VI. 保守管理面から考察した高エネルギー治療装置の選定

金沢大学医学部附属病院 中央放射線部

倉 西 誠・中 村 英 夫・辻 井 秀 夫

国立金沢病院放射線科

和 泉 長 成・竹 田 勇

SELECTION OF HIGH ENERGY RADIOTHERAPY UNIT FOR DEEP THERAPY FROM A STAND POINT OF MANAGEMENT AND CONTROL

By MAKOTO KURANISHI

HIDEO NAKAMURA

HIDEO TUJII

Division of Central Radiological Service,
Kanazawa University Hospital

NAGANARI IZUMI

ISAMU TAKEDA

Department of Radiology, Kanazawa Na-
tional Hospital

Summary

Since there are many fashions of cobalt 60 teletherapy units, linear accelerators and betatrons available at present, we studied about the way of selection of high energy radiotherapy units for deep therapy, from a stand point of management and control based on our past measurements.

Cobalt 60 teletherapy unit equipped with a source of 1500 Ci assigns us a little labor for management and control and it has a high commutability of physical data each other, but the number of patients being treated is not great (about 30 patients a day). Linear accelerator can treat more (about 75 patients a day), but assigns us a great labor for management and control.

So, the way to select cobalt 60 teletherapy unit or linear accelerator should be decided from a balance between the number of patients and the labor for management and control.

Output dose of betatron x-ray is less and stability of it is lower than other high energy teletherapy units for deep therapy. We should deem it is used as an exclusive unit for electron beam therapy only.

1. はじめに

放射線治療で期待する治療効果を挙げるためには適切な治療を行なうことが不可欠であり、その一つの要素と

して装置に対する十分な保守管理が必要であると考えられる。

また、癌患者の増加とともに放射線治療が重要な治療法として認識され、数多くの病院で実施されており、今

後も増加するものと考えられるが、これらの大多数の病院では装置の購入に際して充分な経費がなく、いろいろと制約を受けているものと考えられる。そのため、時代の先端を行く高価な装置を求めるばかりではなく、種々の面から充分に検討した上で装置の選定にあたる必要がある。

そこで、現在広く使用されている高エネルギー治療装置のコバルト60照射装置、リニアックおよびベータトロンについて、過去の保守実績を基に深部治療を目的とした場合の保守管理面から考察した高エネルギー治療装置の選定ということに若干の検討を加えたので報告する。

2. 調査方法および対象装置名

管理保守面から考察する場合の高エネルギー治療装置のもつべき条件としては次の5項目のものが挙げられる。

- a. 修理改修の件数が少ない。
- b. 修理等による治療休止日数が少ない。
- c. 患者処理能力が大きい。
- d. 保守点検に要する労力が小さく、治療データ等を得るための労力を大きくすることができる。
- e. 装置の経済性が高い。

以上の各条件について、次のような装置を対象に検討を加えた。

- a. コバルト60遠隔照射装置
東芝 RI107-2
金沢大学病院 昭和38年設置
- b. リニアック
三菱重工 LAS-M#2
国立金沢病院 昭和42年設置
- c. ベータトロン
島津 BT-26
金沢大学病院 昭和43年設置

ただし、コバルトについては昭和43年以前の保守記録が不明なため、それ以後のデータにより検討した。

3. 調査結果および考察

3.1 修理改修件数および治療休止日数

修理改修の総件数、これらによる治療休止日数の経移はFig. 1, 2のように、またこれらを装置の系統別に分類するとTab. 1のようになる。

コバルトでは年の経過とともに件数が増加しているが、その原因の大部分は治療、制御系のリレー、スイッチ類の経年劣化による故障で、全件数の90%以上を占めている。また、休止日数については昭和43、44年に多くなっ

ているが、これは線源の更新によるものが大部分を占めている。全休止日数の80%以上はこれら改修のために費やされている。このように故障に対する休止日数の割合が小さいということはコバルト60照射装置が治療に支障をきたすような大きな故障の少ない安定した装置であることを示すものと考えられる。

リニアックについては設置当初の故障件数が多くなっているが、これは調査の対象となった装置が製品としてはメーカーの第1号機であったことに原因するものと考えられる。故障箇所については放射線発生機構の心臓部ともいえる電子加速、真空系の修理件数が全件数の36%もあり、このために費やされている休止日数は全日数の約50%近くも占めており、コバルトの場合と異なり、装置自体にやや不安定要素があるように感じられる。その

Fig. 1. 修理・改修年別件数

Fig. 2. 治療休止日数 (修理改修による)

