

Title	眼球を保護する脳下垂体のリニア アクセラレーターによる運動照射法（超高圧照射法の研究 第20報）
Author(s)	植田, 俊男; 北畠, 隆
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1968, 28(7), p. 1002-1009
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17570">https://hdl.handle.net/11094/17570</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# 眼球を保護する脳下垂体のリニアアクセラレーター による運動照射法

(超高圧照射法の研究 第20報)

愛知県がんセンター放射線部 (部長: 北島 隆)  
植田 俊男 北島 隆

(昭和42年12月29日受付)

The protection of the eye balls in linear accelerator X-ray treatment of the hypophysis:  
A hollow-out radiation technique

By

Toshio Ueda, R.T. and Takashi Kitabatake, M.D.

(From the Department of Radiotherapy, Aichi Cancer Center Hospital, Nagoya: Chief: Dr. T. Kitabatake)

The selective protection of the eye balls in rotational radiation treatment of the hypophysis applied with linear accelerator is investigated and the effects of different size of protectors and field sizes on dose distribution in 6 MeV were studied. The magnitude of dose reduction at the center of tumor with the radius of protector was estimated and measured. The dose at the center of rotation is as follows

$$D_h = D_r \times \left( \frac{360 - 8\theta}{360} + e^{-\mu\bar{\rho}} \frac{8\theta}{360} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Where

$D_h$ .....Dose at the center of rotation in the hollow-out technique

$D_r$ .....Dose at the center of simple rotation technique

$e^{-\mu\bar{\rho}}$ .....Average absorption value of lead protector.

$\theta$ .....The angle of radiation shadow

The estimated value in equation (1) was approximately equalled that was measured with Siemens condenser r-meter. The deviation of the measured Tissue-Air-Ratio has  $\pm 1.25\%$  accuracy at the level of the estimated value.

## I 緒 言

打抜運動照射法は病巣近傍の健康組織を保護し、病巣には十分な照射をしようの特長があり、すでにコバルト60遠隔照射装置によつて臨床的にも応用されている<sup>3)6)7)8)12)</sup>。

打抜照射法には線巢の内部 或はその一部を打抜くものと、線巢外の特に保護する必要のある部分を遮蔽して照射する方法とがある。コバルト60照

射装置によつてこの方法を行う場合には、線巢の境界、打抜部位への線量減少の割合が半影に影響されることも考えられるが、リニアアクセラレーターでは焦点が小さく<sup>2)4)13)</sup>、コバルト60装置の線束に比べて、半影は非常に少ない<sup>2)16)</sup>。本論文においてはリニアアクセラレーターによる眼球打抜照射の方法とそれによる線量分布及び回転中心の線量の算出について実験した結果をのべる。

## II 眼球打抜照射の機構

\* 現新潟大学放射線医学教室

眼球打抜照射を行うにはまず装置の放射口部分に打抜ブロック懸架用装置をとりつける。これはすでに高橋らがコバルト60遠隔照射装置によつて行つたものと同じ原理及び機構を有するものである<sup>15)</sup>。次に焦点からみて被照射体の打抜照射を行う部位の大きさと位置に比例した位置へ打抜用吸収体を懸架装置に装着する。本装置では焦点から懸架装置の中心までの距離は68cm, 焦点から回転中心までの距離は100cmである。そのため打抜用吸収体の影は被照射体の部分で1.5倍となる。図1は懸架装置と打抜ブロックを放射口に装置した実景である。

Fig. 1 The accessory for the selective protection of the eye balls attached to the radiation mouth of linear accelerator.

