

Goro Irie

Professor, Department of Radiology Hokkaido Univ. School of Medicine

ABSTRACT

Roll of linear accelerator in the radiation therapy is discussed from a therapist points of view. The discussions in this paper are to be summerized as follows.

- 1) Cobalt-60 gamma rays and high energy X-rays are thought to have the best quality for radiation therapy today.
- 2) High energy electrons have only limited applications in the radiation therapy.
- 3) High energy X-rays produced by linear accelerator have various better qualities than Co-60 gamma rays, although in a few aspects Co-60 gamma rays are superior.
- 4) Radiation therapy is improved only through the improvement of the therapy system as a whole. One sophisticated machine alone is not enough at all to improve the radiation therapy.

癌の治療で放射線の果している役割りは大変大きく50%~70%の癌患者は放射線治療を必要としています。

現在放射線治療は、Co-60のガンマ線、直線加速機からの高エネルギー(4~10MV) X線が主力で補助的に4~20 MeVの電子線(ベータトロン等)や旧来の深部治療X線(0.2 MV位)が使用されています。

この様な機器の構成が定着したのは、ここ20年位の事でありそれ以前は深部治療X線が主力で表在治療用に軟X線が補助的に使用されていたにすぎません。この時代には皮膚の放射線火傷や装置の安定性、操作性が大きな問題であったがその上に線量測定の困難さもあって放射線治療は現在の様に大きく期待される分野ではありませんでした。Co-60ガンマ線や高エネルギーX線が主力になってから放射線の性質や装置の安全性、操作性も良くなり治療の効果が向上すると共に線量測定も容易となり各施設のデータに客観が出て、放射線治療は分割法の研究などを中心にして学問分野としても急速な発展が期待出来る状態になって来ています。

しかし、この様な地道な発展を待ち切れずに現在の機器構成の中でも薬剤との併用、生体の温度の制御、外科手術との併用、酸素濃度の制御などで放射線の効果を一挙に改善せんとする研究が臨床家のみならず生物や物理の専門家もまきこんで治療に進められていきます。

又、現在の放射線には飽き足らずに中性子、陽子、 π -メソン等の素粒子やHe, C, Ne, Krの原子核を加速して治療に用いんとする研究も脚光をあびていることは一般にも周知の事であります。

しかし、前述の様に今日放射線治療が評価されているのは、一見華やかだが結論の出たい研究ではなく、一定の率で確実に癌を治癒せしめ得る様になったためです。しかもこの大部分はCo-60のガンマ線や直線加速機の発展、普及によるものであります。

高エネルギーのX線、ガンマ線によって放射線治療が質的に進歩したのは次の様な物理的特性によります。

- i). 組織透過性が良い。
- ii). 吸収係数の原子番号依存性が少ない。
- iii). 側方や後方散乱が少く尖鋭な線錐が得られる。
- iv). 表面で吸収線量のBuildupがあるため皮膚線量が少い。
- v). 原理的にも技術的にも線量測定が容易である。

以上の様な理由で治療効果が飛躍的に向上したわけであるが、この様な評価から装置自体もさうして高精度で易操作性を具備する様に開発研究されて来たのでその効果は更に倍加したわけであります。

ここ十数年来はCo-60ガンマ線照射装置に代るものとしてベータトロン、直線加速機などで電子を加速しこれから得られるX線の照射装置が脚光をあびて来ました。しかし、ベータトロンは加速する電子の量に限度があるため二次放射線であるX線の出カ線量が少く照射に長時間を要するため手技的にも経済的にも直線加速機に劣るとの評価が定着して来ています。したがってベータトロンは比較的高エネルギーを得やすい事から電子線治療の専用機として命脈を保っているのが現状です。最近では医療用の直線加速機でも20MeV位の電子線が容易に得られる様になったのでベータトロンの存在意義は益々あやしくなつて来ています。今後の技術的な発展が大いに興味のある所です。

電子線治療自体が医療上有意義であればベータトロンは直線加速機にはないエネルギー可変性がありますのでその有用性ははっきりしていますが電子線治療は次の様な利点は確かにありますがその他の点では前術の高エネルギーX線、ガンマ線の利点を全く持っていないので殆んど旧来の深部治療X線と同じ利用価値しかないのが現状です。

電子線の利点は次の二点です。

- i). 組織内で有限の飛程があるためエネルギーによって到達する深部を制御出来る。このために深部の不必要な被曝を避けられる。
- ii). 透過性が強くないので線錐のトリミングが容易である。

この様な利点はしかし20MeV位以下に限られている事と線錐の側方への不尖鋭さや骨の影響の大きさ、皮膚線量の大きさなどの欠点は電子線治療そのものを過去のものとしつつあると云って過言ではない。

Co-60ガンマ線照射装置はそのガンマ線そのものが一応時代の要請に答え得る特質を持っている事と、全く安定した放射線出力を得られる事から予期に反して未だに直線加速機と並んで放射線治療の主カの座から脱落はしていないし、今後もその評価は変わる事はないと考えられます。しかし、Co-60のガンマ線と数MeV~10MeVのX線を比較すると治療上の特性には相当の相違があります。主な相違点は以下の様です。

- i). 3MeV以上のX線では透過性が大きい。
- ii). 放射線出力が大きいので線錐内の放射線強度を十分に平坦化出来る。
- iii). 焦点を小さく出来るので半影が少く側方散乱が少い事と相まって尖鋭な線錐が得ら

れる。

IV) 皮膚線量が極めて少い。

V) スイッチを切った状態での自然消費がないので経済性が良い。

等がその利点である。強いて欠点をあげれば、

i) Build upの領域が広いので(1~3cm程度)極く表在性の癌の治療には諸種の工夫が必要である。

ii) 放射線出力はモニターで監視する必要があるが、その精度は一般に±3%以下にする事が容易ではない。

等が挙げられる。

以上の様な事から直線加速機を用いた高エネルギーX線の治療ではCo-60に比して良い線量分布を比較的容易に生体内に作る事が出来る。放射線治療を物理的により高精度にして治療学そのものの発展を期する上では現在最も重要な装置である。

しかしながらその利点が生かされるためには、装置の機械的精度、治療台の工夫、患者の固定法、データ集計のシステム等が必要不可欠である。直線加速機の治療への利用はこの様な広汎なシステムとして放射線治療のレベルアップの原動力ともなり得る点でも貴重であるが、一方では直線加速機設置だけが先行した場合の危険も充分予測し得る事である。