



Title	原体照射法を用いた全骨盤腔照射と低線量率腔内照射との併用による子宮頸癌の放射線治療
Author(s)	小幡, 康範
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1980, 40(6), p. 565-579
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15365">https://hdl.handle.net/11094/15365</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 原体照射法を用いた全骨盤腔照射と低線量率腔内照射 との併用による子宮頸癌の放射線治療

愛知県がんセンター病院放射線治療部（主任：森田皓三部長）

小幡康範

（昭和54年11月5日受付）

（昭和54年11月19日最終原稿受付）

Radiotherapy of carcinoma of the uterine cervix by the external irradiation  
using conformation technique combined with intracavitary  
radium irradiation

Yasunori Obata

Department of Radiation Therapy, Aichi Cancer Center  
(Director: Dr. K. Morita)

---

Research Code No.: 609

---

Key Words: *Carcinoma of the uterine cervix, Conformation radiotherapy,  
Intracavitary radium irradiation*

---

From 1967 to 1971, 143 patients with carcinoma of the uterine cervix in the stage I and II were treated by the conformation radiotherapy alone with 6MV X-ray in Aichi Cancer Center Hospital. The total dose amounted to about 7,000 rad in which approximately 4,000–5,000 rad was given for the whole pelvis with additional 2,000–3,000 rad for the primary lesion. As for the result of the treatment, the primary control rate was 76.7%, 73.4% and the crude 5-year survival rate was 80.0%, 71.3% in the stage I, stage II, respectively. Although the results were fairly satisfactory, the late complications of the rectum, the sigmoid colon and the urinary bladder arose more frequently, compared with the results without the conformation technique reported by other authors. In order to reduce those late complications, from 1972 to 1975, 114 patients of stage I and II were treated by the external irradiation using the conformation technique combined with the intracavitary radium irradiation. The primary control rate was 89.8%, 92.1% and the crude 5-year survival rate was 82.4%, 70.7% in the stage I, stage II, respectively. Consequently the primary control rate was improved and the late complication of the urinary bladder decreased, while the late complications of the rectum and the sigmoid colon showed no statistically significant difference between the results obtained by the conformation technique alone and the results by the combined treatment. It is perhaps caused by the fact that the total dose of the combination therapy was about 10% larger than that of the conformation therapy alone. In order to decrease the late complication of the rectum and the sigmoid colon, the biaxial pendulum technique combined with the conformation technique was applied. At the same time, the total dose was reduced by about 10%.

### 1. 研究目的

子宮頸癌の放射線治療として愛知県がんセンターでは1967年から1971年までの5年間は、主に子宮頸部の原発病巣と骨盤腔内の所属リンパ節領域を含む全骨盤腔に、原体照射法<sup>1)-4)</sup>を用いた外照射法で治療を行なったのち、更に原発巣に限局して原体照射法で治療を行なう外照射単独の治療により、他施設に劣らない成績を得た<sup>5)</sup>。しかし原発巣への照射に関しては、原体照射法よりも小線源治療の方が照射容積を小さくできるので、晚期障害が更に少なくなることを期待して、1972年からはⅠ期及びⅡ期の子宮頸癌症例に対して、全骨盤腔には以前と同様に原体照射法で治療を行ない、更に原発巣には、ラジウム管による低線量率腔内照射を行なった。本論文の目的は、これらの治療結果を比較検討することにある。

### 2. 治療の対象

愛知県がんセンターにおいて、1965年から1975年までの間に子宮頸癌に対して施行された放射線治療法の変遷と症例数をTable 1に示す。この内で今回の研究対象としたのは、1967年から1971年の5年間に全骨盤腔に6MV-X線を使った原体照

射を行ない、引き続いて縮小した照射野で原発巣にも原体照射による外照射を行なったstage I・IIの143例（以下外照射単独群とよぶ）と、1972年から、1975年の間に全骨盤腔に6MV-X線を使った原体照射を行なった後、原発巣にラジウム管を用いた低線量率腔内照射を行なったstage I・IIの114例（以下小線源併用群とよぶ）である。外照射単独群のstage III・IVについても、一部の表では参考のために示しておいた。

#### 1) 年齢構成

病期分類にTNM systemを用いた時の、外照射単独群と小線源併用群のstage別年齢構成はTable 2の如くである。平均年齢は、外照射単独群では59.3歳、小線源併用群では59.8歳で、この二群間に大きな年齢分布の差はなかった。

#### 2) 病理組織分類

両群の病理組織分類はTable 3の如くである。両群共に扁平上皮癌が95%以上を占め、腺癌は両群合わせて僅か4例にすぎないので、病理組織所見の差が、治療成績に大きく影響することはなかろうと判断して、今回の分析では、腺癌など扁平上皮癌以外の症例も一括して検討の対象とした。

Table 1 Methods of radiotherapy for cancer of the uterine cervix in Aichi Cancer Center

Methods of treatment \ year	1965	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	Total
Stationary irrad. (and/or Ra.)	52	32	28	14	8	20	6	1	2	1	1	166
<sup>60</sup> Co Conformation alone	0	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	9
6MV-X Conformation alone	0	0	33	74	57	49	56	24	13	16	10	332
6MV-X Conformation & Ra. intracavit.	0	0	1	0	0	0	3	22	37	21	39	123

Table 2 Age and stage distribution

	Stage/Age	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	Average age
External irrad. alone (1967—1971)	I (31)	1	7	9	11	2	1	57.1
	II (112)	2	9	37	56	8	0	59.8
	Total (143)	3	16	46	67	10	1	59.3
External irrad. & Ra. intracavit. (1972—1975)	I (49)	0	6	17	26	0	0	58.9
	II (65)	2	6	20	29	7	1	60.5
	Total (114)	2	12	37	55	7	1	59.8

Table 3 Pathological classification

External irrad. alone (1967-1971) 143 cases	Squamous cell carcinoma	141 (98.6%)
	Adenocarcinoma	1 ( 0.7%)
	Carcinoma simplex	1 ( 0.7%)
External irrad. & Ra. intracavit. (1972-1975) 114 cases	Squamous cell carcinoma	111 (97.4%)
	Adenocarcinoma	1 ( 0.9%)
	Squamous cell+ Adenocarcinoma	2 ( 1.3%)

