

SALIVARY GLAND DOSES FROM DENTAL RADIOGRAPHIC
EXPOSURES

歯科 X 線検査による唾液腺の被曝線量

MASAHARU HOSHI, Ph.D. 星 正治
TAKURO WADA, D.M.D. 和田卓郎
SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. 安徳重敏
KAZUO KATO, M.S. 加藤一生
WALTER J. RUSSELL, M.D., D.M.Sc.



RADIATION EFFECTS RESEARCH FOUNDATION
財団法人 放射線影響研究所

A cooperative Japan - United States Research Organization
日米共同研究機関

ACKNOWLEDGMENT

謝 辞

The authors are grateful to the Department of Oral Radiology, School of Dentistry, Hiroshima University for authorizing the use of dental radiographic units in this series of dosimetry studies. They thank Helen Q. Woodard, Ph.D. for reviewing the manuscript and for her criticisms and suggestions. The technical assistance of Masayoshi Mizuno, RT, Shoji Nishio, RT, and Tadashi Sunayashiki, RT throughout this study is greatly appreciated, and the assistance of Mrs. Grace Masumoto in preparing the manuscript is deeply appreciated. We are grateful for the grant-in-aid provided by the J. Morita Corporation which greatly facilitated the completion of this study.

この一連の線量測定調査を実施するにあたり、歯科X線装置の使用を許していただいた広島大学歯学部歯科放射線学教室の関係者各位に感謝する。本報作成に際し原稿の校閲、御批評並びに御意見を賜ったDr. Helen Q. Woodardに謝意を表す。本研究の実施に技術的援助をいただいた水野正義、西尾正二及び砂屋敷 忠の放射線技師の方々、また本報告書の作成に御協力いただいた舩本幸江氏に深謝する。最後に本研究の完結にあたり、補助金を提供されたモリタ製作所(株)に対し感謝の意を表す。

RERF TECHNICAL REPORT SERIES

放影研業績報告書集

The RERF Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, and advisory groups. The Technical Report Series is not intended to supplant regular journal publication.

放影研業績報告書は、日米専門職員、顧問、諮問機関の要求に応えるための日英両語による公式報告記録である。業績報告書は通例の誌上发表論文に代わるものではない。

The Radiation Effects Research Foundation (formerly ABCC) was established in April 1975 as a private nonprofit Japanese Foundation, supported equally by the Government of Japan through the Ministry of Health and Welfare, and the Government of the United States through the National Academy of Sciences under contract with the Department of Energy.

放射線影響研究所(元ABCC)は、昭和50年4月1日に公益法人として発足したもので、その経費は日米両政府の平等分担により、日本は厚生省の補助金、米国はエネルギー省との契約に基づく米国学士院の補助金とをもって運営されている。

SALIVARY GLAND DOSES FROM DENTAL RADIOGRAPHIC EXPOSURES

歯科 X 線検査による唾液腺の被曝線量

MASAHARU HOSHI, Ph.D. (星 正治)*; TAKURO WADA, D.M.D. (和田卓郎)**;
 SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. (安徳重敏)***; KAZUO KATO, M.S. (加藤一生)*;
 WALTER J. RUSSELL, M.D., D.M.Sc.

Division of Radiology, Department of Clinical Studies

臨床研究部放射線科

SUMMARY

Salivary gland doses incurred during dental radiography were measured by phantom dosimetry, and these dose data and data obtained during a two-week survey of Hiroshima and Nagasaki dental hospitals and clinics were used to estimate the respective doses to members of the populations of the two cities. The results obtained were used to supplement previously determined doses to the thyroid gland, lens, and pituitary gland from dental radiography. No significant differences in doses were observed by age, sex or city. Doses to the salivary glands during dental radiography are probably not sufficiently large to cause bias in assessments of atomic bomb survivors for late radiation effects. However, the steadily increasing use of dental radiography underscores the need for continued monitoring of dental radiography doses in the interests of these assessments.

INTRODUCTION

Doses incurred during dental radiographic exposures in Hiroshima and Nagasaki have been reported by Kihara et al.^{1,2} and Antoku et al.^{3,4} Those reported doses were to the bone marrow, lens, pituitary gland, thyroid gland, and skin.

