

\*Robert A. Danforth  
\*\*Mahmoud Torabinejad

\*Department of Diagnostics Sciences  
School of Dentistry  
University of Southern California  
Los Angeles, California, USA

\*\*Department of Endodontics  
School of Dentistry  
University of Loma Linda  
Loma Linda, California, USA

# Valutazione dei rischi da radiazioni associati alle radiografie in Endodonzia

Estimated radiation risks associated with endodontic radiography

## RIASSUNTO

I pazienti endodontici talvolta si preoccupano dei rischi di tumori o cataratte in seguito ad esposizione a radiazioni durante la terapia dei canali radicolari. Avvalendoci di informazioni relative a dosi e rischi prestabiliti, abbiamo calcolato l'entità di questi rischi. È stato accertato che le probabilità di contrarre una leucemia in seguito ad un esame radiografico endodontico eseguito con apparecchi da 90 kVp è di 1 su 7,69 milioni, pari al rischio di morire di cancro fumando 0,94 sigarette o per un incidente d'auto guidando per 3,7 Km. Il rischio di neoplasia tiroidea è di 1 su 667.000 (come fumare 11,6 sigarette o guidare per 45 Km) ed il rischio di neoplasia alle ghiandole salivari è di 1 su 1,35 milioni (come fumare 5,4 sigarette o guidare per 21,1 Km). L'uso di radiografie con apparecchi da 70 kVp riduce tali rischi soltanto lievemente. Perché gli occhi ricevano la dose soglia che induca l'instaurarsi delle cataratte, un paziente dovrebbe sottoporsi a 10.900 esami radiografici endorali.

**Parole chiave:** Radiologia orale.

**Trattamento endodontico.**

## SUMMARY

Endodontic patients are sometimes concerned about the risks of tumors or cataracts from radiation exposure during root canal therapy. By using established dose and risk information, we calculated the extent of these risks. The chance of getting leukemia from an endodontic x-ray survey using 90 kVp was found to be 1 in 7.69 million, the same as the risk of dying from cancer from smoking 0.94 cigarettes or from an auto accident when driving 3.7 km. Risk of thyroid gland neoplasia was 1 in 667,000 (smoking 11.6 cigarettes, driving 45 km) and risk of salivary gland neoplasia 1 in 1.35 million (smoking 5.4 cigarettes, driving 21.1 km). Use of 70 kVp radiography reduced these risks only slightly. To receive the threshold dose to eyes to produce cataract changes, a patient would have to undergo 10,900 endodontic surveys.

**Key words:** Radiography dental.

**Root canal therapy.**

Danforth RA, Torabinejad M. Valutazione dei rischi da radiazioni associati alle radiografie in Endodonzia. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 21-25

## INTRODUZIONE

Gli effetti negativi delle radiazioni ionizzanti sono stati studiati fin dalla Seconda Guerra Mondiale, soprattutto in pazienti sottoposti ripetutamente a raggi X per motivi diagnostici o terapeutici e nei sopravvissuti ad incidenti nucleari e bombardamenti atomici. I risultati si sono concretizzati in un giudizio convenzionale che stabilisce che qualsiasi quantità di radiazioni è dannosa e che il rischio di danno è direttamente proporzionale alla dose assorbita.

Tali informazioni hanno anche stimolato la legislazione a limitare l'uso di radiazioni ionizzanti ed hanno fatto nascere in molti pazienti la paura che si sviluppino tumori o cataratte in seguito a radiografie eseguite per

motivi odontoiatrici (1-4). A proposito di radiografie odontoiatriche, vogliamo innanzitutto minimizzare i rischi a carico dei tessuti non protetti situati direttamente nel percorso del fascio radiante o nelle sue vicinanze, come la tiroide, le ghiandole salivari, il midollo osseo e il cristallino (5-7). I potenziali rischi per questi organi sono lo sviluppo di neoplasie della tiroide e delle ghiandole salivari, di leucemia e di cataratta.