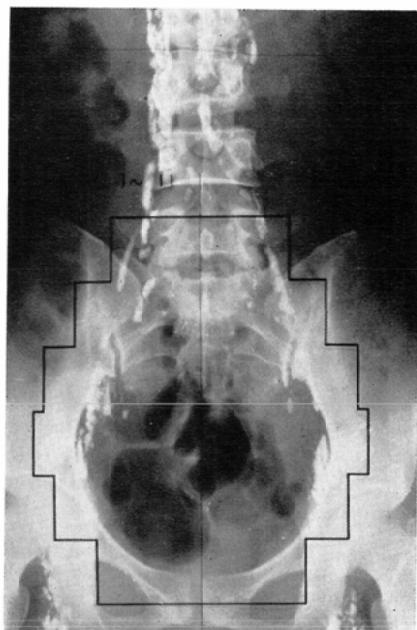
### 3. 治療方法

#### 1) 使用した治療装置及び照射方法

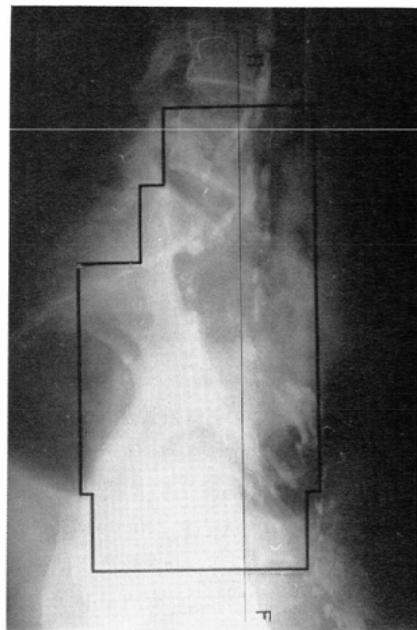
原体照射法による外照射には 6MV-X 線を使用し、その治療装置は、カム式多段原体機構を有する三菱製直線加速器 LAS-M 又は NEC 製直線加速器 NELAC-1,006-A である<sup>2)6)7)</sup>。外照射単独群も小線源併用群も、まず全骨盤腔に対して、原体照射法を用いて照射を行なった<sup>3)5)8)</sup>。この場合の照射範囲は、一般に子宮頸部の原発巣、子宮旁結合組織、膀胱後壁、直腸前壁、腔上 2/3、内外腸骨リンパ節、総腸骨リンパ節、仙骨リンパ節、閉鎖リンパ節を含むものとした<sup>9)10)</sup>。その照射範囲は Fig. 1 に示す如くである。この全骨盤腔内原体照射に引き続いて、外照射単独群では、子宮頸部の原発巣及び子宮旁結合組織への病変の進展に一致した照射野で更に原体照射による外照射を継続した。小線源併用群では<sup>2)6)</sup> Ra γ 線を使用し、10mg と 20mg の Ra 管を組み合せて、子宮腔内にはタンダムとして 2-3 本の Ra 管、腔内には、オボイドとして左右 1 本づつの Ra 管を用いる TAO 式アフターローディング法<sup>11)</sup>による低線量率腔内照射を施行した。

#### 2) 照射線量

外照射単独群では、1970年4月までは全骨盤腔に対して主に 5,000rad を投与した後、更に原発巣に限局して、2,000rad が照射されたが、1970年4月以後は、全骨盤腔に対する投与線量を 4,000rad に減らして、原発巣には更に 3,000rad を追加することとした。投与線量別症例頻度を Table 4 に示す。初診時に病巣が大きく進行している症例、或いは、照射による腫瘍の縮小の程度が悪い



A



B

Fig. 1 Shape of the treatment region in case of the whole pelvis irradiation by the conformation technique

(A): A-P position, (B): lateral position

Table 4 Number of cases divided by the given dose in each stages treated by the external irradiation alone

Total dose (rad) Stage	Incomplete irrad.	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	Average dose
I (31)	1			1		5	10	8	6			6700
II a (25)					1	4	6	8	6			6900
II b (87)	2	1		1		1	13	38	26	2	3	7100
Total (143)	3	1		2	1	10	29	54	38	2	3	
(III (117)	2					6	7	43	40	17	2	7300

Table 5 Number of cases divided by the given dose to whole pelvis by the external irradiation and to Point A by the intracavitory radium irradiation

Given dose to whole pelvis by external irradiation (rad)	Given dose to point A by Ra. intracavit. irrad. (rad)				
	1000	2000	3000	4000	5000
2000					1
3000			5		1
4000		5	43	24	1
5000	2	5	24	1	
6000	2				

症例ほど総線量を多く投与する傾向が見られた。外照射は常に一回線量180—200radで週5回法で投与された。但し、本施設においては、外照射の場合の投与線量は、病巣内の最大線量を100%とした時の90%線量域の線量としている。

小線源併用群では、主に外照射によって、全骨盤腔に4,000radが投与されたのち、平均8.4日(0~32日)の間隔をあけて引き続いて、低線量率腔内照射によって、A点に2,500—3,500radが2回に分けて投与された。外照射及び低線量率腔内照射の投与線量別症例頻度をTable 5に示す。

#### 4. 結 果

##### 1) 完全照射率

照射の経過中に一般状態の悪化、或いは、患者がそれ以上の照射を希望しないために照射を中止した症例が、外照射単独群では、3例あったが、

Table 6 Time of local recurrence after treatment

Time after treatment	No. of cases with local recurrence	Cumulative no. of cases
less than 6 M	3	3
6 M—1 Y	10	13
1 Y—1 Y 6 M	0	13
1 Y 6 M—2 Y	2	15(75%)
2 Y—2 Y 6 M	2	17
2 Y 6 M—3 Y	1	18
more than 3 Y	2	20

小線源併用群では、全例が予定した治療を逐行することができた。従って、症例の完全照射率は外照射単独群では97.9%，小線源併用群では100%であった。以下の分析はこの完全照射群について行われた。

##### 2) 局所コントロール率

外照射単独群と小線源併用群とを合わせて、局所再発は20例にみられた。照射後局所再発が発生するまでの期間と再発の頻度の関係はTable 6の如くであった。即ち、治療終了後2年内に局所再発をきたした症例は15例で、全例の75%であるため、一応2年以上局所再発なく生存すれば、局所コントロールされた症例と考えた。この際他病死、或いは、遠隔転移のみで、2年内に死亡した症例は、局所の状況について2年間観察できなかったので、母数から除くこととした。外照射単独群と小線源併用群の病期別局所コントロール率を計算するとTable 7の如くである。いずれの病期においても小線源併用群の方が良好な局所コントロール率を示す。

Table 7 Results of radiotherapy (1) Primary control rate

	Stage	Dead within 2 yrs.		EP	PUC or LRR	Alived over 2 yrs.		PCR (%)
		due to ID	due to DM without LRR			with DM without LRR	PC	
External irradi. alone	I (30)	0	0	30	6	1	0	23 76.7
	II (110)	0	1	109	24	5	4	76 73.4
	III (115)	5	7	103	35	15	8	45 51.5
	IV (9)	0	0	9	8	0	0	1
External irradi. & Ra. intracavit.	I (49)	0	0	49	4	1	3	41 89.8
	II (65)	1	1	63	4	1	5	53 92.1

ID=intercurrent death; DM=distant metastases; LRR=loco-regional recurrence;

EP=effective population; PUC=primary uncontrolled; PC=primary controlled;

PCR=primary control rate

トロール率が得られた。即ち、2年局所コントロール率は、stage Iでは、有意差が認められないが stage IIでは5%の有意水準で有意差が認められる。

更に投与線量を、総線量のみでなく、分割回数、照射期間を考慮に入れた生物学的指標であるTDFで表わし、病期別に局所コントロール率との関係を分析したのが、Fig. 2である。小線源併

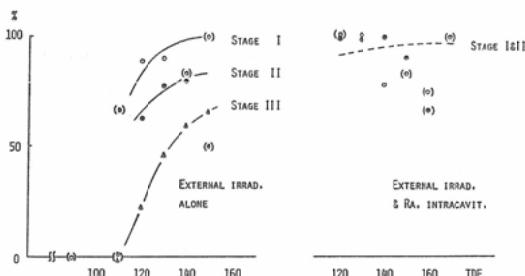


Fig. 2 Primary control rate in the stages related to TDF. When number of cases are less than 6, the data is shown in parenthesis.

