

〔原 著〕

撮影実習時の臓器被曝線量の推定

高野 英明, 西 とも子, 川瀬 千景, 金子 昌幸

東日本学園大学歯学部歯科放射線学講座

(主任: 金子昌幸教授)

Estimating Organ Doses of Dental Students in Dental Radiographic Exercises

Hideaki TAKANO, Tomoko NISHI, Chikage KAWASE, Masayuki KANEKO

Department of Dental Radiology, School of Dentistry,
HIGASHI-NIPPON-GAKUEN UNIVERSITY

(Chief : Prof. Masayuki KANEKO)

Abstract

To estimate doses absorbed in organs of dental students in the exercises of dental radiography, we measured the average organ doses of the dental radiographic examinations and sent out questionnaires about the radiographic exposure of the dental students. We selected five organs in the head and neck regions : lens of the eye, parotid gland, submaxillary gland, thyroid and pituitary fossa. The dose determinations were made for the full mouth intra-oral radiography with 10 films, and panoramic radiography and cephalometric radiography.

Doses for all organs, except for the parotid gland, were widely distributed with one peak. The highest average dose per dental student was about $5000\mu\text{Gy}$ for the parotid gland, about $2900\mu\text{Gy}$ for the submaxillary gland, about $900\mu\text{Gy}$ for the lens of the eye, about $480\mu\text{Gy}$ for the thyroid and about $140\mu\text{Gy}$ for the pituitary fossa.

Dose limits for dental students in such exercises have not been yet established. But the organ doses, especially for the parotid gland, appear very high. To reduce exposure in the exercises and to protect the dental students from excess exposure, we need to reconsider the study of dental radiographic techniques.

受付: 平成元年3月29日

Key words :Dose Estimation, Organ Dose, Dental Student

1. はじめに

歯科学生にとって放射線科での撮影実習は、将来の診療と直結する診療技術習得のために重要なものである。特に歯科診療においては、歯科のみの「特殊な撮影法」すなわち「口内撮影法」の存在が撮影実習を必要不可欠なものとしている。口内撮影法においては、複雑な骨構造を有する口腔内にフィルムを挿入して撮影するため、X線管球焦点—被写体(歯牙など)—フィルムの位置関係が分かり難い。従って、模型撮影ばかりでなく実際にヒトを対象とした撮影を行うことでその技術を習得することが必要となるのである。しかし、放射線被曝を伴うこのような実習が、放射線防護上どの様な位置にあるかを考えてみる必要がある。

国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告26(1977)¹⁾によると放射線の人体への影響は(1)確率的影響と(2)非確率的影響に大別されている。このような放射線影響の分類の基に、ICRPでは放射線防護の目的を次のようにいっている。すなわち、放射線防護の目的とは、(1)放射線の非確率的影響を防止し、また確率的影響の起きる確率を容認できると思われるレベルにまで制限することと、(2)放射線被曝を伴う行為が確実に正当とされることである。この目的の達成のために「①正当化、②最適化、③線量制限」を柱とする線量制限体系が勧告されたのである。

医療においてはその目的からいってICRPの勧告する線量当量制限が適用されることは周知のことと思われる。しかし、医療技術習得のために学生が受ける被曝は医療被曝とはいえない。従って、歯科X線撮影実習時における学生の被曝が上記の線量制限体系に照らし合せたときに、容認できるものであるかを考えなければ

ならない。第一に、歯科学生にとって撮影実習が必要不可欠なものであることは先に述べた通りであり、被曝を伴うとしても口内撮影法技術習得のために行う撮影実習は正当なものであると考える。第二に、相互撮影実習を行う前に撮影手技のデモや、人形を用いた撮影実習を行うことにより基本的な撮影技術の習得をはかり、再撮の可能性を極力小さくしていることで最適化の要請は満たされていると思われる。しかし、第三の線量限度の観点からは問題は少々複雑である。すなわち、実習生間の相互撮影実習の場合、撮影による「被曝」というリスクを負うのは「撮影技術の習得」という利益を得る「術者」の学生でなく、「被験者」となる学生であるという点である。再撮がないような時には「術者」と「被験者」の利益とリスクは同等に分布すると考えられるが、再撮の繰り返しによる被曝線量の増加は「被験者」には受け入れられないほどの高いリスクをもたらすことになる。ICRPでは個々の具体的な放射線被曝を伴う行為を挙げて、それについて線量制限を勧告しているが、今回のような事例についてはまだ明らかな線量限度ではなく、このような場合には利益一損失や費用一効果解析からそれを求めることが必要となる。このような解析には、歯科X線撮影時の被曝線量と実習生の撮影実習時の被曝状況を調査することが必要である。

