

Estimativa de Risco das Radiações Ionizantes no Cérebro, Sistema Nervoso e Cristalino em Pacientes Odontopediátricos

Risk Estimation of Ionizing Radiation in the Brain, Nervous System and Crystalline Lens in Pediatric Dentistry

Luciana Butini Oliveira*

Luciana Faria Sanglard Peixoto**

Jefferson Xavier Oliveira***

Oliveira LB, Sanglard Peixoto LF, Oliveira JX. Estimativa de risco das radiações ionizantes no cérebro, sistema nervoso e cristalino em pacientes odontopediátricos. *J Bras Odontopediatr Odontol Bebê* 2003; 6(33):428-33.

Tendo em vista a importância da utilização do exame radiológico para complementação de diagnóstico em Odontopediatria e as dúvidas quanto aos efeitos biológicos das radiações ionizantes, objetivou-se realizar uma revisão de literatura, a fim de verificar os efeitos que podem ocorrer no de cérebro, sistema nervoso e cristalino.

INTRODUÇÃO

Desde 1895, quando da descoberta dos Raios X, muito se tem aprendido sobre as radiações, que podem ser definidas como o transporte de energia através do espaço, da matéria ou de ambos. As radiações ionizantes são aquelas que possuem grande quantidade de energia e são capazes de provocar alterações importantes na estrutura do átomo e, conseqüentemente, em qualquer material (Faria, 1989; Pasler, 1999).

As radiações ionizantes subdividem-se em radiações eletromagnéticas e corpusculares, sendo que as eletromagnéticas não têm massa e são ondas sem partículas ou corpúsculos. As formas mais comuns são os Raios X e os Raios γ (Gama). Os Raios X são produzidos artificialmente e os γ são emitidos espontaneamente pelo núcleo de um átomo instável, sem dispositivos eletrônicos. As corpusculares têm massa e são formadas quando partículas do átomo em alta velocidade podem formar um feixe de radiação corpuscular (Faria, 1989).

Com a utilização das radiações em diferentes

campos, como no radiodiagnóstico, na radioterapia, na pesquisa científica e na indústria, Freitas, Becker (1988) cotejaram riscos x benefícios do emprego destas radiações.

Vários trabalhos relataram os possíveis efeitos biológicos que as radiações ionizantes podem causar (Hanlon, 1985; Danforth, Torabinejad, 1990; Velders *et al.*, 1991; Abbott, 2000). As ações das radiações ionizantes nas células seriam: alterações do núcleo, citoplasma e membrana. Ocorrem alterações morfológicas, fisiológicas, de permeabilidade celular, efeitos sobre a reprodução, aberrações cromossômicas, desintegração das mitocôndrias e aparelho de Golgi (Freitas *et al.*, 1988; Faria, 1989; Manson-Hing, 1990).

Segundo Freitas *et al.* (1988), deve-se ressaltar uma preocupação em relação à Radiologia Odontológica, quanto ao aspecto genético no trato com os pacientes. Os efeitos genéticos seriam aqueles ocasionados pela ação das radiações sobre elementos responsáveis pela herança nas espécies biológicas. Nos efeitos somáticos as irradiações repetidas conduzem a uma somação (acumula-

PALAVRAS-CHAVE: Efeitos de radiação; Odontopediatria; Sistema nervoso; Cristalino.

*Especialista em Odontopediatria pela FUNDECTO-FOUSP; Mestranda em Odontopediatria pela FOUSP; Av. Francisco de Paula Q. Ribeiro, 246/84B, Jd. Metropolitano – CEP 04330-020, São Paulo, SP; e-mail:lubutini@usp.br

**Especialista em Odontopediatria pela Universidade Vale do Rio Doce; Mestranda em Odontopediatria pela FOUSP

***Professor Doutor da Disciplina de Radiologia da FOUSP

ção) de lesões em que cada novo dano reforça os já existentes. No entanto, o efeito dos Raios X é dependente de vários fatores como:

-Dose;

-Ritmo de aplicação e tamanho da área irradiada (quanto maior, mais precocemente se manifestam as alterações somáticas);

-Tipos de radiações (alfa – altamente ionizante, sendo 20 vezes mais nociva comparada à radiação X – $EBR_{\alpha} = 20$);

-Idade (indivíduos mais jovens são mais susceptíveis do que indivíduos idosos);

-Tipos de células do tecido irradiado.