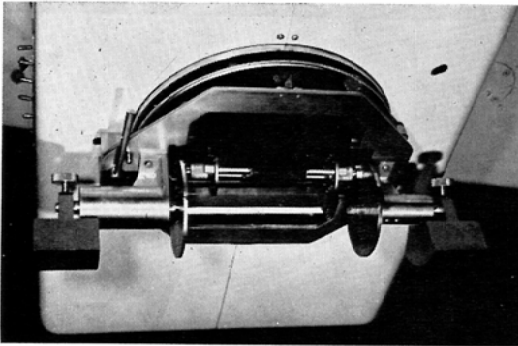
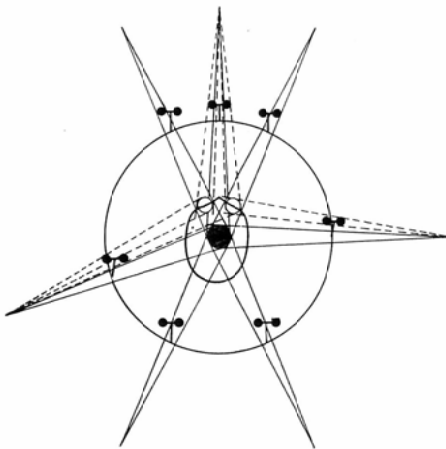


Fig. 2 The schematic diagram of selective protection of the eye balls. The cross section shows the arrangement for simultaneous protection of the eye balls in the treatment of the hypophysis.



このようにして回転照射を行うと、打抜ブロックは被照射体の打抜部位に対し常に線束の影をつくり、その影の部分は他の部位に対し照射される線量は少くなる。この原理を図2に示す。

### III 実験の方法及び結果

眼球打抜照射の実験を行うに当つて被照射体である頭部ファントームは Mix Dp 製のものを使用した。この寸法は30名の成人頭部の眼窩中央部における回転横断写真から得た平均を求めて、前後径18.5cm, 左右径14.2cmとした。この場合眼球の間隔を6.5cmとした。この間隔は北島ら<sup>9)</sup>の測定の結果に基づいた。

#### (1) 打抜の大きさと線量分布

眼球を十分に保護し、脳下垂体の部分には理想的な線量分布を得るためには、どの程度の打抜を行えばよいかを調べた。これには照射野の大きさを4cm×4cm一定とし、打抜用ブロックの径を変えて回転照射を行い、ファントーム中の線量分布を求めた。ブロックは鉛の円柱でその半径はそれぞれ1.1, 1.35, 1.5, 2.0cmである。これらの円柱形のブロックを懸架した場合頭部眼球の位置における線束の影は幾何学的にそれぞれ1.5倍となり、その値は半径が1.65, 2.03, 2.25, 3.0cmの円となる。線量分布の方法はフィルム法によつた。フィルムはグラビアフィルムを使用した。

回転中心における線量を100%として整理すると、打抜照射をしない単純な回転照射の線量分布曲線の形は回転中心に対しほぼ同心円をなしている。打抜の範囲を大きくするに従つて等線量曲線は前後径が狭くなり、左右方向に拡がる。90%領域は打抜の範囲を広くすると回転中心から後頭方向への長さはそれ程変らないが、中心から前後方向への範囲がせまくなる。頭部の前後径軸上の相対線量は回転中心を100%としたとき中心より前方では低くなり最高線量は後側へずれる。この場合は打抜範囲を大きくする程甚だしい。左右軸上の相対線量は打抜範囲が大きい程、それぞれの領域が広がる。この結果を図3～4に示す。図は横軸に回転中心からの距離をとり、縦軸に回転中心の線量を100%としたときの相対線量をとつ

Fig. 3 Relative dose distribution along the minor axis of the head phantom in selective protection technique with 6 Mev linear accelerator.  $r$ ; radius of the protected area.

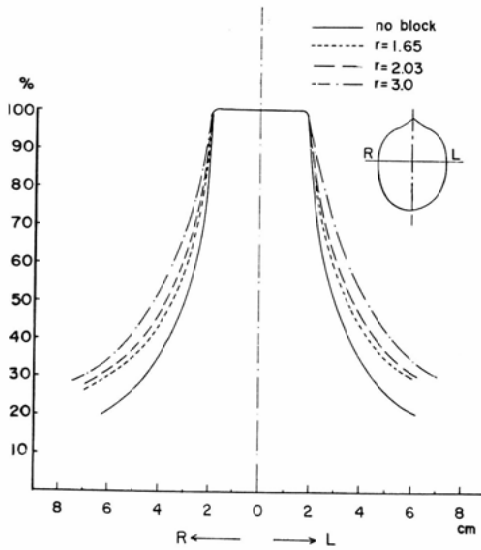


Fig. 4 Relative dose distribution along the long axis of phantom in selective protection technique of the eye balls with 6 Mev linear accelerator.