要約

歯科 X 線検査による唾液腺の被曝線量をファントム実験により測定した。これらの線量値と広島・長崎の歯科病医院での 2 週間の調査資料から両市の市民の線量が推定された。得られた線量は、以前に決定されている歯科 X 線検査による甲状腺、水晶体、脳下垂体の線量を補足するために利用された。線量値には、年齢、性、並びに都市による有意差はみられなかった。歯科 X 線検査による唾液腺線量は、恐らく原爆被爆者の後障害の評価に偏りを生じるほど大きくはなかった。しかしながら、歯科 X 線検査が着実に増加していることは、原爆後障害などの評価に、これらの X 線検査による被曝線量を引き続き監視することの必要性を強調するものである。

緒言

広島・長崎での歯科 X 線検査による線量については、木原ら^{1,2}及び安徳ら^{3,4}によって報告されている。報告された線量は、骨髄、水晶体、脳下垂体、甲状腺及び皮膚についてのものであった。

**Visiting Research Associate, Division of Radiology, RERF; Department of Radiation Biology, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University*

広島大学原爆放射能医学研究所障害基礎研究部門，放影研放射線科来所研究員

***Professor and Chairman, Department of Oral Radiology, Hiroshima University School of Dentistry*

広島大学歯学部歯科放射線学教室

****Consultant, RERF Division of Radiology; Department of Experimental Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University*

放影研放射線科顧問，九州大学医学部放射線基礎医学教室

The late effects of A-bomb radiation on the salivary glands of survivors were reported by Belsky et al^{5,6} and Takeichi et al⁷ who observed relatively high rates of tumor induction and a highly significant correlation between A-bomb radiation doses and the rates of induction of histologically proven malignant tumors, but no such correlation was observed for benign tumors. The risk factors for the incidence of salivary gland tumors induced by ionizing radiation were estimated in the UNSCEAR⁸ and BEIR reports.⁹

To provide dose data for dental radiographic exposures relative to late radiation effects, the dosimetry in the present study was performed to supplement doses previously obtained.¹⁻⁴ Doses obtained in the present study will be used with doses from other sources to estimate the overall exposure of A-bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki.

MATERIALS AND METHODS

The populations surveyed, frequencies of examinations, types of examinations, technical factors used during dental radiographic exposures, and doses to radiosensitive organs other than the salivary glands have been reported elsewhere.^{2,4}

Phantom Dosimetry

A conventional dental radiographic unit (Asahi Dental Manufacturing Company, Type PX 90), rated at 60 kVp and 10 mA, with 0.5 mm aluminum filtration was used for intraoral radiography. Four orthopantomography units (Siemens Type OP-2, Siemens Type OP-3, Asahi Dental Manufacturing Company Type 100-20 RCM, and Morita Manufacturing Company Veraview) were used to perform the dosimetry for orthopantomography.

The window of the X-ray tube of the conventional dental apparatus was fixed in size; therefore, two focus-surface distances (FSD) 23.3 and 33.3 cm, were used to approximate two field sizes, 7 and 10 cm in diameter at the skin surface, respectively. From these distances, the doses obtained were corrected to 15.5 cm according to the law of the inverse square of the distance. This was the distance most frequently used in the community dental institutions.

Positioning for the projections used during the phantom dosimetry was performed by two dentists and one dental radiologic technician. Each experi-

被爆者の唾液腺に対する原爆放射線被曝の後影響については、Belsky ら^{5,6} 及び武市ら⁷ は、腫瘍誘発率が比較的高いことを報告するとともに、原爆放射線被曝線量と腫瘍誘発率との極めて有意な相関が、組織学的に確認された悪性腫瘍について認められたが、良性腫瘍については認められなかったと報告している。電離放射線によって誘発される唾液腺腫瘍の発生率に関与するリスク係数についての推定は、UNSCEAR⁸ 及び BEIR 報告書⁹ に記述されている。

今回の線量測定調査の目的は、以前に求められた被曝線量¹⁻⁴ を補足し、放射線後影響との関係を検討するために、歯科X線検査による被曝線量データを提供することである。本研究で得られた線量と、他の線源による線量とを合計して、広島・長崎の原爆被爆者の総被曝線量を推定する。

