

Colección de Informes de Seguridad

n° 108

**Protección Radiológica
en Radiología Dental**



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a disponer lo necesario para aplicar esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas pertenecen a la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*. Esta colección abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. La colección comprende las siguientes categorías: **Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad.**

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA:

www.iaea.org/es/recursos/normas-de-seguridad

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el *Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA* y un informe de situación sobre las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA en la dirección: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la utilización de las normas (por ejemplo, si se han utilizado como base de los reglamentos nacionales, para realizar exámenes de la seguridad o para impartir cursos de capacitación), con el fin de asegurar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. Se puede hacer llegar la información a través del sitio del OIEA o por correo postal a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico a la dirección: Official.Mail@iaea.org.

PUBLICACIONES CONEXAS

El OIEA facilita la aplicación de las normas y, con arreglo a las disposiciones de los artículos III y VIII.C de su Estatuto, pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad en las actividades nucleares se publican como **Informes de Seguridad**, en los que se ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Existen asimismo otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad, como las relativas a la **preparación y respuesta para casos de emergencia**, los **informes sobre evaluación radiológica**, los **informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), los **informes técnicos** y los **documentos TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad.

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*.

La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
EN RADIOLOGÍA DENTAL

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

ALBANIA	FINLANDIA	PAÍSES BAJOS, REINO DE LOS
ALEMANIA	FRANCIA	PAKISTÁN
ANGOLA	GABÓN	PALAU
ANTIGUA Y BARBUDA	GAMBIA	PANAMÁ
ARABIA SAUDITA	GEORGIA	PAPUA NUEVA GUINEA
ARGELIA	GHANA	PARAGUAY
ARGENTINA	GRANADA	PERÚ
ARMENIA	GRECIA	POLONIA
AUSTRALIA	GUATEMALA	PORTUGAL
AUSTRIA	GUINEA	QATAR
AZERBAIYÁN	GUYANA	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA
BAHAMAS (LAS)	HAÍTÍ	E IRLANDA DEL NORTE
BAHREIN	HONDURAS	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BANGLADESH	HUNGRÍA	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BARBADOS	INDIA	REPÚBLICA CHECA
BELARÚS	INDONESIA	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BELICE	ISLÁMICA DEL	DEL CONGO
BENIN	IRAQ	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOLIVIA, ESTADO	IRLANDA	POPULAR LAO
PLURINACIONAL DE	ISLANDIA	REPÚBLICA DOMINICANA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS COOK	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
BOTSWANA	ISLAS MARSHALL	RUMANIA
BRASIL	ISRAEL	RWANDA
BRUNEI DARUSSALAM	ITALIA	SAINT KITTS Y NEVIS
BULGARIA	JAMAICA	SAMOA
BURKINA FASO	JAPÓN	SAN MARINO
BURUNDI	JORDANIA	SAN VICENTE Y
CABO VERDE	KAZAJSTÁN	LAS GRANADINAS
CAMBOYA	KENYA	SANTA LUCÍA
CAMERÚN	KIRGUISTÁN	SANTA SEDE
CANADÁ	KUWAIT	SENEGAL
COLOMBIA	LESOTHO	SERBIA
COMORAS	LETONIA	SEYCHELLES
CONGO	LÍBANO	SIERRA LEONA
COREA, REPÚBLICA DE	LIBERIA	SINGAPUR
COSTA RICA	LIBIA	SOMALIA
CÔTE D'IVOIRE	LIECHTENSTEIN	SRI LANKA
CROACIA	LITUANIA	SUDÁFRICA
CUBA	LUXEMBURGO	SUDÁN
CHAD	MACEDONIA DEL NORTE	SUECIA
CHILE	MADAGASCAR	SUIZA
CHINA	MALASIA	TAILANDIA
CHIPRE	MALAWI	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MALÍ	TOGO
DJIBOUTI	MALTA	TONGA
DOMINICA	MARRUECOS	TRINIDAD Y TABAGO
ECUADOR	MAURICIO	TÚNEZ
EGIPTO	MAURITANIA	TURKMENISTÁN
EL SALVADOR	MÉXICO	TÜRKIYE
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MÓNACO	UCRANIA
ERITREA	MONGOLIA	UGANDA
ESLOVAQUIA	MONTENEGRO	URUGUAY
ESLOVENIA	MOZAMBIQUE	UZBEKISTÁN
ESPAÑA	MYANMAR	VANUATU
ESTADOS UNIDOS	NAMIBIA	VENEZUELA, REPÚBLICA
DE AMÉRICA	NEPAL	BOLIVARIANA DE
ESTONIA	NICARAGUA	VIET NAM
ESWATINI	NÍGER	YEMEN
ETIOPÍA	NIGERIA	ZAMBIA
FEDERACIÓN DE RUSIA	NORUEGA	ZIMBABWE
FIJI	NOVA ZELANDIA	
FILIPINAS	OMÁN	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE INFORMES DE SEGURIDAD N° 108

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA DENTAL

RESPALDADA POR LA
FEDERACIÓN DENTAL INTERNACIONAL (FDI), LA ALIANZA
IMAGE GENTLY, LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE
RADIOLOGÍA DENTOMAXILOFACIAL Y LA ORGANIZACIÓN
INTERNACIONAL DE FÍSICA MÉDICA