Ridurre questi rischi è stato il principale obiettivo della ricerca in radiologia odontoiatrica. La maggior parte degli studi è stata fatta con la massima precisione quantificando le dosi, sviluppando tecniche con la minima esposizione del paziente, determinando effetti biologici e valutando i rischi relativi alle varie procedure radiografiche (8-21). Le informazioni sulle dosi di radiazione hanno reso possibile la stima dei rischi per i

pazienti e l'elaborazione di misure di sicurezza (18). Numerosi ricercatori hanno, inoltre, valutato i rischi della radiologia dentale in rapporto alle varie tecniche usate negli Stati Uniti (6, 19-21).

Non sono state ancora pubblicate informazioni su dosi e rischi specifici relativi alla radiologia endodontica.

Recentemente abbiamo determinato la quantità di radiazione assorbita dai vari tessuti durante radiografie endodontiche simulate (22).

Usando questi dati sui dosaggi, riportiamo qui i rischi presunti, per i pazienti, di sviluppare tumori alla tiroide e alle ghiandole salivari, leucemia e cataratte in seguito a radiografie endodontiche con tecniche di esposizione da 70 e 90 kVp.

## MATERIALI E METODI

Come riportato precedentemente (22), abbiamo simulato un esame radiografico endodontico usando un simulatore e quindi abbiamo misurato la quantità di radiazioni assorbite nei punti rappresentanti la tiroide, il midollo osseo e gli occhi (Tab. 1). I dati relativi alle ghiandole salivari non facevano parte dello studio suddetto, ma sono stati aggiunti al presente studio come risposta ad un recente articolo di Preston-Martin (7) che riconosce la radiografia dentale come un fattore responsabile delle neoplasie della parotide.

I nostri calcoli sulle dosi di radiazioni per le ghiandole salivari sono basati sui dati relativi alle dosi della Tecnica I riportata da Greer (10) per diverse esposizioni intraorali complete eseguite con 65, 75 e 90 kVp. Questa tecnica era simile a quella usata nel nostro studio. Dei dati di Greer a 65 e 75 kVp è stata fatta la media per avere un valore a 70 kVp, mentre quelli relativi a 90 kVp non sono stati modificati. È stata determinata la dose media per radiografia per le ghiandole sottomandibolare e parotide; questa è stata moltiplicata per il numero di radiografie (8) eseguite per un molare, così da ricavare la dose assorbita dalla ghiandola salivare durante una terapia endodontica. (Tab. 1).

I nostri calcoli sui rischi derivanti da queste

Tab. 1 - Dose media combinata derivante da esami radiografici endodontici.

	Livello di energia	Dose Rx
Tiroide (22)	70 kVp	122,6 $\mu$ Sv
	90 kVp	153,5 $\mu$ Sv
Midollo osseo (22)	70 kVp	56,3 $\mu$ Sv
	90 kVp	67,3 $\mu$ Sv
Cristallino (22)	70 kVp	182,75 $\mu$ Sv
	90 kVp	183,55 $\mu$ Sv
Ghiandola salivare (22)	70 kVp	938,00 $\mu$ Sv
	90 kVp	980,00 $\mu$ Sv

10  $\mu$ Sv=1 mrem

dosi combinate sono stati basati su dati pubblicati riguardanti effetti negativi in seguito ad esposizione a radiazioni di 0,01 Sv (pari a 1 rem (23)) (1, 2, 24). Secondo Hall e stando ad informazioni tratte dal rapporto UNSCEAR (1) e BEIR (2), se un milione di persone fossero esposte una volta a radiazioni di 0,01 Sv, 20 di queste contrarrebbero la leucemia, 100 svilupperebbero un tumore della tiroide e 7,5 un tumore alle ghiandole salivari. Questi risultati seguono il concetto che esiste una relazione lineare tra la dose di radiazione e la risposta del tessuto. Questo concetto si basa su studi condotti sia su animali che su esseri umani ed è considerato il più rappresentativo per quanto riguarda lo sviluppo in questi ultimi di tumori indotti da radiazioni ionizzanti in dosi da bas-