O objetivo deste trabalho é abordar especificamente os efeitos das radiações no cérebro, sistema nervoso e cristalino, além de citar cuidados quanto à prevenção dessas alterações por meio da proteção ao paciente infantil.

REVISÃO DA LITERATURA

Efeitos Biológicos das Radiações no Sistema Nervoso Central

Pode ocorrer uma síndrome aguda do sistema nervoso central, com doses acima de 1000Rem, que podem causar vasculite, meningite, edema e necrose de neurônios. O período de latência é curto, de horas após a exposição. Manifesta sinais e sintomas como: confusão, apatia, sonolência, tremores, ataxia, convulsões, coma e morte, por aumento da pressão interna do sistema nervoso central, num prazo de 2 a 3 dias, quando a exposição atinge todo o corpo, por ser conseqüente de explosões atômicas e acidentes com reatores nucleares. A possibilidade deste tipo de manifestação em radiodiagnóstico odontológico está fora de cogitação.

Com relação à exposição para diagnóstico, pacientes expostos durante a gravidez ou para tratamento na infância ou quando adultos, mostraram um excessivo número de tumores malignos ou benignos no cérebro. Além disso, um estudo controle tem mostrado uma associação entre meningiomas intracranianos e radiografia dental ou médica. A associação mais forte para estes meningiomas foi com uma história de exposição de toda a boca em radiografias odontológicas, em pacientes com menos de 20 anos de idade. Ao que tudo indica, estes pacientes receberam mais exposição que nas técnicas radiográficas contemporâneas (White, 1984; White, 1992).

Neuberger *et al.* (1991) encontraram uma correlação positiva entre câncer de cérebro e exposição a Raios X para diagnóstico odontológico e associado a ocupação profissional, em um estudo com dois grupos: o grupo controle, composto por uma população rural, e outro grupo, composto por trabalhadores de indústria automotiva, adminis-

tradores, professores, cabeleireiros e esteticistas da cidade de Missouri, com o objetivo de calcular a proporção esperada e encontrada de câncer de cérebro em virtude da profissão. Não há comprovação consistente na literatura para os dados obtidos e por isso mais estudos precisam ser realizados.

Preston-Martin, White (1990) encontraram forte relação causal entre tumores de cérebro e glândulas salivares, relacionados com exames radiográficos odontológicos prévios. Entretanto, eles relataram que a radiação de pacientes durante a radiografia odontológica declinou substancialmente nos últimos 60 anos.

Said *et al.* (1989) realizaram avaliação neuropsicológica de 106 crianças com leucemia linfoblástica que receberam irradiação no crânio, e concluíram que houve comprometimento de habilidade intelectual, em relação à concentração.

Cousens *et al.* (1988) relataram que o comprometimento das habilidades intelectuais é maior quando a irradiação é administrada em pacientes jovens, sendo este quadro progressivo.

Rubenstein *et al.* (1990), em um trabalho sobre funções cognitivas, avaliaram 24 pacientes que apresentaram leucemia e receberam quimioterapia e radioterapia no sistema nervoso central (18Gy = 1800rads em irradiação cranioespinhal) e concluíram que há necessidade de avaliações periódicas anuais das funções cognitivas desses pacientes, para identificar efeitos tardios do tratamento, que necessitem de atenção especial.

Segundo o *Committee on Biological Effects of Ionizing Radiations* (1990), a análise dos dados epidemiológicos dos efeitos biológicos das radiações ionizantes identificou que a máxima sensibilidade do cérebro humano aos efeitos causados pela radiação está entre a 8ª e a 15ª semana de vida intra-uterina. Alterações significantes no crescimento e desenvolvimento foram observadas no cérebro das crianças que foram expostas a radiação ainda no útero, durante o acontecimento de Hiroshima e Nagasaki, e entre a 16ª e 25ª semanas depois da concepção. A exposição à irradiação durante este período induz a anormalidade nos neurônios e a um decréscimo do número de neurônios normais, diminuindo a capacidade intelectual da criança.

Duffner, Cohen (1985), relataram que a terapia utilizada para tratamento de tumores de cérebro na infância, não é somente tóxica, mas inadequada. Há muitos centros que empregam quimioterapia pós-cirúrgica ao invés de radioterapia, com o que os resultados têm sido encorajadores e a neurotoxicidade tem diminuído.