材料及び方法

調査集団、検査頻度、検査方法、歯科X線検査実施時の照射条件及び唾液腺以外の放射線感受性を有する臓器に対する線量については、別に報告がある。^{2,4}

ファントムによる線量測定

口内X線検査には、通常の歯科X線装置（アサヒ製作所製 PX 90 型）60 kVp, 10 mA, アルミニウム・フィルター 0.5mm を用いた。Orthopantomography の線量測定には、4 台の orthopantomography 装置（Siemens 社製 OP-2 及び OP-3 型、アサヒ製作所製 100-20 RCM 型並びにモリタ製作所製 Veraview 型）を用いた。

通常の歯科検査装置のX線管の放射口の大きさは一定である。したがって、23.3 cm 及び 33.3 cm の二つの焦点-表面距離 (FSD) を用いて、皮膚表面での照射野の直径がそれぞれおよそ 7 cm と 10 cm になるようにした。線量が距離の 2 乗に反比例するという法則に基づいて、これらの距離で求められた線量値を 15.5 cm の距離に補正した。この距離は、地域における歯科医療施設で最も頻繁に用いられているものである。

ファントム線量測定時の照射方向の決定は、歯科医 2 名と歯科放射線技師 1 名によって行われた。実験は

mental procedure was repeated at least three times, and the resulting doses were averaged.

A thermoluminescent dosimeter (TLD) system (Harshaw Model 2000-TL Analyzer) and magnesium silicate TL-detectors (MSO-S, Kasei Optimix Ltd) in glass capsules, 2 mm in diameter and 1 cm in length, were used. To correlate the TLD readings with exposures in mR, a Shonka-Wyckoff ionization chamber (Exradin Type A2) was used with an electrometer (Keithley Model 602). This chamber was calibrated at the Regional Calibration Laboratory, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York. Standard deviations of current readings of TL-detectors ranged from 0.1%-4.3% with an average of 1.8%. The errors in phantom dosimetry depended mainly on the variation of X-ray output of the apparatus used. The TLDs were calibrated by irradiating them and the chamber simultaneously. The chamber was half-submerged in a central depression in a 17×11×15-cm block-shaped Mix-D phantom. Exposures in R were converted to absorbed doses in mGy using a conversion factor of 0.089 mGy/R.

The head and neck portions of a Rando phantom (Alderson Research Laboratories) were altered. Cavities were made in them to accommodate TL-detectors at the sites of the right and left parotid glands, right and left submaxillary glands, the sublingual gland, and the skin at the centers of the respective exposure fields. For orthopantomography, doses were measured at five sites on the skin; over the right and left molars, the lip, and on the neck, anteriorly and posteriorly.

RESULTS

Phantom Dosimetry

Tables 1 and 2 show doses to the salivary glands and skin according to the teeth examined using the beam diameters, 10 and 7 cm, respectively. For the parotid and submaxillary glands, two each left and right side doses were averaged, and these are shown in the tables. The doses to the parotid glands, excluding maxillary molar examinations, were less than those to the other salivary glands because the former are not as close to the teeth examined as the latter. However, relatively large differences in doses to the parotid gland, by factors of 8 to 11, were observed among the examinations of the mandibular incisors and maxillary molars. These were due to the differences in doses incurred inside and outside the direct radiation beams.

それぞれ少なくとも3回反復実施し、得られた結果の平均を求めた。

熱ルミネッセンス線量計 (TLD) システム (Harshaw 社製 2000 型 TL 分析器) と、直径 2mm、長さ 1 cm のガラス製カプセル入り珪酸マグネシウム TL 素子 (Kasei Optimix 社製 MSO-S) を用いた。TLD 測定値と mR 単位の線量との関係は、Shonka-Wyckoff 電離箱 (Exradin A 2 型) と電位計 (Keithley 602 型) を用いて求めた。電離箱の校正は、New York 市の Sloan-Kettering 記念癌センターの地区測定基準校正試験室で行った。TL 素子の電流測定値の標準偏差は、0.1% から 4.3% の範囲にあり、平均値は 1.8% であった。ファントム線量測定の見積りは、主として使用する装置の X 線出力の変動に左右された。TLD と電離箱を同時に照射して TLD の校正を行った。電離箱は、17×11×15 cm の Mix-D ブロックファントムの中央に設けた凹みに半分埋めて使用した。R 単位の被曝線量は、換算係数 0.089 mGy/R を用いて、mGy 単位の吸収線量に換算した。

