case of Maxillary Sinus. The dose at the center of tumor is regarded as 1.0 and the average doses of 3.75×3.75 cm at the irradiated side orbita (1), contralateral maxillar area (2), center of head (3), irradiated side maxillar area (4), and irradiated side occipital area (5) are calculated and compared with each other. Black circles for 75 and white circles for 50 and 00 in each patient size.

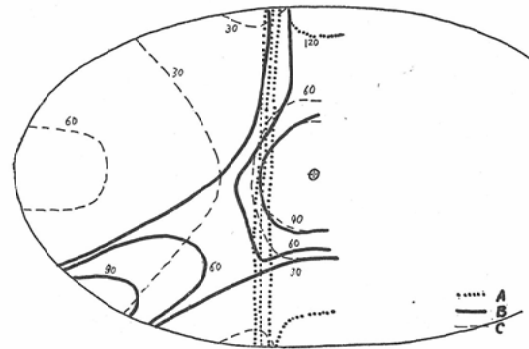


Fig. 7 Comparison of Isodose Curves in Each Technique for Middle Esophagus. The axerage of 50L and 00S isodose curves for middle esophagus in each irradiation technique of 'A', 'B', and 'C' are draw in the some fig. as in Fig. 5.

27通りの照射方法について検討を行なった。A, B, Cの各照射方法で最も差がみられると思われる, 00Sと50Lについて各々比較したが, 上顎癌同様, 線量分布曲線に大きな差がみられなかつた。A, B, C各照射方法の00Sと50Lの平均の線量分布曲線を同一の図に書き入れると図7の如くなる。又, 図8は, 上顎癌の場合と同様, 腫瘍中心の線量を1とした場合の前縦隔(1), 肺中心(2), 人体中心(3), 脊椎(4)に相当する区

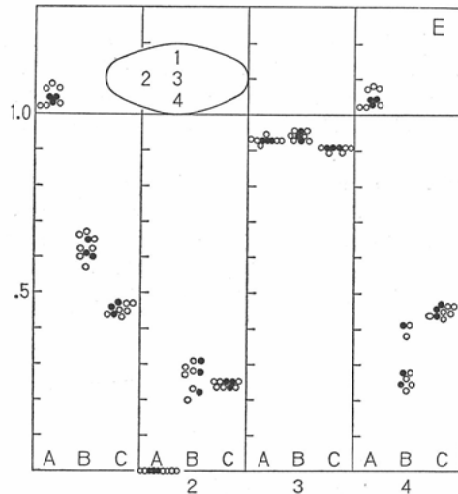


Fig. 8 Comparison of Relative Dose in Several Selected Areas in the Case of Middle Esophagus. The dose at the center of tumor is regarded as 1.0 and the average of 3.75×3.75 cm at anterior mediastinum (1), center of the lung (2), center of the body (3), and spinal cord (4) are calculated and compared with each other as in Fig. 6.

Table 4 Radiation Technique for Middle Esophagus

Coordinates of tumor center and of body center (0.0, 0.0)
'A': Anterior and posterior two opposite fields. Field width at the center of tumor is 6.0cm in each port.
'B', Anterior and two posterior oblique fields. Angles among each field are 120° and field width at the center of tumor is 6.0cm in each port.
'C', Rotation field (simulated as 8 multiportal fields). Field width at the center of tumor is 6.0cm.

域の3.75cm角の平均線量である。脊椎部(4)では, 前後二門の照射方法が最も大であり, 肺野の中心(2)は, Aが少ないが, B, Cの各照射であまり差がない。又, 前縦隔(1)ではAが多い。以上を考慮すると, 肺中央の線量を少なくする点では, 前後二門照射(A)が優れており,

又、脊椎の線量を少なくする点では、三門照射(B)が優れていることがわかる。このいずれを選択するかは、放射線肺炎と放射線脊髄炎のいずれを重視するかによつて定まるが、食道と脊椎は近接して居り、(B)でこれを注意する必要がある。回転照射(C)はいずれについても有利とは言いがたいことがわかる。尚、各照射野は幅6cmとして計算した。