用群では、stage I・II共に局所コントロール率が90%に近いので、TDF値と局所コントロール率との関係は明確ではないが、外照射単独群では病巣の進行期が進むと共に、そのコントロールに必要な線量が多くなる傾向がみられ、TDF 130の群では、その局所コントロールは、stage Iで90%，stage IIで77.3%であるのに對して、stage IIIでは45.7%にとどまった。

### 3) 生存率

外照射単独群及び小線源併用群の病期別粗生存率をTable 8に示す。外照射単独群では、その5年生存率はstage Ib, 86.0%，stage IIa, 80.0%，stage IIb, 68.7%であった。それに対して小線源併用群では、stage Ib, 82.4%，stage IIa, 75.0%，stage IIb, 69.0%で、両群の生存率の間には有意差は認められなかった。

### 4) 早期障害

照射中にみられた早期消化管障害としての下痢

Table 8 Results of radiotherapy (2) Crude survival rate

	Stage	1	2	3	4	5 yr.
External irradi. alone	I	30/ 30	27/ 30	27/ 30	24/ 30	24/ 30 (80.0%)
	II a	25/ 25	22/ 25	21/ 25	20/ 25	20/ 25 (80.0%)
	II b	81/ 85	73/ 85	66/ 84	58/ 83	57/ 83 (68.7%)
	III	97/115	73/114	59/114	54/114	51/114 (44.7%)
External irradi. & Ra. intracavit.	IV	6/ 9	5/ 9	4/ 9	2/ 9	2/ 9
	I	49/ 49	48/ 49	44/ 48	37/ 42	28/ 34 (82.4%)
	II a	25/ 25	23/ 25	22/ 25	19/ 22	9/ 12 (75.0%)
	II b	38/ 40	38/ 40	35/ 40	29/ 36	20/ 29 (69.0%)

は一般に、全骨盤腔照射施行時で、総線量2,000—2,500rad程度から発生し、ほとんど全例が全骨盤腔照射終了後5—7日で回復した。原発巣に限局した外照射あるいは小線源照射時には、下痢はほとんどみられなかった。

発生した下痢の程度によって、急性障害を以下の如くに分類した。

I度：下痢が全くなかったか、あっても1日2回以内

II度：下痢が1日3—4回、止痢剤の投薬程度で照射継続可能

III度：下痢が1日5回以上、1週間以内の照射中断或いは補液が必要

IV度：1週間以上の照射中断が必要

外照射単独群では、I度47.1%，II度35.5%，III度15.9%，IV度1.4%であり、小線源併用群では、I度28.9%，II度31.6%，III度37.7%，IV度1.8%であった。III度で差があるがこれは補液の基準が時期により変化した影響と思われる。全体的には両群間に有意差はないと考えられるが、これは両群共に、全骨盤腔照射に用いた照射領域の形がほとんど同じであることを考慮すれば当然の結果である。

### 5) 晩期障害

晩期障害の内最も問題となるのは、直腸(S状結腸を含む)障害及び膀胱障害である。直腸障害の程度はこれまでの諸家の報告<sup>5) 14)-24)</sup>を参考に荒居ら<sup>22)</sup>と同様に次の如く分類した。

I度：障害は一過性で治療を必要としない。

II度：障害は持続的で内科的治療を必要とする。

III度：障害は高度で外科的処置を必要とする。

IV度：障害死

膀胱障害も直腸障害と同様な基準で判定した。

最初の治療で局所コントロールが得られ再発もなく2年以上観察できた症例は外照射単独群で101例小線源併用群で102例ありこれらの症例について晚期障害を調べた。

#### i) 直腸障害

障害の各gradeに対するstage別の症例数はTable 9に示す如くで、stageとgradeとの間には特に相関は認められなかった。又外照射単独群と小線源併用群で障害の発生率に有意の差はなかった。手術を必要とするgrade IIIの頻度は、外照射単独群で4.0%，小線源併用群で6.9%であった。grade IVは参考に示した外照射単独群のstage IIIで1例認められたのみである。早期障害と晩期障害との間には両群ともに相関は認められなかった(Table 10)。晩期直腸障害の平均発現月数は、外照射単独群でI度13.4カ月、II度13.2カ月、III度7.8カ月、小線源併用群でI度15.4カ月、II度10.1カ月、III度10.0カ月と両群とも障害の程度が大きいほど発現時期が早く、障害の発現時期が早いほど、その程度の大きい症例の割合が多く、投与線量に対する障害発生率を両群で比較するため、線量をTDFに換算しTDFに対

Table 9 Late complication of the rectum and the sigmoid colon

	Grade \ Stage	I	II	III	IV	Total
External irradi. alone	I (22)	2	6	1	0	9 (40.9%)
	II a (18)	4	8	0	0	12 (66.7%)
	II b (61)	11	17	3	0	31 (50.8%)
	Total (101)	17 (16.8%)	31 (30.7%)	4 ( 4.0%)	0	52 (51.5%)
	III (53)	8	15	2	1	26 (49.1%)
	IV ( 1)	0	0	1	0	1
External irradi. & Ra. intracavit.	I (44)	11	10	3	0	24 (54.5%)
	II a (23)	5	8	0	0	13 (56.5%)
	II b (35)	9	9	4	0	22 (62.9%)
	Total (102)	25 (24.5%)	27 (26.5%)	7 ( 6.9%)	0	59 (57.8%)

Table 10 Correlation of early complication of GI-tract and late complication of the rectum and the sigmoid colon

	Grade of early complication	Grade of late complication					Total
		(-)	I	II	III	IV	
External irrad. alone	I	19	6	18	2	0	46
	II	19	7	8	2	0	36
	III	10	4	5	0	0	19
	IV	1	0	0	0	0	1
	Total	49	17	31	4	0	101
External irrad. & Ra. intracavit.	I	14	8	5	0	0	27
	II	15	6	11	4	0	36
	III	12	11	11	3	0	37
	IV	2	0	0	0	0	2
	Total	43	25	27	7	0	102