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2025

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas conforme a lo dispuesto en la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Ginebra) y revisada en 1971 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor para incluir la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Podría ser necesaria una autorización para utilizar textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, en formato impreso o electrónico. Para obtener más detalles a ese respecto, sírvase consultar la siguiente dirección: www.iaea.org/es/publicaciones/derechos-y-permisos. Las solicitudes de información pueden dirigirse a:

Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena, Austria
Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530
Correo electrónico: sales.publications@iaea.org
www.iaea.org/es/publicaciones

© OIEA, 2025

Impreso por el OIEA en Austria
Octubre de 2025
STI/PUB/1972

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA DENTAL

OIEA, VIENA, 2025

STI/PUB/1972

ISBN 978-92-0-300324-7 (papel) | ISBN 978-92-0-300524-1 (PDF)

| ISBN 978-92-0-300424-4 (EPUB)

ISSN 1020-6469

PRÓLOGO

En la publicación N° GSR Part 3 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, titulada *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad*, se establecen los requisitos básicos de protección y seguridad radiológicas en las exposiciones médicas. En la publicación N° SSG-46 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, titulada *Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante*, se ofrecen recomendaciones y orientaciones para el cumplimiento de los requisitos establecidos en la publicación GSR Part 3 con respecto a los usos médicos de la radiación ionizante, incluida la odontología. Sin embargo, la publicación N° SSG-46 no incluye directrices detalladas específicas para las diferentes modalidades y técnicas utilizadas en radiología dental.

La odontología es una especialidad médica independiente y los equipos de rayos X odontológicos pueden utilizarse en diversos ámbitos. Por lo general, los dentistas hacen radiografías a los pacientes basándose en sus propias evaluaciones clínicas. Por lo tanto, los dentistas tienen la responsabilidad de justificar la exposición médica y optimizar la protección radiológica de los pacientes, y necesitan directrices específicas y detalladas. Las directrices internacionales disponibles sobre protección radiológica en radiología dental han quedado obsoletas o solo abarcan parcialmente las técnicas dentales existentes, como el uso de la tomografía computarizada de haz cónico.

Los participantes en una reunión de expertos del OIEA celebrada en febrero de 2016 en Viena, entre los que se encontraban representantes de las principales organizaciones internacionales y sociedades profesionales, llegaron a la conclusión de que se necesitaban orientaciones sobre la justificación y la idoneidad de las imágenes de radiología dental y la optimización de la protección y la seguridad radiológicas de los pacientes, el personal y el público, incluida información detallada sobre los aspectos de seguridad de las instalaciones y los equipos dentales. Los participantes en la reunión solicitaron al OIEA que considerara la posibilidad de liderar la elaboración de una publicación de esta índole y de dirigirse a las organizaciones internacionales representadas en la reunión de expertos para que contribuyeran a esta tarea y respaldaran la publicación.

El objetivo de este informe de seguridad es proporcionar orientaciones para el cumplimiento de los requisitos de protección y seguridad radiológicas en el uso de la radiación ionizante en odontología establecidos en la publicación GSR Part 3. Estas orientaciones están destinadas a quienes utilizan rayos X para examinar estructuras dentales, maxilofaciales y adyacentes, entre ellos odontólogos, médicos remitentes, tecnólogos radiológicos y otros profesionales de la salud dental, así como físicos médicos, expertos en protección radiológica y

fabricantes de equipo de imagenología dental. Los órganos reguladores también pueden utilizarlas para examinar las solicitudes de autorización e inspección de instalaciones de radiología dental. Se espera que este informe de seguridad sea útil para los expertos que participan en misiones del OIEA a la hora de prestar asesoramiento sobre la aplicación de los requisitos establecidos en la publicación GSR Part 3 con respecto a la práctica de la radiología dental.

Este informe de seguridad recibió el visto bueno de la Federación Dental Internacional (FDI), la Alianza Image Gently, la Asociación Internacional de Radiología Dentomaxilofacial y la Organización Internacional de Física Médica.

El OIEA expresa su reconocimiento a todos cuantos prestaron asistencia en la redacción y el examen de la presente publicación. La funcionaria del OIEA encargada de esta publicación fue J. Vassileva, de la División de Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos.

NOTA EDITORIAL

Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse de su uso.

Esta publicación no aborda cuestiones de responsabilidad, jurídica o de otra índole, por actos u omisiones por parte de persona alguna.

Las orientaciones que aquí se ofrecen, en las que se describen buenas prácticas, representan la opinión de los expertos, pero no constituyen recomendaciones formuladas sobre la base de un consenso entre los Estados Miembros.

El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o el trazado de sus fronteras.

La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.