se a moderate (25). Le radiazioni dentali sono considerate in questo arco di dosaggi (26). Da questa relazione lineare si desume che l'aumento o la diminuzione del rischio è direttamente proporzionale all'aumento o alla diminuzione della dose. La dose ricevuta dal midollo osseo in un esame radiografico endodontico usando 70 kVp è di 56,3  $\mu$ Sv e corrisponde ad 1/178 della dose che causa leucemia in 20 persone su un milione, per cui soltanto 1/178 delle 20 persone su un milione (0,11 persone) contrarranno leucemia dopo un esame radiografico endodontico. Allo stesso modo è stato calcolato il rischio di tumori della tiroide e delle ghiandole salivari in seguito ad un esame radiografico endodontico (Tab. 2). Equivalenti valori di rischio sono stati determinati

Tab. 2 - Rischi di neoplasia derivanti da esami radiografici endodontici combinati ed attività quotidiane comportanti rischi equivalenti.

Sede	Rischio di neoplasia derivante da esami radiografici endodontici combinati	Sigarette fumate per rischio equivalente	Km guidati per rischio equivalente
Midollo osseo (Rx a 70 kVp)	1 su 9,99 milioni (0,113 x milione)	0,80	3,0
Midollo osseo (Rx a 90 kVp)	1 su 7,69 milioni (0,135 x milione)	0,94	3,7
Tiroide (Rx a 70 kVp)	1 su 833.000 (1,23 x milione)	8,70	34
Tiroide (Rx a 90 kVp)	1 su 667.000 (1,53 x milione)	11,6	45
Ghiandola salivare (Rx a 70 kVp)	1 su 1,43 milioni (0,704 x milione)	5,1	20
Ghiandola salivare (Rx a 90 kVp)	1 su 1,35 milioni (0,735 x milione)	5,4	21

La stima del rischio è basata sulle informazioni riportate da Hall (24), dalla UNSCEAR (1) e dalla BEIR (2), comprendenti i rischi di leucemia, neoplasia della tiroide o della ghiandola salivare per dosaggi di 0,01 Sv, e i rischi di morte da cancro per fumo e di morte da incidente d'auto per guida. Vedi Tab. 1 per i dosaggi.



**Tab. 3** - Numero di esami radiografici endodontici che inducono alla formazione di cataratte.

Dose media assorbita dall'occhio in un esame endodontico (22)	a 70 kVp	182,75 µSv
Dose media assorbita dall'occhio in un esame endodontico (22)	a 90 kVp	183,55 µSv
Dose soglia per l'induzione di cataratta (28)	2 milioni µSv	
Numero di esami radiografici endodontici per raggiungere la dose soglia della cataratta		10.900 esami radiografici

usando un approccio simile a quello descritto da Hall in radiobiologia medica (24). Si può così fare un confronto tra i rischi derivanti dagli effetti negativi seguenti ad una radiografia endodontica e quelli derivanti da attività comuni correlate a rischi accettabili, come il fumo delle sigarette ed i viaggi in automobile. Dati pubblicati ed alla portata di tutti esprimono il rischio per milione di morire di incidente stradale dopo aver guidato per 1 Km o di morire per un cancro polmonare dopo aver fumato 1 sigaretta (24,27). Confrontando i calcoli relativi al rischio di sviluppo di neoplasie per esami endodontici e quelli relativi al rischio individuale per sigaretta o chilometri di guida, avremo un valore di rischio equivalente. Questo vuol dire che il rischio di neoplasie in seguito a radiazioni ricevute durante una terapia endodontica è equivalente al rischio cui la gente si sottopone ogni volta che fuma un certo numero di sigarette o guida per un certo numero di chilometri nella propria auto.

Merriam e coll. (28) hanno indicato qual è la più bassa dose di radiazioni capace di causare i più piccoli segni di cataratta. Da queste informazioni è possibile calcolare il numero di esami radiografici endodontici necessari affinché si produca una cataratta (Tab. 3).