Rando ファントム (Alderson 研究所製) の頭部と頸部は、改造して使用した。つまり、左右の耳下腺、左右の顎下腺、舌下腺及び照射野の中心部位の皮膚に穴をあけ、TL 素子が収まるようにした。Orthopantomography については、皮膚上の 5 部位で線量を測定した。つまり、両側大臼歯、口唇及び頸部の前面と後面である。

結果

ファントムを用いた線量測定

直径 10 cm 及び 7 cm の照射野を用いた場合の唾液腺と皮膚線量を歯の検査別に表 1、2 に示す。耳下腺と顎下腺については、左右それぞれ二つの線量値の平均を求めて表に示した。上顎大臼歯検査を除けば耳下腺の線量は他の唾液腺の線量に比べて低かった。これは耳下腺が他の唾液腺ほど検査の対象となる歯に近接していないためである。しかし、下顎切歯の検査、また上顎大臼歯の検査の間で、耳下腺の線量に 8 ないし 10 倍の比較的大きな差が認められた。この差は、照射野の内にあるか又は外にあるかによる被曝線量の違いに起因する。

TABLE 1 SALIVARY GLAND AND SKIN DOSES BY TEETH EXAMINED (mGy/mAs)

表1 検査歯別の唾液腺及び皮膚線量 (mGy/mAs)

Site	Incisors		Cuspids		Premolars		Molars	
	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.
Parotid	0.0122	0.21	0.013	0.032	0.036	0.034	0.43	0.11
Submaxillary	0.084	1.27	0.20	1.11	0.32	1.09	0.41	1.29
Sublingual	0.12	1.40	0.18	1.45	0.29	1.20	0.21	0.99
Skin	2.96	2.92	2.73	2.76	2.64	2.87	2.58	2.69

Dental radiographic apparatus: Asahi PX-90 (Full-wave rectification).

歯科X線装置: Asahi PX-90 (全波整流)

Doses were corrected from 33.3 cm to 15.5 cm FSD.

線量は FSD 33.3 cm から 15.5 cm へ補正

0.5 mmAl added filtration, 60 kVp, beam diameter: 10cm

0.5 mm厚アルミニウム附加フィルター, 60 kVp, 照射野: 10 cm

TABLE 2 SALIVARY GLAND AND SKIN DOSES BY TEETH EXAMINED (mGy/mAs)

表2 検査歯別の唾液腺及び皮膚線量 (mGy/mAs)

Site	Incisors		Cuspids		Premolars		Molars	
	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.	Maxill.	Mandib.
Parotid	0.005	0.020	0.005	0.016	0.015	0.016	0.063	0.041
Submaxillary	0.054	0.34	0.11	0.32	0.11	0.86	0.41	1.17
Sublingual	0.084	1.33	0.12	1.31	0.22	1.18	0.20	1.02
Skin	2.87	2.74	2.46	2.53	2.74	2.71	3.14	3.05

Dental radiographic apparatus: Asahi PX-90 (Full-wave rectification).

歯科X線装置: Asahi PX-90 (全波整流)

Doses were corrected from 23.3 cm to 15.5 cm FSD.