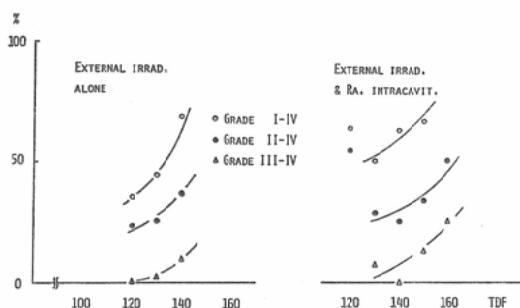


Fig. 3 Late complication of the rectum and the sigmoid colon related to TDF

する晚期直腸障害発生率を示したものが Fig. 3 である。grade I—IVの曲線と grade III—IVの曲線は両群ではほぼ同じとなるが grade II—IVの曲線は差があり、grade IIの障害の発生が小線源併

用群の方で減少しているように思われる。

#### ii) 膀胱障害

障害の各 grade に対する stage 別の症例数は Table 11に示す如くで、stage と grade の間には直腸障害の場合と同様にはっきりとした相関は認められない。両群の障害発生率を比較すると、grade Iは小線源併用群で、その発生率は減少したが、有意差は認められなかった。しかし grade IIでは小線源併用群において、5%の有意水準で発生率の減少が認められた。手術を必要とする grade IIIは小線源併用群の stage II b で1例認められたのみであり、両群で発生率の比較はできなかった。晚期膀胱障害の平均発現月数は、外照射単独群で I 度32.3カ月、II 度26.2カ月、小線源併

Table 11 Late complication of the bladder

	Grade \ Stage	I	II	III	IV	Total
External irrad. alone	I (22)	2	5	0	0	7 (31.8%)
	II a (18)	3	4	0	0	7 (38.9%)
	II b (61)	10	5	0	0	15 (24.6%)
	Total (101)	15 (14.9%)	14 (13.9%)	0	0	29 (28.7%)
	[ III (53) ]	10	5	0	0	15 (28.3%)
	IV (1)	1	0	0	0	1
External irrad. & Ra. intracavit.	I (44)	4	2	0	0	6 (13.6%)
	II a (23)	1	0	0	0	1 (4.3%)
	II b (35)	4	3	1	0	8 (22.9%)
	Total (102)	9 (8.8%)	5 (4.9%)	1 (1.0%)	0	15 (14.7%)

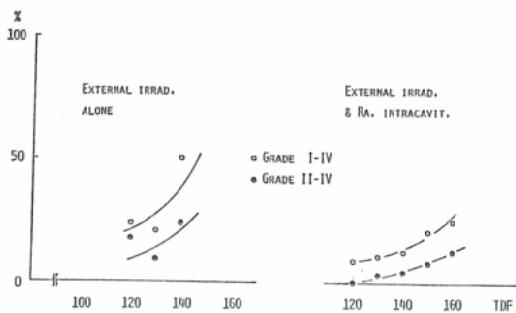


Fig. 4 Late complication of the bladder related to TDF

用群でⅠ度33.0カ月、Ⅱ度23.4カ月、Ⅲ度5.0カ月と晚期直腸障害より発現が遅いが、やはり発現時期と障害の程度の間に相関が認められる。又直腸障害と同様にTDFに対する晚期膀胱障害発生率をFig. 4に示す。

### iii) その他の晚期障害

直腸、膀胱以外の晚期障害の主なものとしては、皮膚障害と小腸障害が考えられる。まず皮膚障害としての皮下硬結は、外照射単独群で2例(2.0%)にみられたが、小線源併用群では全くみられなかった。又小腸障害は軽度の障害では、消化及び吸収障害として発現していくが、これは老人性変化と区別しにくく、且つ照射後、脂肪酸吸収試験など特別の調査を施行しなかったので、ひどい放射線障害としての腸管癒着によるイレウスの発生のみを問題とすると、イレウスの発生は外照射単独群には認められず小線源併用群で2例(2.0%)にみられた。このうちの1例は、時に症状あっても保存的に経過を観察中であるが、他の1例は結局障害のために死亡している。この2例とも特に腹部手術の前歴はなかった。又これらの他にみられた障害としては、下肢或いは下半身の一過性のシビレ感があり、小線源併用群では1例にみられたのみであるが、外照射単独群では17例(16.8%)にみられ、その発現時期は平均で6.4カ月であった。

## 5. 考 案

① 子宮頸癌に対する今までの照射法と原体照射法について。

子宮頸癌に対する放射線治療としては、一般に外照射単独では周囲健常組織の障害なしに病巣に充分な線量を投与することが難かしいために、少なくとも早期例では外照射と腔内照射の併用が望ましいと考えられている<sup>25)26)</sup>。これまでの諸家の報告を総合すると、Ⅰ期及びⅡ期の子宮頸癌に対して、0—2,000radの全骨盤腔外照射の後で下腹部中央を遮蔽して膀胱及び直腸を保護して子宮旁結合組織に外照射を加えて中央部は小線源腔内照射で線量を投与するという方法が一般的である。しかし既にいくつかの報告にも明らかに如く、子宮はいつも正中にあるとは限らず個体差及び病巣の進展の状況によってどちらかの側に寄っていることが多い<sup>27)28)</sup>。本施設においてX線写真より子宮の偏位の計測が可能であった98例の分析でもFig. 5に示す如く中央より0.5cm位側方に偏位

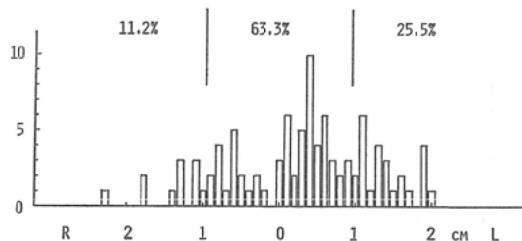


Fig. 5 Lateral deviation of the uterus at level of Point A

した症例が多かった。1cm以上の偏位は36.7%で、これらの偏位により総合的な線量分布にはover dose或いはunder doseの部ができることがある<sup>28)</sup>(Fig. 6)。唯これらのover dose或いはunder dose regionの存在が原発巣或いは個体の正常組織のもつ放射線感受性のバラツキ或いはこれらの領域の大きさのバラツキなどのために、臨床的には局部コントロール率の低下或いは周囲健常組織の晚期障害の頻度の増加として検出されないのが現状であろう。しかしこのようなover dose或いはunder dose regionができる限り存在しない方が良い治療ができるることは明らかで、この点高橋によって考案された原体照射法<sup>1)</sup>を用いれば、病巣に一致した線巣を作ることができるの

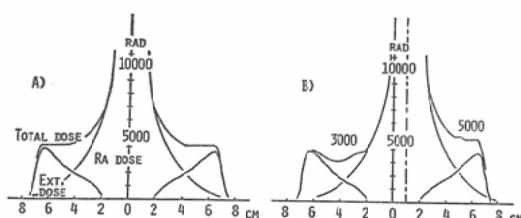


Fig. 6 Dose distributions in the uterus and surrounding tissues

(A): The shielding block for the center splitter and the uterus are located at the center of the pelvis. (B): The uterus is located 1cm laterally to the left from the center of the pelvis while the shielding block is located at the center of the pelvis. The absorbed dose of the irradiation to the left of the uterus (5,000rad) is higher than desired and that to the right of the uterus (3,000rad) is lower than desired.

