



Title	密封小線源治療による国民線量の推定
Author(s)	橋詰, 雅; 丸山, 隆司; 西沢, かな枝
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1980, 40(9), p. 878-884
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20011
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

密封小線源治療による国民線量の推定

放射線医学総合研究所物理研究部

橋 詰 雅 丸 山 隆 司

杏林大学医学部放射線医学教室

西 沢 かな 枝

(昭和55年2月13日受付)

(昭和55年3月25日最終原稿受付)

Population Doses From Brachytherapy in Japan, 1979

Tadashi Hashizume, Takashi Maruyama and Kanae Nishizawa*

Division of Physics, National Institute of Radiological Sciences, 9-1, Anagawa-4-chome
Chiba-shi 260 Japan and Department of Radiology*, School of Medicine, Kyorin
University, Shinkawa 6-20-2, Mitaka, Tokyo 181, Japan

Research Code No.: 302

Key Words: Population dose, Brachytherapy, Radiation therapy, Medical needs

The genetically significant dose, *per Caput* mean bone marrow dose and leukemia significant dose from brachytherapy were estimated on the basis of a nationwide survey conducted throughout Japan. The survey was carried out for the collection of the over-all frequency of brachytherapy treatments in the age-group and exposure factors on the patients from a known fraction of hospitals and clinics over a 30 day period in 1979.

The annual frequency of brachytherapy treatments was estimated to be about 25,300. About 86% of the frequency of treatments were due to the treatments of cancer of the cervix. About 30% of treatments of cervix were carried out with an after-loading method.

The gonad and bone marrow dose were calculated with a Tosbac 3400 computer using the MIRD method. The distance between the source and gonad or bone marrow obtained from the MIRD phantom was converted into the distance for Japanese bodies with use of the standard body size by age-group.

The annual population dose per person was 1.5 μ rad (15 nGy) for the genetically significant dose, 15.6 mrad (150 μ Gy) for the *per Caput* mean bone marrow dose and 2.6 mrad (26 μ Gy) for the leukemia significant dose.

1. 緒 言

遠隔照射治療に関する最近の全国調査結果¹⁾によれば、治療のための照射回数は1978年の1年間に約180万件であった。これは1971年の調査結果²⁾

とほぼ同数であり、7年間に有意な増加は認められなかった。最近には癌の早期発見による外科的療法の発達などのため、放射線治療件数が横ばいになっているものと思われる。一方、密封小線源に

よる治療については、1971年に調査した³⁾が年間治療件数として約50,000件を得ている。また、密封小線源治療による国民線量は、年あたり国民1人あたりの遺伝有意線量が $12.4\mu\text{rad}$ 、骨髄線量が 43.2mrad および白血病有意線量が 7.7mrad であった。また、最近、子宮頸癌などの治療にリモートアフターローダーが多く使用されていると云われている。今回、遠隔照射治療の実態調査に併行して密封小線源治療についても治療件数などを調査し、それらの結果を用いて国民線量を推定した。

2. 実態調査

(1) 調査対象

密封小線源治療と遠隔照射治療とについて、同時に調査を行った。科学技術庁の「放射性同位元素等使用事業所等一覧表」⁴⁾などを参考にして、加速器等を保有する施設(Aグループ)、密封線源を保有する施設(Bグループ)およびA、Bグループ以外で放射線治療を行っている施設(Cグループ)の3種類に医療施設を分類した。但し、密封線源と加速器等とを保有するグループはAに含めた。

A、BおよびCグループから抽出率、それぞれ50%、40%および30%で無作為に抽出した施設にアンケート用紙を送付した。アンケートの回答率はA、BおよびCグループでそれぞれ100、86および66%であった。

2) 調査期間および調査項目

昭和53年10月から11月のうち、連続した1カ月間について、密封小線源治療を受けた患者の①性別、②年齢、③治療部位、④線源のタイ

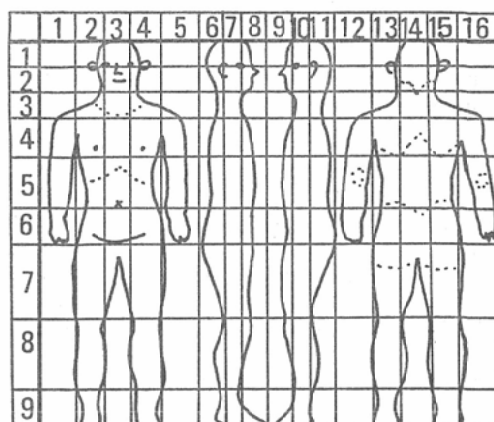


Fig. 1 Definition of exposure positions for brachytherapy.

