

Title	ヘルメット式固定具を用いたライナックによるステレオタキシク照射の試み
Author(s)	堀川, よしみ; 石垣, 武男; 佐久間, 貞行
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(9), p. 1053-1058
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19578
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

ヘルメット式固定具を用いたライナックによる ステレオタキック照射の試み

名古屋大学医学部放射線医学教室

堀川よしみ 石垣 武男 佐久間貞行

（平成2年11月14日受付）

（平成3年1月7日最終原稿受付）

Stereotactic Irradiation Using a Linear Accelerator with Helmet-Type Shell

Yoshimi Horikawa, Takeo Ishigaki and Sadayuki Sakuma
Department of Radiology, Nagoya University, School of Medicine

Research Code No. : 601

Key Words : Stereotactic irradiation, Linear accelerator,
Three dimensional radiotherapy

A new method is proposed for external stereotactic and three-dimensional irradiation for a small target in the skull.

In this method, we use a special long tube collimator, helmet-type shell (guiding rods are attached to the shell using the CT-stereotactic apparatus) and 10 MV linear accelerator. The patient's head is fixed conservatively by the helmet-type shell.

In the phantom experiment, the 90% isodose area was 10 mm in diameter, and the error between the geometrical center of the target and the irradiated center was 2 mm.

I. 緒 言

頭蓋内小病巣に対する放射線治療の専用機として Gamma Unit が開発され効果を発揮している¹⁾。また既存の治療機器を利用したいろいろな運動照射法や多門照射法も考案されている^{2)~7)}。

実際の治療に際しては、ターゲットが小さいために患者の照射野設定と固定が重要な問題となる。

今回我々はライナックによる小照射野3次元多門照射を行うために、ヘルメット式の固定具と小照射野用ロングチューブコリメーターを試作し、これを用いて正確を期した照射方法を考案したので報告する。

II. 装置および方法

東芝社製ライナック (LMR-15) による10MVX線を用いた、ステレオタキック装置は瑞穂医科工

業社製駒井式定位脳手術装置を使用した。

固定具作成の為に熱可塑製プラスチックには、東京衛材研究所製サーモスプリントを使用した。

線量測定、治療計画用ファントムには ALDERSON RAN-110型ランドファントムの頭部を用いた。

試作した装置、装具、測定法は次のとおりである。

1. ロングチューブコリメーター

小照射野用のコリメーターとしてロングチューブコリメーターを試作した。内径12.3mm角及び内径50mm角の鉄製チューブをそれぞれ内筒及び外筒としてその間に鉛を流し込んで作成した。全長は40.8cmでライナックに装着した時の焦点—照射孔距離は101cmである (Fig. 1)。

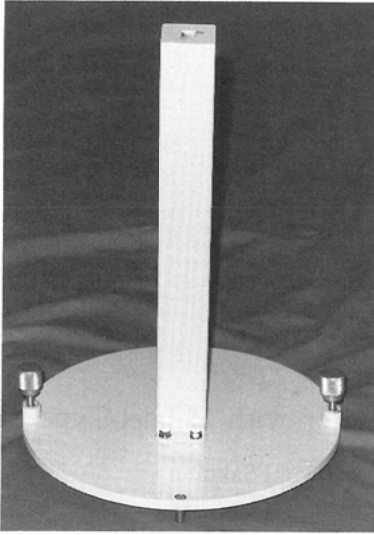


Fig. 1 Long tube collimator, of which outer size is 50mm×50mm×408mm. Size of inner hole is 12.3 mm×12.3mm.

2. ガイド棒

ステレオタキシク照射のための位置設定及び固定に用いるためにアクリル製のガイド棒を作成した。外径は1辺12mmの正方形で、ロングチューブコリメーターの照射孔内に挿入して用いる。中心にステレオタキシー装置の径3mmのプローブを挿入する為に径3.2mmの孔を有する。孔を正確に棒の中心にあけるため、6×12mmのアクリル板に径3.2mmの半円形の溝を切ったものを貼り合わせて作成した。またこの孔を充填するための径3mmの線材を用意した (Fig. 2)。