Duffner, Cohen (1986) relataram que o tumor de cérebro é o segundo tipo mais comum de câncer na infância, sendo que 1200 a 1500 crianças recebem este diagnóstico nos Estados Unidos, a cada ano, e, embora os tratamentos estejam avançados,

(cirurgia, radioterapia e quimioterapia), podem causar efeitos adversos sobre o intelecto e a função endócrina e desenvolver malignidades secundárias, havendo necessidade de monitorar as drogas e a administração de radiação cuidadosamente, para minimizar esses efeitos.

Meadows, Evans (1976) descreveram as alterações evidentes no sistema nervoso central após tratamento quimio e radioterápico de leucemia, linfoma, histiocitose maligna em pacientes de 5 anos de idade (com exceção de 5 pacientes que não receberam radiação no crânio), nos quais foram observadas paraplegia, demência e anormalidades no eletroencefalograma.

Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes Ligados ao Cristalino

Evans *et al.* (1960) estudaram o cristalino de ratos irradiados com nêutrons e Raios X e constataram que a catarata de radiação se desenvolve em dois estágios: com 200rads, ocorre um comprometimento de células do epitélio do cristalino. Com 1000rads, há um comprometimento de todas as estruturas envolvidas pela cápsula, acabando por se tornar opaco.

Para Williams (1998), existe pouca dúvida de que a radiação em pequenas doses possa causar mudanças na pele, ser um fator na produção de cataratas, diminuir ou parar o crescimento de ossos e dentes; existe alguma evidência de que os tecidos em desenvolvimento são mais facilmente danificados do que os tecidos maduros, porque o dano por radiação é mais provável que apareça nas crianças do que em pessoas mais velhas.

De acordo com Boscolo *et al.* (1982), em um exame radiográfico intrabucal de toda a boca, o paciente recebe 1,345R na região de íris e cristalino.

Boscolo *et al.* (1989) irradiaram o globo ocular de 27 cães para estudar o binômio radiação-atarata e relacionar os efeitos de baixas doses de radiação com possíveis alterações da cadeia enzimática, responsáveis pela transparência do cristalino. A determinação da dose de radiação foi realizada com dosímetros termoluminescentes de alta sensibilidade e as enzimas estudadas foram: glutation redutase, glucose-6-fosfato desidrogenase, B-N-acetil hexosaminidase e fosfatase ácida. Os 27 cães foram divididos em 3 grupos de animais, todos recebendo 7,34R no olho direito. O olho esquerdo foi devidamente protegido e passou a ser o grupo controle. As conclusões obtidas foram: a catarata por radiação não surge de imediato, contudo os efeitos sobre as células são evidenciados a curto prazo; ocorrem variações nas atividades das enzimas oculares, sugerindo a necessidade de uma proteção durante exames radiológicos.

Boscolo *et al.* (1991), trabalhando com pacientes adultos e edêntulos, avaliaram, através de dosimetria de TLD, LIF-700, as doses de radiação que incidiram no cristalino direito e esquerdo durante tomadas radiográficas intrabucais totais e oclusais, superiores e inferiores, com a técnica periapical da bisettriz e concluíram que, na tomada oclusal superior, 42,52% da dose incidente na pele chegou aos cristalinos direito e esquerdo. Também na tomada radiográfica de pré-molares e caninos superiores, o percentual que atinge o cristalino direito em relação ao incidente foi de 53%, sendo seguido pela tomada dos incisivos superiores com 15,92% da mesma dose. A quantidade que atingia o filme durante as tomadas periapicais variou de 11,44% a 19,29% da dose incidente, sendo que para as técnicas oclusais a superior apresentou 6,51% e a inferior 11,55% da dose inerente na pele.

Doses agudas ao nível de cristalinos podem provocar sua opacificação e, conseqüentemente, aparecimento de cataratas (Freitas *et al.*, 1988; Neglia, Nesbit, 1993; Parisi *et al.*, 1999). Esta dose é citada como tendo um limiar de 20rads para o aparecimento da opacificação e 200rads para manifestação de cataratas. Segundo Ribeiro *et al.* (1993), a quantidade de radiação ao nível de cristalino é grande, pois a mesma encontra-se muito próxima do ponto de incidência do feixe central de radiação.

