

論 説

リニアークセレータと超高压放射線治療について

丸 山 清

国立松本病院 放射線科
(前 三重大学医学部助教授)LINEAR ACCELERATOR WITH SUPERVOLTAGE
RADIATION THERAPY

Kiyoshi MARUYAMA

Department of Radiology National Matsumoto Hospital

Key words: ライナック (linear accelerator)
超高压放射線治療 (supervoltage radiation therapy)

はじめに

癌の放射線治療は超高压放射線の利用により著しく治療成績が向上してきた。超高压放射線治療装置としては, teleCo₆₀, linear accelerator (Linac), Betatron が一般に普及しており, 現在我国の保有数はアメリカに次いで世界第二位である。その他超々高压放射線 (100 MeV 以上) による重陽子線, 中性子線, α 線などが実験段階から臨床に応用され初められているが, 日本でも最近 Cyclotron が放射線医学総合研究所及び東大に設置され明年より主として中性子線による治療に応用されることになっている。この治療は今迄放射線抵抗性と云われた癌, 例えば悪性黒色腫などにも効果を示すので今後期待するところが大きい。その他原子炉を利用しての中性子捕捉療法も渡辺等により主として脳腫瘍に応用されているが今後これらの所謂 Big Science の時代へと移行しつつある傾向である。しかしながら現時点での超高压放射線治療の武器はテレコパルト60とリニアークセレータである。ベータートロンは電子線治療を主体としての機構及びX線出力の少ない等のため, この代りに漸次, X線及び電子線共用形で信頼度の高いライナックの利用度が非常に多くなってきた。

リニアークセレータ

(線形加速機)

ライナック (Linac) とは英語の linear accelerator (線形加速機) の頭文字をとって名付けた用語で, その名のようにベータートロン (Betatron) 等の円軌道を描く加速機と異って, 直線的に電子を加速する装置である。すなわちライナックは電子を進行するマイクロ波にのせて直線的に加速して高エネルギーを支える装置で, ちょうど海岸で波乗りする人が, 波の頂上附近に位置しながら沖合から岸边までの距離を波に乗って進むように, 電子もマイクロ波と云う電界の波にのって比較的短距離内に急速に加速されるものであり, これには電子を打ち出す電子銃, 高周波発生装置 (Magnetron と Klystron が使用されている), 導波管, 加速管 (加速されていく電子の速度に, マイクロ波の位相速度を合わせるために, Disk と云う穴あき円板が一定の間隔で挿入されている), 加速管を高真空に排気するための真空装置, 焦点などから構成されている。

一方, 高エネルギーに加速された電子は, そのまま空气中に取り出せば, 高エネルギー電子線として使用できるし, 重金属の焦点に衝突させると, 電子のもっていたエネルギーは制動X線と熱とに交換される, この制動X線を用いて超高压のX線治療が可能となる。

このライナックの特徴は、①最も均等な線量分布が得られる。②表面線量は30%以下で、例えば 10MeV のX線エネルギーでは2cm皮下で最大線量点となるため皮膚障害が非常に少ない。(コバルトでは皮下5mm位が100%となる)③焦点が小さいので半影が少なく正確に照準できる。④線量率が非常に高く1分以内で治療が終る。⑤使用時間以外は放射線が出ないので安全である。

ML-15MIB型ライナックの特性

現在国産で最も新しく、電子線エネルギー 15MeV を発生できる ML-15MIB型ライナックの特性を示すと、

①X線エネルギーを 10MeV のみにしたので機構が簡易化し出力の安定と信頼性が向上した。②X線と電子線の切替がワンタッチで行なえて無理がない。電子線エネルギーは 8, 10, 12, 15 MeV が使用できる。③三重安全機構の採用、すなわち二重安全式プリセット方式とバックアップタイマー(照射時間をプリセットでき照射時間が終了すると自動的にビームが停止する)の採用により安全性が高い。④ライナックグラフ

ィーによる診断が可能となった。焦点が1mm以下と非常に小さく(図1)、X線出力の最小単位であるパルス数で撮影できるので、例えば胸部側面像はライナックグラフィィーにより診断域の向上も認められる(図2)。

