



LETTERS TO THE EDITOR:

The use of thyroid shielding and lead apron in dentistry.
Position Statement from the Costa Rican Academy of Oral and Maxillofacial Radiology
Uso del protector tiroideo y chaleco plomado en odontología.
Declaración de Posición de la Academia Costarricense de Radiología Oral y Maxilofacial

Deivi Cascante-Sequeira DDS, MSc, PhD¹ <https://orcid.org/0000-0002-5009-6632>

Lucía Barba Ramírez DDS, Esp, MSc¹ <https://orcid.org/0000-0003-1457-7209>

Ana Cecilia Ruiz-Imbert DDS, Esp, MSc¹ <https://orcid.org/0000-0002-0700-6814>

¹Oral and Maxillofacial Radiology Section, Diagnostic and Surgery Sciences Department, Dentistry Faculty, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Correspondence to: Deivi Cascante-Sequeira DDS, MSc, PhD - DEIVI.CASCANTESEQUEIRA@ucr.ac.cr

Received: 12-V-2024

Accepted: 30-V-2024

The following position statement was developed by a special committee of the Costa Rican Academy of Oral and Maxillofacial Radiology (ACROM). The document summarizes evidence-based recommendations regarding radiation protection in oral and maxillofacial radiology, and it is intended to guide national practitioners on the responsible use of ionizing radiation in the local setting.

INTRODUCTION

Using ionizing radiation, such as X-rays, is of significant diagnostic value in dentistry since dentoalveolar tissues can be represented with great precision due to their calcified nature. However, ionizing radiation can cause adverse health effects, which can be classified into deterministic or tissue effects and stochastic effects. Deterministic effects occur at high doses, so they usually do not occur in dentistry (1, 2). On the contrary, stochastic effects occur at low doses, such as those used in dentistry, and do not have a dose threshold; at any radiation dose, occurrence is probable (1, 2). In dentistry, therefore, the main effect associated with using X-rays is the probability of cancer development (1), which is proportional to the increase in dose (1-6). These effects manifest late; that is, there is a period between the exposure to ionizing radiation and the clinical diagnosis of neoplasia, which might take several years (6).



Due to the risk posed by ionizing radiation in dentistry, the implementation of radiation protection measures is required, both for the operator and the patient (1, 4). One of these radiation protection measures is the application of the optimization principle, the basic principle for acquiring radiographic images with the lowest radiation dose. This principle states that the desired clinical benefit should be achieved with radiation doses that are as low as reasonably achievable (ALARA) and as low as diagnostically acceptable (ALADA) (7). Furthermore, in pediatric patients, in whom the radiosensitivity of the tissues is greater because the mitotic processes are increased (8, 9), the use of ionizing radiation should be carried out with greater caution; that is, the use should be oriented by the indication and specific according to the physiological and morphological characteristics of each patient (ALADAIP, As Low as Diagnostically Acceptable Being Indication-oriented and Patient-specific) (10). To apply this principle, the use of all available resources to protect minors and adults is established: using patient protection barriers, such as the lead apron, thyroid protector, and rectangular collimation (11).

Following this reasoning of radiation protection, in 2007, several academic groups formed the Alliance on Radiation Safety in Pediatric Imaging – Image Gently. This campaign aimed to improve the safety and effectiveness of diagnostic images in children worldwide. In 2014, dentomaxillofacial radiology was included, with a 6-step plan to minimize exposure to ionizing radiation in children, including rectangular collimation and thyroid protectors. The use of these protective barriers is recommended because rectangular collimation reduces the dose by 40% (12), and thyroid protectors reduce the dose to the thyroid by approximately 50%. Many other academic and professional associations, including the American Dental Association (ADA), have supported the Image Gently alliance (13).

Recently, the ADA published the article *Optimizing Radiation Safety in Dentistry, Clinical Recommendations and Regulatory Considerations* (14). Based on the available evidence, this study aimed to update the recommendations on the safe use of ionizing radiation in dentistry in the American context. Thus, the most controversial modification regarding the 2012 ADA recommendations was the suspension of the use of thyroid protectors and lead apron during intraoral, panoramic, cephalometric, and cone-beam computed tomography (CBCT) (15, 16). However, the evidence shown to justify such a change does not adapt to the Costa Rican context. Therefore, this statement aims to discuss why the authors recommend that these radiation protection measures should be maintained, from a national perspective.