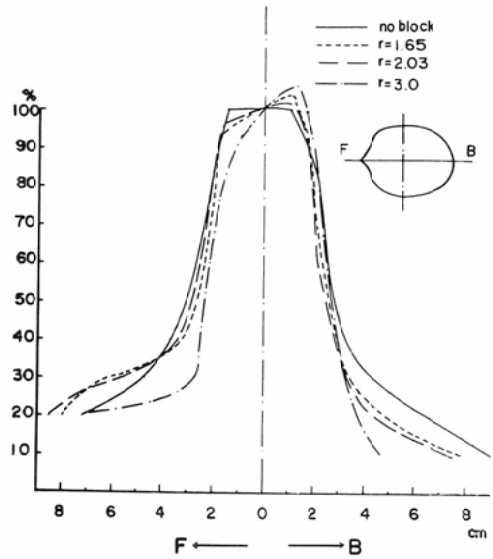


Fig. 5 Dose distribution in the hollow-out technique applied to 6 Mev linear accelerator. The longer the radius of protected area, the larger the deviation of isodose contour. Field size is 4cm x 4cm.

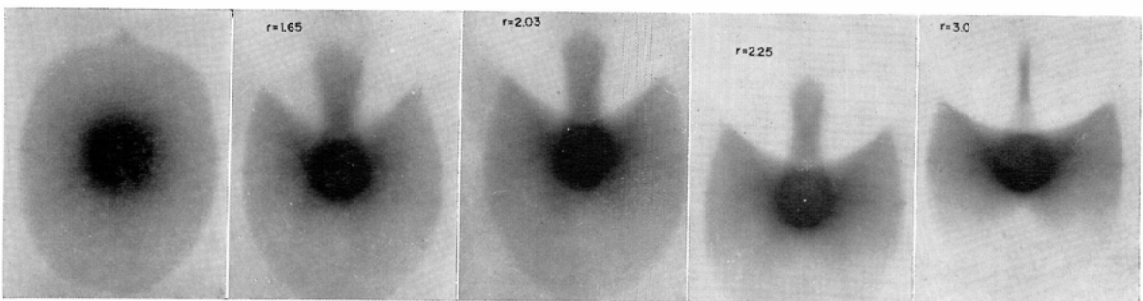
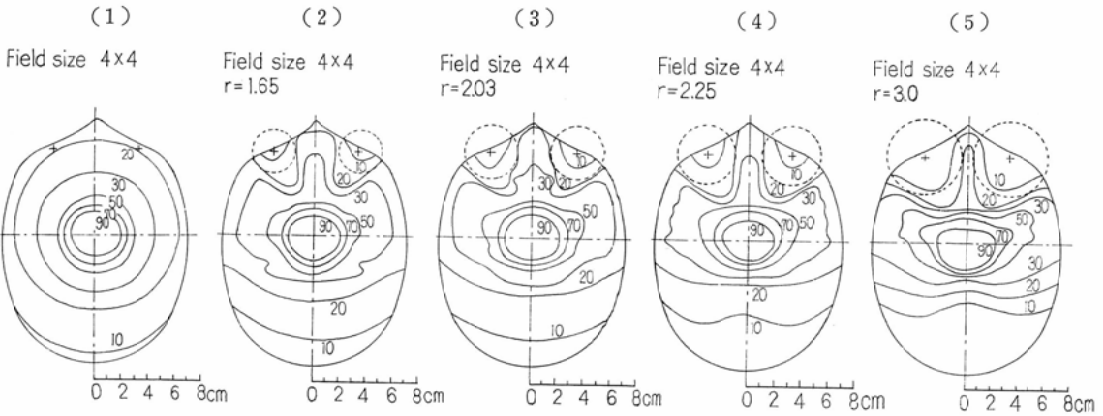
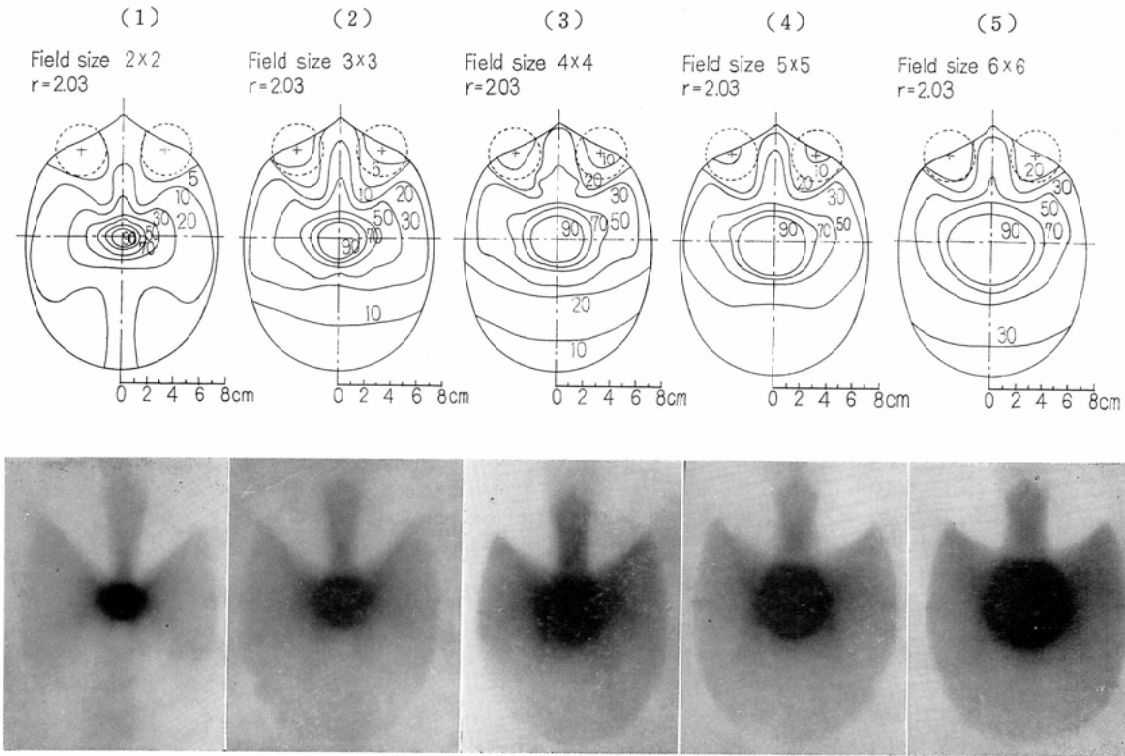