3. ロングチューブコリメーターによる等線量曲線の測定法

ロングチューブコリメーターをライナックに装着した時の等線量曲線をフィルム法により求めた。線量分布は標準線量計で校正を行った。

SSD=101cm (コリメーターをファントム表面に密着した状態) で求めている。

次にガイド棒 (中心孔を線材にて充填した物) を5cm及び10cmの長さに切った物をロングチューブコリメーター内に挿入した状態での等線量曲線を求めた。

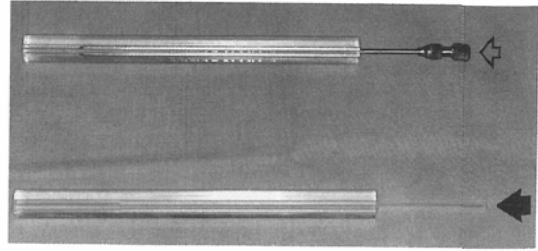


Fig. 2 Guiding rods. Size is 12mm×12mm. There is a round hole, ϕ 3.2mm, at the center of the rod. The probe (\uparrow), ϕ 3mm, can be inserted. Filling materials (\uparrow), ϕ 3mm, also can be inserted.

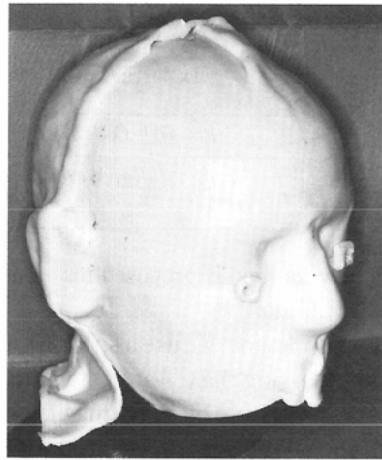


Fig. 3 Helmet type shell, made by thermal plastic shell. It covers the head from anterior and posterior.

4. ヘルメット式固定具の作成

人体頭部のファントムを用いて、熱可塑製プラスチックによるヘルメット式の固定具を作成した。ヘルメットは頭部を前後方向から包み込むような形状とし、ステレオタキシー装置に固定できる様にしてある (Fig. 3)。

5. 目標部位の設定

ヘルメット式固定具にステレオタキシー装置を固定し、計測用ゲージを装着してX線CT撮影をした。今回の実験では目標部位を便宜的にトルコ鞍部として目印のために金属細片を挟み込んで撮影してある (Fig. 4)。

得られたCT画像上でゲージを計測することにより目標部位の正確な3次元座標を求める。

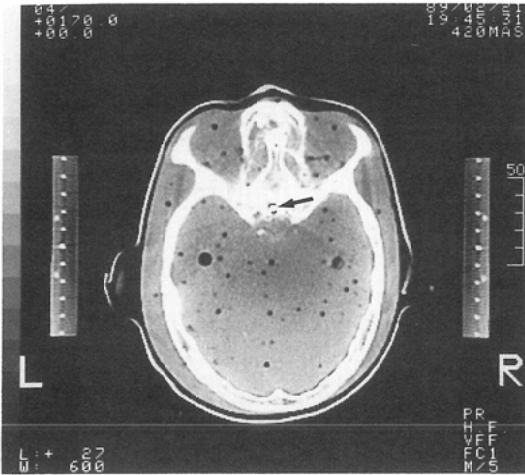


Fig. 4 CT localisation of the target (phantom). At the site of the pituitary, small metal (\uparrow) is inserted for a mark. On both side, gauge of the stereotactic apparatus is seen.



Fig. 6 On the irradiation time, guiding rod is inserted in the long tube collimator. The positioning and fixation is confirmed at the same time.

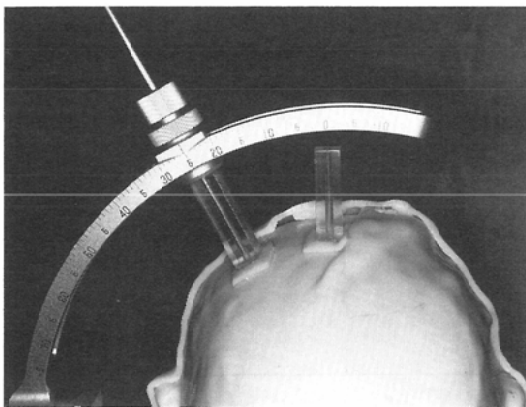


Fig. 5 Guiding rods are attached on the shell using the stereotactic apparatus.

