

医療用ベータトロンについて(当院島津製BT-20Aを中心に)

小倉記念病院放射線科 松岡順之介

九州歯科大学放射線科 大庭健

I. ベータトロンは1928年Wideröeによって基礎的原理が発見され、Steinbeckの実用的着想を取り入れて、1941年Kerstによって完成、物理実験に供されたが、30 MeVという限度からやがてシンクロトロンに発展していった。医学的利用は1949年Schubertによって悪性腫瘍の治療に試用されたが1950年Harvey(Illinois大学 Allis Chamber 24 MeV), 1951年Shinz(Zürich大学 Brown Boveri 30 MeV), Becker(Heidelberg大学 Siemens 15 MeV)によって医療専用材が使用されたのを嚆矢とする。

本邦では1955年島津製6 MeVのものが存在したが、臨床には1961年入江(九州大学 島津 15 MeV), 藤野(大阪市大 東芝 15 MeV)によって使用され、現在約50台の普及をみている。最近では20 MeV代のものが多し。リナツクはこれに対し約100台で、1968年頃までややベータトロンが多かったが、以後10 MeV以上のものが急激に増加しつつある。演者の使用した九州の1号機は積算計がないので計算板を作ったりして苦勞し、また騒音対策に悩んだ。1967年本格的な32 MeVのものが完成した。30 MeVあれば厚さ20 cmの人体を前後より電子線(以下E線と略す)でカバー出来る。しかし小出力には困った。同一室にシミュレーターも設置されたが、各々の稼働率は低下した。甲状腺により線量分布を得た。

II. 放射線治療の要は治療可能比(患者の耐容線量/悪性腫瘍の致死線量)を大にするにあるが、高エネルギー治療の特徴としては、X線の透過力大、側方散乱少、表面線量少、(透過線量大の欠点有り)、組織間の吸収差少、E線についてはがんの深さに応じた飛程のエネルギーが得られる。即ち皮膚面よりある深さまでは線量略一定、その後急激に減少し、正常組織の被曝を減少し得る。高価で保守も大変であるが、停電や位置合せ時の被曝は0になる。ベータトロンとしても大体上の通り、リナツクに比して出力は劣るが、各エネルギーが選び易い。腔内照射可、大照射野はとりやすく、また騒音大などである。

III. 1969年小倉記念病院にBT-20Aを設置した。以下本機の説明を行いつつ、医療用ベータトロンについて述べる。
A. 本体=(1)20 MeVは適当、E線として深さ6~7 cm、X線は深さ6~7 cmにて75~80%、(2)ベータトロン割には出力大、E線20 MeV、10 cm中、9000 r/min.以上at 70 cm、X線、20 MeV、15 cm中、25 R/min以上at 75 cm。2倍周波数(電動発電機使用)、コントラクション回路による。大出力=短時間照射は患者が楽である。また術中照射可能。(2)電子入射用サイラトロン1本の外、ソリッドステート化で故障が少ない。(4)電子銃交換式(当院の強い希望あり)維持費の低減化(gunはdounatの1/10)保守の容易化。(真空ポンプなど要す)最近dounatをゼロズ付のものに変更。ポンプ容量を8e²20e²とす。真空度は10⁻⁷→10⁻⁷程度となる。図1.に出力を示す。E線のoutputはscatterler(S¹), Al 0.3 mm, Cu 0.1 mm, Ta 0.1 mm, Ta 0.3 mm)によりある程度一定(不安定) X線は高エネルギー程大。(5)空冷式(更に強化の要あり)(6)X, E同一箇所、X線は9素子変形絞り。B. 制御盤: エネルギー調整4~20 MeV, 2 MeVおき。Digital線量計、正面非常停止ボタン。C. 保持装置: (1)一般左右120°、床面沈下により右180°可…楽な体位、胃照射などに必要。首振り左右30° 保守時60/90° (2)ヘッド13 cm線束方向移動可…腔内照射の他重症のストレッチャーに乗せたままの照射などに便利。これに付属して中心よりの各距離におい