で、子宮の傾きに關係なく満足すべき線量分布の得られる利点がある。従って小線源治療を併用せず外照射単独での治療が可能であると考えられる。又この場合小線源治療のように特別な設備或いは病室は必要でなく、看護の面も楽で治療に携わる医者の被曝がなく、小線源治療ほど熟練を必要としないという利点が得られる。原体照射法は一般の対向二門による外照射よりは手技が複雑であるが慣れればさほど煩雑ではなく、全骨盤腔照射の場合は患者の体型などに基づく原体カムの規格化により、かなり容易に治療計画を行なうことができる。

## ② 原体照射法を用いた外照射単独療法について。

本施設では1967年から1971年の間に原体照射法による外照射単独で子宮頸癌を治療した。その結果、外照射単独でも病巣に7,000—7,500rad (TDF 130—140) を投与すれば、局所コントロール率と生存率は、これまでの報告に劣らない成績をあげることができた (Table 7, Table 8)。又これまでの対向二門法による外照射で、しばしば経験された下腹部皮下組織内の線維化による硬結も、原体照射の適用によって僅かに2例 (2.0%) に認められたのみである。これは原体照射の線量分布か

Table 12 Late complications of the rectum and the bladder

		Rectum	Bladder
Kottmeier <sup>15)</sup> (1961)	Grade I	14.1%	14.6%
	Grade II	6.8%	5.6%
	Grade III	1.0%	0.6%
Fletcher <sup>25)</sup> (1966)	Grade III (1954—1959)	2.2%	
	Grade III (1959—1962)	7.4%	
Rubin <sup>29)</sup> (1968)	Grade III	3.0%	3.3%

ら推定して当然のことと思われる。しかしながら晚期直腸、膀胱障害を分析すると他施設と比べて障害の発生率が大きかった (Table 12)。

③ 原発巣及び子宮旁結合組織への病変の拡がりに対する原体照射による外照射と小線源腔内照射との比較。

原体照射法を用いた外照射単独治療の結果は局所コントロール率、生存率は満足できるものであったが、晚期直腸障害は他施設に比べて発生頻度が高かった。そこで子宮頸部及び子宮旁結合組織の病巣に対する原体照射法による外照射と小線源腔内照射とを比較検討してみた。

## a) 外照射と小線源腔内照射との線量分布の比較

原体照射によって原発巣のみに線量を集中した外照射とラジウムによる小線源治療の線量分布を A 点の線量を100%として比較した (Fig. 7)。外照射でも焦点の大きい  $^{60}\text{Co}$  でなく焦点が小さくできるリニアックの高エネルギーX線を用い照射野を充分小さくとれば、A 点に相当する点より外側ではその線量勾配は小線源治療の場合と比較しても差がなく、これだけ考えれば正常組織の障害には差がないように思われる。しかし実際にには小線源治療の場合にはラジウム管を子宮腔或いは腔腔に直接挿入するので、子宮の位置に拘わらず病巣に一致した線量分布が得られるのに対して、外照射の場合は田中ら<sup>21, 30)</sup>の工夫にみられるように特別の器具を用いて子宮頸部を固定し照射の照準を更に確実にするのでなければ、一般に膀

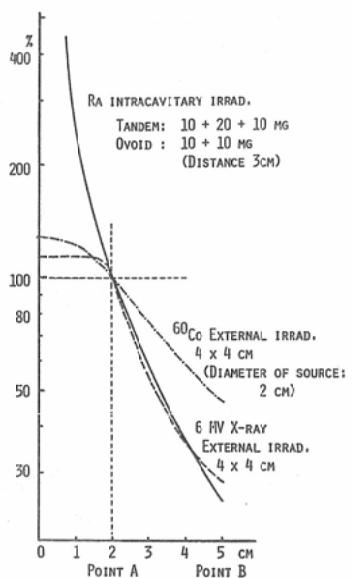


Fig. 7 Comparison of the dose distributions among the external irradiation with 6MV X-ray, that with  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray and the intracavitary radium irradiation. In each dose distribution, those doses are normalised by the dose at the position of Point A.

胱や大小腸との関係で子宮が多少移動する可能性を見込む必要がある、完全に限局した照射野がとれないため照射野が大きくなり、それだけ余計に周囲健常組織を照射することになり障害の面で不利となる。

#### b) A点より内方の原病巣内の線量分布

外照射による治療ではA点より内方の原病巣内の線量分布はA点とはほぼ同程度で均等であるのに対し、小線源治療では線源周囲は400%以上にも達し、外照射のあと病巣内に残存すると考えられる低酸素腫瘍細胞を中心とする放射線低感受性細胞のコントロールには更に外照射を追加するよりも有利であると思われ、より局所コントロール率の向上が期待できる。このとき病巣への投与線量としてA点ではなく、A点より内方の線量を基準にとれば、その分だけA点及びその外方の線量を少しでも減少させることができ、周囲健常組織の障害が少なくなるという利点がでてくることになる。

#### c) A点より外方の周囲健常組織への線量率の差

本施設で用いた TAO 式によるアフターローディング法腔内照射では線量の投与はA点で50—60rad/hr という低線量率照射である。これはA点より外方の健常組織では更に低線量率となる。放射線効果が低線量率になるほど急激に低下することは既に Hall の報告に明らかであり<sup>31)</sup>、放射線生物学の視点からも原病巣には高線量率(A点より内方 1cm では25rad/min) 周囲健常組織には低線量率(A点より外方 1cm では12rad/hr) で治療効果比の向上に大きく役立つこととなると考えられる。

#### ④ 原体照射法による全骨盤腔照射と小線源による低線量率腔内照射の併用について

##### a) 局所コントロール率の向上について

前項に上げた理由から stage I・II の症例に対して1972年以降は原発巣に対してできるだけ小線源治療を施行した。stage III 及び stage IV では病巣が大きく4,000rad の全骨盤腔照射の後も残存する病巣の拡がりが大きいので、これらの stage についてはこれまでの如く原体照射による外照射単独で治療を継続することとした。この際、外照射治療と小線源治療では線量率、照射間隔等の条件がかなり異なり単純に総線量のみで比較はできないため、両治療法を統一的に表わすことのできる TDF<sup>12) 13)</sup> を使用して、線量を TDF に換算し、外照射单独群と小線源併用群とで TDF に対する局所コントロール率を比較した (Fig. 2)。TDF 或いは CRE<sup>32) 33)</sup> は NSD<sup>34)</sup> から発展した概念であり、その NSD は皮膚反応といった組織の放射線耐容量から導びかれるものである。又、腫瘍に対しては NSD ではなく TSD<sup>35)</sup> を用いるべきであり、TDF 或いは CRE も障害の比較には使えるが腫瘍のコントロールを比較するために使うことはできないという考えがこれまで一般的であった<sup>36)</sup>。しかしながら、治療はほぼ周囲健常組織の耐容量まで線量が与えられることで行なわれるため、腫瘍のコントロールが TDF 或は CRE に相關するという考えのもとに data を整理している。

Table 13 Comparison of 5-year survival rate. In parenthesis, observed survival rate are shown.