IV. 子宮頸癌を対照とした照射について

幅15cmの前後二門(A)、同じ照射野で中央に幅4cmの遮蔽を行なつた遮蔽照射(B) (実際には人体中心よりそれぞれ5cmの点へ各前後二門照射及び左右二門照射の計六門照射でかつ照射野の長

Table 5 Radiation Technique for Uterine Cervix

Coordinates of tumor center and of center of body (0.0, 0.0) and 'B' points. (-5.0, 0.0) and (5.0, 0.0)

'A': Anterior and posterior two opposite fields.

Field width at the center of cross section is 15cm.

'B': Two anterior, two posterior, and two lateral fields. Field width at 'B' points is 6cm.

'C': Two 180° pendel fields centered at 'B' points (simulated as 2x4 fields).

Field width at 'B' point is 6cm.

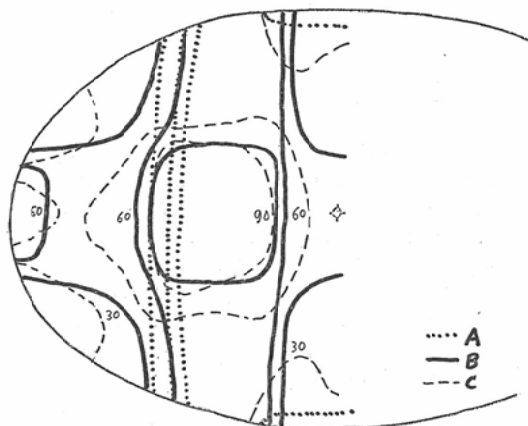


Fig. 9. Comparison of Isodose Curves in Each Technique for Uterine Cervix. The average of 50L and 00S isodose curves for uterine cervix in each irradiation technique of 'A', 'B', and 'C' are drawn in the same fig. as in Fig. 5.

さはいずれも6cmでシュミレートした) 人体中心より横へ5cmの点を中心とした幅6cmの180°振り照射二門(計算では各四門でsimulateした)

(C)の三種類について、人体中心より横5cmの距離、すなわち'B'点の線量を100とし、II、IIIと同様に各9通り、計27通りの場合について線量分布が異なると思われる00S、50Lにおける線量分布曲線に大きな差はなかつた。又、各照射方法についてはこの中央に入つた。00Sと50Lの平均値についての各照射方法の線量分布曲線を、図9に書き入れた。又、図10は人体中心の線量を1と

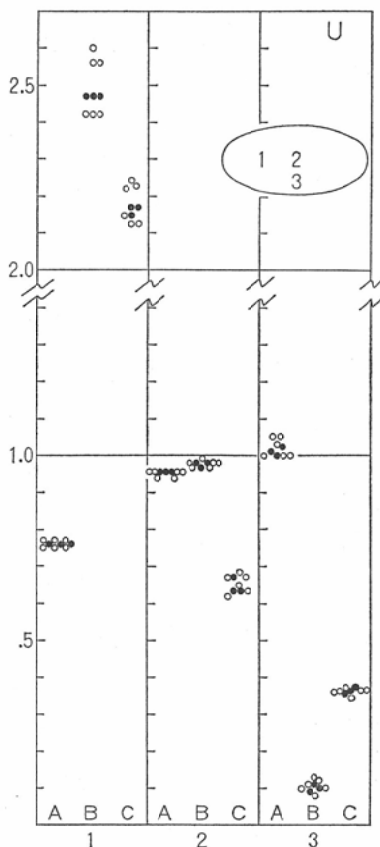


Fig. 10. Comparison of Relative Dose in Several Selected Areas in the Case of Uterine Cervix. The dose at the center of tumor is regarded as 1.0 and the average of 3.75x3.75 cm at 'B' point (1), center of the body (2), and bladder or rectum (3) are calculated and compared with each other as in Fig. 6.