6. ガイド棒の設置

ステレオタキシー装置に定位脳手術用アームを装着し、プローブを取り付ける。このプローブにアクリルのガイド棒を差し込み、プローブのガイド下に固定具表面に接着する。接着には間隙を埋めるために熱可塑製プラスチックの薄片を加熱して柔らかくしたものとシアノアクリレート系接着剤を併用した。

接着固定したあと中心孔を線材にて充填した (Fig. 5)。

ガイド棒は固定具表面に均等になる様に設置した。今回は19本設置したが、間隔をつめて設置すれば最大25~30本設置可能である。

7. 照射方法

照射はロングチューブコリメーター内にガイド棒を挿入することにより、ステレオタキシーな位置決めと固定が同時になされる。

ガイド棒の角度に応じてガントリーの角度を変える事によりファントム (患者) に無理な体位をとらせる必要はない (Fig. 6)。

ガイド棒の設置の際にプローブをもちいて目標部位までの深さを計測できるため、ガイド棒上に目印を記しておくことにより SAD 一定とした照射で、平均深度も求められる。

目標の断面にフィルムを挟み線量分布を求めた。

III. 結 果

1. ロングチューブコリメーターによる等線量曲線

SSD=101cmでのロングチューブコリメー

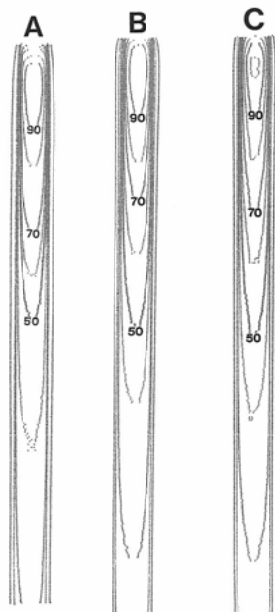


Fig. 7 Isodose curve using long tube collimator. Without the guiding rod (A). With the guiding rod 5cm length (B) and 10cm length (C) inserted in the collimator.

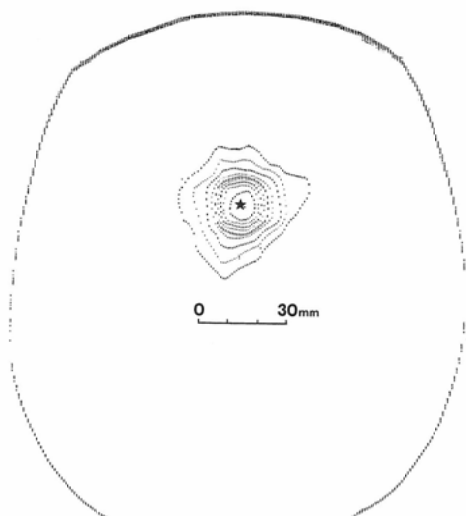


Fig. 8 The dose distribution. The geometrical center is marked by ★. The irradiated center is 2 mm distant from ★. Each isodose line is corresponding with from 10% to 90%.

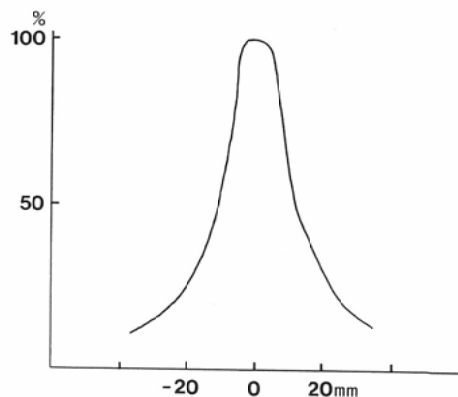


Fig. 9 The Dose profile obtained with 19 portals irradiation.