線量は FSD 23.3 cm から 15.5 cm へ補正

0.5 mmAl added filtration, 60 kVp, beam diameter: 7cm

0.5 mm厚アルミニウム附加フィルター, 60 kVp, 照射野: 7 cm

Doses incurred during exposures by the four orthopantomography apparatus are shown in Table 3. Unlike with conventional oral radiography, these doses to the parotid glands were greater than those to the other salivary glands because the parotid glands are located near the center of the transverse rotation of the orthopantomography apparatus. According to apparatus, there were wide variations in doses, for which possible explanations may lie in the FSDs, field sizes, and milliamperages. Similar variations in doses by apparatus were reported by Wall et al.¹⁰

4台の orthopantomography 装置を使った検査による被曝線量を表3に示す。通常の口内X線検査と異なり、orthopantomography 装置による耳下腺の線量は、ほかの唾液腺の線量に比べて高かった。この理由は耳下腺がこの検査装置の水平回転面の中心近くに位置するためである。装置によっては、線量に大きな差がみられ、その原因はFSD、照射野あるいはミリアンペアにあるかもしれない。装置の種類による同様の線量値の差は、Wallら¹⁰によって報告されている。

TABLE 3 SALIVARY GLAND AND SKIN DOSES DURING ORTHOPANTOMOGRAPHY (mGy/mAs)

表3 Orthopantomography による唾液腺線量及び皮膚線量 (mGy/mAs)

Site	Asahi, Panoramax 100-20 RCM 180 mAs	Siemens, Type OP-2 150 mAs	Siemens, Type OP-3 165 mAs	Morita Veraview 120 mAs
Parotid	0.016	0.019	0.020	0.011
Submaxillary	0.0048	0.0075	0.0056	0.0019
Sublingual	0.0040	0.0097	0.0057	0.0016
Skin				
Molar	0.0014	0.0022	0.0016	0.0006
Lip	0.0004	0.0005	0.0004	0.0001
Neck, posterior	0.0066	0.012	0.0094	0.0030
Neck, anterior	0.0026	0.0024	0.0026	0.0010

mAs is normally used for the apparatus. For example, the dose for parotid gland is 2.88 mGy/examination for Asahi, Panoramax.

mAs は当該装置で通常使用されている値を示す。例えば、Asahi, Panoramax を用いて検査した場合耳下腺線量は2.88 mGy/検査である。

Application of Dose Tables to the Hiroshima and Nagasaki Populations

Salivary gland and skin doses were calculated for the Hiroshima and Nagasaki populations by teeth examined, and by age and city, based on data obtained during a previous hospital and clinic survey,² and the phantom dosimetry in the present study. Results obtained are shown in Tables 4 and 5. There were no statistically significant differences in doses by city or age.

広島・長崎対象集団への線量表の適用

以前に行われた病医院調査²及び本研究でのファントム線量測定に基づき、広島・長崎の対象集団について唾液腺線量及び皮膚線量を、検査した歯、年齢及び都市別に計算した。得られた結果を表4、5に示す。線量には、都市あるいは年齢別に統計的有意差は認められなかった。

TABLE 4 AVERAGE SALIVARY GLAND DOSES PER EXAMINATION, BY AGE AND CITY DURING INTRAORAL AND FULL-MOUTH RADIOGRAPHY (Unit: mGy/examination)

表4 年齢、都市別の口内及び全顎X線検査による1検査当たりの唾液腺平均線量(単位: mGy/検査)

City	Age (years)						Total	Exp/Exam No.
	13-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70+		
Intraoral								
Hiroshima	2.25 (2.50)*	2.34 (2.59)	2.08 (2.30)	1.89 (2.51)	2.59 (3.46)	2.67 (2.88)	2.22 (2.55)	1.44
Nagasaki	2.25 (2.90)	1.87 (2.23)	1.76 (2.21)	1.67 (2.08)	2.08 (2.17)	1.74 (1.78)	1.95 (2.45)	1.38
Total	2.25 (2.61)	2.19 (2.49)	1.98 (2.30)	1.82 (2.38)	2.44 (3.13)	2.40 (2.64)	2.14 (2.53)	1.42
Full-mouth								
Hiroshima	11.66 (6.38)	12.73 (7.32)	12.92 (5.76)	12.39 (7.50)	14.19 (4.97)	6.04 (1.93)	12.30 (6.56)	9.1
Nagasaki	11.23 (4.02)	13.06 (4.00)	9.33 (6.68)	9.27 (1.70)	11.89 (7.89)	-	11.04 (4.64)	10.0
Total	11.54 (5.84)	12.80 (6.75)	12.10 (6.09)	11.67 (6.72)	13.77 (5.19)	6.04 (1.93)	12.02 (6.18)	9.3