El OIEA no es responsable de la continuidad o exactitud de las URL de los sitios web externos o de terceros en Internet a que se hace referencia en este libro y no garantiza que el contenido de dichos sitios web sea o siga siendo preciso o adecuado.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Objetivo	2
1.3.	Alcance	3
1.4.	Estructura	3
2.	MODALIDADES Y TÉCNICAS DE IMAGENOLOGÍA UTILIZADAS EN RADIOLOGÍA DENTAL	4
2.1.	Radiografía intraoral	4
2.2.	Radiografías panorámicas	8
2.3.	Radiografías cefalométricas	9
2.4.	Tomografía computarizada de haz cónico	10
2.5.	Tomografía computarizada multidetector convencional	13
3.	MARCO PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA DENTAL	15
3.1.	Riesgo radiológico	15
3.2.	Dosis de radiación	17
3.3.	Principios básicos de la protección radiológica	17
3.4.	Funciones y responsabilidades relativas a la protección radiológica	21
3.5.	Enseñanza y capacitación	27
3.6.	Garantía de la calidad y auditoría de la calidad	32
4.	DIRECTRICES RELATIVAS A LA JUSTIFICACIÓN Y LA IMAGENOLOGÍA	35
4.1.	Enfoques generales relativos a la justificación de la radiografía dental	36
4.2.	La justificación en la radiografía dental bidimensional	37
4.3.	Justificación de la imagenología dental tridimensional	41
4.4.	Justificación en pacientes de pediatría	44
4.5.	Justificación en pacientes embarazadas	46
4.6.	Directrices sobre el uso de la imagenología en odontología ..	46

4.7.	Justificación de la exposición médica de cuidadores y confortadores	46
5.	OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS SOMETIDAS A EXPOSICIÓN MÉDICA	48
5.1.	Selección del equipo.	48
5.2.	Control de la calidad.	55
5.3.	Dosimetría de los pacientes y niveles de referencia de diagnóstico	63
5.4.	Aspectos de procedimiento	71
5.5.	Pacientes de pediatría	76
5.6.	Pacientes embarazadas	78
5.7.	Cuidadores y confortadores, y voluntarios en investigaciones biomédicas	79
5.8.	Exposiciones médicas involuntarias y accidentales	80
6.	PROTECCIÓN OCUPACIONAL Y DEL PÚBLICO	81
6.1.	Límites de dosis	81
6.2.	Clasificación de zonas	82
6.3.	Diseño de la sala de rayos X	83
6.4.	Protección de las zonas adyacentes	84
6.5.	Reglas y procedimientos locales	85
6.6.	Monitorización radiológica individual y evaluación de la exposición ocupacional	87
APÉNDICE I:	MAGNITUDES RELACIONADAS CON LA DOSIS DE RADIACIÓN APLICABLES A LA RADIOLOGÍA DENTAL.	91
APÉNDICE II:	OBJETIVOS DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN QUE ATAÑEN A LA ODONTOLOGÍA.	95
REFERENCIAS.		99
ANEXO:	INDICACIONES CLÍNICAS DE LA IMAGENOLOGÍA RADIOLÓGICA DENTAL.	111
LISTA DE ABREVIATURAS.		131
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN.		133

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La imagenología por rayos X se utiliza mucho en odontología para diagnosticar, planificar y supervisar tratamientos y para dar seguimiento a distintas patologías. Según el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)¹, aproximadamente el 13 % de todos los exámenes radiológicos de diagnóstico a nivel mundial se realizan en el ámbito de la odontología, con una frecuencia anual estimada de 74 exámenes odontológicos por cada 1000 habitantes en todo el mundo, y de 275 por cada 1000 habitantes en los países de nivel I de atención médica² [1]. De acuerdo con un informe de la Comisión Europea [2], se estima que los procedimientos de radiografía dental representan el 32 % de todos los procedimientos de radiografía simple en Europa, con una media anual de 352 procedimientos dentales por cada 1000 habitantes. En la encuesta sobre la evaluación a escala nacional de las tendencias en el uso de rayos X en los Estados Unidos de América (EE. UU.) [3] de 2014-2015 se estimó que en el país se realizaban aproximadamente 500 millones de radiografías intraorales y casi 4 millones de exámenes dentales por tomografía computarizada de haz cónico al año. De estos datos se desprende que en todo el mundo se realizan al menos 1500 millones de radiografías dentales al año.

Las técnicas de imagen utilizadas en odontología pueden clasificarse en radiografías intraorales (es decir, interproximales, periapicales y oclusales), radiografías panorámicas, radiografías cefalométricas y tomografías computarizadas de haz cónico. Esta última es la modalidad más reciente y está asociada a dosis relativamente altas para los pacientes. En algunos pacientes también es necesario realizar una tomografía computarizada (TC) médica. Aunque las dosis individuales recibidas de los procedimientos odontológicos son pequeñas, debido a la creciente frecuencia con la que se realizan procedimientos de imagenología dental, en particular de TC de haz cónico y de TC, su contribución a la dosis colectiva está aumentando y plantea la necesidad de prestar más atención a la protección radiológica de los pacientes. Una consideración importante es que los procedimientos radiológicos dentales se realizan con más frecuencia en personas jóvenes, que suelen tener un mayor riesgo de presentar cáncer inducido

¹ Al final de esta publicación se incluye una lista de abreviaciones.

² Según el UNSCEAR, los países de nivel I son aquellos en los que hay al menos un médico por cada 1000 personas de la población general [1].

por la radiación que los adultos, por lo que es necesario conceder mayor interés a la justificación y la optimización de los procedimientos de imagenología dental.

La odontología es una especialidad médica independiente. Los dentistas suelen poseer equipos de rayos X odontológicos y derivan a los pacientes a procedimientos de rayos X que los propios dentistas realizan. En consecuencia, los dentistas tienen la responsabilidad de justificar la exposición médica y optimizar la protección radiológica de los pacientes, por lo que necesitan directrices específicas y detalladas.