第1回放射線技術シンポジウム 高エネルギー照射装置による治療計画のあり方

Tab. 1. 修理改修系統別統計

機種	系 統	修 理				改 修			
		件 数		治療休 止日数		件 数		治療休 止日数	
コ バ ル ト	線 源	0	0	0	0	1	1.2	14	63.2
	シャッター	0	0	0	0	0	0	0	0
	絞 り	0	0	0	0	1	1.2	0	0
	駆 動 系	0	0	0	0	0	0	0	0
	治 療	35	43.9	1	4.6	2	2.5	3	13.8
	制 御	40	50.0	2	9.2	1	1.2	2	9.2
	合 計	75	93.9	3	13.8	5	6.1	19	86.2
リ ニ ア ッ ク	電子加速・磁石	21	20.0	2	18.2	1	0.9	0	0
	真空・与圧・ 冷去回転駆動	17	16.0	3	27.3	0	0	0	0
	電 源	9	8.6	1	9.1	1	0.9	0	0
	治 療	14	13.3	2	18.2	2	1.8	1	9.1
	制 御	39	37.2	1	9.1	1	0.9	1	9.1
	合 計	100	95.5	9	81.8	5	4.5	2	18.2
ベ ー タ ト ロ ン	ドーナツ管	7	17.5	28	52.8	0	0	0	0
	励 磁	0	0	0	0	1	2.5	10	18.9
	電 子 制 御	10	25.0	1	1.9	2	5.0 (18)	—	—
	駆 動	1	2.5	1	1.9	1	2.5 (10)	—	—
	治 療	3	7.5	0	0	1	2.5 (10)	—	—
	制 御	12	30.0	5	9.4	2	5.0	8	15.1
	合 計	33	82.5	35	66.0	7	17.5	18	34.0

他には制御系での故障が37%もあるが、これによる休止日数は極く僅かで、コバルトの場合と同じである。

ベータトロンでもコバルトの場合と同様に経年劣化の傾向が見られるが、これは制御系の線量積算計が時計式のものであるための摩耗が原因となっている。故障件数の一番多いのも、この制御系で全件数の30%を占めており、次いで電子制御系のサイラトロンの真空不良、ドーナツ管の順になっている。治療休止日数では全休止日数の約53%を占めるドーナツ管の交換が最大となっているが、コバルト、リニアックの場合と同じく制御系の故障については件数が多い割には休止日数が少ない。昭和47年の休止日数が非常に多くなっているのは、故障件数が一番多い線量積算計をIC化されたデジタル表示のものと更新すると同時にケーブル類の更新を実施したこともあるが、ドーナツ管の交換を4度も行なっていることにも原因がある。ドーナツ管の交換については、年に数度も行なうこともあれば、一度ですむこともあり、所謂“当り不当り”という傾向が見られるが、悪くとも年に一度位の交換ですむように改良されれば治療休止日数はかなり減少すると考えられる。

以上の件数、日数を平均すると、コバルトで1年に件数で6件、休止日数5日、リニアックでは17.6件、3.6日、ベータトロンでは8件、11.2日となっている。

3.2 患者処理能力

各装置のX線または γ 線のある2年間における平均出力と、これに対する最大値、最小値の割合はFig. 3のようになっている。

Fig. 3. 平均出力と安定度

Fig. 4. 患者処理能力 (300R 照射, セッティング所要時間 5 分)

平均出力はリニアックを基準にすると、コバルトの6倍、ベータトロンの18倍の出力が得られ、出力線量の大きさでは他の装置とは比較にならないほど大きい。出力

の調整については、コバルトでは線源のキュリー数により決定されるが、出力を大きくすると線源自体の寸法も大きくなり、半影が大きくなる欠点があり、ベータトロンでは可能な限り出力を大きくするように調整するのに対して、リニアックではある設定値になるように出力の調整がなされており、出力の限度を示すものではなく、まだ出力に余裕があるという点でも他の装置と大きな相異がある。

また、出力の安定度についてはコバルトの場合には一定規則に従って減衰する線源量が、そのまま出力の低下となって表われるため、平均値に対する最大、最小値の割合を安定度の尺度とすることには問題があるかもしれないが、他に適当な尺度を求めることができなかったのを、これを安定度の尺度として採用した。その結果、リニアックでは変動率が±4%程度であるのに対して、コバルトでは±15%、ベータトロンでは±40%にもなっており、出力の高い順がそのまま安定度の高い順になっている。その理由については出力の調整方法に大きな差があることに原因するものと考えられる。

そこで、この平均出力を基に患者1人に要する照準、体位決定の時間を5分とし、300R照射するとすれば、1時間および1日を8時間として処理できる患者数はFig.4のようになり、リニアックはコバルトの約2倍、ベータトロンの4.5倍の患者処理能力があるが、前述のようにリニアックの出力にはまだ余裕があり、出力設定値を大きくすれば、患者処理能力を向上させることも可能である。

