〔第36回総会シンポジウム〕

III. 高線量率腔内照射時における直腸膀胱線量の測定

大阪大学医学部附属病院中央放射線部

菊 池 利 邦

STUDIES OF DOSAGE DISTRIBUTION IN RECTUM AND URINARY
BLADDER IN A HIGH DOSE RATE INTRACAVITARY RADIATION
THERAPY OF CARCINOMA OF CERVIX.

By TOSHIKUNI KIKUCHI

Department Radiology,
Osaka University Hospital

Summary

In the radiotherapy by a remote-afterloading method of cervix cancer, rectum and urinary bladder are the main portions of after effects of radiation. Therefore, in order to prevent the effects in advance, it is important to acquire the applied dose at rectum and at urinary bladder for each clinical case. At the same time the strict concerns for the radiotherapy are required.

In the dosimetry methods of rectum and urinary bladder, there are the methods which use an ionization-chamber type dosimeter, a semiconductor type dosimeter, of a thermo-fluorescence type dosimeter and the method using a computer.

Since the early period of therapy activitied, the dose measurement of rectum and bladder has been carried out at this Osaka university hospital.

In the remoteafter-loading method, the overriding method for five steps is applied as the source inside uterus.

Therefore, the measured value of dose is the cumulative value, and many measuring points are requested.

From the measured dose and the calculated dose values by a computer, it is revealed that the dose at rectum is 70% of point A in average, and that the dose at bladder is 80% point A in average.

In the actual dosimetry of rectum and urinary bladder, the following advantageous points are raised:

1. The direct reading is possible for the intra-cavity dose of rectum and urinary bladder.
2. The measured values work as the mean to confirm the calculation by a computer.
3. It can prevent the troubles which might occur during the exposure time.
4. It is effectively used for evaluation of the applied dose at point A.
5. It is effectively used for the analysis of after effects of radiation therapy.

Therefore, it is recommendable to do the measurements for each clinical case. And these measurements lead to the prevention against the effects.

1. はじめに

リモートアフターロディング法による子宮頸癌の放射
線治療は、直腸および膀胱が子宮頸部に近接している臓

〔第36回総会シンポジウム〕高線量率腔内治療時の技術的諸問題（菊池）

器のため、障害発生の危険性がある。このため障害発生を未然に防ぐ目的からも、各症例における直腸、膀胱線量を精度よく測定することが大切である。また治療法には、直腸、膀胱の放射線障害をおこさない治療技術の厳密さが要求される。

直腸膀胱線量の測定方法には、電離槽線量計、半導体線量計、熱蛍光線量計等による実測方法と電子計算機利用による線量計算方法がある。阪大病院では、ラルス治療開始から、直腸、膀胱線量の実測をおこなってきたので、実測の利点、問題点および小形半導体検出器を用いた直腸膀胱線量計の必要性と、その精度、特性について述べる。

2. 治療手順と照射法

治療手順は、患者の前処置をおこなった後、

(1) 子宮腔長の計測をおこない、タンデムの引きもどし距離を決める。

(2) 腔内へタンデム、オボイドアプリータの挿入と直腸、膀胱線量軽減のためのリトラクタとガーゼを挿入しアプリータを固定する。Fig. 1 にそのアプリータとリトラクタを示す。

リトラクタを用いる理由は、オボイドアプリータが直径2 cm の半球状であるため、直腸前壁の線量が多くなるきらいがあるため、腔後壁にリトラクタを挿入し、直腸前壁を一定間隔引き離すために使用している。しかし無理に挿入すると、逆に膀胱線量を増すことにもなるので、リトラクタ挿入の操作には注意する必要がある。

材質はメチル、メタアクリレートで靴べら形の器具を大中小作成している。

(3) 直腸膀胱内の線量測定をおこなうため、小形半導体線量計(ICD-5)の検出部を肛門輪より10~11 cm、直腸

内へ挿入する。膀胱内へも尿道口より8 cm とう入する。

(4) アプリータおよび直腸膀胱線量計が挿入された後、それぞれの位置確認と基準点（外子宮口へあらかじめタンデム用チューブにリングマークをつけている）の確認のため、骨盤前後および側方向のX線撮影をおこなう。Fig. 2 にその写真を示す。もしアプリータ、線量計および基準点の位置が不適当な場合は、修正をおこなう再度撮影をする。

(5) 電子計算機によるA点、B点線量および直腸膀胱線量の計算に用いる骨盤前後方向のステレオX線撮影をおこなう (Fig. 3)。

(6) Fig. 2 の写真より読み取った線源位置と標準線量分布チャート50種類とを照し合せ、照射時間を設定し治療を行う。

照射はA点線量700 rad を週1回行い、原則として4

Fig. 1 These are the applicator of tandem ovoid and the retractor to minimize the dose at rectum.

Fig. 2 A verification x-ray film of the colpostat (uterovaginal applicator) and the dosimetry probes inserted into the rectum and bladder.