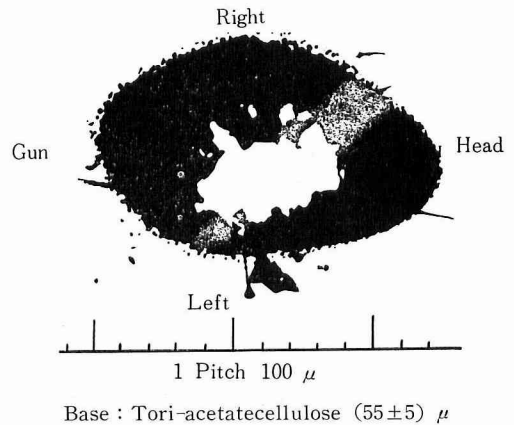


図1 焦点

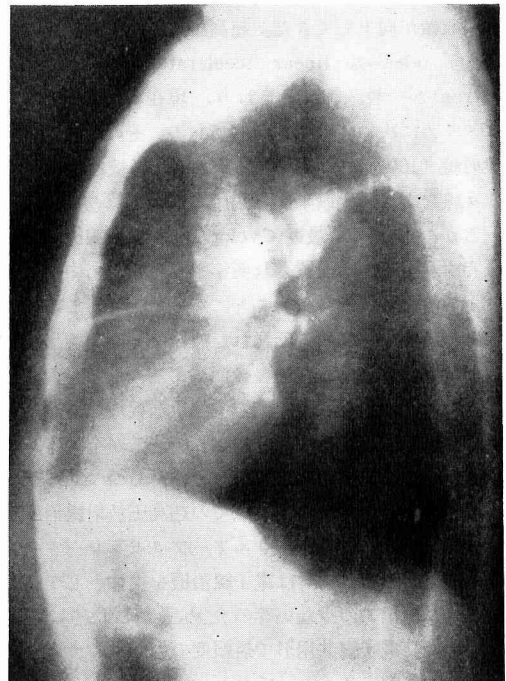
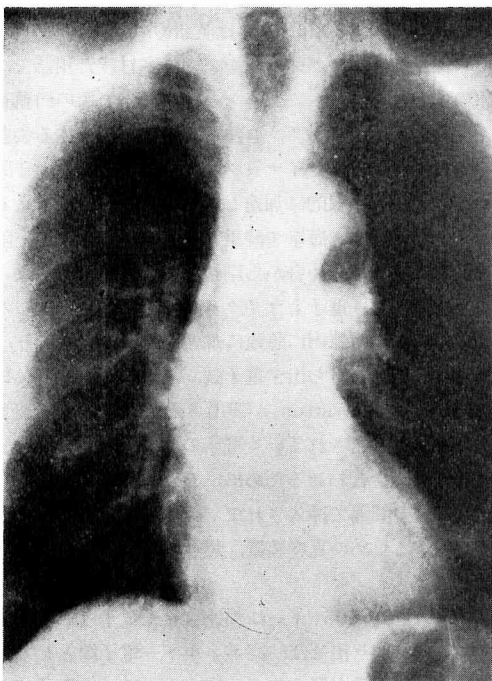


図2 ライナックグラフィィー (胸部)

臨床特性とまとめ

三重大学病院の ML-15MIB ライナックの 10MeV X線エネルギーの深部等線量曲線を図3に示した、この曲線の左側はポリステレン板 2cmの厚みを使用してビルトアップを除き皮膚下面が100%線量域としての線量分布図である。ライナックによる臨床上的の特性としては、①均等にして十分な線量を短時間に与えられる。②皮膚障害、放射線宿酔の副作用がコバルト60よりも軽減した。③照射の完全実施が容易になり無効例が少なくなった(肺癌等)。④骨に浸潤した癌(上顎、喉頭癌等)に有効例が多くなった等が考えられる。三重大学病院における170例の癌患別分類と電子線及びX線による線質別の治療集計を図4に示した。X線治療86.5%、電子線治療13.5%であった。