プおよび放射能強度、⑤照射方法と照射時間、さらに⑥同一患者に対する1カ月間の治療回数を調査した。

密封小線源治療の場合、治療部位は線源位置とも一致するので、Fig. 1に示す座標系を用い治療部位を座標で表示するように調査を依頼した。例えば、子宮頸癌の場合には3—6、となる。血管腫のように表面の場合には両側面や背面の座標も使用された。

3) 調査結果

調査対象施設からの回答にもとづいて集計された1ヶ月間の治療件数や患者数に、12を乗じ、さらに抽出率と回答率を考慮して年間の治療件数を推計した。ここでの治療件数は治療のために行われた照射回数を意味する。

Table 1に、性別、年齢群別、線源のタイプ別に年間の治療件数を示す。またTable 2に性別、

Table 1 The annual frequency of brachytherapy treatments by age-group and type of sealed source.

Type of source	Male					Female					Total
	0—14	15—29	30—44	45—	Subtotal	0—14	15—29	30—44	45—	Subtotal	
Radium 226	—	—	40	470	510	120	120	570	8,420	9,230	9,740
Cobalt 60	—	—	—	460	460	—	—	460	8,820	9,280	9,740
Cesium 137	—	—	—	50	50	—	—	520	3,460	3,980	4,030
Strontium 90	—	40	190	410	640	—	—	220	650	870	1,510
Gold 198	—	—	120	100	220	—	—	—	20	20	240
Total	—	40	350	1,490	1,880	120	120	1,770	21,370	23,380	25,260

Table 2 The annual frequency of brachytherapy treatments by sex and type of disease.

Type of disease*	Male	Female	Total
A	710	330	1,040
B	410	310	720
C	60	20	80
D	0	21,600	21,600
Others	700	1,120	1,820
	1,880	23,380	25,260

*A: Malignant neoplasm of buccal cavity and pharynx,

B: Malignant neoplasm of digestive organs and peritoneum

C: Malignant neoplasm of respiratory system,

D: Malignant neoplasm of genito-urinary organs.

病気別の年間の治療件数を示す。全国での年間の治療件数は25,260件であった。これは1971年の調査の約1/2に相当する。 ^{222}Rn シードの製造が中止されたため、それに代って ^{198}Au シードが使用されている。線源別の治療件数で注目されるのは、 ^{226}Ra による治療件数の全治療件数に対する割合が、1971年の50%から今回は39%に減少した。一方、 ^{60}Co のそれは1971年の28%から今回は39%に増加した。

病気別では子宮癌に対する治療件数が全体の約86%を占めている。これは1971年の60%に比べて増加を示している。

患者1人あたりの治療回数は月平均で約2回と推定される。今回の調査によれば、全国で用いられているリモートアフターローダーの台数は約50台であり、それがすべて子宮癌の治療に用いられていた。リモートアフターローダーによる子宮癌の年間治療件数は約6,400件であり、全体の約25%に相当する。リモートアフターローダーの線源は ^{60}Co が用いられている。なお、 ^{252}Cf 中性子線源を用いたリモートアフターローダーによる子宮癌の治療が1ヶ月に26件あったが、線源の特殊性から今回の調査に含めなかった。

3. 生殖腺および骨髄線量

体内に刺入または挿入された密封小線源からの生殖腺および骨髄線量は計算によって算定され

た。無限の均一物質中に点状等方線源を仮定したとき、その媒質中で線源から距離 x なる点での吸収線量率 $R(x)$ は次式で与えられる⁵⁾。

$$R(x) = A k n E \left[\frac{\mu_{en}}{\rho} \cdot \frac{1}{4\pi x^2} e^{-\mu x} \right] B_{en}(\mu x) \quad (1)$$

ここで、

$R(x)$: 吸収線量率 (rad/sec)

x : 線源からの距離 (cm)

k : 1.60×10^{-8} (grad/MeV)

n : 崩壊当り被出されるエネルギー E の光子数

E : 線源から放出された光子のエネルギー (MeV/光子)

A : 線源の放射能 (崩壊数/sec)

ρ : 媒質の密度 (g/cm³)

μ : 光子の線減弱係数 (1/cm)

μ_{en} : 光子の線エネルギー吸収係数 (1/cm)

$B_{en}(\mu x)$: エネルギー吸収再生係数

密封小線源治療に用いる線源は点状等方線源で近似できるものとし、人体は肺を除いては水と等価な物質から構成されているとした。線源から問題とする点までの間に肺が存在する場合には、光子が肺を通過する距離に肺の密度 0.3g/cm^3 を乗じ、密度 1g/cm^3 の軟組織中の距離に補正した。