Fig. 3 This stereography photo is the one to be used for the calculation by a computer for the doses of point A, point B, rectum and bladder.

回の分割照射で計 2,800 rad を照射している。

3. 小形半導体線量計 (ICD-5) の利用と直腸膀胱線量について

阪大病院では、ラルス治療開始から直腸膀胱線量の実測をおこなってきた。当初は、LiF 熱蛍光線量計と電離槽線量計 (PTW 社製) ノーマルチェンバ 0.1 cc を用いて実測をおこなっていたが、LiF 素子による測定は多数の素子を読みとらねばならず、多くの時間と労力を費やし直読ができないという欠点がある。また電離槽線量計ノーマルチェンバによる測定は、実測における即時性は得られても、1点のみしか測定点が得られず、最大値を含む連続した点の線量は、LiF 素子の読みとりの結果を待たねばならない欠点がある。そこで治療のさい小形でしかも複数の測定点の線量が直読できる線量計として、小形半導体検出器 (ICD-5) を試作¹²⁾し、1976年2月以降使用している。

小形半導体検出器 (ICD-5) の構成は、Fig. 4 に示すように、測定器本体とプリアンプおよびプローブよりなっている。

本体制御器盤面には、半導体検出器 5 個からの微小入力電流を各々増幅し、各チャンネル切り換えによるアナログ線量率メータと、各チャンネル線量デジタルおよびゼロ、ゲイン調整ダイヤルとリセットボタンがある。

プローブは直腸用と膀胱用があり、直腸用は直径が 8 cm、膀胱用は直径が 5 cm で検出器は、シリコンダイオード IS 1669 (10D10) をポリエチレンチューブの中にシールドで保護し、先端から直腸用が約 1.0 cm、膀胱用が約 1.2 cm 間隔で直線的に 5 個配列されている。特にプ

Fig. 4 The dosimetry probes using the small type semiconductor, ICD-5, the detector for the doses of rectum and bladder, pre-amplifier and the main part of measuring equipment.

ローブは生体中に挿入し使用するので、万一の事故の時、感電を生じないように検出器そのものに電位をかけないようにして感電を防いでいる。この小形半導体検出器は、電離槽線量計と違って、5 点の測定点が得られ高い感度の速応答をもち安全で取扱いも簡単である。直腸、膀胱の測定器としては、最適なものであると考えられる。今後の問題点としては半導体の劣化とプローブがポリエレンチューブとなっているので表面の損傷と劣化が考えられるので、材質を検討する必要がある。

(1) 小形半導体 5 点線量計 (ICD-5) の諸特性について、

①線量率依好性: ^{60}Co - γ 線源に対する検出器の感度変化を 50~200 R/min の範囲で Jonex 線量計と比較した結果、Fig. 5 に示すように変動は 1% 以内に納っている。

②方向依存性: 検出部を空中に固定し、 ^{60}Co 治療装置の線源を回転させ測定した結果、Fig. 6, 7 に示すように検出部先端の軸位方向のみが、60%位の低感度になって

Fig. 5 Variation response with dose rate.

Fig. 6 Direction dependence of ICD-5.

Fig. 7 Directional dependence of ICD-5.

いた以外は、検出部の均等変化は1%以内である。

③経時的変動: 較正をおこなった後、再較時にどれだけの変動があるか測定した結果 Fig. 8 に示すように、変動はほぼ $\pm 2\%$ の範囲内である。

(2) 直腸、膀胱線量について

直腸膀胱線量は同一症例であっても治療ごとに最大線量の位置は変化する。これは線源配列と線量分布、患者の体位、子宮位置の変化および線量計プローブの位置と角度、タンデムのかたむき、オボイドの開き等によって変化する。このことは吉田³⁾の報告においても認められる。

Fig. 9 は、同一症例4回分割照射における直腸、膀胱の実測線量曲線を示したもので

Fig. 8 Chronological sensitivity changes of new ICD-5.

あるが、バラツキがよくわかる。

直腸の受ける最大線量点は実測値によると大部分が肛門輪より7~9 cmの深さにあり、膀胱では、尿道口より4~6 cmの位置に最大線量点があった。以上のことから直腸線量の実測は、肛門輪より10~11 cmまでの複数点について測定が必要である。膀胱線量の実測においても、尿道口より8 cmまでの複数点について測定が必要である。さらに、阪大病院では、ラルストロン(島津製作所製)を用いて、子宮腔内線源をオーバーライド方式で移動させているので、移動に伴う線量分布の変化をとらえる点からも複数点の測定が必要である。

直腸、膀胱障害の発生時期については、荒居⁴⁾の報告によると、直腸障害の好発部位は、肛門輪より4~7 cmの深さが非常に多い。これは子宮腔部の近接部位で、タンデムの下端およびオボイドの線源の影響を受けるためである。障害発生時期は、1年前後(6ヵ月~2年)である。膀胱障害の好発部位は、前壁から後壁におよぶ部

Fig. 9 The curves of each exposure dose at rectum and at bladder by the four fractions in the same patient.