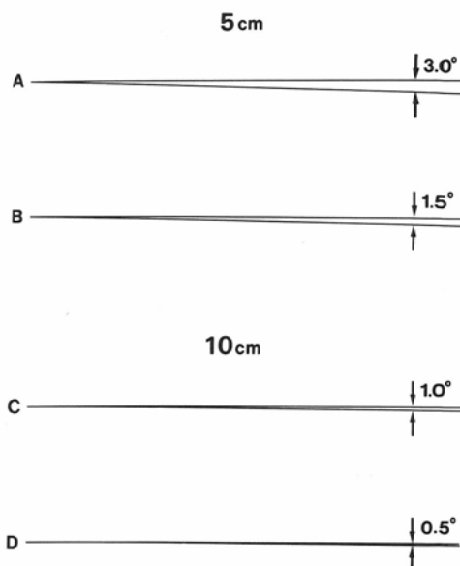


Fig. 10 The error caused by the clearance between inner side of the collimator and the guiding rod. The error in R-L direction (A) and Head-Foot direction (B) with 5cm inserted the guiding rod. The error in R-L direction (C) and H-F direction (D) with 10cm inserted the rod.

ガイド棒が入っていない場合と、入っている場合で明らかな相違は見られなかった。

2. 人体ファントムでの線量分布

フィルム法により求めた線量分布を Fig. 8 に示す。90%線量域は径10mm のほぼ正確な円形を示し、50%線量域は径27mm の類円形を示した。真の目標部位を図中に★にて示してあるが、線量

ターを利用した時の等線量曲線を Fig. 7 に示した。ロングチューブコリメーター内にアクリルの

分布の中心との誤差は約2mmであった。

左右方向の線量曲線を Fig. 9 に示す。線量勾配が急で小さなターゲットに対する線量の集中は良好で、周囲の線量は軽微である。

IV. 考 察

脳内の AVM や組織学的良性腫瘍に対する放射線治療はターゲットボリュームを小さくし周囲の正常脳組織に対する線量をできる限り低くすることが重要である。

これを達成するために三次元運動照射法、歳差集光照射法などが考案されている^{2)~7)}。

専用の治療装置としては Gamma Unit が知られており良好な成績が報告されている¹⁾。

また重粒子線や陽子線による治療も報告されている^{8)~10)}。

いずれの場合においても、ターゲットが小さいために照射野設定と固定が問題となる。

Gamma Unit においてはステレオタキシー装置で頭蓋骨を固定しており、陽子線治療の場合でもステレオタキシー装置による固定を行っている。

ライナックを利用したステレオタキシク照射の場合にも治療台上でステレオタキシー装置による固定を行っている^{4)~7)}。

我々はステレオタキシー装置を直接装着しなくてもよいように、熱可塑製プラスチックにより作成したヘルメット式固定具を用いてステレオタキシクな位置ぎめと固定を同時に行えるような照射方法を考案した。

人体ファントムを用いて実際の治療に近い状態でおこなった実験で得られた線量分布は90%線量域が10mm、50%線量域が27mmであった。

Gamma Unit と比較すると、Gamma Unit の8mmφのコリメーターの場合は90%線量域が約7mm、50%線量域が約10mm、14mmφのコリメーターの場合で90%線量域が約13mm、50%線量域が約22mmである。

Gamma Unit よりは線量勾配がややなだらかではあるが、ターゲットへの線量の集中は良好であり臨床応用の可能性が示唆される。

臨床応用するためには、いくつかの問題が考え

られる。以下現在の問題点について考察する。

1. 照射精度

まず照射精度の向上についてであるが、今回の実験では、照射目標部位と線量分布の中心との誤差が2mm見られた。一応満足のできる精度ではあるが、更に精度を向上させるために誤差について考察を加える。

① ステレオタキシー装置の誤差

使用したステレオタキシー装置はカタログデータ上の誤差は±1mmであるが、装置のゲージをすべて0に合わせた状態で、アームの取り付けを左右にかえて中心部でのプローブ先端のずれを実測したところ1.5mmのずれが見られた。これは通常のステレオタキシー装置の使用法としてはアームの取り付け位置を左右にかえることはないが、我々の方法では左右両方向から使用しているため先端部のずれがカタログデータの誤差値の二倍に近くなるものと考えられた。

② ガイド棒とロングチューブコリメーターの間の遊び

ガイド棒をスムーズに挿入でききるようロングチューブコリメーターの孔との間に0.3mmの遊びがある。このために生じる誤差を測定したところ Fig. 10 に示すようにガイド棒を5cm挿入した状態で左右方向には3度、頭尾方向には1.5度、10cm挿入した状態では同様に1度及び0.5度の最大誤差が見られた。この遊びによる誤差はコリメーター下部にねじを取り付け、ガイド棒を締め付けるようにすることで改善されると考えられる。