*Standard deviation 標準偏差

TABLE 5 AVERAGE SKIN DOSES PER EXAMINATION, BY AGE AND CITY DURING INTRAORAL AND FULL-MOUTH RADIOGRAPHY (Unit: mGy/examination)

表5 年齢、都市別の口内及び全顎X線検査による1検査当たりの皮膚平均線量(単位: mGy/検査)

City	Age (years)						Total	Exp/Exam No.
	13-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70+		
Intraoral								
Hiroshima	15.3 (14.1)*	15.9 (15.0)	14.3 (14.0)	13.8 (14.4)	18.7 (23.8)	15.4 (16.3)	15.2 (15.1)	1.44
Nagasaki	14.7 (16.2)	12.4 (10.8)	13.7 (15.0)	11.8 (12.4)	16.1 (16.2)	12.4 (8.9)	13.6 (14.2)	1.38
Total	15.2 (14.7)	14.8 (13.9)	14.1 (14.3)	13.2 (13.8)	17.9 (21.8)	14.5 (14.6)	14.7 (14.9)	1.42
Full-mouth								
Hiroshima	82.1 (46.0)	85.9 (49.8)	91.2 (42.8)	88.3 (46.8)	95.9 (41.4)	39.5 (9.3)	85.6 (45.9)	9.1
Nagasaki	76.4 (20.5)	106.2 (67.3)	59.9 (31.0)	61.2 (8.2)	69.4 (31.2)	-	77.5 (39.8)	10.0
Total	80.6 (40.8)	90.0 (53.7)	84.1 (42.2)	82.0 (42.6)	91.1 (39.8)	39.5 (9.30)	83.8 (44.6)	9.3

*Standard deviation 標準偏差

Doses from orthopantomography are not shown. Their contribution to overall doses was much less than were those from intraoral and full-mouth radiography because of their low examination frequency in the present study.

DISCUSSION

The salivary gland doses measured in the present study were greater than those reported for other organs, such as the lens, pituitary gland, and thyroid gland, since the salivary glands are located closer to the teeth examined and are often exposed inside the direct radiation beam. Skin doses at the centers of the exposure fields were similar to those previously determined.⁵

Very few reports of salivary gland doses from dental radiography have been published.¹⁰⁻¹² According to Wall et al¹⁰ doses to the parotid gland were 0.03 mGy per exposure, an average from a full-mouth examination, and they ranged from 0.45 to 2.8 mGy using seven orthopantomography apparatuses made by different manufacturers. The corresponding values in this study were 0.04 mGy for small beam sizes (Table 2) and from 1.3 to 3.3 mGy for four of the different orthopantomography units, respectively. Iwai¹² reported 0.03 mGy

Orthopantomography による線量は示されていない。本研究では orthopantomography 検査頻度が低かったため、総線量に対するこの検査による線量の割合は、口内及び全顎X線検査による線量に比べかなり低かった。

考 察

本研究で測定した唾液腺線量は、唾液腺が検査された歯の近くに位置し、また照射野内で直接被曝することが多いため、他の臓器、例えば水晶体、脳下垂体又は甲状腺について報告されている線量に比べ高かった。照射野の中心部での皮膚線量は、以前に決定された線量⁵と類似していた。

歯科X線検査による唾液腺線量についての報告は少ない。¹⁰⁻¹² Wallら¹⁰によれば、全顎検査での1照射当たりの耳下腺平均線量は0.03 mGyで、製作会社の異なる7台の orthopantomography 装置では0.45から2.8 mGyの範囲であった。本研究でのこれらに対応する値は、それぞれ小さい方の照射野については0.04 mGy(表2)、また使用した4台の異なる orthopantomography 装置については1.3から3.3 mGyの範囲であった。岩井¹²は、口内X線検査による耳下

to the parotid gland per exposure during intraoral radiography. Doses due to the parotid gland depend strongly on beam size, as mentioned above. In general, doses obtained in the present study were comparable to those previously reported by other investigators.^{10,12}