1.2. OBJETIVO

En la publicación N° GSR Part 3 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad* [4], se establecen los requisitos básicos de protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante. En la publicación N° SSG-46 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA, Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante* [5], se formulan recomendaciones específicas sobre el uso diagnóstico de los rayos X, pero en ella no se incluyen orientaciones concretas sobre radiología dental.

El objetivo de la presente publicación es proporcionar orientaciones para el cumplimiento de los requisitos de protección y seguridad radiológicas en el uso de la radiación ionizante en radiología dental que figuran en la publicación GSR Part 3 [4], y complementar y detallar las recomendaciones contenidas en la publicación SSG-46 [5]. Es importante señalar que, aunque en esta publicación se brinda información sobre los requisitos clave de la publicación GSR Part 3 y las recomendaciones de la publicación SSG-46 en relación con la radiología dental, el lector ha de consultar las publicaciones originales para obtener una explicación completa.

Entre el público destinatario del presente informe de seguridad se encuentran odontólogos, especialistas dentales, otros profesionales de la odontología, médicos remitentes (por ejemplo, médicos, odontólogos), tecnólogos radiológicos (por ejemplo, radiógrafos), físicos médicos, expertos en protección radiológica, fabricantes y órganos reguladores. Además de estos grupos profesionales, los pacientes y el público en general también pueden encontrar en esta publicación una fuente de información útil.

1.3. ALCANCE

Este informe de seguridad incluye directrices para la justificación de la exposición médica, la idoneidad de los procedimientos radiológicos dentales y la optimización de la protección y la seguridad radiológicas de los pacientes, cuidadores y confortadores, así como del personal dental, prestando especial atención a los niños y las embarazadas. También contiene directrices sobre el equipo de radiología dental, incluidas cuestiones de garantía de la calidad, dosimetría y funcionamiento.

Tal como se emplea en la presente publicación, el término “radiología dental” incluye todas las aplicaciones de la imagenología por rayos X en odontología para examinar las estructuras dentales, maxilofaciales y adyacentes.

1.4. ESTRUCTURA

En la sección 2 se describen las modalidades y las técnicas de obtención de imágenes por rayos X utilizadas en radiología dental, a saber, radiografía intraoral, panorámica y cefalométrica, TC de haz cónico y TC multidetector convencional. En la sección 3 se resumen los principales elementos del marco de protección radiológica en radiología dental, con información sobre los conocimientos actuales acerca del riesgo radiológico y la dosis de radiación, los principios básicos de la protección radiológica, las funciones y responsabilidades, la enseñanza y la capacitación, y la garantía de calidad y la auditoría de la calidad. En la sección 4 figuran orientaciones sobre la aplicación del principio de justificación en radiología dental, con especial atención a los niños, las mujeres en edad reproductiva, los cuidadores y los confortadores. En la sección 5 se describe el principio de optimización de la protección y la seguridad radiológicas aplicado a la exposición médica (es decir, la exposición de pacientes, cuidadores y confortadores, así como voluntarios como parte de un programa de investigación biomédica). En la sección 6 se exponen los elementos de la protección radiológica relacionados con la exposición ocupacional y del público.

En el apéndice I de la presente publicación se describen y definen las magnitudes relacionadas con la dosis de radiación aplicables a la radiología dental, y en el apéndice II se ofrece un resumen de los objetivos de enseñanza y capacitación para diferentes funciones aplicables a la odontología. El anexo contiene una selección no exhaustiva de indicaciones clínicas de la imagenología radiológica dental, derivadas de las directrices profesionales existentes.

2. MODALIDADES Y TÉCNICAS DE IMAGENOLÓGÍA UTILIZADAS EN RADIOLOGÍA DENTAL

2.1. RADIOGRAFÍA INTRAORAL

Las radiografías intraorales, en las que el receptor de imagen se coloca en la cavidad bucal del paciente, son el tipo más común de radiografía utilizada en odontología. Se dividen en las siguientes categorías:

- a) radiografías interproximales, que muestran la corona de un diente y las crestas alveolares adyacentes;
- b) radiografías periapicales, que muestran todo el diente y el hueso circundante, y
- c) radiografías oclusales, que abarcan una zona más amplia del maxilar superior o la mandíbula.

Todas las radiografías intraorales se realizan con la misma unidad de rayos X dental, que puede ser fija, móvil o portátil. Pueden utilizarse distintos tipos de receptores de imagen, como películas, fósforo fotoestimulable y receptores de estado sólido.

2.1.1. Unidades de rayos X dentales

2.1.1.1. Unidades fijas

Las unidades de rayos X dentales fijas constan de un cabezal de tubo unido a un brazo ajustable montado en la pared, el techo o el suelo. Si se ajustan el brazo y la angulación del cabezal del tubo se pueden realizar exposiciones para cualquier tipo de geometría de proyección utilizada en radiografía intraoral.

2.1.1.2. Unidades móviles

Las unidades de rayos X dentales móviles constan de un cabezal de tubo unido a un brazo ajustable montado en una unidad móvil. Si se ajustan el brazo y la angulación del cabezal del tubo se pueden realizar exposiciones para cualquier tipo de geometría de proyección utilizada en radiografía intraoral.

2.1.1.3. Unidades portátiles

Las unidades de rayos X dentales portátiles se introdujeron a principios de la década de 1990 para situaciones específicas en las que se necesita esta función móvil (véase la sección 5). Debido a la proximidad del operador³, hay que tener en cuenta consideraciones especiales para la protección ocupacional, como la necesidad de contar con blindaje de retrodispersión (véase la sección 6).

