

リニアック (東芝 LMR-15A) の故障の統計と分析

中桐義忠 三上泰隆¹⁾ 東 義晴 渋谷光一 後藤佐知子 稲村圭司¹⁾
田原誠司¹⁾ 宇野弘文¹⁾ 杉田勝彦 平木祥夫¹⁾

要 約

放射線治療の成否は厳密に設定された Target Volume に如何に正確な線量を照射するかによって決まる。治療術式の過程において、最も大きな誤差を生む要因は照射機器である。誤差の少ない治療を目指す第一歩は機器を正確に作動させることであり、日常からの保守点検および整備が必要である。

今回、岡山大学附属病院で1976年から1991年まで使用されたりニアックについて、その故障状況を集計し、部位別故障件数、管球の寿命、稼働率などを分析検討した。

その結果、故障件数では設置され稼働を始めた1976年、装置の老朽化が進んだ1990、1991年に多かった。部位別集計では加速部に圧倒的に多く、次いで照射口、高圧部の順であった。稼働率は設置年および1987年を除いてはいずれも96%以上とよい結果であった。

この結果は全国に稼働している同型の装置の保守点検に役立つものと考えられる。

キーワード：放射線治療，直線加速器，故障

緒 言

癌をはじめとする悪性腫瘍の放射線治療においては、目的とする Target Volume に対して如何に正確に照射するかで、治療の成否が決まる。治療計画、照射技術、機器管理と続く一連の治療術式で容認される誤差は Total $\pm 5\%$ と非常に厳しい制約が課せられている。その中で最も大きな誤差を生じる要因は治療機器であり、治療成績を上げ、癌の集学的治療の中で、放射線治療が確固たる位置を占めるためには、これを正確に作動させることが第1の必須条件となる¹⁾。

言うまでもなく、Lineac (Linear accelerator) は人工的に発生させた熱電子を真空の加速管内でマイクロ波により加速し、MeV 単位の高エネルギー電子線を発生させるもので、これをタングステン又は銅のターゲットに衝突させればX線が発生する。したがって、電気的な微妙な変化によって線量、エネルギー、平坦度など治療成績に関与

するデータに微妙に影響してくる。

筆者らは、1976年、岡山大学医学部附属病院放射線科に導入された東芝製リニアック LMR-15A について、16年間整備日誌をつけ、故障および整備の状況を記載してきた。過去において12年間の故障の集計分析を行なった報告は1例あるが²⁾、今回、本装置が使用された16年間に発生した故障について集計分析したので報告する。

対象機器：東芝製リニアック LMR-15A

方 法

使用期間中に発生した全故障の内、照射が中断又は中止されたものについてのみ集計し、正常作動させるための保守点検、データ測定は除外した。

集計は年別発生故障総数、部位別故障数、消耗管球の平均寿命、装置の稼働率について行なった。

岡山大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

1) 岡山大学医学部附属病院中央放射線部

結 果

1. 年別発生故障総数

Table 1 および Fig. 1 に年別故障発生総件数とその変化を示す。1975年に設置された本装置は治療に必要なデータ測定を終了し、1976年4月より本稼動に入った。したがって、'76年は延9か月

Table 1. 年別故障件数

発生年	件数	発生年	件数
1976	30	1984	7
1977	18	1985	12
1978	13	1986	9
1979	17	1987	8
1980	11	1988	14
1981	12	1989	9
1982	12	1990	32
1983	8	1991	26

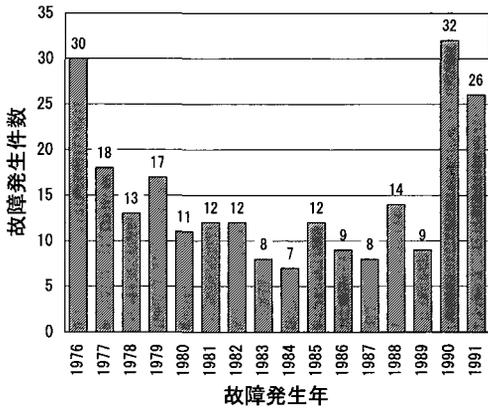


Fig. 1. 年別故障発生件数

の使用日数であるが、設置初期のトラブルで件数30件と多い。その後、徐々に安定し、1980年より1989年までの10年間は平均故障発生数10.2と安定した稼働を示した。しかし、1990年から廃棄される'91年12月までの2年間は各部の老朽化により故障の発生も多くなった。