そこで我々は、今後の実習生の放射線防護を考える一助として、本学歯学部臨床実習生の撮影実習における被曝線量を調査したので以下に報告する。

2. 調査対象および実習方法

調査対象は本学歯学部第5学年の臨床実習生101名である。

本学歯学部歯科放射線学講座における臨床実

習では、DXTTR人形を使った撮影実習の後、実習生を2名1組として互いに撮影を行う相互撮影実習を組み入れている。撮影内容は、口内撮影法(10枚法)、パノラマX線撮影および頭部規格X線撮影(正面および左側面)であり、担当教官が全撮影について合否の判定をし、不合格のものについて再撮影を行うこととなっている。なお、その他の撮影法については隨時デモ

を行っている。相互撮影実習に用いたX線発生装置およびフィルム系は以下の示す通りであった。

- モリタ製歯科用X線装置 Max-D(D60-5型)
(Heliodent 製 X 線管球 56kVp, 7mA, 2 mmAl)
- Kodak Ultraspeed DF-57
- モリタ製歯科診療用X線装置 PANEX-EC

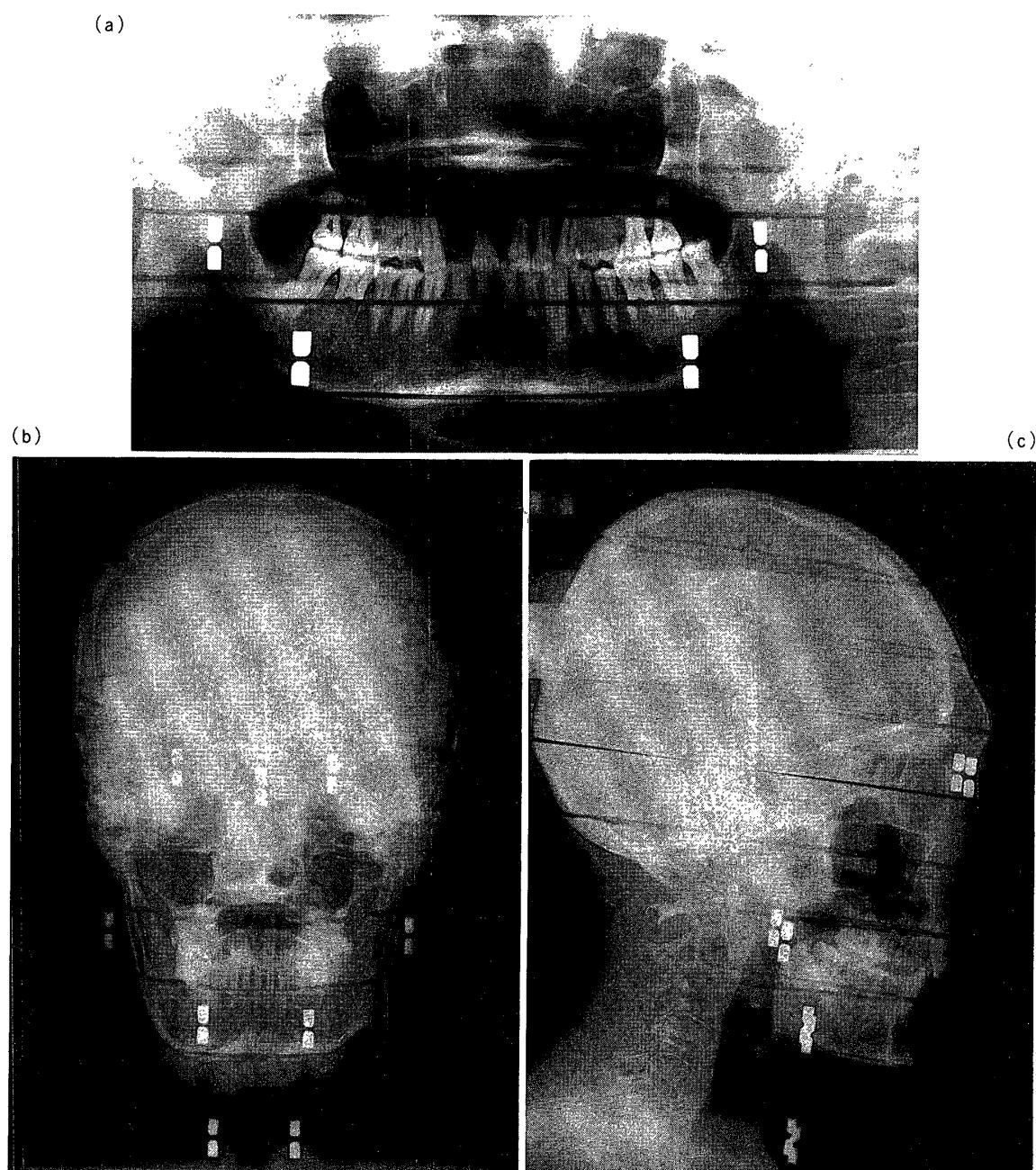


Figure 1 : Radiographs of RANDO Phantom ; (a) panoramic, (b) cephalometric (front [P-A]) and (c) cephalometric (side [L-R]) ones. Some pairs of radiopaque images in these radiographs show the positions of TLDs inserted in the phantom.

(90kVp, 10mA, 15sec, 総濾過 最小2mmAl)

KYOKKO PS-II, Kodak X-Omat RP film
XRP-5

○日立メディコ製同時2方向頭部規格X線撮影装置

(75kVp, 150mA, 固有濾過0.8mmAl, 付加濾過0.5mmAl+0.1mmCu)

Kodak Lanex Regular, Kodak Ortho G film

3. 被曝線量の測定法

各自の撮影内容については実習終了後、自分自身が被曝を受けた撮影の種類、部位、撮影回数（再撮を含む）および再撮のある場合にはその理由などをレポートとして提出することとした。

口内撮影法時の各撮影部位でのX線出力をVictreen社製RAD-CHECK線量計(model 06-525)を用いて測定した。この測定は開放端型コーン下約3cmに測定器を置いて測定したものである。個々の撮影の際に受ける被曝線量についてはAlderson社製男性ランドファントムを用い、これの水晶体、耳下腺、頸下腺、甲状腺および脳下垂体窩の相当部に熱蛍光線量計（化成オプトニクス社製 KYOKKO TLD MSO-S [エネルギー補償フィルターを併用]）を挿入して各撮影法により曝射して求めた。