A dose associada com este problema parece ser de 2Gy, quando esta dose é recebida em uma única exposição, e de 5Gy, quando é recebida em exposições múltiplas por um período de semanas. Estas doses mínimas são maiores que a dose recebida com técnicas radiográficas odontológicas contemporâneas, ou seja, uma dose para o olho usando um cilindro e filme D rápido é de somente 0,6mGy. Muitos cientistas não consideram o cristalino um órgão crítico (White, 1984; Manson-Hing, 1990; White, 1992; Bricker, Kasle, 1995).

Hall *et al.* (1999) realizaram um trabalho para verificar a prevalência de opacidades nos cristalinos de pacientes infantis expostos à radioterapia, sendo que 484 pacientes foram expostos e 89 pacientes eram do grupo controle. Encontraram 357 cristalinos com opacificação, de 953 que foram examinados no grupo que recebeu radiação, e somente 35 cristalinos (20%) com opacificação, de 178 examinados nos indivíduos controle. Observou-se também a idade como um fator modificador de risco importante. Crianças expostas a dose incidente no cristalino de 1Gy tiveram 50% de aumento no risco de desenvolver opacidades subcapsulares e 35% de aumento no risco de opacidade cortical.

Wilde, Sjostrand (1997), em um estudo clínico

sobre a formação de catarata em 20 adultos que receberam radiação gama nos cristalinos na infância (aos 6 meses de idade), observaram que ocorreu maior formação de catarata quando houve uma exposição de aproximadamente 100 a 800rads, 30 a 45 anos após a exposição (período no qual os pacientes foram examinados) e concluíram que a formação de cataratas aumenta em função da dose da radiação recebida, que pode provocar danos por toda a vida.

Esses trabalhos apontam a preocupação dos autores com os efeitos nocivos das radiações e ressaltam a importância da necessidade de proteção nos olhos.

DISCUSSÃO

A possibilidade de efeitos indesejáveis de irradiação em crianças é muito maior do que em indivíduos adultos, por razões como: os tecidos que crescem ou se desenvolvem mais ativamente podem danificar-se com mais facilidade. Os tecidos danificados podem parar o seu crescimento ou desenvolvimento e a maior expectativa de vida dá mais tempo para a ocorrência de efeitos indesejáveis. Os tecidos que crescem ou se desenvolvem com maior rapidez podem ser capazes de reparar o dano mais rapidamente que os tecidos maduros, mas o reparo pode não ser completo. As células como os osteoblastos podem parar o seu desenvolvimento normal, produzindo então deformidades. Alguns dos efeitos indesejáveis da radiação têm um período latente de 20 anos ou mais; tais efeitos têm maior probabilidade de ocorrer em pessoas que tenham sido expostas à radiação quando crianças, do que naquelas irradiadas quando adultas (Williams, 1998).

A radiografia é um instrumento de diagnóstico essencial em Odontopediatria. A técnica ideal deve expor o paciente a uma quantidade mínima de radiação, ao menor número possível de radiografias, utilizando filmes ultra-rápidos para diminuir o tempo de exposição e usando avental plumbífero, e assim permitir uma análise adequada das dentições e das estruturas de suporte. A cooperação da criança é um fator tão essencial quanto a seleção

da técnica radiográfica correta. Ambas aumentam a probabilidade de sucesso e ajudam a reduzir uma exposição excessiva à radiação. O Cirurgião-dentista deve ter paciência com a criança na hora de obter a radiografia, pois podem ser necessárias tentativas repetidas para a colocação do filme, antes de expô-lo à radiação (Bricker, Kastle, 1995; Fonseca, Toledo, 1996; Buscatti, 2002; Cesar *et al.*, 2002).

Os profissionais devem proteger o paciente de qualquer risco durante o tratamento odontológico, sendo que os níveis de radiação não podem superar aqueles que não promovem a ocorrência de um efeito adverso. A atenção deve estar centrada nos três efeitos biológicos da radiação de baixo nível: carcinogênese; teratogênese; mutagênese (Hintze, Wenzel, 1990; Bricker, Kastle, 1995).