2. 故障部位別件数

部位を電子を発生、加速させる加速部、マイクロ波形を作る高圧部、照射口、寝台、コントローラー、その他に分類した。加速部の故障としては、消耗管球である電子銃、マイクロトロンその他、導波管、アイソレーター、加速管、イオンポンプ等がこれに属する。高圧部は消耗管球であるサイラトロンその他、PCコンデンサ等がこれに属する。照射口はモニター線量計(イオンチャンバー)、フィルター、照射野およびこれを制御するペンダントケーブル等をこれに分類した。コントローラーの故障としては各種メーター類、スイッチ、フューズ等である。Table 2 に各年における故障部位別の集計結果を、Fig. 2 に部位別故障の総計をグラフで示した。最も件数の多かったのは加速部で、設置された76年装置が安定するまでの初期トラブルと、装置が老朽化した90、91年に件数が多かった。初期には照射を中止するような大きな故障はなかったが、老朽化が進んだ1990年には各部摩耗による寝台の故障やビーム不調の件数が多く、正確な治療を行なうため操作に苦勞した。高圧部の故障はサイラトロンの劣化、PCコンデンサのパンク等がその主なものであり、照射口部はイオンチャンバーの劣化その他、ペンダントケーブルの断線および接触不良が多かった。全体的に見ると、

Table 2. 各年における部位別故障発生件数

発生年	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	計
加速部	18	6	3	5	3	4	1	5	4	1	2	3	6	7	13	16	73
高圧部	3	1	0	5	3	1	2	1	0	2	0	0	5	0	4	0	27
照射口	7	6	7	3	3	4	1	1	0	4	3	0	3	2	0	2	46
寝台	1	1	0	1	2	1	2	0	0	4	3	0	0	0	0	7	22
冷却部	0	1	0	1	0	1	1	2	0	1	0	1	0	1	1	1	11
コントローラー	3	3	6	2	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	1	0	20
その他	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2

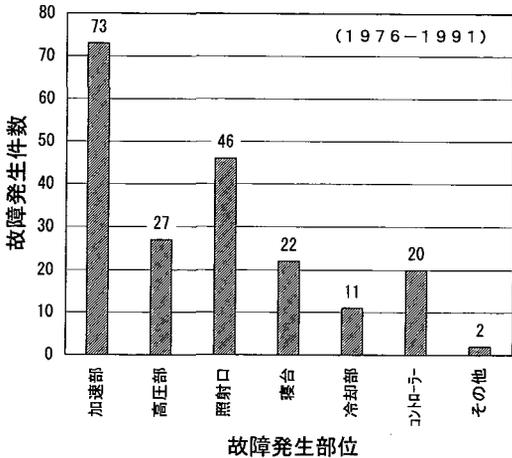


Fig. 2. 部位別故障発生件数

初期トラブルが治まった1979年から1989年までの10年間でよい稼働を示した。

3. 消耗管球の平均寿命

リニアックには電子を発生させる電子銃，マイクロ波を供給するマグネトロンおよび高圧のスイッチングを司るサイラトロンの3個の管球が装備されているが，これらには寿命があり，老朽化するとその機能がなくなる。金額的にも高価なものであるばかりでなく，交換には時間を要し，装置の稼働率に影響する。特に電子銃の交換は加速管の真空度を壊すため，交換後真空ポンプによる一昼夜前後の真空引が必要である。Table 3に交換した管球の本数と寿命を過熱時間で示した。いずれも製品によって寿命にムラがあり，電子銃にいたっては最大約6倍の差があった。トータルの過熱時間を本数で割った1本あたりの平均寿命はマグネトロン，サイラトロン，電子銃の順に短かった。

4. 稼働率

Table 4に故障修理のための治療休止日数と稼

Table 3. 管球の寿命と交換の状況

単位：過熱時間

西暦	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	平均寿命本
マグネトロン	1415	599 575		1951 748	1706	1137	3181	702			2578	1822	954	1467	1892 492	1907	1445 16
サイラトロン	1150	690		3610	892 768		1489 1261			3011			4294		2762 1100		1912 11
電子銃			3498		2805			5009	792		3027			3775			3151 6

Table 4. 治療休止日数および稼働率

稼働率 %

年	休止日数	稼働率	年	休止日数	稼働率
1976	15	93.3	1984	12	96.0
1977	9	97.0	1985	3	99.0
1978	5	98.3	1986	5	98.3
1979	10	96.6	1987	15	94.9
1980	8	97.4	1988	8	97.3
1981	6	98.0	1989	9	97.0
1982	7	97.6	1990	10	96.6
1983	4	98.7	1991	12	96.0

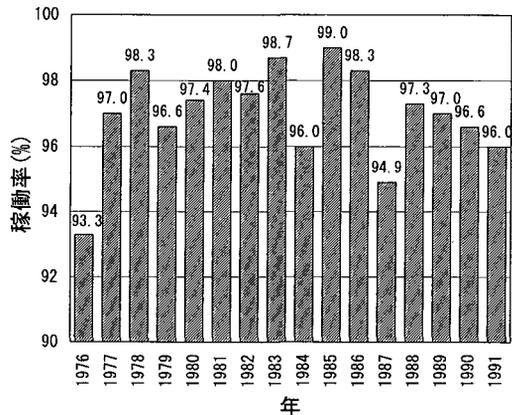


Fig. 3. 年別稼働率

動率を年別に示した。稼働率は年間の休日を除いた全日数に対する装置の稼働日数の比で表わした。1976年は初期トラブルにより稼働率は悪かった。1984年と1987年に故障件数が少ないにもかかわらず稼働率が悪いのは、'84年はマグネトロン、アイソレータが破損し導波管が煤け、修理に1週間も要したこと、'87年には偏向部金パッキンの交換、イオンポンプの交換で真空引が多かったことによるものであった。