3.3 保守点検

各装置の保守点検内容はTab. 2, 3, 4のようになるが、年所要時間は1年を50週として計算し、比率は各点検項目の年間所要時間が各装置の年間全保守点検時間に占める割合で表わしてある。

如何に適確な治療計画がなされても毎回の治療で正確な照射がなされなければ、期待通りの治療効果を挙げることができない。その正確な照射を

するのに必要な光学系、照射野の確認や線量計またはタイマーの確認はどの装置でも週に1回は実施されているが、比率を見た場合にコバルトでは約35%になっているが、リニアックでは20%、ベータトロンでは約12%にすぎない。これはリニアック、ベータトロンではX線、電子線の特性の確認等の装置の特性を維持するための時間

Tab. 2. コバルト保守点検内容

点 検 項 目	点検間隔	所要時間	年 所 要時間	比 率
表示ランプ系の点検	毎 日	10分	50時間	31.8%
アイソ・センターの確認	3ヶ月毎	1時間	4 〃	2.5 〃
光学系・照射野点検	毎 週	〃	50 〃	31.8%
タイマーの確認	〃	5分	4 〃	2.5%
リレー・スイッチ類の点検	3ヶ月毎	2時間	8 〃	5.0 〃
駆動系・治療台点検	〃	1 〃	4 〃	2.5 〃
安全機構の点検	〃	2 〃	8 〃	5.0 〃
取付ネジ類の点検	〃	1 〃	4 〃	2.5 〃
装置の清掃	2週間毎	1 〃	25 〃	15.9 〃

Tab. 3. リニアック保守点検内容

点 検 項 目	点検間隔	所要時間	年 所 要時間	比 率
計 器 の 確 認	毎 日	10分	50時間	20.0%
ジョウ駆動部の点検	毎 月	20 〃	3 〃	1.2 〃
光学系・照射野点検	毎 週	30 〃	25 〃	10.0 〃
アイソ・センターの確認	〃	〃	〃	〃
線量計動作確認	〃	1時間	50 〃	20.0 〃
X・E線の特性点検	2週間毎	2 〃	〃	〃
回転系・治療台点検	毎 月	30分	6 〃	2.4 〃
平担度確認	2週間毎	1時間	25 〃	10.0 〃
装置の清掃	〃	20分	8 〃	3.2 〃
パルス変調部清掃	〃	〃	〃	〃

Tab. 4. ベータトロン保守点検内容

点 検 項 目	点検間隔	所要時間	年 所 要時間	比 率
計 器 の 確 認	毎 日	10分	50時間	20.1%
アイソ・センターの確認	3ヶ月毎	1.5時間	6 〃	2.4 〃
光学系・照射野点検	毎 週	30分	25 〃	10.0 〃
線量計動作確認	〃	15 〃	12.5 〃	5.0 〃
X・E線エネルギー確認	2週間毎	1時間	25 〃	10.0 〃
〃出力線量確認	〃	2 〃	50 〃	20.1 〃
駆動系・治療台点検	3ヶ月毎	1.5 〃	6 〃	2.4 〃
リレー・スイッチ類の点検	〃	3 〃	12 〃	4.8 〃
電子制御系点検	2週間毎	1 〃	25 〃	10.0 〃
サイラトロン点火状態点検	〃	30分	12.5 〃	5.0 〃
装置の清掃	〃	1時間	25 〃	10.0 〃

が必要となるために、これだけの差が生じている。

次に各装置の保守点検に要する年間の総時間数を比較するとFig. 5のようになる。この時間はコバルトでは160時間であるが、リニアック、ベータトロンでは250時間も必要としている。この90時間の差は前述のように装置の特性を維持するための保守点検時間の有無によって

第1回放射線技術シンポジウム 高エネルギー照射装置による治療計画のあり方

生ずる時間であるが、この時間を治療のためのデータの作製する労力に還元するとすれば、その成果には多大のものがあると考えられる。また、この時間の差は装置の保守点検管理の難易と密接な関係があると考えられる。

Fig. 5. 年間保守点検所要時間

3.4 装置の経済性

各装置の年別の保守経費および平均保守経費と設置時の購入費は Tab. 5 のようになっている。

コバルトの保守経費は 3.1 の項目の内容とあわせて考慮すれば明らかなように、約90%が線源更新費で、その他の大部分も改修のための費用で修理に要した費用はひじょうに僅かとなっているが、故障原因の大部分がリレー、スイッチ類に集中しており、経費的には僅少のものと考えられるが、僅少の修理費用を惜しんだばかりに故