2.1.2. Receptores de imagen intraorales

2.1.2.1. Receptores de película

Las películas intraorales vienen en varios tamaños, según el tamaño de la región de interés (cuadro 1). Para los adultos se suele utilizar el tamaño 2, mientras que el tamaño 1 por lo general se usa para las radiografías periapicales de los dientes anteriores. Para los niños pueden utilizarse los tamaños 1 y 0. En el caso de las radiografías interproximales ampliadas, se utiliza el tamaño 3. El tamaño 4 se reserva específicamente para las radiografías oclusales.

Las películas de rayos X se caracterizan por su velocidad radiográfica, que viene determinada por su sensibilidad a la radiación. Las películas intraorales están disponibles en las velocidades D y E/F; la primera ha dejado de utilizarse clínicamente porque requiere una mayor exposición del paciente (véase la sección 5). En radiografía intraoral no se utilizan pantallas intensificadoras debido a la pérdida de resolución espacial y la falta de disponibilidad de chasis adecuados.

CUADRO 1. TAMAÑOS DE PELÍCULAS INTRAORALES

Tamaño 0	22 mm × 35 mm
Tamaño 1	24 mm × 40 mm
Tamaño 2	30,5 mm × 40,5 mm
Tamaño 3	27 mm × 54 mm
Tamaño 4	57 mm × 76 mm

³ En esta publicación el término “operador” se utiliza en sentido general. El operador suele ser un tecnólogo radiológico, pero a veces puede ser un odontólogo, un especialista dental u otro profesional de la odontología autorizado para manejar equipos de rayos X dentales.

Las películas intraorales se colocan en la boca del paciente utilizando un dispositivo genérico de sujeción o de orientación del haz para garantizar una exposición adecuada de la película y evitar que el haz se desalinee (“corte de cono”). Si la película no se coloca correctamente, podría ser necesario repetir la exposición.

Tras la exposición, las películas se revelan y fijan, y pueden montarse para su visualización. El procesamiento de la película puede ser manual o automático.

2.1.2.2. *Receptores digitales*

En radiografía intraoral se utilizan distintos tipos de receptores de imágenes digitales. Aunque su resolución espacial es inferior a la de la película, presentan una latitud más amplia (es decir, un rango de exposiciones detectables). Además, los receptores de estado sólido pueden proporcionar una imagen de diagnóstico con un tiempo de exposición más corto que los receptores de fósforo fotoestimulable y de película.

Otra ventaja de las imágenes digitales es que se pueden aplicar distintos tipos de procesamiento informático de imágenes, y estas se pueden transferir, almacenar y respaldar en copias de seguridad.

2.1.2.2.1. Receptores de fósforo fotoestimulable

Los receptores de fósforo fotoestimulable, también denominados placas de imagen, forman una imagen latente tras la exposición a los rayos X. Esta imagen latente puede leerse y digitalizarse mediante estimulación por luz láser, tras lo cual la placa puede reutilizarse. El uso de receptores de fósforo fotoestimulable también se conoce como radiografía computarizada.

Por lo general, los soportes de los receptores utilizados para las películas también pueden utilizarse para los receptores de fósforo fotoestimulable. Sin embargo, mientras que las películas pueden doblarse con cuidado en la boca del paciente cuando es necesario, un receptor de fósforo fotoestimulable puede dañarse al ser doblado.

2.1.2.2.2. Receptores de estado sólido

En la actualidad, en radiografía intraoral se utilizan dos tipos de receptores de estado sólido: el dispositivo de carga acoplada (CCD) y el receptor de metal-óxido-semiconductor complementario (CMOS). Un CCD consiste en una oblea de silicio dispuesta en una matriz de píxeles. La exposición a los rayos X induce cargas locales en de la matriz, que pueden leerse y digitalizarse. Los receptores

CMOS también utilizan silicio, pero cada píxel está conectado individualmente a un transistor. El uso de receptores de estado sólido se denomina radiografía digital.

En comparación con los receptores de película y de fósforo fotoestimulable, los receptores de estado sólido pueden ser voluminosos y siempre son rígidos. Además, necesitan una conexión activa a una computadora mediante un cable, aunque los sistemas inalámbricos se han vuelto cada vez más frecuentes en los últimos tiempos.

2.1.3. Radiografías interproximales

Las radiografías interproximales o de aleta de mordida se utilizan principalmente para la detección precoz de caries y la detección de caries secundarias debajo de las restauraciones. Además, pueden utilizarse para evaluar el hueso periodontal.

Las radiografías interproximales se obtienen con el haz de rayos X paralelo al plano oclusal (normalmente a un ángulo de unos 10° hacia abajo para evitar la superposición de las cúspides superior e inferior). Los receptores de imagen suelen orientarse horizontalmente, a menos que el paciente presente una pérdida ósea alveolar importante, en cuyo caso pueden utilizarse receptores verticales.

2.1.4. Radiografías periapicales

En radiografía periapical se utilizan dos técnicas de proyección. La técnica preferida es la del paralelismo. Cuando no es posible colocar correctamente el receptor de imagen para la técnica paralela (por ejemplo, debido a la rigidez del receptor en combinación con limitaciones anatómicas), puede utilizarse la técnica rectangular.