Sabe-se que a quantidade de radiação para obtenção de radiografia, necessária a um diagnóstico em Odontopediatria, é muito pequena em relação a possíveis riscos e benefícios prestados ao paciente. Embora o risco seja muito pequeno, as crianças são mais susceptíveis aos efeitos tardios da radiação do que os adultos, pois além das células de crescimento rápido serem mais sensíveis, a distância entre a cavidade e os órgãos genitais é menor nas crianças. Nas meninas, cujas células germinativas estão presentes desde o nascimento, este cuidado deve ser maior. Caso os cromossomos das meninas sejam atingidos pela radiação, podem ser rompidos e, como consequência, se a célula (óvulo) vier a gerar um indivíduo, este poderá nascer com alguma lesão (Issao, Guedes-Pinto, 1999). É importante considerarmos o bom-senso do profissional quando da solicitação de radiografias (Hintze, Wenzel, 1990).

Deve-se salientar que o uso de *écrans* intensificadores nos filmes das tomadas radiográficas extra-buciais reduz significativamente a dosagem de radiação; assim sendo, o uso de radiografia panorâmica em crianças geralmente é mais viável do que uma série de radiografias periapicais tomadas de boca inteira (White, 1982).

Para a indicação de radiografias odontológicas

TABELA 1. Protocolo de Solicitação de Exames Radiográficos Odontológicos segundo a AAPD.

Tipos de Pacientes	Dentição Decídua	Dentição Mista
Novos, em início de tratamento	Podem ser tomadas radiografias <i>bite-wing</i> , quando não for possível observar clinicamente as superfícies proximais.	Exame radiográfico periapical, oclusal e <i>bite-wing</i> ou panorâmica.
Em manutenção ou alto risco de cárie	Exame radiográfico <i>bite-wing</i> em intervalos de 6 meses ou até ficar evidente ausência de cárie.	
Livres de cárie e sem alto risco	Radiografias <i>bite-wing</i> em intervalos de 12 e 24 meses se as superfícies proximais dos dentes decíduos não puderem ser visualizadas.	<i>Bite-wing</i> em intervalos de 12 e 24 meses.
Com doença periodontal ou história de tratamento	Exame radiográfico periapical ou <i>bite-wing</i> para áreas com ocorrência de doença periodontal ou gengivite inespecífica.	

Continua

Continuação Tabela 1

Tipos de Pacientes	Dentição Decídua	Dentição Mista
Com doença periodontal ou história de tratamento periodontal	Exame radiográfico periapical ou <i>bite-wing</i> para áreas com ocorrência de doença periodontal ou gengivite inespecífica.	
Para avaliação de crescimento ou desenvolvimento	Não são indicadas	Podem ser indicadas radiografias periapicais, oclusal e panorâmica.

Fonte: Adaptado de *American Academy of Pediatric Dentistry*, 2000.

em pacientes infantis, a AAPD (*American Academy of Pediatric Dentistry*, 2000) citou um protocolo que tem como critério de seleção as condições clínicas, risco de cárie e/ou doença periodontal e crescimento da criança, como segue:

Frederiksen (1995) citou a dose efetiva para a realização de técnicas radiográficas odontológicas, sendo que para a periapical, usando 15 filmes, a dose efetiva seria de 0,111mSv; para a *bite-wing* com 4 filmes seria de 0,38mSv; em uma tomada total seria de 0,150mSv e em um exame panorâmico seria de 0,026mSv.

Atualmente, as técnicas periapicais são realizadas com um tempo de exposição de 0,4 ou 0,3s; o Cirurgião-dentista precisa estar atento ao problema da radiação e atualizado em relação à correta indicação de cada tipo de exame a ser solicitado, visando a um correto diagnóstico, planejamento e maior bem-estar para o paciente (Buscatti, 2002).

Abdo *et al.* (2000), em um estudo sobre o comportamento do Cirurgião-dentista frente às medidas de radioproteção, concluíram que as medidas legais requeridas são cumpridas; no entanto, a proteção do paciente é negligenciada em função do custo do material. Desta forma, é importante conscientizar o Cirurgião-dentista sobre as medidas de radioproteção para o paciente.

Pinto *et al.* (2000) avaliaram o diâmetro colimado de 50 aparelhos de Raios X utilizados por Odontopediatras da cidade de Ribeirão Preto associado a baixas doses.