Stage	Fletcher, G.H. 1954—1967 1705 cases	National Institute of Radiological Sciences 1961—1971 576 cases	Tokyo Women's Medical College 1966—1977	Aichi Cancer Center	
				1967—1971 264 cases	1972—1975 114 cases
I	91.5	87.5	88.9	80.0 (80.0)	82.4 (86.6)
II a	83.5				
II b	66.5	70.4	78.4	71.3 (73.4)	70.7 (82.8)
III a	45.0				
III b	36.0	52.3	51.3	44.7 (52.8)	
IV	14.0	25.3	18.4	22.2	

報告が最近増加しつつあり<sup>37)38)</sup>、且つこの表示法の他に適当な方法が現在迄報告されていないので、本報告でもこの TDF 法を健常組織の障害のみならず原発巣のコントロールの分析にも用いることとした。その結果、外照射単独群では stage が進むと、その局所コントロールに必要な線量が増加する状態が明確に認められる。更に stage I では、外照射単独群と小線源併用群とで TDF に対する局所コントロール率にあまり相違はないが、stage II では小線源併用群で 15% 程度の改善が認められた (Fig. 2).

#### b) 粗生存率の比較について。

M.D. Anderson hospital<sup>39)</sup>、放医研<sup>24)</sup>、東京女子医大<sup>40)</sup>と本施設の 5 年生存率の比較を Table 13 に示す。Fletcher の date は相対生存率のものである。田崎ら<sup>41)</sup>は腔内照射に適当な外照射を組み合わせれば、stage I 90%, stage II 75%, stage III 40%, stage IV 7% の 5 年生存率が期待できるとしている。生存率でみると本施設の成績は他施設に劣らず満足できるものと考えられる。外照射単独群より小線源併用群の方が局所コントロール率は良好であったのに粗生存率には有意差がみられなかった。これは 1 つに局所コントロール率を最初の治療で評価しているためで、外照射単独群では腫瘍残存例或いは局所再発例で小線源による追加照射により局所コントロールが得られる例がかなりあり、結果として粗生存率がかなり良好に保たれるためと思われる。一方小線源併用群で局所コントロール率が良好であったのに粗生存

率はあまり良くなく、外照射単独群と同じ位になった原因としては、小線源併用群ではまだ 5 年経過していない症例が多く、又他病死等の影響もあると考えられる。そこで実測生存率を求めカッコ内に示した (Table 13)。実測生存率でみれば小線源併用群の成績はかなり良好で 5 年経過の症例が増加すれば成績が改善することが期待されている。

#### c) 小腸及び膀胱に対する障害について

ある治療法が選ばれた時、その有効性を判断するためには局所コントロール率とともに、周囲健常組織の障害の程度の分析が重要である。消化管早期障害（下痢の程度）については外照射単独群と小線源併用群との間に差はなかった。これは両群とも最初の全骨盤腔照射にほとんど同じ原体照射法を用いたため当然の結果といえる。この消化管早期障害と、晚期直腸障害との相関も認められなかった (Table 10)。このことは動物実験等による報告にもみられるが<sup>12)</sup>、子宮頸癌の場合は両障害において放射線障害の目標となる組織が早期障害では腸管上皮であるのに対して晚期障害では血管内皮系であるためと考えられる。次に早期障害より重要な晚期障害について考えてみる (Table 9)。障害の程度毎にその障害の発生率を局所コントロールの場合と同様に TDF に対して表わしてみると (Fig. 3) 小線源併用群は外照射単独群に比して、grade II より grade I の症例の割合が多くなってはいるが全体としてみれば、TDF に対する障害発生率は両群ではほぼ一致する。晚期障

害には、TDF・CRE という概念は適用できないという報告もあるが、本論文の場合、TDF に換算して比較すると治療法の異なる両群の障害発生率がよく合うということは、TDF を直腸（S 状結腸を含む）の晚期障害の発生状況を分析する指標として使用することの妥当性を示すものであろう。更に TDF 或いは CRE の比較には照射容積の因子も考慮する必要がある事が指摘されている<sup>43)44)</sup>。従って外照射単独群も小線源併用群も全骨盤腔外照射による TDF と原発巣に限局した外照射或いは少線源治療による TDF は照射容積が大きく異なるため単純に加算できないことになるが、両群とも全骨盤腔外照射の照射容積はほぼ同じであり照射の対象を原発巣に限局した時の照射容積が原体照射による外照射と小線源腔内照射とで異なることが問題かもしれない。原発巣に限局した原体照射の場合の照射容積は約230cm<sup>3</sup>で小線源治療の場合は約170cm<sup>3</sup>となりやや原体照射の方が照射容積が大きい。梅垣<sup>45)</sup>によれば170cm<sup>3</sup>の耐容量は230cm<sup>3</sup>の1.1倍であり、これを耐容量に達しない領域まで拡大して考えれば、小線源の場合は原体照射より10% TDF の大きな線量まで照射しても障害は両方で変わらないはずであり、全骨盤腔外照射まで含めれば TDF が約10多くて等価となる。しかしながら Fig. 3 にみられるように TDF に対する障害発生率は両群ではほぼ同じとなった。この理由としては照射容積による耐容量の差が梅垣の報告によるものより小さいか、或いは両群の照射容積の差が全骨盤腔外照射の大きな照射容積のものと加算することにより

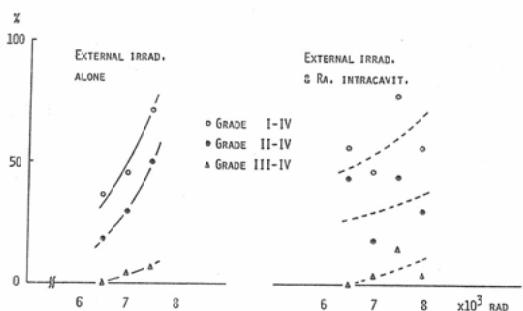


Fig. 8

相対的に縮まるためといったことが考えられる。投与線量を TDF でなく総線量で表わすと Fig. 8 の如くとなり、外照射単独群では 1 回線量や週間照射回数がほとんど一定しているため TDF で示すのと変わりないが、小線源併用群の場合には A 点線量率にかなりの幅があるため、値が分散して TDF のように明確な曲線で示せない。しかしながら傾向としては、外照射単独群より障害発生率曲線の傾きが緩やかとなり、総線量でいえば小線源併用群は多少の過線量でも外照射単独群のように障害が急激に増加せず安全範囲が広いといえる<sup>24)43)</sup>。何れにしても、原発巣及び子宮旁結合組織への病変の進展に対して小線源による低線量率腔内照射を施行することで、局所コントロール率の向上を図ると共に周囲健常組織の障害の軽減を狙ったが、局所コントロール率に15%程度の改善が見られたものの直腸及び膀胱の晚期障害は外照射単独群と同程度にとどまった。この原因としては、本施設で小線源治療によって投与された線量が A 点で約3,000rad/2 回/7 日で、これは約 TDF 60 に相当し、全骨盤外照射では4,000rad の場合約 TDF 75, 5,000rad の場合約 TDF 95 で合わせて TDF 145 前後となる。これは局所コントロールについては充分な量であったとしても周囲健常組織に対しては他の施設に比べて過線量ではなかったかと思われる (Fig. 2, 3)。