Fig. 6 Dose distribution in the hollow-out technique applied to 6 Mev linear accelerator. As the field size increased, the relative dose of the eye balls increased. The radius of shielded area is 2.03cm constant.



た。  
 眼球の水晶体に相当する位置での相対線量は打抜照射をしない場合はほぼ20%で、打抜照射を行うと何れの大さのブロックを使用した場合でも10%以下で打抜部分の境界では20%であった。線量分布曲線は打抜ブロックの小さい程高線量域の形のひづみが少ない。図5は打抜部位の範囲を変化させたときのそれぞれの線量写真と測定した線量分布である。

(2) 照射野の大きさと線量分布の変化

打抜の範囲を一定として、照射野の大きさを変えた時、線量分布はどのように変化するかを調べた。打抜の範囲の半径は2.03cmとした。これは(1)の結果から比較的高線量域の分布の形に歪みがなく、しかも眼球が充分保護され、多少の個人差があつても充分余裕があるものを選んだ。照射野を2cm×2cm, 3cm×3cm, 4cm×4cm, 5cm×5cm, 6cm×6cmの各々について打抜回転照射を行い、

その線量分布を調べた。分布曲線の形状は、70%領域まではほぼ相似形で、各々の線量分布曲線の径と、照射野の中の比はほぼ一定であつた。眼球に相当する部分は照射野の小さいもの程照射される割合が少く、2cm×2cmの照射野では、回転中心の線量に対し5%以下である。6cm×6cmの照射野になると眼球の部分の線量は20%となる。この結果を図6に示す。図は各々の照射野にて打抜照射を行つた線量写真と測定した線量分布である。

回転の中心から打抜部分の中心への線量の変化を測定してみると、線量減少の割合は打抜照射をしないものに比べ、減少の割合が大きく理想的である。図7はこの結果を示すもので、横軸に回転中心から打抜中心への距離をとり、縦軸に回転中心の線量を100%としたときの相対線量をとつたものである。図中の破線は4cm×4cmの照射野で打抜照射をしない場合のもの、鎖線は同じ照射野でコバルト60回転照射装置によつて打抜照射を行

Fig. 7 Dose profile across the center to that of the eye ball. Dashed line is simple rotation technique. Chain line is obtained through the hollow-out technique applied to Cobalt unit.