線源から問題とする臓器・組織までの距離 x をきめるため、MIRD法の Snyder らの数学的ファントム⁶⁾を用いた。このファントムは Fig. 2 に示すように、胸部最下面に x, y 平面をとり、鉛直方向に z 軸をとった座標系を考え、骨格ならびに臓器の形や位置を数学的に表示している。

このファントムの身長は174cm、座高94cmであるが、日本人の平均で20~29歳の男性の身長は164.5cm、座高89.8cm、20~29歳の女性の身長は152.7cm、座高84.2cmである⁷⁾。欧米人と日本人では身体の大きさは異なるが、骨格や臓器の相互関係は同じであり、それらの相互間の距離は身体の大きさに比例すると考えられる。

MIRD法に従い、子宮のように治療部位の明確なもの以外は、Fig. 1の座標番号で表わされる部位の中心に点線源があるとして、線源と問題臓器・組織との距離を計算した。この距離に患者の

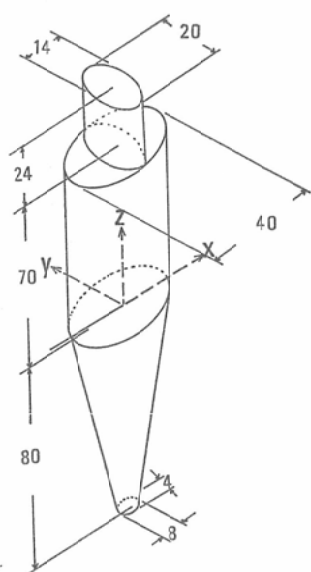


Fig. 2a Dimensions and coordinate system of adult human phantom for international standard man (dimensions in cm)⁶⁾

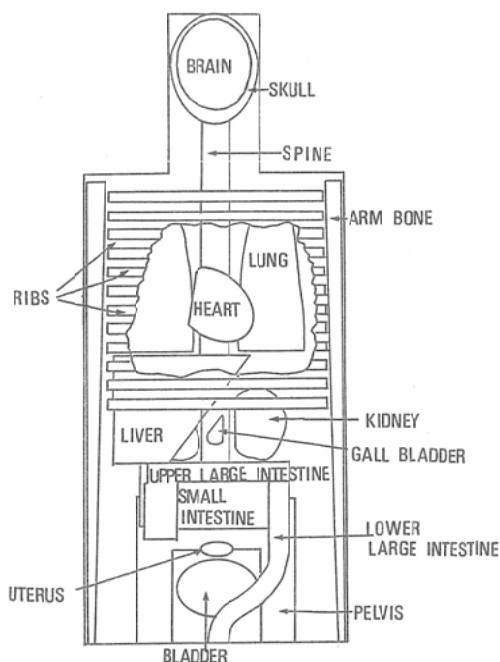


Fig. 2b Anterior view of the principal organs in the head and trunk of adult human phantom⁶⁾.

性別、年齢群別座高と数学的ファントムの座高の比を乗じて患者についての線源と臓器・組織間の

Table 3 Fraction of bone marrow weight used for calculation of bone marrow dose (Adult)

Part	No. of dosimetric point	Bone marrow weight (g)
Head	1	55.6
Mandible	2	1.8
Cervical vertebrae	3	22.3
Sternum	4	20.6
Thoracic vertebrae	5	34.0
	6	34.0
	7	33.0
	8	28.6
Lumbar vertebrae	9	28.6
	10	28.6
Sacral vertebrae	11	32.9
	12	32.9
Scapulae	13	16.7
	14	17.4
	15	17.4
	16	17.4
Ribs	17	17.4
	18	17.4
	19	17.4
	20	5.6
	21	42.6
	22	42.6
Iliac bone	23	42.5
	24	42.5
Femur	25	87.1
Arm	26	28.0
Total	26	765.0

距離 x に変換し、その x について(1)式から治療時の臓器・組織線量を計算した。(1)式の線減弱係数、線エネルギー吸収係数などは Berger の値⁵⁾を用い、 knE (吸収線量変換係数)の算出には Brownell らの値⁵⁾を用いた。

すべての計算は Tosbac-3,400 (東芝電気製)によって行った。骨髓線量の計算では、Table 3 に示す26点を骨格上に決め、各点に骨髓重量を代表させ、次式によって i 番目の治療による骨髓線量 d_i を求めた。

$$d_i = \frac{1}{M} \sum_r m_r d_{ir} \quad (2)$$

ここで M は全骨髓重量、 m_r および d_{ir} はそれ

Table 4 Gonad dose ann active bone marrow dose per 1mCi hr of ^{226}Ra , ^{60}Co and ^{137}Cs source embedded in uterus.