障件数が増大し、最終的には全面的な改修に追い込まれていることを考慮すれば、充分な修理がいかに必要であるかを示している。

その他、リニアック、ベータトロンについてはコバルトのような問題はないが、保守経費の大部分はリニアックではマグネトロン等の真空系や電子加速系に要した経費であり、ベータトロンについても同様にドーナツ管や電子制御系のサイラトロンの経費となっている。

これら保守経費の平均額はコバルト、リニアックでは大差はないが、ベータトロンではこれらの2倍弱の経費を必要としている。

購入費についてはベータトロン、リニアックには大差がなく、コバルトはこれらの約1/5の購入費となっているが、現在では装置の多様化により、同種の装置でも購入費は大きな差があると考えられ、また装置自体の価格差だけではなく、建物等の付帯設備の経費にも大きな差があるものと考えられる。

3.5 まとめ

以上のようにして比較し、得られた結果について、コバルトの場合を1として数値比較すると Tab. 6 のようになる。

Tab. 6. 装置間の比較比率

比較項目	コバルト	リニアック	ベータトロン
修理・改修件数	1.0	1.1	0.5
治療休止日数	1.0	0.7	2.2
保守点検所要時間	1.0	1.6	1.6
平均出力	1.0	6.0	0.4
出力安定度	1.0	0.3	2.7
患者処理能力	1.0	2.3	0.5
保守経費	1.0	0.8	1.5
購入経費	1.0	4.2	5.0

Tab. 5. 諸経費

	コバルト	リニアック	ベータトロン
昭和42年	—	無償期間	—
43	6,470,400円	977,000円	無償期間
44	0	864,500	95,670円
45	43,800	1,122,000	2,276,300
46	0	2,293,800	2,475,400
47	740,000	591,700	3,663,300
合計	7,254,200円	5,849,000円	8,510,670円
年平均	1,450,840円	1,169,800円	2,127,668円
購入費	約1200万円	約5000万円	約6000万円

4. 結 論

ベータトロンを他の装置と比較すると深部治療用の高エネルギー治療装置としては多くの点で劣るが、他の装置では得られないエネルギーの変換の容易さという大きな特徴をもっている。この特徴は表在性の電子線治療で生かされるものであるから、ベータトロンを電子線専用装置として使用すれば、装置の安定度を高めるとともに諸経費、労力の軽減が可能になり、また患者処理能力も向上するものと考えられる。

しかし、深部治療用高エネルギー治療装置としてコバルトを選定するか、リニアックを選定するかについては、

コバルトは保守管理の労力および経費の点でリニアックより優れ、逆にリニアックは患者処理能力でコバルトより数段優れており、また電子線照射も可能であるから、どちらか一方に決定することはひじょうに困難ではあるが、病院の規模を考慮した場合に、患者数が多く、保守

管理を充分に行なうことのできる病院ではリニアックを選定し、患者がそれほど多くない病院では治療のデータの豊富さを考慮すれば、コバルトを選択するのが妥当ではないかと考えられる。

VII. 放医研ライナックの更新と新ライナック棟の建設

放射線医学総合研究所 技術部技術課

亀 一 郎

1. はじめに

放医研が昭和38年に英国のピッカース社より購入した6MVのX線用ライナックはXバンドすなわち9,000 MHzのマグネトロンを高周波源として使用する装置で、現在の3~4MVのX線用ライナックの原形ともいえるような小形で電子装置としても多くのすぐれた特色を持った装置であった。しかしながらその後の医用ライナックの全てがSバンドで作られたため、最近ではXバンドの装置は、世界的にも、放医研が唯一のものとなっていた。そのためXバンド用のマグネトロンの供給の確保が困難となり、Sバンドへの改造ということも考えられたが、結局更新されることになり48年3月に廃棄された。新しい装置として三菱電機の15MeVの装置が購入され48年6月より順調に稼動を続けている。この新装置の設置にさいして、建屋の建設などに従事したのでその経緯と所感を以下に述べる。

2. 建屋の基本計画について

Fig. 1は放医研の東南部を病院棟を中心として示したものである。旧ライナック室は旧装置が小形のものではあったため、新

装置の総重量15トンに耐えるだけの地耐力がなく、また広さの点からしても新しい建屋の建設が必要となった。そのため用地選定についていろいろと検討がなされた。

とくに地下室には漏水などの問題がありできるだけさげたいという希望があり検討した。しかし結局照射装置を一個所に集めるという目的のために、既設装置のある地下に作ることになり最初の平面計画を作った。

このさいコバルト室の外壁を破ってそこに新ライナック棟への出入口を作る案をしめしたところ、消防法の関係で、病院棟全体を現在の消防法に適合したものに改造しなければならないことがわかり、そのために多額の費用を必要とするとのことで、この案は実行できなかった。

Fig. 1. 新ライナック棟配置図