REASONS FOR UPHOLDING RADIOPROTECTION MEASURES

Since using available resources to protect people is established to comply with the optimization principle, using protective barriers that reduce the radiation dose in tissues outside the region of interest is an optimization strategy. Therefore, using lead vests and thyroid protectors, when the technique allows it, should not be considered an excess of care but rather a technical and ethical obligation to benefit patients, as previous studies confirmed a decrease in dose due to these radioprotection devices (11-13, 18-22). Currently, the ADA, in the article in question, seeks to justify that thyroid protectors and abdominal (gonadal) protectors can introduce artifacts by blocking the primary beam (14). However, the references for such justification do not mention this recommendation (23, 24). Although thyroid protectors can produce artifacts in some radiographic images, which could lead to the repetition of the study, there are approaches that experts in image acquisition can apply, to avoid them. In this sense, these protective barriers are only dispensed in selec-

ted cases when the risk of producing artifacts is greater (21).

The ADA also justifies that patient radiation doses can be minimized more effectively using rectangular collimation and optimal patient positioning during imaging procedures (14). However, in the Latin American scenario, particularly in Costa Rica, intraoral radiographic equipment mainly uses circular collimation, which implies a larger irradiated area and, consequently, a higher radiation dose. Access to equipment with rectangular collimation in the local market is limited, as is access to adaptable or universal rectangular collimators. Even in developed countries, such as the United States, rectangular collimation is not the norm since it is used in 0.6% of dental clinics, and only 22% of pediatric dentists reported the use of rectangular collimation, according to data from the years 2015 and 2020, respectively (25).

On the other hand, optimal patient positioning is not always achieved in the clinical setting, either by acquiring radiographic images during the intraoperative period, with the patient in a supine position, or by circumstances inherent to each patient (e.g., reduced mobility, anatomical variations). In these circumstances, areas far from the region of interest, such as the thyroid gland, end up being irradiated.

Another factor to consider, included in the Image Gently campaign recommendations, is the type of image receptor to be used since more sensitive image receptors require a lower amount of radiation to generate a diagnostic-quality radiographic image. The most recommended for intraoral radiology are F-speed analog films and digital receptors. For extraoral radiology, high-speed films and rare earth intensifying screens are recommended if analog equipment is used (13). However, using more sensitive sensors or films is not enough; it is also necessary to calibrate the acquisition parameters of the X-ray equipment, so it produces

a lower radiation dose. Given that, in Costa Rica, only some dental clinics have adopted the use of digital image receptors, it is impossible to assume that this optimization recommendation is generally used to reduce patient exposure. Therefore, it is reasonable to maintain other radiation protection means, such as the use of the thyroid protector.

A recent study estimated the rate of possible cancer cases associated with dental radiographic examinations in the United States, estimating 967 cases associated with dental radiographic images in 2019. Of these cases, 827 were associated with intraoral x-ray examinations and 84 with the acquisition of cone beam computed tomography. Using rectangular collimation and appropriate indication criteria would reduce the number of possible cancer cases to only 237 per year (25). From this perspective, the dentist's responsibility in an adequate prescription and application of radiographic examinations should not be underestimated.

CONCLUSION

If the goal of an imaging examination that uses ionizing radiation is to improve the health of our patients, any protective measure against the possible harmful effects derived from its use will never be excessive. Thus, until longitudinal clinical studies demonstrate that the radiation doses used in dentistry are incapable of producing stochastic effects, dental professionals must implement all available radioprotection measures, which include, undoubtedly, the use of the thyroid protector and the lead apron.

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

Conceptualization and design: D.C.S., L.B.R. and A.C.R.I.

Literature review: D.C.S., L.B.R. and A.C.R.I.

Writing-original draft preparation: D.C.S., L.B.R. and A.C.R.I.

Writing-review & editing: D.C.S., L.B.R. and A.C.R.I.