Source	Gonad dose mrad/mCihr	Active bone marrow dose (mrad/mCihr)
^{226}Ra	157.0	88.9
^{60}Co	250.0	145.1
^{137}Cs	74.5	42.6

それ、問題とする点の骨髓重量、およびその点での線量である、子供については手足にも赤色髓が分布するとし、その重量を8~14歳で530.5g, 3~7歳で340.8gとした。

Table 4 に、子宮癌の治療における生殖腺ならびに骨髓線量を示す。子宮癌患者の生殖腺線量は実際には不必要であるが、線量の大きさを示す目的で Table にしておく。

4. 国民線量の推定

国民線量として、遺伝有意線量 (GSD: D_G)

平均骨髓線量 (CMD: D_C) および白血病有意線量 (LSD: D_L) が、それぞれ次式で定義されている。

$$D_G = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} \cdot W_{jk}^{(F)} \cdot d_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot W_{jk}^{(M)} \cdot d_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} \cdot W_k^{(F)} + N_k^{(M)} \cdot W_k^{(M)})} \quad (3)$$

$$D_C = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} \cdot b_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot b_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} + N_k^{(M)})} \quad (4)$$

$$D_L = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} \cdot b_{jk}^{(F)} \cdot L_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot b_{jk}^{(M)} \cdot L_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} + N_k^{(M)})} \quad (5)$$

ここで

N_{jk} : タイプ j の治癒を受けた年齢層 k の年間の患者数

N_k : 年齢層 k の人口

W_{jk} : タイプ j の治療を受けた年齢層 k の患者の相対子供期待率

W_k : 年齢層 k の人口の相対子供期待率

d_{jk} : タイプ j の治療を受けた年齢層 k の患者の生殖腺線量

b_{jk} : タイプ j の治療を受けた年齢層 k の患者の骨髓線量

L_{jk} : タイプ j の治療を受けた年齢層 k の患者の白血病有意率

1978年における相対子供期待率および白血病有意率について前に報告したビーム治療¹⁾の場合と同一である。また、種々の悪性腫瘍の5年生存率も前報¹⁾に示したものを使用した。

Table 5 に式 (3)~(5)を用いて算出した GSD, CMD および LSD を性別、年齢群別に示す。また、Table 6 に性別、線源別の GSD, CMD および LSD を示す。

5. 考 察

密封小線治療は男性では舌癌など頸部の癌、女性では子宮癌の治療のために行われている。全治療回数、25,300回の約86%は子宮癌の治療であり、そのうち25%は ^{60}Co を線源としたリモートアフターローダーによるものであった。年齢別にみても45歳以上の女性に対する治療が、21,370回

Table 5 Population doses by sex and age group.

Age group	Genetically significant dose 10 ⁻³ mrad per person per year		per Caput mean bone marrow dose mrad per year		Leukemia significant dose mrad per person per yer	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
0—14	0	0.097	0	0.000	0	0.000
15—29	0	1.097	0	0.092	0	0.022
30—44	0.290	0.001	0.019	1.191	0.011	0.246
45—	0.004	0	0.363	13.95	0.091	2.232
Subtotal	0.294	1.195	0.382	15.233	0.102	2.500
Total	1.489		15.615		2.602	

Table 6 Population doses by sex and type of radiation source.

Type of source	Genetically significant dose 10 ⁻³ mrad per person per year		per Caput mean bone marrow dose mrad per year		Leukemia significant dose mrad per person per year	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
²²⁶ Ra	0.292	1.192	0.101	6.960	0.022	1.157
⁶⁰ Co	0.000	0	0.015	5.041	0.004	0.800
¹³⁷ Cs	0	0.003	0.011	3.232	0.003	0.543
⁹⁰ Sr	0	0	0	0	0	0
¹⁹⁸ Au	0.002	0	0.255	0	0.073	0
Subtotal	0.294	1.195	0.382	15.233	0.102	2.500
Total	1.489		15.615		2.602	