口内撮影法については左側片顎のみについて測定を行い、右側片顎についてはこれと対称であると仮定した。照射線量(R)から吸収線量(rad)への換算係数は0.92とし²⁾、これによりGy単位の吸収線量を求めた。Fig.1(a)-(c)にランドファントムにTLD素子を挿入した状態のパノラマX線写真及び頭部規格X線写真を示す。

4. 結 果

(1) 口内法撮影時のX線出力

口内撮影時の各撮影部位でのX線出力の測定

Table 1 : X-ray output at full mouth intra-oral radiography with 10 films.

	Incisor	Cuspid & Bicuspid	Molar
Upper jaw	2944	3772	4471
Lower jaw	1426	2420	2889 (μ Gy)

Table 2 : Organ doses measured at the examinations of (a) the upper jaw and (b) the lower jaw by intra-oral radiography and at (c) extra-oral radiography. The latter includes panoramic and two cephalometric radiography.

a) Organs	Upper jaw		
	Incisor	L-Cuspid & Bicuspid	L-Molar
Lens right	42.5	15.3	11.2
left		220.1	153.6
Parotid right	10.9	14.6	11.9
gland left		28.8	96.5
Submaxillary right	38.7	65.4	58.3
gland left		95.9	134.3
Thyroid right lobe	33.9	48.1	44.2
left lobe		23.0	28.4
Pituitary fossa	3.2	5.3	8.2

(unit μ Gy)

b) Organs	Lower jaw		
	Incisor	L-Cuspid & Bicuspid	L-Molar
Lens right	5.8	6.9	7.8
left		9.9	10.0
Parotid right	10.9	12.6	16.6
gland left		58.2	2578.3
Submaxillary right	59.8	160.3	112.3
gland left		345.3	326.4
Thyroid right lobe	12.7	13.7	11.5
left lobe		24.2	17.4
Pituitary fossa	11.6	8.0	9.9