REFERENCES

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann. ICRP, 37 (2-4): 1-332, 2007.
2. ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. Ann ICRP. 2018 Mar; 47 (2): 1-118. Erratum in: Ann ICRP. 2019 Sep; 48 (1): 99. Erratum in: Ann ICRP. 2019 Sep; 48 (1): 98. PMID: 29532669.
3. White S.C. & Mallya S.M. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. Aust Dent J. 2012; 57 (suppl 1): 2-8.
4. Radiation Protection in Dental Radiology. International Atomic Energy Agency; 2022.
5. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2012 Report. United Nations; 2013.
6. Hwang S.-Y., Choi E.-S., Kim Y.-S., Gim B.-E., Ha M., Kim H.-Y. Health effects from exposure to dental diagnostic X-ray. Environ Health Toxicol. 2018; 33 (4): e2018017.
7. Jaju P.P. & Jaju S.P. Cone-beam computed tomography: time to move from ALARA to ALADA. Imaging Sci Dent. 2015; 45 (4): 263-265.
8. Belmans N., Gilles L., Vermeesen R., Virag P., Hedesiu M., Salmon B. et al.; DIMITRA Research Group. Quantification of DNA double strand breaks and oxidation response in children and adults undergoing dental CBCT scan. Sci Rep. 2020; 10 (1): 2113.
9. Stratis A., Zhang G., Jacobs R., Bogaerts R., Bosmans H. The growing concern of radiation dose in paediatric dental and maxillofacial CBCT: an easy guide for daily practice. Eur Radiol. 2019; 29 (12): 7009-7018.
10. Oenning A.C., Jacobs R., Pauwels R., Stratis A., Hedesiu M., Salmon B.; DIMITRA Research Group. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. Pediatr Radiol. 2018; 48 (3): 308-316.
11. Han, S., Cheng G., Li G., Ma C. Shielding effect of thyroid collar for digital panoramic radiography. Dentomaxillofacial Radiology, (2013). 42 (9): 20130265
12. Shetty A., Almeida F., Ganatra S., Senior A., Pacheco-Pereira C. Evidence on radiation dose reduction using rectangular collimation: a systematic review. 2019 Int Dental Journal, 69 (2): 84-97.
13. White S., Scarfe W., Schulze R., Lurie A., Douglass J., Farmann A. et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2014; 118: 257-261. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2014.06.001>
14. Benavides E., Krecioch J., Connolly R., Allareddy T., Buchanan A., Spelic D. et al. Optimizing radiation safety in dentistry. The Journal of the American Dental Association, Volume 0, Issue 0.
15. American Dental Association Council on Scientific Affairs, US Food and Drug Administration. Dental Radiographic Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure. US Food and Drug Administration; 2012.
16. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. JADA. 2012; 143 (8): 899-902.
17. Recommendations of the ICRP. Publication 26. Ann ICRP. 1977; 1 (3): 1-53.
18. European Commission. Radiation protection n° 172: Cone-beam CT for dental and maxillofacial radiology evidence-Based Guidelines 2012. www.sedentexct.eu
19. Marshall N., Faulkner K., Clarke P. An investigation into the effect of protective devices on

- the dose to radiosensitive organs in the head and neck. *Br J Radiol* 1992; 65: 799-802.
20. Rush E. & Thompson N. Dental radiography technique and equipment: how they influence the radiation dose received at the level of the thyroid gland. *Radiography* 2007; 13: 214-220.
 21. Pauwels R., Horner K., Vassileva J., Rehani M.M. Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019 Oct; 48 (7): 20190014.
 22. Hidalgo A., Davies J., Horner K., Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom, *Dentomaxillofacial Radiology*, Volume 44, Issue 3, 1 February 2015, 20140285.
 23. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015; 165 (1-4): 156-161.
 24. Metsala E., Henner A., Ekholm M. Quality assurance in digital dental imaging: a systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2014; 72 (5): 362-371.
 25. Benn D. & Vig P. Estimation of x-ray radiation related cancers in US dental offices: Is it worth the risk? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2021; 132: 597-608.

Uso del protector tiroideo y chaleco plomado en odontología.

Declaración de Posición de la Academia Costarricense de Radiología Oral y Maxilofacial

La siguiente declaración de posicionamiento fue desarrollada por un comité especial de la Academia Costarricense de Radiología Oral y Maxilofacial (ACROM). El documento resume las recomendaciones basadas en evidencia sobre la protección radiológica en radiología oral y maxilofacial y tiene como objetivo orientar a los profesionales nacionales sobre el uso responsable de la radiación ionizante en el entorno local.