超高压放射線治療はその利点を生かして、外科的手術又は薬物療法との併用も考慮し、治療効果の向上に努力すべきと考える。

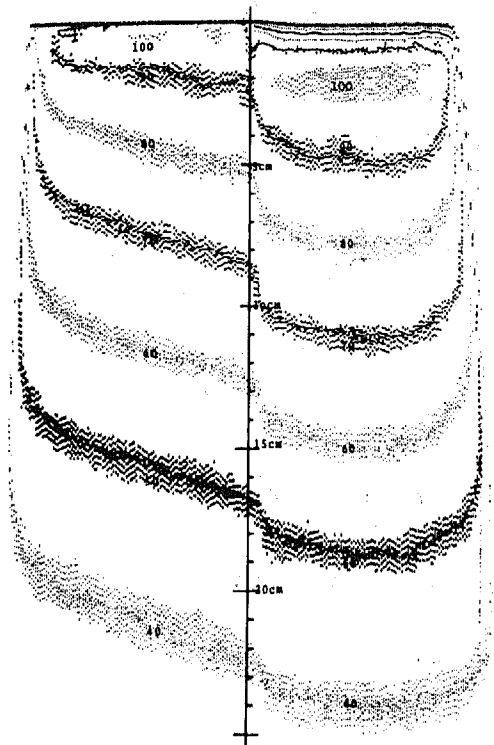


図3 10MV X線の等線量曲線
照射野 10×15cm
Mix Dp(右) および20mmポリステレン加(左)

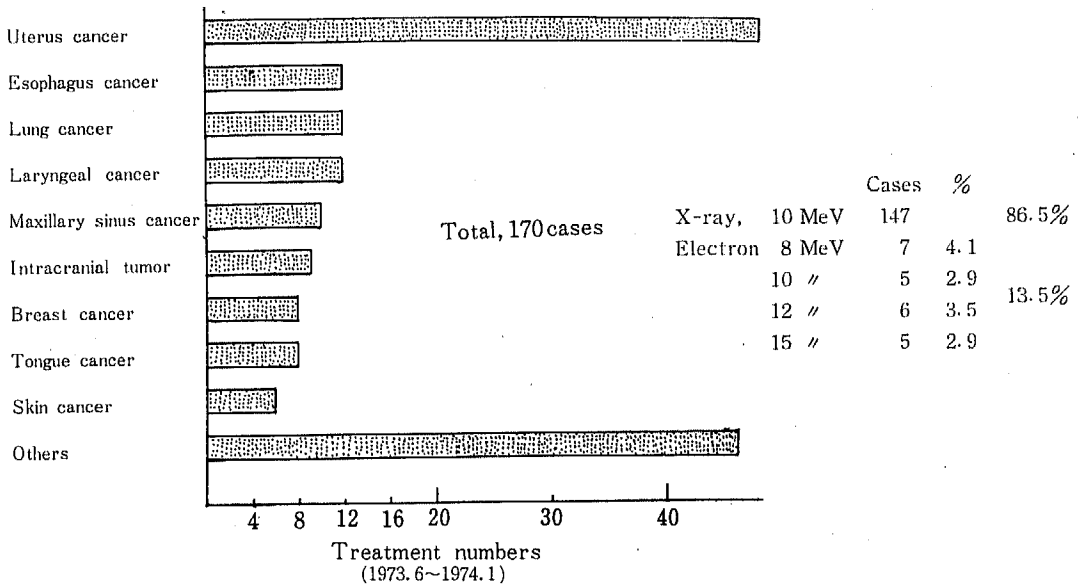


図4 疾患別分類と線質別集計

文 献

- 1) 宮川, 渡辺: 中性子捕獲療法の一変法について (3, 4, 5, 6 報). 日本医放会誌, 29: 1135-1147, 1969
- 2) 山下, 他: 癌の放射線治療の進歩. 癌の臨床, 15: 90-96, 1969
- 3) 梅垣: 高エネルギー放射線治療の経験. 癌治学会誌, 1: 54-58, 1966
- 4) 藤田, 他: 医療用 ML-15II 形ライナックの実用性能. 三菱電機技報, 45: 660-672, 1971
- 5) 丸山, 他: Linac mammography による乳癌の診断. 癌と臨床投稿予定