(unit μ Gy)

c) Organs	Panorama	Cephalofront)	Cephalo(side)
Lens right	29.0	13.6	16.1
left			81.0
Parotid right	1836.1	105.8	11.0
gland left			107.6
Submaxillary right	447.5	78.9	25.8
gland left			59.3
Thyroid right	105.1	69.9	38.2
left			91.5
Pituitary fossa	99.8	76.8	25.3

(unit. μ Gy)

結果をTable 1に示す。同種の部位では上顎は下顎に比較して約1.5倍から2.1倍の出力であった。

(2) 歯科X線撮影時の各臓器の被曝線量

口内撮影(10枚法)時の各撮影部位での被曝線量の測定結果をTable 2(a), (b)に示す。前述のように測定は左側片顎についてのみ行ったので、左右1対の臓器については左側に位置するのが管球側である。この中で顕著な被曝線量を呈したのは下顎大臼歯部撮影時の管球側の耳下腺部であり、1回の撮影で約 $2600\mu\text{Gy}$ にも及んでいる。この他に被曝線量の多い臓器としては口内撮影法においてX線束内に位置することの多い顎下腺部であり、ついで水晶体部の順であった。甲状腺部の被曝線量は上顎及び下顎の撮影ではほぼ平均的な値を示したが、上顎の方がやや高値を示した。上顎の撮影では甲状腺がX線束の見込む位置にあり、X線束内に入りやすくなるためと思われる。口内撮影法での脳下垂体窩の被曝線量は全体に低かったが、下顎撮影の場合の方が上顎撮影よりも高かった。

Table 2(c)にパノラマX線撮影と頭部規格X線撮影(正面像[後前位]と側面像[左側方位])の被曝線量測定結果を示す。体表面に近い耳下腺部での線量が高く、さらに甲状腺部や脳下垂体窩での線量が口内法撮影時より高いのが特徴的である。特に、脳下垂体窩はパノラマX線撮影においては回転中心に近く、他の撮影法に比べ非常に高くなっている。

(3) 実習生の被曝線量測定結果

実習生101名についてパノラマX線撮影での総撮影枚数は119枚であり、学生1名当たりの平均撮影枚数は1.18枚となった。頭部規格X線撮影では正面、側面合わせた総撮影枚数は204枚、平均2.04枚であった。両撮影法において再撮が少なかったのは、これらの撮影法が装置の段階で規格化されたものであることによる。このことから、これらの撮影による臓器の被曝線量は

Table 2(c)に示した線量とほぼ同じと考えられる。両撮影法による被曝線量の軽減は、装置、特にフィルム一増感紙系の高感度化や実習内容の大規模な改定がない限り望めないであろう。

口内撮影法では使用したデンタルフィルムの総撮影枚数は1904枚、1名当たりの平均撮影枚数は18.85枚であり、その内訳は以下の通りであった。

10枚	0名
11枚以上14枚以下	17名
15枚以上18枚以下	31名
19枚以上22枚以下	36名
23枚以上26枚以下	14名
27枚以上30枚以下	3名
31枚以上	0名

部位の平均撮影枚数とこれより得られた各臓器部分の被曝線量はそれぞれTable 3(a), (b)の通りであった。一名当たりの平均被撮影枚数の分布では、犬歯・小臼歯部においても多く、次が大臼歯部であり、前歯部は最も少なかった。上顎、下顎別では、下顎の方が若干多かったよ

Table 3 : (a) Average numbers of dental films used at the exercise of intra-oral radiography per dental student. (b) Average organ doses estimated from Table 2(a), 2(b) and 3(a).

a)	Right		Left		
	Molar	Cuspid & Bicuspid	Incisor	Cuspid & Bicuspid	Molar
Upper jaw	1.61	2.04	1.38	2.17	1.72
Lower jaw	1.83	2.40	1.33	2.67	1.70

b)	right	left
Lens	888.9	931.7
Parotid gland	5215.6	4906.1
Submaxillary gland	2831.9	2866.4
Thyroid	482.8	479.4
Pituitary fossa	145.0	
		(unit μGy)

うであるが、顕著な差は認められない。このような点については山本³⁾や佐藤ら⁴⁾の報告とほぼ同様の傾向を示している。左右差では左側の方が右側よりも上回っているようではあるが、これは、術者（実習生）の撮影技術がまだ未熟なために生じたものと思われる。すなわち、右ききの学生（多数の学生が右ききであった）にとっては口腔の左側におけるフィルムの位置づけが実習時点においては不十分なためと思われる。