Table 1 The number of after-effects cases at rectum and at bladder in the radiotherapy for cervix cancer.

(1974.1~1978.12)

	直腸障害		膀胱障害	
	症例数	%	症例数	%
Grade 1	36/147	24.5	19/147	12.9
Grade 2	18/147	12.2	6/147	4.1
Grade 3	0	0	0	0

Grade. Kottomeir の障害の Grade

1. 粘膜の変化は軽度で出血は非連続である
2. 潰瘍があり、出血は連続的に時に軽度の狭窄がある
3. 強度の出血狭窄があり、手術が必要である

が圧倒的に多く、発生時期は2年前後であると報告されている。

Table 1 は、阪大病院で1974年1月~1978年12月の間治療をおこなった、147人の直腸、膀胱障害の発現頻度をあらわしたものである。幸いにも阪大病院では今のところ外科的治療を必要とした患者はいない。

最近電子計算機を利用して、A点、B点線量、直腸、膀胱線量を詳細に計算している施設が多く、子宮頸癌腔内照射の線量計算には欠かせないものになっている。しかしこの場合にもその計算値の確認手段として、直腸膀胱線量の実測は役にたつ、また実測値と計算値が一致することによって、A点の投与線量の評価にもなる。**Table 10**は、実測値と計算値を比較した症例の1部を示す。しかしすべての症例において十分な精度で適用できているとはいいたいが時もある。その原因として、実測値の測定に起因するものと、画像解析に起因するものとに分けて考えられる。

測定に起因するものとしては、患者腔内の生理的形態的な因子、経時的動揺、治療装置の機械的誤差が考えられ、画像解析に起因するものとしては、撮影時の位置決め誤差、X線写真からの読み取りの誤差が考えられる。

放射線治療においては、治療部位の受ける線量をできる限り正確に把握することが大切で、治療のさいのプランニングが正しく行われてこそ、正しい治療と言えるので日常の業務にあたっては、誤差因子を生じないように留意する必要がある。

Fig. 11, 12 は、1979年1月~12月の間に治療を行った症例36例の直腸、膀胱線量の実測値と電子計算機によってもとめたA点線量計算値の比を示したものである。直腸線量はA点投与線量の60~70%、膀胱線量は80~90%

Fig. 10 The comparison of measured doses of rectum and bladder by ICD-5 and the calculated dose value by a computer.

Fig. 11 The dose ratio of rectum and point A.

Fig. 12 The dose ratio of bladder and point A.

であった。膀胱線量が直腸線量より多いのは、腔後壁にリトラクタを挿入しているためだと考える。膀胱線量が多い割には、障害の少ないのは一般に、膀胱の方が筋層が厚く、直腸よりも耐容量が多いのであまり影響を受けないのだろうと考えている。

4. ま と め

外国の文献によれば、実測された直腸膀胱線量と直腸膀胱障害には、直接関係を認めない⁵⁾とするものと、関係あり⁶⁾とするものがあるが直腸、膀胱線量の実測は、

- ①直腸、膀胱内の受ける線量が直読できる。
- ②実測値は電子計算機による計算値の確認手段になる
- ③A点投与線量の評価に有効である
- ④後障害の解析に有効である
- ⑤照射中のトラブル防止になる

などの利点があり、直腸、膀胱の障害を防ぐためにも個々の臨床例について実測を行うことが望ましい、また実測することは、放射線治療の基本原則だと考える。

稿を終えるに当たり、シンポジウムの機会を頂いた、第36回日本放射線技術学会総会の役員の皆様に深く感謝します。また御協力、御指導頂いた、大阪成人病センター井上先生、阪大病院放射医学教室：宮田、池田先生、滋賀医大中央放射線部雄川先生並びに当阪大病院技師室の諸兄に深く感謝致します。

文 献

- 1) 井上俊彦，他：子宮頸癌ラルストロン治療の小形半導体検出器による直腸線量実測（5点線量計 ICD-5 の試作）。島津評論，**34**(1)，1977。
- 2) 中村幸夫，他：島津体腔内線量測定器 ICD-5 の諸特性。第32回日本放射線技術学会総会予稿集，p. 509 (1976)。
- 3) 荒居竜雄，他：子宮頸癌による局所障害。癌の臨床，**22**(15)，1417；(1976)。
- 4) 吉田智恵子：子宮頸癌腔内照射法における線源配置の統計的観察。日本医学放射線学会雑誌，**34**(8)，544，(1974)。
- 5) G. H. Fletcher, T. C. Brown and F. N. Rutledge: Rectal and Bladder Dose in Cancer of the Cervix. Am. J. Radial., **79**, 421, (1958)。
- 6) H. L. Kottmeier and M. L. Gray: Rectal and bladder injuries. Am. J. Obstet. **82**, 74, (1961)。