INTRODUCCIÓN

El uso de radiaciones ionizantes, como los rayos X, es de gran valor diagnóstico en odontología ya que los tejidos dentoalveolares pueden ser representados con gran precisión debido a su naturaleza calcificada. Sin embargo, las radiaciones ionizantes pueden provocar efectos adversos para la salud, los cuales se clasifican en efectos determinísticos o tisulares y efectos estocásticos. Los efectos determinísticos ocurren a dosis altas, por lo que en odontología suelen no presentarse (1, 2). Por el contrario, los estocásticos ocurren a dosis bajas, como las usadas en odontología, y no tienen umbral de dosis, es decir, a cualquier dosis de radiación existe la probabilidad de ocurrencia (1, 2). En odontología, por lo tanto, el principal efecto asociado al uso de rayos X es la probabilidad de desarrollo de cáncer (1), siendo el aumento de la probabilidad proporcional al aumento de la dosis (1-6). Estos efectos se manifiestan de manera tardía, es decir, hay un periodo entre la exposición a la radiación ionizante y el diagnóstico clínico de una neoplasia, que puede ser de muchos años (6).

Debido al riesgo que supone el uso de radiaciones ionizantes en odontología se requiere de la implementación de medidas de radioprotección, tanto para el operador como para el paciente (1, 4). Una de estas medidas de radioprotección, es la aplicación del principio de optimización, principio básico para la adquisición de imágenes radiográficas con la menor dosis de radiación. Este principio establece que el beneficio clínico deseado debe alcanzarse con dosis de radiación que sean tan bajas como sean razonablemente posible (ALARA, del inglés *As low as reasonable achievable*) y tan bajas como sean aceptables para el diagnóstico (ALADA, del inglés *As low as diagnostically acceptable*) (7). Además, en pacientes pediátricos, en los cuales la radiosensibilidad de los tejidos es mayor debido a que los procesos mitóticos se encuentran aumentados (8, 9), se debe realizar el uso de las radiaciones ionizantes con mayor cautela, es decir, el uso debe ser orientado por la indicación y específico de acuerdo con las características fisiológicas y morfológicas de cada paciente (ALADAIP, del inglés *As Low as Diagnostically Acceptable being Indication-oriented and Patient-specific*) (10). Para la aplicación de este principio se establece usar todos los recursos disponibles para la protección de las personas, tanto menores como mayores de edad. Esto comprende el uso de barreras de protección al paciente, como son el chaleco de plomo, el protector de tiroides, el uso de colimación rectangular, entre otros (11).

Siguiendo esta línea de protección radiológica, en 2007 varios grupos académicos conformaron la Alianza en Seguridad Radiológica en Imagenología Pediátrica-Image Gently, que puede traducirse como "tomar imágenes de manera gentil". La finalidad de esta campaña es mejorar la seguridad y efectividad de las imágenes diagnósticas en niños a nivel mundial. En 2014 se incluye la radiología dentomaxilofacial, con un plan de 6 pasos para minimizar la exposición a radiaciones ionizantes en niños, dentro de

los que se incluye el uso de colimación rectangular y el uso del protector de tiroides. Se recomienda el uso de estas barreras de protección debido a que el uso de la colimación rectangular reduce en un 40% la dosis (12) y el uso del protector de tiroides en aproximadamente 50% la dosis a tiroides. Muchas otras asociaciones académicas y profesionales, incluyendo a la Asociación Dental Americana (ADA, del inglés *American Dental Association*), han apoyado la alianza Image Gently (13).

Recientemente la ADA publicó el artículo *Optimizando la seguridad en radiación en Odontología, Recomendaciones clínicas y consideraciones regulatorias* (14). En este, se pretendió actualizar, basados en la evidencia disponible, las recomendaciones sobre el uso seguro de las radiaciones ionizantes en odontología en el contexto estadounidense. Así, el cambio más polémico en relación con las recomendaciones realizadas por la misma ADA en el año 2012 (15, 16) fue la suspensión del uso de protector de tiroides y chaleco plomado durante la toma de imágenes intraorales, panorámicas, cefalométricas y tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). Sin embargo, la evidencia mostrada para justificar tal cambio no se adapta al contexto costarricense. Por lo tanto, el presente comunicado pretende discutir las razones por las cuales los autores recomendamos que se debe mantener el uso de esta medida de radioprotección desde una perspectiva del escenario nacional.