で全体の85%を占めている。若年層では血管腫の治療に ²²⁶Ra が用いられていた。

²²²Rn に代って、¹⁹⁸Au シードが240回使用されていた。男女別では全体の7%が男性、97%が女性患者に用いられていた。1971年の調査³⁾と比較して、治療回数は約50,000回から25,300回に半減した。これは密封小線源治療以外の方法が普及したためと思われる。これは、ビーム治療回数が1971年から8年間に増減がなかったことと合わせて興味がある。密封小線源治療では子供期待率がゼロの子宮癌患者が大部分を占め、また5年生存率の低い患者も多いため、生殖線量は大きいGSDは小さくなる。今回の調査では14歳以下の治療が少なかったため、この年齢層のGSDは年あたり1人あたり約0.1μradであった。全体としても1.5μradで、その2/3は女性によるものであった。

CMDは全体で年あたり15.6mradであり、その90%は45歳以上の女性の子宮癌の治療によるも

のであった。男性は全体のわずか2.4%を占めているにすぎない。LSDは5年生存率の低いことに起因して小さくなり、CMDの約17%であった。

線源別では、²²⁶Raによる女性患者の治療がGSD、CMDおよびLSDのそれぞれ80%、45%および44%を占めている。男性では¹⁹⁸AuによるCMDが男性全体の66%になっている。

ビーム治療¹⁾と比較するとTable 7の如く、治療回数では密封小線源治療はビーム治療の1.4%にすぎないが、GSDでは2.3%、CMDでは10%、LSDでは11%であった。密封小線源治療では体腔内などに線源を挿入するため、ビーム治療のようにコリメータなどで局所的に照射することができない。そのため、生殖腺および骨髓線量が大きくなり、治療回数の少ないわりにはCMDやLSDが大きくなっている。

1971年の調査³⁾と比較すると1978年では治療回数は1/2となったが、GSDは1/10、CMDは約2/5、LSDは1/3になった。回数の減少に比較して国民

Table 7 Comparison of frequency of treatments and population doses between beam therapy and brachytherapy.

Type of therapy	Frequency of treatments	Population dose (mrad per person per year)		
		GSD*	CMD**	LSD***
Beam therapy	1,775,000	0.066	152	23
Brachytherapy	25,260	0.0015	15.6	2.6

線量の減少が大きいのは、密封小線源治療の対象が主として子宮癌の治療であり、前回にみられた若年層の腹部血管腫の治療が激減したことが最大の原因である。

6. 結 語

1978年における密封小線源治療について実態調査を行い、国民線量を推定した結果、次のように結論した。

(1) 日本で1年間に行われた密封小線源治療の回数は男性で約1,900, 女性で23,400の計25,300回で、1971年調査の約半数であった。1978年の調査では全体の約85%が子宮癌の治療に用いられていた。

(2) 遺伝有意線量は年、1人あたり男性で0.3, 女性で1.2の計1.5 μ radであった。

(3) 平均骨髓線量は年、1人あたり男性で0.4, 女性で15.2の計15.6mradであった。

(4) 白血病有意線量は年、1人あたり男性で0.10, 女性で2.5の計2.6mradであった。

(5) リモートアフターローダーが普及しており、子宮癌の治療に用いられている。これによる治療回数は全体の25%に相当する6,400回であった。

稿を終るにあたり、実態調査に御協力下さった放射線科の諸先生方に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 橋詰 雅, 松沢秀夫, 丸山隆司, 河内清光, 館野之男: 遠隔放射線治療による国民線量の推定, 第1報. 治療照射回数, 照射門数 および患者数について. 日本医会誌, 40: 52—61, 1980
- 2) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Yamaguchi, H. and Nishizawa, K.: Genetically significant dose from beam therapy in Japan, 1971, Health Phys. 26: 449, 1974
- 3) 橋詰 雅, 丸山隆司, 西沢かな枝, 福久健二郎: 密封小線源の医学利用による国民線量の推定. 日本放医会誌, 35: 1022—1031, 1975
- 4) 科学技術庁 原子力局 編: 放射性同位元素等使用事業所等一覧表, 1977
- 5) Berger, M.J.: Energy deposition in water by photons from point isotropic sources. MIRD, J. Nucl. Med./Supplement No. 1: 17—25, 1968
- 6) Snyder, W.S., Ford, M.R., Warner, G.G. and Fisher, H.L. Jr.: Estimates of absorbed fractions for monoenergetic photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom. MIRD, J. Nucl. Med./Supplement No. 3: 7—52, 1969
- 7) 厚生統計協会: 国民の動向・厚生指標・特集, 25: 41—45, 1978
- 8) Brownell, G.L., Ellett, W.H. and Reddy, A.R.: Absorbed fractions for photon dosimetry. MIRD, J. Nucl. Med./Supplement No. 1: 29—39, 1968