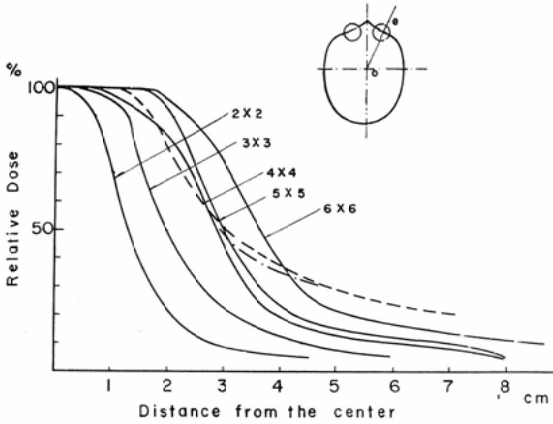
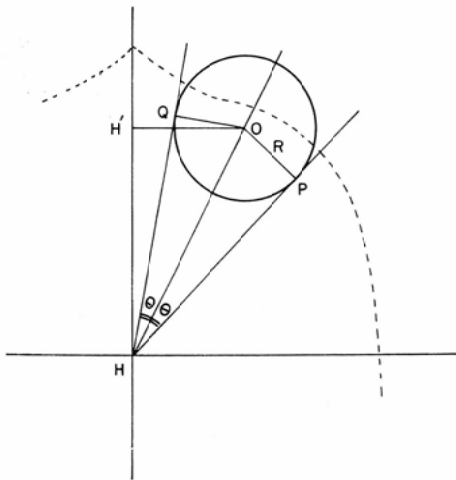


Fig. 8 Geometrical analysis in relation with the protected area of the eye ball and rotation center of the beam.

H.....Center of rotation.  
 C.....Center of the protected area in radius R. During the rotation, lead protector shields a central beam to the center of rotation nearly  $2 \times \angle QHO = 4\theta$



つたものの変化を示す。

(3) 回転中心における線量

本法のように打抜用吸収体を懸架して回転照射を行う場合には線源が一回転する間に吸収体が線束を横ぎる。そこでこのような方法では中心の線

量がどのように減少するかを検討した。

図8に於てHを線源の回転中心、Oを打抜部位の中心とする。打抜の範囲はOを中心とし半径Rの円である。このようにすると回転中心Hから見た場合、線源が回転中に打抜用吸収体が線束中心をさえぎりながら動く角度は $2\theta$ である。 $\theta$ の値はOHの長さが解れば計算でき、この長さは実際に回転横断写真より求めればよい。線源が1回転する時、図のOH方向の $180^\circ$ 反対側に於てもほぼ同じ角度分だけ吸収体が同じように線束中心を遮蔽しながら動くから、一つの眼球を打抜くために1回転につき角度 $4\theta$ の間は吸収体によって減弱された線量が回転中心へ与えられることになる。それ故眼球2個の打抜照射を行うと、打抜をしない回転照射に対し1回転の線量の割合は次式のように表わすことができる。

$$DH = DR \times \left( \frac{360 - 8\theta}{360} + e^{-\mu\phi} \frac{8\theta}{360} \right) \quad (1)$$

ここで

DH .....打抜照射の回転中心線量

DR ...  $\left\{ \begin{array}{l} \text{同じ条件で打抜照射をしない回転中} \\ \text{心の線量} \end{array} \right.$