RAZONES PARA MANTENER LAS MEDIDAS DE RADIOPROTECCIÓN

Siendo que el uso de recursos disponibles para la protección de las personas está establecido para cumplir con el principio de optimización, el uso de barreras de protección que disminuyan la dosis de radiación en tejidos ajenos a la región de interés es una estrategia de optimización. Por lo tanto, usar chalecos de plomo y/o protector de tiroides, cuando la técnica lo permita, no debería considerarse un exceso de cuidado, sino

una obligación técnica y ética en beneficio de los pacientes. Esto, ya que estudios previos confirmaron una disminución de la dosis debido al uso de estos dispositivos de radioprotección (11-13, 18-22). Actualmente, la ADA, en el artículo en cuestión, pretende justificar que los protectores de tiroides y los protectores abdominales (gonadales) pueden introducir artefactos al bloquear el haz primario (14). Sin embargo, las referencias utilizadas para tal justificación no mencionan dicha recomendación (23, 24) Si bien es cierto que los protectores de tiroides pueden producir artefactos en algunas imágenes radiográficas, lo que podría dar lugar a la repetición del estudio, existen abordajes por parte de los expertos en la adquisición de imágenes para evitarlos. De esta manera, solamente se prescinde de estas barreras de protección en casos seleccionados, cuando el riesgo de producir artefactos sea mayor (21).

La ADA también justifica que las dosis de radiación del paciente se pueden minimizar de manera más efectiva utilizando la colimación rectangular y el posicionamiento óptimo del paciente durante los procedimientos de imágenes (14). Sin embargo, en la realidad latinoamericana, y en particular en Costa Rica, los equipos radiográficos intraorales utilizan mayoritariamente colimación circular, la cual implica una mayor área irradiada y, consecuentemente, una mayor dosis de radiación. El acceso a equipos con colimación rectangular en el mercado local es limitado, así como el acceso a colimadores rectangulares adaptables o universales. Inclusive en países desarrollados, como Estados Unidos, el uso de la colimación rectangular no es la norma, ya que se registra solo el 0.6% de las clínicas dentales, y solo el 22% de los odontopediatras utilizaban colimación rectangular, según datos de los años 2015 y 2020 respectivamente (25).

Por otro lado, el posicionamiento óptimo del paciente no siempre es alcanzado en el escenario clínico, ya sea por la adquisición de

tomas radiográficas durante el transoperatorio, con el paciente en posición supina; así como por circunstancias inherentes a cada paciente (e.g., movilidad reducida, variaciones anatómicas). En dichas circunstancias, acaban siendo irradiadas áreas lejanas a la región de interés, tales como la tiroides.

Otro factor que considerar, incluido en las recomendaciones de la campaña Image Gently, es el tipo de receptor de imagen a utilizar, dado que los receptores de imagen más sensibles requieren una menor cantidad de radiación para generar una imagen radiográfica de calidad diagnóstica. Los más recomendados para radiología intraoral son las películas analógicas velocidad F y los receptores digitales. Para radiología extraoral, en caso de usarse equipos analógicos, se recomiendan usar películas de alta velocidad y pantallas intensificadoras de tierras raras (13). Sin embargo, no basta con utilizar sensores o películas más sensibles, sino, además, calibrar los parámetros de adquisición de los equipos de rayos X para que ofrezcan menor dosis de radiación. Dado que, en Costa Rica, aún no todas las clínicas dentales han adoptado el uso de receptores de imagen digitales, no es posible asumir que esta recomendación de optimización se usa de manera general para reducir la exposición de los pacientes; por ende, resulta razonable mantener otros medios de radioprotección, como el uso del protector de tiroides.

Un estudio reciente estimó la tasa de posibles casos de cáncer asociados con exámenes radiográficos dentales en Estados Unidos, estimando un total de 967 casos de cáncer asocia-

dos a imágenes radiográficas dentales en el año 2019. De estos casos, 827 se asociaron a la toma de radiografías intraorales y 84 a la adquisición de tomografías computarizadas de haz cónico. El uso de colimación rectangular y de adecuados criterios de indicación reduciría esta cifra de posibles casos de cáncer a solo 237 por año (25). Bajo esta perspectiva, la responsabilidad del odontólogo en una adecuada prescripción y aplicación de los exámenes radiográficos no debe ser subestimada.

CONCLUSIÓN

En conclusión, si el objetivo final de un examen por imágenes que utiliza radiaciones ionizantes es mejorar la salud de nuestros pacientes, nunca será excesiva cualquier medida de protección contra los posibles efectos nocivos derivados de su uso. Así, hasta que no existan estudios clínicos longitudinales que demuestren que las dosis de radiación utilizadas en odontología no son capaces de producir efectos estocásticos, es obligación de los y las profesionales en odontología poner en práctica todas las medidas de radioprotección disponibles, lo que incluye, indudablemente el uso del protector de tiroides y el chaleco de plomo.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DEL AUTOR

Conceptualización y diseño: D.C.S., L.B.R. y A.C.R.I.