⑤ 原体照射による全骨盤腔外照射と低線量率腔内照射との併用による子宮頸癌放射線治療の改善の方向

直腸、S 状結腸或いは膀胱の晚期障害の発生頻度と、線量率或いは線量分割の方法など放射線生物学的線量配分が関係するとしても、最も基本的なものは物理的線量配分であることは明らかで、今後の方向は高エネルギー放射線による外照射と小線源腔内照射とを、線量分布を考慮しながら線量配分の点でどのように組み合わせてゆくかが重要な問題となろう。本施設では1972年以来、晚期障害を減少させることを目的として、I 期及び II 期の子宮頸癌に対して原体照射による外照射単独治療から、原発巣には小線源腔内照射を用いる

併用治療に治療法を変更した。しかしこの報告で示す如く、局所コントロール率の向上は認められたものの晚期直腸障害の改善は認められなかつた。この主な原因は over dose にあると思われる所以、局所コントロール率が悪化しないように配慮しつつ周囲健常組織の晚期障害を減少させるために、次の如き諸点について改善を加えた。

(1) これまでの諸家の報告に比べて本施設の A 点投与線量が TDF で約15位多いので腔内照射を今まで A 点で 3,000rad 位照射していたのを 2,000—2,600rad にとどめている。これで TDF が15程度減少することとなる。

(2) 臨床的に同じ stage の症例についても病巣のひろがり、形状などによってその局所コントロール及び周囲への進展に差があることが指摘されている<sup>46) 47)</sup>。本施設においても平林が示す如く、従来の staging と共に腫瘍の増殖形態や大きさを考慮に入れたグループ分けを実施し、このグループ分けと外照射の経過中の腫瘍の縮小の程度などによって、全骨盤腔外照射と小線源腔内照射との投与線量の割合を変えたり、総投与線量を変えたりしている。

(3) 両側子宮旁結合組織の外照射に既に古くから用いられている二軸振子照射法を原体照射に導入し、二軸の原体照射を用いることによって、小腸及び膀胱後壁或いは直腸前壁の被曝線量をできる限り減少させることにつとめた<sup>48)</sup>。この方法では軸の位置を変えることによって線量分布の形をいろいろに変えることが可能である。今後 CT の導入によって病巣の位置が従来に比べて一層明確になると共に、この方法で更に症例毎に適合した外照射を試みてゆきたい。

## 6. 結論

本施設で I 期及び II 期の子宮頸癌に対して施行した原体照射法による外照射単独治療と、全骨盤腔には原体照射による外照射を施行した後、原発巣に対しては腔内照射を行なった小線源併用治療の結果とを比較検討した。

局所コントロール率は stage I + II ともに小線源併用群の方が良好となつた。

5 年粗生存率は両群に差が認められなかつた。

早期腸障害は両群とも同程度であった。

晚期膀胱障害は小線源併用群の方が減少したが、晚期直腸障害は外照射単独群と同程度にとどまつた。晚期直腸障害の線量に対する障害の発生率をみるため、線量を TDF で表わすと両群の障害発生率はほぼ一致した。しかし小線源併用群の方が使用した TDF は大きめであった。

局所コントロール率を低下させることなしに更に晚期直腸障害の発生頻度を低下させるための手段について考察した。

(本研究の一部は昭和54年度厚生省がん研究助成金(松田班: コンピューターを応用した原体照射治療装置の開発)の援助をうけた。

稿を終わるに際し、多大な御協力を頂いた渡辺道子博士に深く感謝の意を表する。)

## 文 献

- 1) Takahashi, S.: Conformation Radiotherapy. *Acta Radiol. Suppl.* 242, Stockholm, 1965
- 2) 北畠 隆, 母里知之, 奥村 寛, 高橋信次, 中野伸平, 大谷四郎: リニアアクセラレーターによる原体照射法, 日本医放会誌, 26 (11) : 1448—1454, 1967
- 3) 北川俊夫, 母里知之, 山下延男, 簦 正兄, 千原 勤, 井笠重彦, 川島吉良: リニアックによる子宮頸癌の原体照射—臨床適用およびその結果—. 癌の臨床, 15 (12) : 1052—1055, 1969
- 4) 北川俊夫, 母里知之, 奥村 寛, 植田俊男, 山下延男, 簦 正兄: 原体照射法. 癌の臨床, 16 (4) : 361—367, 1970
- 5) 簦 正兄: 原体照射法による子宮頸癌の放射線治療—特に外部照射単独による治療について—. 日本医放会誌, 35 (1) : 16—27, 1975
- 6) 北畠 隆: 愛知県がんセンターにおける放射線治療設備. 臨放, 11 (4) : 298—302, 1966
- 7) 北畠 隆, 奥村 寛, 植田俊男, 木村千明, 高橋信次, 山本千秋, 中野伸平, 大谷四郎: 日本電気 6 MeV 医療用直線加速器. 日本医放会誌, 26 (10) : 1267—1276, 1967
- 8) 母里知之, 北川俊夫, 奥村 寛, 植田俊男: リニアックによる子宮頸癌の原体照射—とくに治療計画法を中心として—. 癌の臨床, 15 (12) : 1047—1051, 1969
- 9) 田崎瑛生, 尾立新一郎, 望月幸夫, 吉田智恵子, 石川みどり: 子宮頸癌の放射線療法. 産婦人科治療, 19 (3) : 311—320, 1969
- 10) 森田皓三, 簦 正兄: 子宮頸癌に対する全骨