## RISULTATI

La Tab. 2 mostra i rischi di neoplasia per radiazioni e gli equivalenti rischi di neoplasie per fumo di sigarette e Km guidati, equiparati ad esami endodontici combinati. Questi dati rivelano che il rischio maggiore è quello di sviluppare una neoplasia della ghianda-

dola tiroide: circa 1 su 700.000, lo stesso rischio che c'è di morire per cancro fumando 9-12 sigarette, o di morire per incidente stradale guidando per soli 34-45 chilometri. Il rischio minore è quello di leucemia: 1 su 8 milioni, lo stesso di morte per cancro fumando una sola sigaretta o di morte per incidente d'auto guidando per circa 3 miglia nell'arco di una vita. Similmente è stato ricavato un valore medio di rischio di neoplasia delle ghiandole salivari: uno su 1,4 milioni, equivalente al rischio di morte per cancro fumando 5 sigarette o di morte per incidente guidando per circa 20 miglia. Il numero di esami radiografici endodontici necessari a raggiungere la dose minima di radiazioni perchè si formi una cataratta è di 10.900 (Tab. 3). I rischi sono lievemente maggiori usando 90 kVp rispetto a 70 kVp.

Questo confronto dimostra che i rischi per esposizione a radiazioni in seguito a radiografie endodontiche sono veramente minimi se paragonati alle quantità di rischio che le succitate attività quotidiane comportano nell'arco di una vita.

## DISCUSSIONE

I pazienti esprimono preoccupazione che le radiazioni usate in odontoiatria possano causare tumori o danni agli occhi; perciò in questo studio abbiamo scelto per l'analisi dei rischi il midollo osseo, la tiroide, le ghiandole salivari e gli occhi. Articoli precedenti a questo avevano associato la leucemia, le neoplasie della tiroide e delle ghiandole salivari e la formazione di cataratte all'esposizione a radiazioni di tali zone (1, 2, 7, 19, 28-31). In genere questi articoli avevano descritto gli effetti delle radiazioni su sopravvissuti ad esplosioni di armi nucleari,

su pazienti sottoposti a terapia radiante e su pazienti esposti a ripetute radiografie eseguite a scopo medico-diagnostico; tutti costoro avevano ricevuto dosi molto maggiori di quelle assorbite in seguito a radiografie dentali.

La Tab. 2 dimostra che, in un grande numero di pazienti, l'effetto negativo prevalente (tra quelli studiati) è lo sviluppo della neoplasia della tiroide che si suppone accada in 1,53 per ogni milione di pazienti, o 1 ogni 667.000. Il successivo effetto avverso in ordine di frequenza è la neoplasia delle ghiandole salivari (0,735 per milione). La meno prevalente è la leucemia (0,135 per milione). Il rischio più significativo comunque è considerato la leucemia (19), poichè comporta maggiore possibilità di morte. Le neoplasie della tiroide sono generalmente benigne o sono carcinomi ben differenziati ed associati a prognosi favorevole (24, 29).

Meno della metà dei tumori delle ghiandole salivari riportati sono maligni (30, 31). Inoltre, il carcinoma localizzato delle ghiandole salivari ha normalmente una prognosi favorevole di 5 anni. I cinque anni di sopravvivenza si riducono a poco meno del 50% quando il carcinoma si è diffuso ai linfonodi regionali. Alcune forme, come quelle delle ghiandole salivari minori, sono persistenti e si ripetono anche molti anni dopo la terapia iniziale. Fortunatamente il carcinoma delle ghiandole salivari non è comune. Statistiche relative ai casi di cancro negli Stati Uniti indicano che i nuovi casi di questo carcinoma ammontano a 2.500-3.500 l'anno, e corrispondono allo 0,3% - 0,4% di tutti i tumori maligni riportati. I nuovi casi di leucemia, d'altra parte, ammontano a 25.000 (2,8% dei tumori maligni riportati) e i carcinomi della tiroide a 10.600 (1,2%) (33).