(SP-Brasil), para verificar se os mesmos obedeciam às normas da legislação de radioproteção do Ministério da Saúde. Os resultados mostraram que 84% dos aparelhos promoviam um aumento da área irradiada desnecessariamente e apenas 16% estavam dentro das normas. Os autores concluíram que há necessidade de rigoroso controle na fabricação dos aparelhos de Raios X destinados ao uso odontológico, principalmente em Odontopediatria, mesmo que sejam praticamente desconhecidos os efeitos nos sistemas biológicos de baixos níveis de radiação X como os usados no diagnóstico radiográfico. As suposições de danos são baseadas na extrapolação dos dados relativos a altos níveis, aplicados aos níveis mais baixos de radiação.

É importante ressaltar que as estimativas de risco foram apresentadas de acordo com dados da população americana, onde a maioria dos estudos envolveu indivíduos que receberam exposição que excedia o limite de diagnóstico.

CONCLUSÃO

Com base na literatura pesquisada, pode-se concluir que a utilização dos Raios X para diagnóstico, principalmente na Odontopediatria, necessita ser realizada com a observação dos critérios de proteção ao paciente, uma vez que as crianças são mais suscetíveis aos efeitos indesejáveis das radiações ionizantes, apesar de a literatura relatar que o risco de catarata é pequeno. O risco de câncer de

Oliveira LB, Sanglard Peixoto LF, Oliveira JX. Risk estimation of ionizing radiation in the brain, nervous system, and crystalline lens in Pediatric Dentistry. *J Bras Odontopediatr Odontol Bebê* 2003; 6(33):428-33.

Considering that dental X-rays are an important complementary exam in Pediatric Dentistry, the purpose of this literature review was to evaluate the effects of this type of radiation on the brain, nervous system, and crystalline lens.

KEYWORDS: Radiation effects; Pediatric dentistry; Nervous system; Lens, Crystalline.

REFERÊNCIAS

AAPD (American Academy of Pediatric Dentistry). Guidelines for prescribing dental radiographs. *Pediatr Dent* 2000; 22(7):65-6.

Abbott P. Are dental radiographs safe? *Aust Dent J* 2000; 45(3):208-13.

Boscolo EM, Gonçalves N, Di Hipólito Jr O, Montebelo-Filho A. Contribuição ao estudo da quantidade de radiação que atinge os órgãos críticos do paciente, durante um exame radiográfico. *Rev Paul Odontol* 1982; 4(4):20-31.

Boscolo FN, Cury JA, Gonçalves N. Estudo da variação de enzimas, provocada pelo emprego da radiação no globo ocular de cães: utilização de baixas doses e

dosimetria termoluminescente. *Rev Odont USP* 1989; 3(2):338-44.

Boscolo FN, Freitas L, Montebelo-Filho A, Gonçalves A. Determinação de doses de radiação incidentes na região de cristalinos, em pacientes adultos e edêntulos, durante a tomada de radiografias oclusais e periapicais: dosimetria termoluminescente. *Rev Odont USP* 1991; 5(2):96-101.

Bricker SL, Kastle MJ. Técnicas radiográficas. In: McDonald RE, Avery DR. *Odontopediatria*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1995. p.43-56.

Buscatti MY. Radiologia: o que há de novo? *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2002; 56(1):28.