- 盤腔内原体照射の際患者の体型と照射線巣の形との関係. 日本医学会誌, 35 (9) : 780—787, 1975
- 11) 田崎英生, 荒居竜雄, 尾立新一郎: 子宮頸癌腔内照射用支持器について. 臨放, 10 (10) : 768—775, 1965
  - 12) Orton, C.G. and Ellis, F.: A simplification in the use of the NSD concept in practical radiotherapy. Brit. J. Radiol., 46: 529—537, 1973
  - 13) Orton, C.G.: Time-dose factors (TDFs) in brachytherapy. Brit. J. Radiol., 47: 603—607, 1974
  - 14) Gray, M.J. and Kottmeier, H.L.: Rectal and bladder injuries following radium therapy for carcinoma of the cervix at the Radium-hemmet. Amer. J. Obst & Gynec., 74: 1294—1303, 1957.
  - 15) Kottmeier, H.L. and Gray, M.J.: Rectal and bladder injuries in relation to radiation dosage in carcinoma of the cervix. Amer. J. Obst & Gynec., 82: 74—82, 1961
  - 16) Chau, P.M., Fletcher, G.H., Rutledge, F.N. and Dodd, G.D.: Complications in high dose whole pelvis irradiation in female pelvic cancer. Amer. J. Roentgenol., 87: 22—40, 1962
  - 17) Kottmeier, H.L.: Complications following radiation therapy in carcinoma of the cervix and their treatment. Amer. J. Obst & Gynec. 88: 854—866, 1964
  - 18) Calame, R.J. and Wallach, R.C.: An analysis of the complications of the radiologic treatment of carcinoma of the cervix. Surg. Gynec. Obstet., 125: 39—44, 1967
  - 19) Strockbine, M.F., Hancock, J.E. and Fletcher, G.H.: Complications in 831 patients with squamous cell carcinoma of the intact uterine cervix treated with 3000 rads or more whole pelvis irradiation. Amer. J. Roentgenol., 108: 293—304, 1970
  - 20) Kline, J.C., Buchler, D.A., Boone, M.L., Peckham, B.M. and Carr, W.F.: The relationship of reactions to complications in the radiation therapy of cancer of the cervix. Radiology, 105: 413—416, 1972
  - 21) 田中敬正: 子宮頸癌に於ける外部照射の際の晚期障害についての検討—照射法による差異について—. 日本医学会誌, 35 (7) : 527—535, 1975
  - 22) 荒居竜雄, 森田新六, 栗栖 明: 子宮頸癌放射線治療による局所障害—低線量率および高線量率腔内照射の相違について—. 癌の臨床, 22 (15) : 1417—1423, 1976
  - 23) 稲倉正孝, 高山一雄, 古賀 充, 清成秀康, 田中 誠, 野辺奉文, 寺嶋広美, 塩川祐幸, 豊平謙, 自見昭司, 渡辺幸正, 柏村賀子, 伊東祐治, 古賀健治: 婦人科領域悪性腫瘍に対する放射線治療後の大腸障害, 臨放, 23 (3) : 387—395, 1978
  - 24) 森田新六, 荒居竜雄, 栗栖 明, 久津谷譲: 子宮頸癌放射線治療におけるS状結腸障害—高線量率腔内照射施行症例の検討—. 癌の臨床, 25 (1) : 32—39, 1979
  - 25) Fletcher, G.H., Watanavit, T. and Rutledge, F.N.: Whole-pelvis irradiation with 4000 rads in stage I and stage II cancers of the uterine cervix. Radiology, 86: 436—443, 1966
  - 26) 岩井正二: 子宮頸癌治療の基準について—文部省総合研究班成果を中心として—. 癌の臨床, 14 (7) : 545—552, 1968
  - 27) Frischbier, H.J.: Die Strahlenbehandlung des Collumcarcinoms in "Handbuch der Medizinischen Radiologie, Spezielle Strahlentherapie Maligner Tumoren Teil 3" edit. Zuppinger, A. pp. 137—308, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. New York, 1971
  - 28) Johnsson, J.E. and Nordberg, U.B.: Dosimetry of combined intracavitary and external irradiation of carcinoma of the uterine cervix. Acta Radiol. Ther. Phys. Biol., 14: 251—261, 1975.
  - 29) Rubin, P. and Casarett, G.W.: Clinical radiation pathology. Saunders, Philadelphia. London. Tronto, 1968
  - 30) 田中敬正, 坂口守彦, 藤原敏郎: リニアック小照射野治療を用いた子宮頸癌外部照射の治療成績. 臨放, 22 (6) : 569—572, 1977
  - 31) Hall, E.J.: Review article, Radiation dose-rate: A factor of importance in radiobiology and radiotherapy. Brit. J. Radiol., 45: 81—97, 1972
  - 32) Kirk, J., Gray, W.M. and Watson, E.R.: Cumulative radiation effect. Part I fractionated treatment regimes. Clin. Radiol., 22: 145—155, 1971
  - 33) Kirk, J., Gray, W.M. and Watson, E.R.: Cumulative radiation effect. Part II continuous radiation therapy—long-lived sources. Clin. Radiol., 23: 93—105, 1972
  - 34) Ellis, F.: Dose, time and fractionation: A clinical hypothesis. Clin. Radiol., 20: 1—7, 1969
  - 35) Ellis, F.: Nominal standard dose and the ret. Brit. J. Radiol., 44: 101—108, 1971
  - 36) 小西圭介: NSD 概念誤用についての忠告. 臨

- 放, 22(8) : 803, 1977
- 37) Kirk, J., Wingate, G.W.H. and Watson, E.R.: High-dose effects in the treatment of carcinoma of the bladder under air and hyperbaric oxygen conditions. Clin. Radiol., 27: 137—144, 1976
- 38) Awwad, H.K., Barsoum, M.S., Burgers, M.V., Elbadawy, S.A. and Soliman, O.M.: The dose-time relationship in the radiotherapy of carcinoma of the cervix uteri: An application of the CRE formalism. Clin. Radiol., 30: 263—267, 1979
- 39) Fletcher, G.H.: Cancer of the uterine cervix. Janeway lecture, 1970. Amer. J. Roentgenol., 111: 225—242, 1971
- 40) 河原よし子: 子宮頸癌の放射線治療の諸問題(Ⅲ)—私の病院の放射線根治照射法の基準—. 臨放, 24, 703—704, 1979
- 41) 田崎瑛生: 日常診療に於ける子宮頸癌腔内照射の2, 3の問題点. 産科と婦人科, 33: 645—654, 1966
- 42) Hopewell, J.W., Foster, J.L., Young, C.M.A. and Wiernik, G.: Late radiation damage to pig skin. Radiology, 130: 783—788, 1979
- 43) Kirk, J., Gray, W.M. and Watson, E.R.: Cumulative radiation effect. Part IV normalisation of fractionated and continuous therapy—area and volume correction factors. Clin. Radiol., 26: 77—88, 1975.
- 44) 梅垣洋一郎, 荒居竜雄, 森田新六: 癌放射線療法の現在と将来. 日産婦誌, 28(9) : 881—889, 1976
- 45) Umegaki, Y., Urano, M. and Nakano, M.: Optimum dose fractionation schemes in radiotherapy of human cancer in "Fraction size in radiobiology and radiotherapy" pp. 188—199, Igakushoin, Tokyo, 1973
- 46) 平林光司: 子宮頸癌放射線治療における癌の括りからみた群別化基準とそれに基づく照射方式について. 日癌治会誌, 11(2) : 203—208, 1976
- 47) 平林光司: 癌治療の個別化、とくに放射線感受性について. 臨婦産, 32(7) : 501—505, 1978
- 48) Morita, K., Kimura, C., Takahashi, K. and Ueda, T.: Verbesserung der Dosisverteilung bei der Konformationsbestrahlung des Kolonkarzinoms. Strahlentherapie, 147: 487—497, 1974