2. ステレオタキシー装置

精度については前述のとおりであり、改善の余地がある。

そのほか現在の装置ではアームの半径が小さいために、左右両方向からガイド棒を立てるためには目標部位が中心から左右1cm以内である必要があり、目標部位を自由に設定するためにはアームの半径を拡大する必要がある。

3. コリメーターの径

今回試作したコリメーターの径は12.3mmであるが、ターゲットの大きさによって数種類の径

のコリメーターを用意する必要がある。Lutzら⁵⁾の supplemental collimator の方式も考慮に入れる必要があろう。

4. ガイド棒の接着強度

熱した熱可塑製プラスチック片とシアノアクリレート系接着剤によるガイド棒の接着は実験上は十分な強度を得られたが、臨床で用いる場合には患者の体動により思わぬ強い力がかかる場合が考えられる。

今回の接着方法の強度を測定したところ、接着面から10cmの位置でガイド棒に垂直方向に負荷を加えていくと、4kgの負荷にて接着が剥離した。更に強力かつ確実な接着方法の研究が必要と考える。

5. 固定具装着上の問題

固定具を実際に患者に接着する場合には、頭髪は刈り取る必要がある。また One shot で治療線量を照射する場合には問題ないが、分割照射を行う場合には、頭皮のずれによる誤差を生ずる可能性がある。この誤差については今後確認する必要がある。

6. 線量及び線量分布の計算

今回は検討を行っていないが、使用するロングチューブコリメーターの照射野係数の検討や線量分布計算のプログラム開発等が今後の研究課題となる。

以上の様に、臨床応用にはまだ改善すべき点があるが今後の研究により有望な治療方法となり得ると考えられる。

V. 結 語

熱可塑製プラスチックによりヘルメット式の固定具を試作し、ステレオタキシクな位置決めと固定を同時に行う照射方法を考案した。人体ファントムによる実験では良好な線量分布を示した。今後の研究、改善の余地があるが有効な照射方法

となりうると考えられた。

本研究は平成元年度科学研究費補助金を受けた。

なお本論文の要旨は、第48回日本医学放射線学会総会において報告した。

稿を終わるにあたり、実験に協力を頂いた名古屋大学付属病院放射線部外山和男氏に深謝致します。

文 献

- 1) Leksell L: Stereotactic radiosurgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 46: 797-803, 1983
- 2) 古賀佑彦: 三次元運動照射法, 日本医放会誌, 42: 96, 1982
- 3) 安野泰史, 古賀佑彦, 竹内 昭: 4MVX線による歳差集光照射法の研究, 日本医放会誌, 48: 608-614, 1988
- 4) Colombo F, Benedetti A, Zanardo A, et al: New technique for three-dimensional linear accelerator radiosurgery. *Acta Neurochirurgica Suppl* 39: 38-40, 1987
- 5) Lutz W, Winston KR, Maleki N: A system for stereotactic radiosurgery with a linear accelerator. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 14: 373-381, 1988
- 6) Barish RJ, Barish SV: A new stereotactic X-ray knife. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 14: 1295-1298, 1988
- 7) Chiarego G, Marchetti C, Avanzo RC, et al: Dosimetric considerations on multiple arc stereotaxic radiotherapy. *Radiotherapy Oncol* 12: 141-152, 1988
- 8) Kjellberg RN, Hanamura T, Davis KR, et al: Bragg-peak proton-beam therapy for arteriovenous malformations of the brain. *N Engl J Med* 309: 269-274, 1983
- 9) Fabrikant JI, Lyman JT, Hosobuchi Y: Stereotactic heavy-ion bragg peak radiosurgery for intra-cranial vascular disorders: Method for treatment of deep arteriovenous malformations. *Brit J Radiology* 57: 479-490, 1984
- 10) Hosobuchi Y, Fabricant J, Lyman JT: Stereotactic heavy-particle irradiation of intracranial arteriovenous malformations. *Appl Neurophysiol* 50: 248-252, 1987