2.1.4.1. Técnica paralela

En esta técnica (también denominada técnica de ángulo recto o de cono largo), el receptor de imagen se mantiene paralelo al eje longitudinal de los dientes. El haz de rayos X se dirige de manera perpendicular tanto a los dientes como al receptor de imagen. Por consiguiente, la distorsión geométrica es mínima.

2.1.4.2. Técnica rectangular

Para los receptores de estado sólido, una posición paralela al eje principal del diente en el maxilar superior no suele ser factible [6]; por lo tanto, la “técnica rectangular” es una buena solución. El receptor de imagen se orienta

perpendicularmente al rayo X central mediante un dispositivo de orientación, sin especificaciones en lo que respecta al ángulo entre el diente y el receptor.

2.1.4.3. Técnica de la bisectriz del ángulo

En esta técnica, el receptor de imagen se coloca lo más cerca posible de la cara lingual de los dientes, formando así un ángulo con el eje longitudinal de los dientes. El haz de rayos X se dirige perpendicularmente a la bisectriz entre el eje del diente y el receptor de imagen. La angulación exacta del haz de rayos X necesaria depende del diente del que se tome la imagen.

2.1.5. Radiografías oclusales

En radiografía oclusal, el receptor de imagen se coloca entre las caras oclusales de los dientes y el haz de rayos X se dirige en un ángulo pronunciado a través del maxilar (superior o inferior). Las radiografías oclusales pueden dividirse en oclusales maxilares u oclusales mandibulares. También se realizan radiografías oclusales parciales que muestran solo un lado del respectivo maxilar.

2.2. RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS

Una radiografía panorámica proporciona una visión general de la mandíbula y el maxilar superior completos, así como de las estructuras de soporte, incluidas las articulaciones temporomandibulares. Durante la formación de la imagen panorámica, el tubo de rayos X y el receptor de imagen giran alrededor del paciente, normalmente con un eje de rotación que varía continuamente. Debido al movimiento combinado del receptor de imagen —que experimenta un movimiento de rotación y un movimiento de traslación en sentido contrario, de tal manera que se adquiere efectivamente una línea vertical de la imagen a la vez—, se proyecta de forma nítida una pequeña zona curva en el paciente; esto se denomina pasillo focal. En el caso de un receptor de estado sólido, la velocidad de lectura se ajusta a la velocidad a la que el haz de abanico vertical atraviesa los objetos en el pasillo focal. El pasillo focal sigue la arcada dental, garantizando que los dientes y el hueso circundante queden bien definidos en la radiografía panorámica. Las estructuras que se encuentran por fuera del pasillo focal se ven borrosas y, dependiendo de la distancia a la que se encuentren respecto del pasillo focal, pueden verse ampliadas o distorsionadas de tal manera que se tornan irreconocibles.

Antes de adquirir la imagen panorámica, se coloca al paciente con la cabeza en la posición y orientación adecuadas. Los protocolos de colocación

varían entre las distintas unidades panorámicas; la colocación exacta del paciente es fundamental dado el ancho limitado del pasillo focal, especialmente en la región anterior.

El receptor de imagen en radiografía panorámica puede ser una película, un receptor de fósforo fotoestimulable o un receptor de estado sólido. En el caso de las películas, se utilizan pantallas intensificadoras para aumentar la sensibilidad de la película a los rayos X y reducir así la exposición necesaria.

2.3. RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS

Las radiografías cefalométricas son radiografías extrabucales bidimensionales adquiridas con un cefalostato, que es un dispositivo de posicionamiento de la cabeza que facilita la orientación normalizada del haz de rayos X, la cabeza del paciente y el receptor de imagen. En odontología se utilizan tanto las radiografías cefalométricas laterales como las radiografías cefalométricas posteroanteriores, siendo más frecuentes las primeras.

Las radiografías cefalométricas se adquieren con el foco a una distancia relativamente larga de la piel (de 150 a 200 cm). Por lo general, las unidades de radiografía cefalométrica se incorporan a las unidades de radiografía panorámica (así como a algunas unidades híbridas de TC de haz cónico-panorámicas), y se utiliza un receptor de imagen independiente (películas, receptores de fósforo fotoestimulable o receptores de estado sólido) o el mismo receptor que se emplea para la obtención de imágenes panorámicas (que puede desplazarse entre “posiciones” panorámicas y cefalométricas). Cuando este último es un detector lineal, se desplaza en una trayectoria lineal vertical u horizontal en coordinación con el haz de abanico, de modo que la imagen se captura secuencialmente.

2.3.1. Radiografías cefalométricas laterales

Para la obtención de radiografías cefalométricas laterales, el haz de rayos X se dirige perpendicularmente tanto al plano sagital medio como al receptor de imagen, y el lado izquierdo de la cabeza del paciente normalmente está colocado hacia el receptor. Se puede colocar un filtro de cuña sobre el lado anterior del haz de rayos X para que actúe como absorbente adicional de rayos X, lo que permite visualizar los tejidos blandos de la cara.

Normalmente se aplica a estas radiografías un análisis específico de los puntos de referencia cefalométricos (por ejemplo, durante tratamientos de ortodoncia). Sobre la base de puntos de referencia esqueléticos (p. ej., Porion, Sella, Nasion), dentales (p. ej., cúspides de las raíces, bordes incisales) y de

tejidos blandos (p. ej., glabella, punta de la nariz), puede evaluarse la relación entre las estructuras anatómicas antes y durante el tratamiento.