- Cesar PRSM, Lascala CA, Matson E. Riscos radiobiológicos produzidos pela técnica do paralelismo. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2002; 56(1):69-72.
- Committee on Biological Effects of Ionizing Radiations. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR V (1990). Disponível em URL: <http://www.nap.edu> [2002 Mar 02]
- Cousens P, Waters B, Said J, Stevens M. Cognitive effects of cranial irradiation in leukemia: a survey and meta analysis. *J Child Psychiatry* 1988; 29(6):839-52.
- Danforth RA, Torabinejad M. Estimated radiation risks associated with endodontic radiography. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6(1):21-5.
- Duffner PK, Cohen ME. Treatment of brain tumors in babies and very young children. *Pediatr Neurosci* 1985; 12(6):304-10.
- Duffner PK, Cohen ME. Recent developments in pediatric neuro-oncology. *Cancer* 1986; 58(2Suppl):561-8.
- Evans TC, Richards RD, Riley EF. Histologic studies of neutron and X irradiated mouse lenses. *Radiat Res* 1960; 113:737-50.
- Faria SL. O que é radioatividade? São Paulo: Brasiliense; 1984. 73p.
- Fonseca GD, Toledo AO. Diagnóstico e plano de tratamento em clínica odontológica infantil. In: Toledo AO. *Odontopediatria – fundamentos para a prática clínica*. 2ª ed. São Paulo: Premier; 1996. p.56.
- Frederiksen NL. X-rays: what is the risk? *Tex Dent J* 1995; 112(2):68-72.
- Freitas LF. Radiações ionizantes: higiene e proteção. In: Freitas A, Rosa JE, Faria e Souza I. *Radiologia odontológica*. São Paulo: Artes Médicas; 1988. p.87-99.
- Freitas L, Becker L. Natureza e produção dos efeitos biológicos. In: Freitas A, Rosa JE, Faria e Souza I. *Radiologia odontológica*. São Paulo: Artes Médicas; 1988. p.65-77.
- Hall P, Granath F, Lundell M, Olsson K, Holm LE. Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy. *Radiat Res* 1999; 152(2):190-5.
- Hanlon PM. Radiographic considerations in pedodontics. *J Pedod* 1985; 9(4):285-301.
- Hintze H, Wenzel A. Oral radiographic screening in Danish children. *Scand J Dent Res* 1990; 98(1):47-52.
- Issao M, Guedes-Pinto AC. Radiologia em odontopediatria. In: _____. *Manual de odontopediatria*. 10ª ed. São Paulo: Pancaster; 1999. p.91-105.
- Manson-Hing LR. *Fundamentals of dental radiographic*. 3 ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1990.
- Meadows AT, Evans AE. Effects of chemotherapy on the central nervous system. A study of parenteral methotrexate in long-term survivors of leukemia and lymphoma in childhood. *Cancer* 1976; 37(2Suppl):1079-85.
- Neglia JP, Nesbit ME Jr. Care and treatment of long-term survivors of childhood cancer. *Cancer* 1993; 71(10Suppl):3386-91.
- Neuberg JS, Brownson RC, Morantz RA, Chin TD. Association of brain cancer with dental X-rays and occupation in Missouri. *Cancer Detect Prev* 1991; 15(1):31-4.
- Parisi MF, Fahmy FL, Kaminsky CK, Malogolowkin MH. Complications of cancer therapy in children: a radiologist's guide. *Radiographics* 1999; 19(2):283-97.
- Pasler FA. *Radiologia odontológica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1999.
- Pinto PG, Pardini LC, Watanabe PCA. *Odontopediatria: avaliação do diâmetro colimado de aparelho de Raio X [resumo A199]*. *Pesq Odontol Bras* 2000; 14:85.
- Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dent Assoc* 1990; 120(2):151-58.
- Ribeiro SLV, Boscolo FN, Filho AM. Determinação pelo método da dosimetria termoluminescente, das doses de radiação incidentes em órgãos críticos durante a obtenção de radiografias extrabucais. *ROBRAC* 1993; 3(9):24-30.
- Rubinstein CL, Varni JW, Katz ER. Cognitive functioning in long-term survivors of childhood leukemia: a prospective analysis. *J Dev Behav Pediatr* 1990; 11(6):301-5.
- Said JA, Waters BG, Cousens P, Stevens MM. Neuropsychological sequelae of central nervous system prophylaxis in survivors of childhood acute lymphoblastic leukemia. *J Consult Clin Psychol* 1989; 57(2):251-6.
- Velders XL, Van Aken J, Van der Stelt PF. Risk assessment from bite-wing radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1991; 20(4):209-13.
- Wilde G, Sjostrand J. A clinical study of radiation cataract formation in adult life following gamma irradiation of the lens in early childhood. *Br J Ophthalmol* 1997; 81(4):261-6.
- Williams MD. Física da saúde. In: Stafne EC, Gibilisco JA. *Diagnóstico radiográfico bucal*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana; 1998. p.418-28.
- White SC. Radiation in dentistry for children. *J Pedod* 1984; 8(3):242-56.
- White SC. 1992 assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21(3):118-26.
- White SC. Radiation safety for children. *Int Dent J* 1982; 32(3):259-64.

Recebido para publicação em: 10/05/2002

Enviado para reformulação em: 23/07/2002

Aceito para publicação em: 22/10/2002