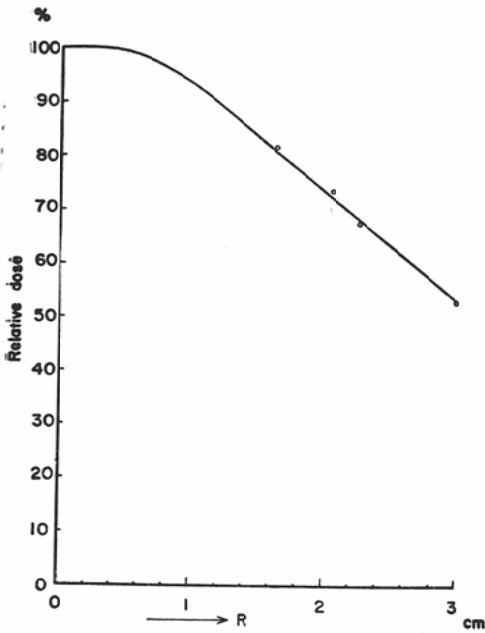
$e^{-\mu\phi}$  .....吸収体の平均の吸収

先にのべたように本装置では打抜ブロックの位置が回転中心までの距離に対し $1/1.5$ になっているのでrを打抜ブロックの円柱の半径、Rを打抜部位の半径とすると、 $R/r = 1.5$ である。線束中心を半径rの円柱ブロックが横ぎる場合、それを透過する長さを平均するとその値はほぼ $\phi = \frac{\pi r^2}{2r} = \frac{1}{2}\pi r$ となり、円柱ブロックの平均の吸収は近似的に $e^{-\mu\phi}$ で表わした。 $\mu$ は使用した装置(三菱LAS-M)によつた場合の吸収係数で実験で求めた結果鉛では $0.63^{-1}$ であつた。打抜部位の幾何学的な円の半径と、これに対する打抜用吸収体の大きさ及び吸収率から病巣中心の線量が求められる。

(1)式より打抜部位の範囲を大きくすれば、それに従つて中心線量は減少することが解る。

そこで先にのべた種々の大きさの変つた円柱ブロックを使つて打抜照射を行い、ファントーム中での回転中心の線量を測定してみると、計算した値と殆んど一致した。図9はこの結果を示すもので

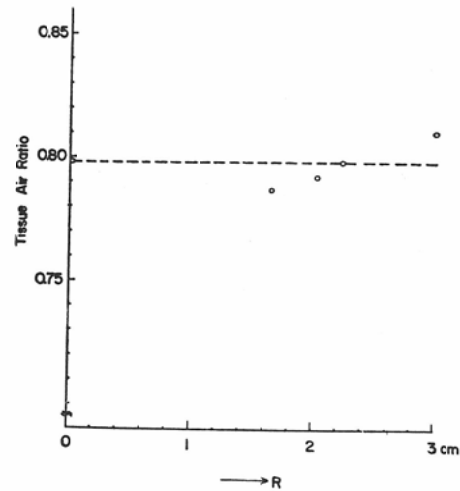
Fig. 9 Effect of size of protectional area on dose at the center of rotation. The larger the size of the shadow, the dose decreased. Solid curve indicate calculated value and the dots indicate experimental value.



横軸に打抜の半径をとり縦軸に打抜照射をしない場合の中心の線量を 100%とした相対線量を示した。図中実線は(1)式による計算の結果で○印が測定した結果である。

次にこのような打抜照射を行つた時、従来の Tissue-Air-Ratio を基にした方法で回転中心の線量が求まるかどうかを調べた。これが実際の照射に当つて最も必要だからである。まず先にのべた4種の打抜ブロックについて夫々回転中心の空中の線量を測定し、次に夫々のブロックを使用した時の頭部ファントーム内での回転中心の線量を測定して、その比を求めた。測定はシーメンス midget chamber を使用し、空中での測定は 1.2 cm厚のアクリルの Cap をかぶせて行つた。次にすでに治療に使用している等線量曲線より、使用した頭部ファントームの Tissue-Air-Ratio を計算によつて求めた。計算は Johnes<sup>1)</sup>の方法で、奥村<sup>9)</sup>もリニアク原体照射の線量評価においてこの方法をとつている。

Fig. 10 The deviation of Tissue-Air-Ratio applied selective protection of the eye balls in the treatment of the hypophysis. Dashed line is estimated value. The dots indicate experimental value.