考 察

東芝製 LMR-15A が稼働を始めた1976年から廃棄される1991年までの16年間の故障の状況を集計した。Table 1 及び Fig. 1 に示す年別件数では稼働を始めた'76年と'90, '91年に多くなっている。'76年は装置設置後、臨床に使用するまで、治療に必要な基礎データであるエネルギー測定、等線量曲線の作成、平坦度測定、モニター線量計の校正等を約6ヶ月にわたって、過酷な条件で照射したため、管球等が疲労したこと、および設置直後で安定していなかったことがその原因と考えられる。この年は使用期間9ヶ月の集計であり、12ヶ月で集計すると、39件となる。また、'90, '91年は装置の老朽化が進み、各部位の摩耗その他がその要因と考える。故障部位別集計では、加速部、照射口、高圧部、寝台の順に多かった。加速部はリニアックの心臓部ともいえる部位で、電子銃、マグネトロンの消耗管球のほか、イオンポンプ、加速管などの存在するところで、故障件数が多くなるのは当然といえる。照射口の件数が多いのは消耗品であるイオンチャンバーの交換とペンダントケーブルの断線及びスイッチの接触不良が主な原因で、特にペンダントケーブルの断線及び接触不良は本装置の弱点と言えらる。マグネトロン、サイクロトロン、電子銃の消耗管球の寿命について、Table 3 に

示したが、バラツキが大きく電子銃に至っては最長と最短を比較すると、実に6倍強の差があった。このことは各製品にムラがあり、故障の予測が立てにくい原因でもあった。Table 4 及び Fig. 3 に Total の治療休止日数と稼働率を示した。故障には即座に修理可能な軽微なものから、何日もの日数を要するものまでである。一般的には電子銃、イオンポンプ、偏向部金パッキンの交換など加速管の真空度を壊し、後で真空引を要する故障は休止期間が長くなる。したがって、故障件数と休止日数、稼働率は必ずしも一致しない。

結 語

装置が故障して治療を休止することは、TDF に影響し治療成績に関係しかねないこと³⁾および入院日数が伸びることで患者に多大な迷惑をかけることになる。筆者らは日頃から治療に必要な物理データの測定、チェックと同時に装置の整備日誌を丹念に記載し、故障の早期発見に努めた。年間の故障件数に比し、稼働率が96%以上を保つことができたのは普段の努力と、故障発生時に即座に駆け付けてくれた東芝岡山営業所のアフターサービス陣のおかげと考える。

謝 辞

設置以来、献身的に本装置の管理をして下さった和田高治氏に深謝して稿を終える。

文 献

- 1) 阿部光幸：特集 がん放射線療法の実況と進歩、臨床外科第44巻9号：1147-1148、1989。
- 2) 加藤清貴、佐藤和久、中村克巳、萩原 清、高橋克彦：医療用リニアック(LMR-15)の故障分析、日放技学誌第50巻5号：636-636、1994。
- 3) 久津谷謙、梅垣洋一郎：癌・放射線療法、篠原出版、東京。79-97、1981。

Statistics and analysis on the troubles of linear accelerator.

Yoshitada NAKAGIRI, Yasutaka MIKAMI¹⁾, Yoshiharu AZUMA,
Koichi SIBUYA, Sachiko GOTO, Keiji INAMURA¹⁾,
Seiji TAHARA¹⁾, Hirofumi UNO¹⁾, Katsuhiko SUGITA, Yoshio HIRAKI¹⁾.

Abstract

The Accuracy of radiation dose exposed the rigidly selected target volume is one of significant factors that have an influence upon the efficiency of treatment in the radiotherapy techniques.

Therefore, it is necessary to daily maintain and check irradiation equipment for the radiotherapy. For the radiotherapy, the electron linear accelerator, Toshiba LMR-15A, had worked from 1976 to 1991 in Okayama University Hospital. On this study, all records regarding the operating condition were analyzed concerning parts of trouble, life of a tube and operating efficiency for these sixteen years. In a high frequency of trouble, an accelerating structure ranked first, followed by a collimator and a high voltage generator. The operating efficiency was 95% or greater. This report should be helpful to maintain and check a same model in other hospitals.

Key words : radiotherapy, linear accelerator, troubles of radiation system

School of Health Sciences Okayama University

1) Dept. of Central Radiology, Okayama University Hospital