2.3.2. Radiografías cefalométricas posteroanteriores

Las radiografías cefalométricas posteroanteriores se obtienen con el tubo de rayos X en la parte de atrás (posterior) del paciente, utilizando el mismo equipo que para las radiografías cefalométricas laterales. El haz de rayos X se dirige de manera perpendicular tanto al plano frontal como al receptor de imagen. La cabeza del paciente se encuentra en una posición natural, orientada de modo que el plano de Frankfort⁴ esté horizontal y perpendicular al receptor de imagen.

Las radiografías cefalométricas posteroanteriores pueden utilizarse para evaluar la simetría facial en el plano frontal, por ejemplo antes o después de una cirugía ortognática (también conocida como “cirugía correctiva”) o durante esta.

2.4. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO

La tomografía computarizada (TC) de haz cónico es una técnica de imagenología por TC que utiliza un conjunto de detectores bidimensionales en lugar de (filas de) detectores dispuestos en forma de arco. Los equipos de TC de haz cónico de las primeras generaciones utilizaban como detector un intensificador de imagen con una superficie activa circular; como consecuencia, el haz de rayos X tenía forma de cono. Actualmente, en la TC de haz cónico se utilizan detectores de panel plano rectangulares, por lo que el haz de rayos X, en realidad, tiene forma de pirámide. Aunque se han propuesto nombres alternativos para superar este defecto terminológico inherente (por ejemplo, “tomografía digital volumétrica” o “tomografía computarizada de panel plano”), el término “tomografía computarizada de haz cónico” goza de aceptación generalizada.

2.4.1. Adquisición de imágenes

Una unidad de TC de haz cónico consiste en un tubo de rayos X y un detector de panel plano conectados mediante un brazo rígido, que se puede hacer girar en el plano axial por medio de un motor paso a paso. En casi todas las unidades de TC de haz cónico, el paciente puede estar de pie o sentado, aunque en algunas de ellas el paciente tiene que estar en decúbito supino.

⁴ El plano de Frankfort corresponde a una línea que se traza desde el borde superior del conducto auditivo externo al punto más bajo del margen infraorbitario.

Las imágenes obtenidas, que se utilizarán para la reconstrucción de la TC de haz cónico, consisten en una serie de proyecciones radiográficas bidimensionales que se generan durante una rotación de 360° o menos del tubo de rayos X y el detector de panel plano. El volumen que se reconstruye del paciente, denominado campo de visión, consiste en una imagen tridimensional que se genera a partir de la información combinada de las proyecciones bidimensionales.

En la TC de haz cónico, el campo de visión suele tener forma cilíndrica, por lo que su tamaño se puede describir mediante su diámetro y su altura. La colimación del haz de rayos X depende de la unidad de TC de haz cónico, lo que da lugar a un abanico de campos de visión que va desde los que miden unos pocos centímetros de altura y diámetro —que cubren, por ejemplo, solo uno o dos dientes— hasta los que abarcan (la mayor parte de) la cabeza. La mayoría de las unidades de TC de haz cónico permite seleccionar distintas opciones relativas al campo de visión en función de la aplicación clínica (véase la sección 5).

Por lo general, durante una adquisición mediante TC de haz cónico se obtienen algunos centenares de proyecciones. Debido a la limitada resolución temporal de los detectores de TC de haz cónico, la obtención de las proyecciones (tiempo de exploración) suele durar entre 10 y 20 segundos, aunque también se usan tiempos de exploración menores y mayores. La mayoría de las unidades de TC de haz cónico utiliza una exposición pulsada de rayos X, lo que da lugar a tiempos de exposición de algunos segundos.

2.4.2. Reconstrucción de la imagen

Antes de reconstruir la imagen, se aplican distintos tipos de correcciones a las proyecciones bidimensionales. Las desviaciones en los detectores se corrigen mediante una serie de proyecciones “oscuras”, que se obtienen sin exposición de rayos X. La calibración de la ganancia se lleva a cabo adquiriendo una serie de exposiciones homogéneas sin ningún objeto entre la fuente de rayos X y el detector. Además, es posible interpolar los valores de los píxeles defectuosos y corregir las señales residuales (luminiscencia residual).

En el momento de redactar el presente texto, la técnica de reconstrucción empleada en la TC de haz cónico se basa casi exclusivamente en el principio de retroproyección filtrada modificado, conocido también como algoritmo de Feldkamp, Davis y Kress [7]. El campo de visión tridimensional se divide en vóxeles cúbicos de tamaño predeterminado (el cual se expresa mediante la longitud de cualquier lado del vóxel). Para cada proyección, la inversa de la señal en cada píxel del detector se asigna a cada vóxel a lo largo de una línea que conecta el punto focal con ese píxel del detector, tras lo cual se promedian las retroproyecciones resultantes. Dado que la retroproyección arroja un resultado borroso, durante la reconstrucción se aplica un filtro a las imágenes para

conservar la nitidez. La elección del filtro afecta a la nitidez y al ruido de la imagen reconstruida.