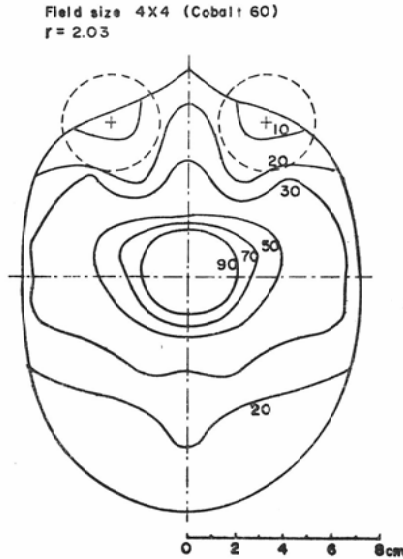


打抜ブロックを使用しない場合の Tissue-Air-Ratioの測定値は計算値と一致した。それに対し、打抜照射の場合の測定した結果は多少の差があるがこの値は計算値に対し±1.25%の差であつた。この結果を図10に示す。図は横軸に眼球打抜範囲の半径をとり、縦軸に Tissue-Air-Ratio をとつたものである。破線で示したのは打抜照射をしない場合の Tissue-Air-Ratio の計算値である。

#### IV 照射の手順

脳下垂体の回転照射に眼球打抜照射を応用するには、まず脳下垂体の位置及び保護する眼球の位置を確認するために頭部の回転横断撮影を行う。撮影に当り患者の両眼ぶた及び両側頭部に縦長にヒューズを貼布する。この場合、側頭部のヒューズは外耳孔と眼尻を結ぶ線の中央に張りつけ、側方投光器によつて頭部の傾きがないように、前頭面が水平になるように頭部を位置づけて撮影する。このようにして得た回転横断写真より脳下垂体の位置と側頭部に貼布したヒューズの位置的関係が解るから回転照射を行う場合、線束の回転中心に対し頭部をどのように位置させるかが決定できる。患者を治療台に仰臥させ、治療室内両側の

Fig. 11 Dose distribution in the hollow-out technique applied to Cobalt 60 rotational unit. Field size is 4cm×4cm, protected area is 2.03 cm in radius. (c.f. Fig 5-3)



側方投光器によつて、横断撮影を行つた時つけた側頭部のヒューズを貼布した印の部分が合致するように治療台の高さを調整する。横断写真からその印の部分と照射する脳下垂体の位置的関係はすでに解つているから、それに従つて脳下垂体の位置が回転中心へ合致するように治療台を移動させ患者の位置を固定する。打抜ブロックをつけた状態で、治療を行う照射野の大きで治療装置で撮影を行い、フィルム及び患者はそのままの状態とし照射野を拡げ再び撮影を行う。このようにすると実際に照射される場所と打抜かれる部分が頭部写真として一枚のフィルムに写り、打抜照射が計画通り行われるかどうかの確認ができる。この撮影は正面及び側面から行う。これらの写真によつて照射野、打抜部位が目的通りに撮影されて居れば、回転打抜照射を行う。中心部の線量は(3)にのべた手順で打抜用吸収体による減弱を計算し、Tissue-Air-Ratioに乗ずるようにする。

## V 考 按

従来打抜照射に関する報告はコバルト60遠隔照射装置によつてなされたものが多いが<sup>3)6)7)8)12)15)</sup>

リニアアクセラレーターによつてなされたものはない。図5(3)の線量分布曲線と同じ照射野及び打抜範囲でコバルト60遠隔照射装置によつて打抜照射を行つて得た線量分布を比較すると、リニアアクセラレーターによつて得たものの方が打抜部分の線束の影が鮮鋭でかつ眼球部の線量は若干少い結果となつている。比較のため図11にコバルト60遠隔照射装置によつて行つた打抜照射の線量分布を示した。装置は線源一回転中心距離が90cmのもので東芝製R I—156型である。