The salivary glands are important radiation exposure sites because they receive relatively high doses during dental radiography. The reported contribution of salivary gland doses to the total risk from dental radiography was the highest among all organs exposed.^{11,12} According to the BEIR report,⁹ the induction rate for both benign and malignant tumors of the salivary glands is perhaps no more than 10 cases per million exposed children per rad during a 20-year follow-up period. This rate would be expected to increase over a longer observation period, but considering exposures during adult life, this risk may decrease. Assuming 10 excess cases per rad per million during such a 20-year period, the risk factor for the salivary glands was calculated to be 0.5 cases per rad per million person-years. By applying the dose levels of Hiroshima and Nagasaki to nationwide rates, approximately eight cases of benign and malignant tumors would be attributable to dental radiography; this would be about 2% of approximately 360 cases for the total incidence of salivary gland tumors in Japan.¹³ Belsky et al^{5,6} reported that the rate of malignant salivary gland tumors induced by A-bomb radiation in A-bomb survivors. The 15-year survival rate of patients with malignant salivary gland tumors was reported to be 70%. These considerations lead to the conclusion that fatal salivary gland tumors caused by dental radiography must be very few, and that doses to the salivary glands during dental radiography are not now sufficiently high to cause bias in the assessments of late radiation effects among A-bomb survivors.

However, the frequency of dental radiographic examinations in Japan is steadily increasing. Continuing improvements in techniques and factors of exposure, such as the use of relatively high speed radiographic films, are needed to reduce patient's doses. In the United States, more than 80% of dentists were using D-speed film¹⁴; whereas less than 30% were using D film in Japan.¹⁵ The tube voltages being used in Hiroshima and Nagasaki in the majority of cases was 60 kVp. Among

腺線量は1照射当たり0.03 mGy と報告している。既に述べたように、耳下腺線量は照射野の大きさに大きく左右される。全体的に、本研究で得られた線量は、他の研究者によって報告されたもの^{10,12}とほぼ同様の値を示した。

唾液腺は歯科X線検査時に比較的高線量を受けるため、重要な放射線被曝部位である。これまでの報告によれば、^{11,12} 歯科X線検査による総リスクに対する唾液腺線量の寄与は、すべての被曝臓器のなかで最も高い。BEIR 報告書⁹によれば、唾液腺の良性及び悪性を含めた腫瘍の誘発率は、20年間に及ぶ追跡調査期間を通じ1 rad 当たり被曝小児100万人につき恐らく10例に満たないとしている。もっと長期間にわたり観察を続ければ、この数値は上昇するものと考えられるが、成人後の被曝を考えれば、このリスクが減少する可能性もある。このように、20年間で1 rad 当たり100万人につき10例認められると仮定すれば、唾液腺のリスク係数は、1 rad 当たり100万人年につき0.5例と計算される。広島・長崎の線量レベルを日本全国の発生率に適用すれば、約8例の良性及び悪性腫瘍が歯科X線検査に起因することになる。これは、日本における唾液腺腫瘍発生総数およそ360例¹³の約2%に当たる。Belsky ら^{5,6}の報告によれば、原爆被曝者における原爆放射線誘発唾液腺腫瘍総数の約30%は悪性唾液腺腫瘍である。悪性唾液腺腫瘍例の15年生存率は70%と報告されている。以上を考えると、歯科X線検査による致死性唾液腺腫瘍は極めて少なく、同検査による唾液腺線量は、現在のところ原爆被曝者における放射線後影響を評価する際に偏りを生じるほど高いものではないとの結論に達した。

しかし、日本での歯科X線検査の頻度は着実に増加しつつある。被検者の被曝線量を減少させるためにも、比較的高感度のX線フィルムを使用するなど、照射技術や照射条件の改善に向かって努力を続ける必要がある。米国では80%以上の歯科医がD-speedフィルムを使用しているのに対し、¹⁴日本では30%以下である。¹⁵ 広島・長崎で用いられている管電圧はほとんど60 kVp

the relatively radiosensitive organs located near the teeth, the pituitary gland received higher doses by the use of higher kVp, but the thyroid gland, lens, and skin received much lower dose by the use of higher kVp. The data were published elsewhere.^{16,17} The use of high-speed film, higher kVp, and the smallest practical field sizes is strongly recommended.