La formazione di cataratte è il principale effetto indotto dalle radiazioni sugli occhi;

questo si è potuto osservare su alcuni pazienti sottoposti a trattamenti radianti. Le radiazioni agli occhi comunque non hanno provocato effetti negativi quando le dosi erano minori di 2 Sv (28). Dopo una singola esposizione di 2 Sv, gli effetti osservabili venivano clinicamente descritti come "minime opacità statiche". Le opacità progressive più comuni erano associate ad esposizioni frazionate di 5 Sv o maggiori (28). Tali osservazioni implicano che ci dovrebbe essere una soglia limite di "sicurezza" nella dose di radiazioni al di sotto della quale non si formano cataratte. Gli effetti radiobiologici sull'occhio, cioè, non seguono i modelli osservati su altri tessuti (34) ed il rischio sarebbe pari alla dose di esposizione ai livelli soglia. Sembrerebbe impossibile raggiungere tale soglia con le dosi necessarie per gli esami endodontici (Tab. 3). Possono verificarsi, tuttavia, altri sottili cambiamenti negli occhi che possono non essere clinicamente osservabili (18, 19). Se fossero osservabili, l'effetto dovuto ad una dose bassa ed il rischio associato sarebbero probabilmente considerati lineari, così come per la carcinogenesi.

In confronto ai rischi che molta gente corre ogni giorno, il pericolo di carcinogenesi (Tab. 2) in seguito all'uso di raggi X per motivi endodontici appare modesto e dell'ordine di uno su un milione di esami radiografici. Il rischio d'altronde aumenta con l'aumentare del numero delle esposizioni e ciò appare particolarmente importante se si considera che annualmente vengono eseguite milioni di radiografie endodontiche. Sulla base di una ricerca dell'American Dental Association (35) del 1979, che indica che in quell'anno sono stati eseguiti negli Stati Uniti più di 17 milioni di trattamenti endodontici, è possibile dedurre che potrebbero essere comparsi 17 tumori maligni. Anche altri studi (6, 20, 21, 36) confermano tale relazione tra neoplasie e radiografie dentali. Prendendo in considerazione il numero di nuovi casi di tumori maligni che compaiono nell'arco di un anno (come indicato dall'American Cancer Society) (32, 33), è chiaro che tale speculazione ha valore solo per una piccola percentuale. Questo fatto dovrebbe essere considerato in una prospettiva più ampia, poiché sappiamo che i pazienti endodontici si sottopongono an-

che ad ulteriori procedure radiografiche dentali e mediche.

Sebbene il rischio per il paziente sia piccolo, esso aumenta in proporzione con ripetute esposizioni. Quindi è desiderabile ridurre al minimo la dose e a tale scopo sono stati raccomandati vari metodi. Uno è l'uso di radiazioni a più alta energia (kVp) (15). Recentemente Price (37) in un suo studio ha messo in discussione il fatto per cui un livello più alto di energia comporta una riduzione della dose ed ha dimostrato che i medici preferiscono le immagini rilevate a 70 kVp rispetto a quelle a 90 kVp. Nella nostra ricerca, la scelta del kilovoltaggio non ha comportato una differenza apprezzabile nella valutazione del rischio per il paziente, sebbene la profondità della dose in organi critici fosse generalmente maggiore a 90 kVp rispetto ai 70 kVp. Questo suggerisce che la scelta di un alto o basso kilovoltaggio dovrebbe basarsi sul tipo dell'area da radiografare e sulla qualità desiderata di immagine, piuttosto che sulla riduzione di esposizione. Quanto detto sopra è in accordo con la raccomandazione, per motivi di sicurezza, di mantenere l'esposizione quanto più bassa possibile, ma tale da fornire radiografie diagnostiche di qualità (38).