Table 4 (a)-(e)には各臓器部分における被曝線量の分布状況を示す。被曝線量の分布状況では、耳下腺部を除く各臓器部分において被曝線量の平均値のまわりに広く分布しているのが特徴的である。各臓器の平均被曝線量に対する標準偏差の割合は、頸下腺、甲状腺及び脳下垂体窩部では約21～23%であり、水晶体部では32～35%，耳下腺部42～43%であった。耳下腺部において分布にばらつきが大きいのは、下頸大臼歯部の1回の撮影における被曝線量が約

Table 4 : Distributions of organ doses for (a) lens of the eye, (b) parotid gland, (c) submaxillary gland, (d) thyroid and (e) pituitary fossa.

a) Lens	right	left
400 $\mu\text{Gy} \leq D < 600 \mu\text{Gy}$	18	21
600 $\leq D < 800$	32	20
800 $\leq D < 1000$	18	23
1000 $\leq D < 1200$	18	17
1200 $\leq D < 1400$	8	13
1400 $\leq D < 1600$	6	2
1600 $\leq D \geq 1$	1	5
Average dose(μGy)	889.2	931.6
Standard deviation(μGy)	284.0	327.5

b) Parotid gland	right	left
2800 $\mu\text{Gy} \leq D < 3200 \mu\text{Gy}$	37	44
3200 $\leq D < 3600$	6	4
5400 $\leq D < 5800$	28	30
5800 $\leq D < 6200$	9	7
8000 $\leq D$	21	16
Average dose(μGy)	5220.1	4914.1
Standard deviation(μGy)	2258.7	2053.0

c) Submaxillary gland	right	left
1400 $\mu\text{Gy} \leq D < 1800 \mu\text{Gy}$	6	4
1800 $\leq D < 2200$	15	13
2200 $\leq D < 2600$	15	19
2600 $\leq D < 3000$	21	24
3000 $\leq D < 3400$	23	18
3400 $\leq D < 3800$	13	16
3800 $\leq D$	8	7
Average dose(μGy)	2832.2	2868.1
Standard deviation(μGy)	661.0	642.2

d) Thyroid	right lobe	left lobe
240 $\mu\text{Gy} \leq D < 300 \mu\text{Gy}$	3	2
300 $\leq D < 400$	26	28
400 $\leq D < 500$	28	28
500 $\leq D < 600$	29	29
600 $\leq D < 700$	11	12
700 $\leq D$	4	2
Average dose(μGy)	482.8	480.0
Standard deviation(μGy)	117.2	110.0

e) Pituitary fossa	
80 $\mu\text{Gy} \leq D < 100 \mu\text{Gy}$	5
100 $\leq D < 140$	39
140 $\leq D < 180$	45
180 $\leq D < 220$	11
220 $\leq D$	1
Average dose(μGy)	145.0
Standard deviation(μGy)	30.7

2600 μ Gyと非常に高く、同部位の再撮の有無やその回数に起因するものであると思われる。

5. 考 察

歯科X線撮影時の皮膚線量や臓器線量、骨髄線量については相沢ら⁵⁾や木原⁶⁾、丸山ら⁷⁾の報告があるが、Table 2に示す我々の測定値はこれらの報告の値の約1/2~1/10程度であった。この違いは、X線装置や使用するフィルム、さらに撮影術式の違い等により生じたと考えられる。具体的にみてみると、X線出力については上記の報告では多くが管電圧60kVp、管電流10mAであるのに対し、我々の測定は56kVp、7mAである。フィルムについては、1980年に入ってフィルム感度Eグループのものが開発され、デジタルフィルムの高感度化がはかられ、小線量での撮影が可能となってきた。また、撮影術式の違いでは、照射野の大きさや主線方向の微妙な違いにより臓器線量が大きく変わることが予想される。以上のように、低管電圧であること、フィルムの高感度化、撮影術式の違いなどがあつて線量測定値に違いが生じたと考えられる。