した場合のB点(1),人体中心(2)および膀胱又は直腸(3)における夫々3.75cm角の平均線量を計算し,比較したものである.当然のことながら,人体中心部線量(2)は(子宮頸部),B点線量(1)と比較した場合前後二門照射(A)に比べ,遮蔽照射(B)および振子照射(C)が非常に少ないことがわかる.特に遮蔽照射の場合は,B点(1)と比較して中心部線量(2)が非常に少ないが,これは子宮頸部については, ^{137}Cs 管等により内部照射を行ない,それを是正することを目的としたためである.この場合,振子照射については“B”点の約70%以上,遮蔽照射については“B”点の約60%以上の内部照射を行ない,かつ,“A”点において線量の減少がみられない連続した線量分布をとるよう内部照射を行なう必要がある.

V. 考 察

以上,人体について代表的と思われる上顎洞,食道中部,子宮頸部における放射線治療の各種術式における線量分布の差を検討した.結論として,照射術式の差による線量分布の差はあるが,少なくとも我々が検討した範囲では,線源—腫瘍門距離,患者の大きさの線量分布像に対する影響は比較的少ないことがわかった.なお我々の場合,コンピューターの線量計算の際のメッシュは現在タイプ活字の大きさの関係もあつて,1.25cm間隔であるが,臨床的にはこの間隔で十分であり,又この論文のデータとしても特に問題はなかつた.このプログラムでは,0.31cmまでの間隔で線量分布を表示できるが,現在のコンピューターでは16倍の時間がかかり,又図も縦,横共4倍の大きさとなるので,临床上,必ずしも有効とはいえない⁷⁾.

我国においてもコンピューターを利用した線量分布計算の報告は少なくない^{1)~4)}.しかしその多くは大型のコンピューターを利用して居り,又必ずしもルーテインワークとしての利用はされてい

ない.我々は東大分院放射線科で行なっているテレコバルト治療について線量分布計算をルーティンに行なつて居り,それを利用して代表的な例について照射術式,腫瘍線源間距離,人体の大きさの差について線量分布の比較検討を行なつたので報告する.

本論文は,第32回日本医学放射線学会総会において報告した.又,研究の一部は文部省科学研究費「アナログ計算機による人体における臓器循環動態の研究(班長小林太刀夫)」および,厚生省がん研究助成金「コンピュータによる癌治療の総合研究(班長梅垣洋一郎)」によつたものであり,感謝する.

文 献

- 1) 梅垣洋一郎:放射線の線量計算と電子計算機,医学のあゆみ,65(1968),807—816.
- 2) Onai, Y., Irifune, T. and Tomaru, T.: Calculation of dose distributions in radiation therapy by a digital computer I. The computation of dose distributions in a homogeneous body for cobalt 60 γ -rays and 4.3 MV X-rays, 日本医放会誌, 27(1967), 1—14.
- 3) Onai, Y., Irifune, T., Tomaru, T. and Uchida, I.: Calculation of dose distributions in radiation therapy by a digital computer III computation of dose distributions in variously shaped fields: 日本医放誌, 30(1970), 50—61.
- 4) 真崎規江:電子計算機を用いて放射線治療を合理化する一方法.日本医放誌, 23(1963), 57—64.
- 5) Miyakawa, T., Adachi, T., Eto, H., Hashimoto, M., Hashizume, T., Masuyama, M., Onai, Y., Sakka, M., Tajima, E., Takahashi, S., Tsukamoto, K., Yamada, K., Yasukochi, H. and Yoshinaga, H.: The bone marrow dose in tele-radiotherapy in Japan 日本医放誌, 30(1970), 368—384.
- 6) 安河内浩, 飯野 祐, 田ヶ谷二三夫:遠隔照射治療の線量計算(電子計算機による一般化の試み),日本医放誌, 29(1969), 1047—1058.
- 7) 安河内浩, 多田信平, 町田喜久雄, 工村房二, 大島統男:遠隔照射治療の小型電算機(4KW)による線量分布計算プログラムについて,日本医放会誌, 34(1974).