Il metodo più pratico per ridurre nei pazienti l'esposizione di circa il 50% è di usare pellicole a velocità E anziché quelle più comuni a velocità D (14). Questa idea acquista particolare significato alla luce dei recenti sviluppi nel campo degli effetti biologici da radiazioni ed in quello delle valutazioni dei relativi rischi. Come appare nel numero di Dicembre 1988 dell'American Academy of Dental Radiology Newsletter (39), la rivalutazione dei dati relativi a sopravvissuti ad esplosioni di armi nucleari indica che il rischio di cancro per radiazioni a bassa dose su alcuni organi critici aumenterebbe probabilmente del doppio. Sia l'UNSCEAR (1) che il BEIR (2) stanno aggiornando i loro rapporti, sebbene non si sappia ancora quando saranno pubblicati. L'impatto di questo incremento potrebbe forse raddoppiare le valutazioni di rischio endodontico mostrate nella Tab. 2. Un uso regolare di pellicola da più basso dosaggio a velocità E potrebbe bilanciare l'effetto negativo dell'apparente aumento di rischio per l'esposi-

zione a radiazioni a basso dosaggio.

Le informazioni date qui sui rischi da radiazioni dovrebbero fornire sia ai dentisti che ai loro pazienti sufficienti nozioni sui pericoli di tumori e cataratte per radiazioni ricevute durante terapie endodontiche. Confrontando il rischio corso in terapia endodontica con altri accettati nella vita di ogni giorno, come fumo di sigarette e viaggi in automobile, gli odontoiatri possono minimizzare le paure dei pazienti ed aiutarli ad accettare il piccolo rischio delle radiazioni allo scopo di ricevere il più grande beneficio della terapia endodontica.

**Ringraziamento:** desideriamo ringraziare Cherie Rouse per la sua assistenza nella preparazione del presente manoscritto.

Traduzione del Dott. Arnaldo Castellucci.