被曝線量が以前のものと比べ次第に軽減されてきてはいるが、単一臓器・組織における被曝線量を考えた時、口内撮影法における下顎大臼歯部撮影での耳下腺の被曝線量は非常に多いと思われる。特に、今回の対象となった相互撮影実習では、耳下腺の平均被曝線量が5000 μ Gyを越えており、さらに、左右合わせて37個の耳下腺が8000 μ Gyを越える線量を受けていることがわかった。ICRPでは学校教育における自然科学の授業での線量限度として、生徒の電離放射線被曝に関する認定線量当量限度を実効線量当量0.5mSv/1年、眼や皮膚のような単一の臓器・組織の線量当量を5 mSv/1年としている⁸⁾。この勧告は主として中等教育の段階にある18歳以下の生徒を対象としており、人体のX

線写真を撮るというような放射線の直接的な人体への照射という行為は除外されているが、教育過程における被曝を対象としていることで意義深い。我々の今回の被曝線量推定は特定臓器を対象としたもので、実効線量当量については明らかでないが、単一臓器・組織でみると、撮影実習における耳下腺の被曝線量は上記の認定線量を越えており、放射線防護上大きな問題である。このことは、実習内容について放射線防護面の面から再検討を迫るのに十分な理由といえ、また、再撮防止のために何らかの処置を考える必要がある。さらに、各臓器における被曝線量が広く分布しているということは、学生の撮影技術の習得度合いにかなりの差があることを示しており、予備実習段階も含めて撮影実習全体を見直す必要があると考える。この見直しの指針はいうまでもなく前述の線量制限体系であるが、この中でも特に最適化については、実習費用と授業効率などの面から詳細な考察が必要である。

6. 結 語

一つの行為によるリスクと利益が同じように分布していない時には、「正当化されそして最適化された行為が、他の人々が受ける利益のために受入られないほどの高いリスクを何人かの個人にもたらさないことを確実にするためには、限界を設ける必要がある」⁹⁾とされている。「相互撮影実習」はこのような行為にあたり、何らかの「限界」を設けることで、学生を不必要な放射線被曝から防護しなければならない。今回は、医療被曝や科学の授業における被曝についてのICRP勧告を参考としたが、序論においても述べたように、個々の事例における「限界」については、その線量データを基礎として利益一損失解析や費用一効果解析により、一層詳細な考察が必要である。

謝　　辞

稿を終えるに当たり、歯科X線撮影方法等について有益な議論・アドバイスをして下さった東日本学園大学歯学部附属病院放射線部技師長輪島隆博、主任田岡賢二の両氏に感謝致します。また、線量測定などに協力していただいた同放射線部池田博人、竹腰光男の両技師にも心から感謝致します。

文　　献

1. International Commission on Radiological Protection ; (社) 日本アイソトープ協会, (社) 仁科記念財団 訳・編集 : 國際放射線防護委員会勧告(1977年1月17日 採択), 丸善, 東京, 1977.
2. International Commission on Radiation Units and Measurements : ICRU Report 10b "Physics Aspects of Irradiation (NBS Handbook 85)", 1-7, U. S. Department of Commerce, Washington D. C., 1964.
3. 山本 昭 : 本学における放射線教育とそれに関する

する二、三の検討 (第23回日本歯科放射線学会総会宿題報告), 歯放, 22 : 67, 1982.

4. 佐藤 裏司, 沢田 秀穂, 相沢 恒, 後藤 剛, 安藤 正一 : 本学歯科学生による口内法撮影の失敗, 歯放, 13 : 1 - 6, 1973.
5. 相沢 恒, 値賀 秀博, 長田 寛, 武田 恒孝, 丸橋 一夫, 見村 伸, 佐藤 精明, 西岡 敏雄, 安藤 正一 : 口内法とオルソパントモ撮影時の患者被曝線量, 歯放, 15 : 1 - 5, 1975.
6. 木原 卓司 : 歯科X線写真検査による患者の被曝についての疫学的研究, 歯放, 17 : 1 - 17, 1977.
7. 丸山 隆司, 野田 豊, 橋詰 雅, 安藤 正一, 御影 文穂, 西岡 敏雄, 本城谷 孝, 木村 一之, 西沢かな枝 : 歯科口内法撮影およびオルソパントモグラフィにおける臓器線量の測定, 歯放, 18 : 271 - 277, 1978.
8. International Commission on Radiological Protection ; (社) 日本アイソトープ協会 訳・編集 : 科学の授業における電離放射線に対する防護, 丸善, 東京, 1984.
9. International Commission on Radiological Protection ; (社) 日本アイソトープ協会 訳・編集 : 医療において使用される体外線源からの電離放射線に対する防護, 丸善, 東京, 1983.