Revisión de Literatura: D.C.S., L.B.R. y A.C.R.I.

Escritura-preparación del documento original: D.C.S., L.B.R. y A.C.R.I.

Escritura-revisión & edición: D.C.S., L.B.R. y A.C.R.I.

REFERENCIAS

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann. ICRP, 37 (2-4): 1-332, 2007.
2. ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. Ann ICRP. 2018 Mar; 47 (2): 1-118. Erratum in: Ann ICRP. 2019 Sep; 48 (1): 99. Erratum in: Ann ICRP. 2019 Sep; 48 (1): 98. PMID: 29532669.
3. White S.C. & Mallya S.M. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. Aust Dent J. 2012; 57 (suppl 1): 2-8.
4. Radiation Protection in Dental Radiology. International Atomic Energy Agency; 2022.
5. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2012 Report. United Nations; 2013.
6. Hwang S.-Y., Choi E.-S., Kim Y.-S., Gim B.-E., Ha M., Kim H.-Y. Health effects from exposure to dental diagnostic X-ray. Environ Health Toxicol. 2018; 33 (4): e2018017.
7. Jaju P.P. & Jaju S.P. Cone-beam computed tomography: time to move from ALARA to ALADA. Imaging Sci Dent. 2015; 45 (4): 263-265.
8. Belmans N., Gilles L., Vermeesen R., Virag P., Hedesiu M., Salmon B. et al.; DIMITRA Research Group. Quantification of DNA double strand breaks and oxidation response in children and adults undergoing dental CBCT scan. Sci Rep. 2020; 10 (1): 2113.
9. Stratis A., Zhang G., Jacobs R., Bogaerts R., Bosmans H. The growing concern of radiation dose in paediatric dental and maxillofacial CBCT: an easy guide for daily practice. Eur Radiol. 2019; 29 (12): 7009-7018.
10. Oenning A.C., Jacobs R., Pauwels R., Stratis A., Hedesiu M., Salmon B.; DIMITRA Research Group. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. Pediatr Radiol. 2018; 48 (3): 308-316.
11. Han, S., Cheng G., Li G., Ma C. Shielding effect of thyroid collar for digital panoramic radiography. Dentomaxillofacial Radiology, (2013); 42 (9): 20130265
12. Shetty A., Almeida F., Ganatra S., Senior A., Pacheco-Pereira C. Evidence on radiation dose reduction using rectangular collimation: a systematic review. 2019 Int Dental Journal, 69 (2): 84-97.
13. White S., Scarfe W., Schulze R., Lurie A., Douglass J., Farmann A. et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2014; 118: 257-261. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2014.06.001>
14. Benavides E., Krecioch J., Connolly R., Allareddy T., Buchanan A., Spelic D. et al. Optimizing radiation safety in dentistry. The Journal of the American Dental Association, Volume 0, Issue 0.
15. American Dental Association Council on Scientific Affairs, US Food and Drug Administration. Dental Radiographic Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure. US Food and Drug Administration; 2012.
16. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. JADA. 2012; 143 (8): 899-902.
17. Recommendations of the ICRP. Publication 26. Ann ICRP. 1977; 1 (3): 1-53.
18. European Commission. Radiation protection n° 172: Cone-beam CT for dental and maxillofacial radiology evidence-Based Guidelines 2012. www.sedentext.eu
19. Marshall N., Faulkner K., Clarke P. An investigation into the effect of protective devices

- on the dose to radiosensitive organs in the head and neck. *Br J Radiol* 1992; 65: 799-802
20. Rush E. & Thompson N. Dental radiography technique and equipment: how they influence the radiation dose received at the level of the thyroid gland. *Radiography* 2007; 13: 214-220
 21. Pauwels R., Horner K., Vassileva J., Rehani M.M. Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019 Oct; 48 (7): 20190014.
 22. Hidalgo A., Davies J., Horner K., Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom, *Dentomaxillofacial Radiology*, Volume 44, Issue 3, 1 February 2015, 20140285.
 23. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015; 165(1-4):156-161.
 24. Metsala E., Henner A., Ekholm M. Quality assurance in digital dental imaging: a systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2014; 72 (5): 362-371.
 25. Benn D. & Vig P. Estimation of x-ray radiation related cancers in US dental offices: Is it worth the risk? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2021; 132: 597-608.