打抜照射法においてはⅢ(3)でのべたように回転中に打抜照射用吸収体が線束を横ぎつて動くので回転中心の線量はそのために減弱する。この減弱の割合については詳細な報告はなされていない。私共は実際の照射に当つて中心の線量がどのように減弱するかを計算した結果、その値は実験値と殆んど一致した結果が得られた。これは治療計画と実際の照射に当つて欠く事の出来ないものである。吸収体の吸収の割合を算出するに当り本来ならば中心線束が鉛円柱を通る距離毎に細分して計算を行うのが正しい。しかしこのようにすると非常に繁雑となるため、中心線束が鉛円柱を通る平均の距離を求めこれによつて計算を行つた。このような方法でも実験した打抜の範囲の大きさの鉛円柱であれば前者と比較した結果大きな差はなかつた。

Tissue-Air-Ratioの計算は使用した装置についての深部率曲線及び後方散乱係数を測定した結果よりJohnes<sup>1)</sup>の方法を基にして計算したもので、実験値はこの値に対し±1.25%の差の範囲内であつた。

なお使用したリニアアクセラレーターは三菱製LAS-Mで自動線量率調整回路が設けてあるため、回転中の線量率の変化は殆んどなかつた。

## VI 結 論

1. 医療用リニアアクセラレーターによつて脳下垂体運動照射に眼球打抜を応用する基礎実験を行つた。この結果打抜の範囲を大きくすると線量分布の変形が起るが眼球打抜の範囲が2cm程度の半径のものであれば90%領域の変形は殆んどな



く、眼球の受ける線量は中心線量の20%以下であり、水晶体では10%以下である。

2. 打抜照射を行つた場合の病巣中心線量の減弱の割合を計算した結果、その値は実験値と殆んど一致した。

打抜照射を行う場合、Tissue-Air-Ratioは普通の回転照射と同じ方法で求めればよい。

(本研究は厚生省がん研究助成金の援助によつたもので塚本班々会議において発表した。)

#### 文 献

- 1) Brit. J. Radiol. Suppl 10 (1961).
- 2) Day, M.J. and Farmer, F.T.: The 4 MeV linear accelerator at Newcastl upon tyne. Brit. J. Radiol. 31 (1958), 669—682.
- 3) 北畠隆, 高橋信次, 木戸長一郎, 飯田博美: 眼球を保護する脳下垂体の Co<sup>60</sup> 連続照射法, 日医放誌, 21 (昭36), 132—136.
- 4) 北畠隆, 奥村寛, 植田俊男, 木村千明, 高橋信次, 山本千秋, 中野伸平, 大谷四郎: 6 MeV 医療用直線加速器, 日医放誌, 26 (昭42), 1267—1276.
- 5) 北畠隆, 母里知之, 奥村寛, 高橋信次, 中野伸平, 大谷四郎: リニアアクセラレーターによる原体照射法, 日医放誌, 26 (昭42), 1448—1454.
- 6) 森田皓三, 北畠隆: 舌根部或は口蓋扁桃部悪性腫瘍に対する打抜照射法の応用, 日医放誌, 21 (昭36), 641—645.
- 7) 森田皓三: 喉頭癌の原体照射, 日医放誌, 21 (昭36), 13—21.
- 8) 森田皓三, 北畠隆: 上顎洞及び篩骨洞悪性腫瘍に対する打抜照射法の応用, 日医放誌, 21 (昭36), 641—645.
- 9) 奥村寛: 6 MeV X線による原体照射の線量評価, 日医放誌, 印刷中.
- 10) 奥村寛: 私信.
- 11) Proimos, B.: Synchronous field shaping in rotational megavolt therapy. Radiology 74 (1960) 753—757.
- 12) Proimos, B.: Beam-shapers oriented by gravity in rotational therapy. Radiology 87 (1966), 928—932.
- 13) 佐野朗, 近藤好弘, 待山義彦: 三菱医療用ライナック LAS-M. 三菱重工技報 Vol. 3 (昭41), No. 5, 1—12.
- 14) Takahashi, S.: Conformation radiotherapy. Acta radiol. Suppl. 242 (1965).
- 15) 高橋信次, 飯田博美: 打抜照射法, 凹体照射法, 日医放誌, 21 (昭36), 126—131.
- 16) 高橋信次, 北畠隆: 超高圧放射線治療の意義と装置の選択, 臨床放射線, 12 (昭42), 809—816.