である。歯の近くに位置する比較的放射線感受性の高い臓器のなかでは、高kVpの場合、脳下垂体が高線量を受けるが、甲状腺、水晶体又は皮膚への線量はかなり低い。そのデータは別に報告した。^{16, 17} 高感度フィルムや高kVpの使用、及び実用範囲でできるだけ照射野を小さくすることが推奨される。

REFERENCES

参考文献

1. KIHARA T, ANTOKU S, FUJITA S, BEACH DR, RUSSELL WJ, MIZUNO M, NISHIO S: Technical factors in dental radiography in Hiroshima and Nagasaki. *J Am Dent Assoc* 88:367-77, 1974 (ABCC TRs 5-72, 6-72, 24-72)
2. KIHARA T, SAWADA S, ANTOKU S, TAKESHITA K, RUSSELL WJ, OTAKE M, YOSHINAGA H, BEACH DR: Survey of dental radiology among RERF, Hiroshima and Nagasaki populations. RERF TR 26-81
3. ANTOKU S, KIHARA T, RUSSELL WJ, BEACH DR: Doses to critical organs from dental radiography. *Oral Surg* 41:251-60, 1976 (ABCC TR 40-72)
4. ANTOKU S, HOSHI M, RUSSELL WJ: Dental radiography exposure of Hiroshima and Nagasaki populations. RERF TR 9-86
5. BELSKY JL, TACHIKAWA K, CIHAK RW, YAMAMOTO T: Salivary gland tumors in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1957 to 1970. *JAMA* 219:864-8, 1972 (ABCC TR 15-71)
6. BELSKY JL, TAKEICHI N, YAMAMOTO T, CIHAK RW, HIROSE F, EZAKI H, INOUE S, BLOT WJ: Salivary gland neoplasms following atomic radiation: Additional cases and reanalysis of combined data in a fixed population, 1957-1970. *Cancer* 35:555-9, 1975 (ABCC TR 23-72)
7. TAKEICHI N, HIROSE F, YAMAMOTO H: Salivary gland tumors in atomic bomb survivors, Hiroshima, Japan. I. Epidemiologic observations. *Cancer* 38:2462-8, 1976
8. UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Council on the Effects of Atomic Radiation 1977 Report to the General Assembly, with annexes. United Nations, 1977
9. BEIR: The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiations: 1980. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Washington, D.C., National Academy Press, 1980
10. WALL BF, FISHER ES, PAYNTER R, HUDSON A, BIRD PD: Doses to patients from pantomographic and conventional dental radiology. *Br J Radiol* 52:727-34, 1979
11. WALL BF, KENDALL GM: Collective doses and risks from dental radiology in Great Britain. *Br J Radiol* 56:511-6, 1983
12. IWAI K: Stochastic risk estimates from dental radiographic examinations in Japan, 1980. *Dent Radiol (Jpn)* 21:19-31, 1981

13. WATERHOUSE J, MUIR C, SHANMUGARATNAM K, POWELL J (eds): Cancer incidence in five continents. Volume IV. IARC Scientific Publications No. 42. International Agency for Research on Cancer, Lyon, 1982
14. KAUGARS GE, BROGA DW, COLLETT WK: Dental radiologic survey of Virginia and Florida. *Oral Surg* 60:225-9, 1985
15. KIHARA T, YOTSUI Y, HAYASHI Y, KAWASAKI Y, GAMO M, OKAMOTO T, MOROI E, IGUCHI T, NISHIZATO Y, KOSEKI Y: Current status of the radiation hygiene on dental radiography in Japan, 1984. Part 1. Hospital and clinic survey. *Oral Radiol (Jpn)* 2:1-8, 1986
16. ANTOKU S, RUSSELL WJ, BEACH DR, KIHARA T: Effect of controllable parameters on oral radiographs (I). *Quintess Int Dental Digest (Berlin)* 15:712-6, 1984 (RERF TR 10-80)
17. ANTOKU S, RUSSELL WJ, BEACH DR, KIHARA T: Effect of controllable parameters on oral radiographs (II). *Quintess Int Dental Digest (Berlin)* 15:231-3, 1984 (RERF TR 10-80)