て、照射ビームと平行なシミュレーター撮影装置(50.5°首振り 10回転)をつけた。II-TV系はつけなかった。D.附属備品: (1)腔内照射用ウィングスは前方に出て患者を傷害、后方に出て側視鏡を破損せぬ様わくをつけた。側視鏡装着のままE線照射をせぬ様、観察時のみミラーが出て、その時だけ光源も点灯する様にした。(3)E線最大15×15cm(75cm) (4)バッドは電動、細部手動、ロットボタンには最近保護わくをつけた。ステップや手すりも必要。(5)婦人科用腔内照射にはひざより高くて式の固定具がよい。(6)上向き照射のため孔あきの台、ふとんも必要。E.治療室: (1)患者の心理のため、広く、明るく。光学的positioningのため調光は必要。(2)壁に児童画を掲げた。騒音のためB.M.は不可。(3)TVモニター、インターフォン、(4)術中照射のためO₂などのpiping, 無影灯, ICU用監視装置などを用意した。(5)同室のコニクリー壁ビーム部2mmほど1m。

IV. (1)1970年12月以来632日の実動日数中に19767人を治療。23291件である。この中X線は約15%…E線の出カ大のためなるべくE線を使うようにした。(2)出カ介のため、毎年に治療件数は個にもなると実動時間↓である。(3)故障の多かったのはGun, Pump, 照準用光学系など。

Gunは11回変えた。平均使用105時間/本。ポンプは5回平均実使用時間220時間/回…249日。

V. 今後の問題点: (1)精密なシミュレーターの設備 (2)これをE線専用とし4~6MeVのライナツクの併用 (3)照射室の手術室化または隣接した手術室 (4)線量算出器…治療計画用電算機 (5)治療系の自動化 (6)地域における各病院の協力、各疾患に適した治療装置を使用したいが、一施設で多種の高価な器械を備えることは不可。尚人口100万の北九州市の高エネルギー治療機はバートロン1台、ライナツク1台、コバルト60 8台、しかし放射線治療医師が少ない。

VI. 当院の病棟ではバートロン治療を受ける患者さんにorientationの説明書を予め配布している。以下その一部を示す。1. 治療を開始する前に、まず位置合せがおります。…目印のマジックは治療終了まで消さないようにして下さい。…2. 治療カードを一度します。表には回数一回分の照射量、裏にはあなたの血液検査の結果が記入してあります。…3. 治療中は誰も同室するとは出来ませんが、普通の声ごほの着と話をすることが出来ます。また隣室でテレビを通していつもほの着が見ていますので、心配ありません。5. 放射線は直接皮膚につけますので、その部分のものは全部取り除きますが、それ以外の部位は持物をしても構いません。…6. 治療のとき、熱い感じや痛みは全くありません。7. 治療時間は普通数十秒から数分ですが、照射量と時間は必ずしも比例しません。8. 治療を受けると二次的に副作用が起ることがあります。これは各人によつて違いますが、食慾不振、全身倦怠、嘔気などです。副作用があると、あなたも病気が悪くなったように思いがちですが、そうではありませんので、不必要な心配・不安は持たないで下さい。また治療前にあった症状がありましたら、早く医師または技師・看護婦に申し出て下さい。…11. 金属は放射線を吸収して、炎症を増すため、亜鉛などの重金属を含むパウダーなどは使用しないで下さい。…13. 食慾がなくとも頑張って食べて下さい。過激な運動は避けて、充分睡眠をとって下さい。…

VII. われわれの目標は悪性腫瘍の治療であり、そのため高エネルギー放射線は、手術や薬剤とともに、腫瘍と患者のバランスの上に使用されなくてはならない。その使用に当つてその立場を誤つてはならない。

(終るに当って、パータロンの設計・製作に努力し、資料を提供された島津製作所関係者・保守につとめられた島津放射線福岡販売株式会社の古々と使用者の今後尚一層の意見の交流を望みつつ、敬意を捧げ、治療に日々従事して下さる当院の放射線技師・看護婦等の他の諸兄姉に、心よりの感謝を捧げます。)

参考文献 (1) 藤池・若槻・山口：原子核の実験法IV F(98~102)岩波講座現代物理学1959.1. (2) 高橋古賀：癌・放射線療法(43~47)1969.11. (3) 榎井他：日医放会誌25.9.(469~494)1965.9. (4) 服部他：島津評論28.1.(45~51)1971.3. (5) 粕谷他：日放技総会抄録集(150~151)1975.4.