## BIBLIOGRAFIA

- 1 - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *1977 Report to the General Assembly, with annexes*. New York: United Nations; 308, 309, 311
- 2 - BEIR Committee, National Academy of Sciences, National Research Council. *Effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiations*. Washington DC: US Government Printing Office, 1972
- 3 - National Council on Radiation Protection and Measurements. *NCRP report No. 51*. Washington, DC: NCRP Publications, 1977
- 4 - *Gonad doses and genetically significant dose from diagnostic radiology: U.S., 1964 and 1970*. Washington, DC: DHEW Publication (FDA) 76-8034, 1976
- 5 - Lurie A JCO/interview; risk/benefit consideration in orthodontic radiology. *J Curr Orthod* 1981; 15: 469-84
- 6 - Danforth R, Gibbs SJ. Diagnostic dental radiation: what is the risk? *J Calif Dent Assoc* 1980; 8: 28-35
- 7 - Preston-Martin S, Duncan CT, White SC, Cohen D. Prior exposure to medical and dental x-rays related to tumors of the parotid gland. *J Natl Cancer Inst* 1988; 80 (12): 943-9
- 8 - White SC, Rose TC. Absorbed bone marrow dose in certain dental radiographic techniques. *J Am Dent Assoc* 1979; 98: 553-558
- 9 - Wall BF, Fisher ES, Paynter R, Hudson A, Bird FD. Doses to patients from pantomographic and conventional dental radiography. *Br J Radiol* 1979; 52: 727-34
- 10 - Greer DF. Determination and analysis of absorbed doses resulting from various intraoral radiographic techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34: 146-62
- 11 - Bankvall G, Håkansson HAR. Radiation-absorbed doses and energy imparted from panoramic tomography, cephalometric radiography, and occlusal film radiography in children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 53: 532-9
- 12 - Bankvall G, Engstrom H, Engstrom C, Hollender L. Absorbed doses in the craniofacial region during various radiographic and radiotherapeutic procedures. *Dentomaxillofac Radiol* 1985; 14: 19-24
- 13 - Wall BF, Kendall GM. Collective doses and risks from dental radiology in Great Britain. *Br J Radiol* 1983; 56: 511-6
- 14 - Kircos LT, Lorton L, Angin IL. Order of magnitude dose reduction in intraoral radiography. *J Am Dent Assoc* 1987; 114: 344-7
- 15 - Alcox RW, Jameson WR. Patient exposures from intraoral examinations. *J Am Dent Assoc* 1974; 88: 558-79
- 16 - Kaffe I, Littner MM, Kuspet ME. Densitometric evaluation of extraoral x-ray films: Ektaspeed versus ultraspeed. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 57: 388-42
- 17 - Sikorski PA, Taylor KW. The effectiveness of the thyroid shield in dental radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58: 225-36
- 18 - Pochin EE. *Why be quantitative about radiation risk estimates?* Washington DC: National Council on Radiation and Measurements, 1978
- 19 - White SC, Frey NW. An estimation of somatic hazards to the United States population from dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 43: 152-9
- 20 - Gregg EC. Radiation risks with diagnostic x-rays. *Radiology* 1977; 123: 447-53
- 21 - Gibbs SJ, Pujol A, Chen T-S, James A Jr. Patient risk from intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1988; 17: 15-23
- 22 - Torabinejad M, Danforth RA, Andrews K, Chan C. Absorbed radiation by various tissues during simulated endodontic radiography. *J Endod* 1989; 15: 249-253
- 23 - International Commission on Radiation Units and Measurements. *Quantitative concepts and dosimetry in radiobiology*. Report 30. Washington, DC: ICRUM, 1979
- 24 - Hall EG. *Radiology for the radiologist*. 2nd ed. Philadelphia: Harper & Row, 1978
- 25 - Beeb GW. Recent development in human risk estimation, Abst. Fc-1. Presented at joint symposium with the National Council on Radiation Protection and Measurements on the Estimation of Human Carcinogenic Risk, 33rd Annual Meeting of Radiation Research and Society, Los Angeles, May, 1985
- 26 - Valachovic RW, Lurie AG. Risk-benefit considerations in periodontic radiology. *Pediatr Dent* 1980; 2: 128-46
- 27 - Wilson R. Risks caused by low levels of pollution. *Yale J Biol Med* 1978; 51: 37-51
- 28 - Merriam GR, Szechter A, Focht EF. The effects of ionizing radiation on the eye. *Front Radiat Ther Oncol* 1972; 6: 346-85
- 29 - Modan B, Baidatz D, Mart H, Steinitz R, Levin SG. Radiation induced head and neck tumors. *Lancet* 1974; 1: 277-9
- 30 - Schneider AB, Favus MJ, Stachura ME et al. Salivary gland neoplasms as a late consequence of head and neck radiation. *Ann Intern Med* 1977; 87: 160-4
- 31 - Takeichi N, Hirose F, Yamamoto H et al. Salivary gland tumors in the atomic bomb survivors, Hiroshima, Japan. II. Pathologic study and supplementary epidemiologic observations. *Cancer* 1981; 52: 377-85
- 32 - Silverman S Jr. *Oral cancer* 2nd ed. New York: American Cancer Society, 1985
- 33 - Silverberg E, Lubera J. Cancer statistics, 1987. *Cancer J Clin* 1987; 37 (1)
- 34 - Goaz PW, White SC. *Oral radiology principles and interpretation*. 2nd ed. St. Louis: Mosby, 1987
- 35 - American Dental Association. *Survey of dental services rendered*. Chicago: ADA Census Bureau, 1979
- 36 - Bengtsson G. Maxillo-facial aspects of radiation protection focused recent research regarding critical organs. *Dentomaxillofac Radiol* 1978; 7: 5-14
- 37 - Price C. The effects of beam quality and optical density on image quality in dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986; 62: 580-8
- 38 - *Recommendations of the International Commission of Radiologist Protection*. ICRP Publication 26, London: Pergamon Press, 1977
- 39 - Sinclair WK. Presentation to the American Board of Oral and Maxillofacial Radiology and American Academy of Dental Radiology; recent developments in radiation-induced cancer risk estimates. *Am Acad Dent Radiol Newsl* 1988; 16 (1): 16-8