La reconstrucción de la TC de haz cónico mediante retroproyección filtrada se puede llevar a cabo en unos minutos. Las técnicas de reconstrucción iterativa, en las que se produce una reconstrucción de ajuste óptimo en varias etapas repetitivas que implican proyecciones y retroproyecciones, todavía no son habituales en el uso clínico de la TC de haz cónico debido al mayor tiempo de computación que necesitan.

Recientemente, algunas unidades de TC de haz cónico han incorporado la reducción de artefactos metálicos durante la reconstrucción. Debido a la presencia generalizada de objetos metálicos de alta densidad en la boca del paciente, como los empastes, las coronas y los implantes dentales, las imágenes obtenidas por TC de haz cónico pueden contener artefactos metálicos que afecten a la calidad de la imagen de diagnóstico. El uso de la reducción de artefactos metálicos puede aminorar la aparición de esos artefactos, pero la utilidad diagnóstica de la imagen de TC de haz cónico puede verse menoscabada por el procesamiento al que esta se somete durante la reducción de artefactos metálicos. La validez de la reducción de artefactos metálicos en la TC de haz cónico todavía está por demostrarse a nivel clínico.

2.4.3. Visualización de imágenes

Se puede generar una vista panorámica sobre la base de una curva dibujada de forma manual, semiautomática o automática a lo largo de la arcada dental. También es posible generar una serie de cortes perpendiculares a esta curva, lo que permite al usuario explorar a lo largo de la arcada dental, al tiempo que se muestran las orientaciones bucal/labial y lingual/palatina de la mandíbula en cada corte.

En todos los tipos de corte bidimensional, es posible seleccionar el espesor de corte y la distancia entre cortes. El primero se define como el espesor de un corte en la dirección perpendicular a este, mientras que la segunda es la distancia entre cortes consecutivos en una serie de cortes. Aunque en la TC de haz cónico el espesor de corte natural es igual al tamaño de vóxel, es posible seleccionar espesores de corte mayores, lo que conlleva básicamente que se promedien cortes consecutivos. Un mayor espesor de corte resulta en una reducción del ruido, pero también de la resolución espacial. La distancia entre cortes no afecta al ruido ni a la resolución espacial en un corte dado, pero podría afectar a la visualización de pequeñas estructuras y patosis, que podrían permanecer ocultas entre cortes si la distancia entre ellos es demasiado grande.

El campo de visión tridimensional se puede visualizar de distintas maneras. La reconstrucción multiplanar consiste en tres cortes perpendiculares a lo largo

de los planos frontal, sagital y axial, lo que permite al usuario explorar cada uno de los planos. También es posible generar cortes en otros ángulos (“oblicuos”).

Los distintos tipos de visualizaciones tridimensionales pueden ayudar al usuario. Las representaciones de volúmenes y superficies se basan en un umbral (predeterminado o seleccionado manualmente) que determina qué tejidos se muestran en la imagen representada; habitualmente, solo se muestran los huesos y los dientes, para lo que se elige un valor umbral situado entre los intervalos de valores de gris correspondientes a las partes blandas y el hueso. Las proyecciones de máxima y mínima intensidad ofrecen una vista en proyección del campo de visión en la cual, para cada línea de proyección, solo se muestra el vóxel con el máximo o mínimo valor de gris, respectivamente.

2.5. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA MULTIDECTOR CONVENCIONAL

Si bien la TC se utiliza mucho en el ámbito de la imagenología médica, su uso en odontología se ha reducido progresivamente desde la introducción de la TC de haz cónico. Actualmente, se utiliza sobre todo para fines de imagenología tridimensional cuando no se dispone de TC de haz cónico, o en aplicaciones concretas para las que ofrece una mayor utilidad diagnóstica que la TC de haz cónico (véase la sección 4).

Aunque las imágenes reconstruidas de TC y de TC de haz cónico son muy similares, hay algunas diferencias fundamentales entre ambas técnicas. En el caso de la TC, el paciente siempre se encuentra en decúbito supino, tumbado sobre una mesa que está controlada por la unidad de tomografía computarizada. El equipo moderno de TC está dotado de varias filas de detectores adyacentes, por lo que es capaz de adquirir varios cortes con una sola rotación del tubo y los detectores; por ese motivo, a las unidades de TC se las denomina unidades de TC multidetector. Las unidades de TC multidetector con 64 y 128 filas de detectores se han convertido en algo habitual, aunque actualmente también se utilizan escáneres capaces de adquirir 512 cortes o más. La mayor anchura del haz de rayos X de los escáneres de TC multidetector, que da como resultado una forma más parecida a una pirámide que a un abanico, ha dado pie a nuevas comparaciones con la TC de haz cónico. Sin embargo, sigue habiendo varias propiedades distintivas, que se resumen en el cuadro 2.

CUADRO 2. VISION GENERAL DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS ACTUALES DE TC DE HAZ CÓNICO Y DE TC MULTIDETECTOR

	TC de haz cónico	TC multidetector
Tubo de rayos X	Se usa casi exclusivamente una única fuente de rayos X con una única energía de haz	En el ámbito clínico actual se usa doble energía o doble fuente y TC espectral (aunque su uso no es habitual en aplicaciones odontológicas)
Haz de rayos X	Haz de rayos X colimado en todas las orientaciones hasta una altura o anchura de unos pocos centímetros	Haz de rayos X más ancho, que cubre completamente la cabeza; solo se puede modificar la longitud de exploración
Detector	Detector de panel plano con elementos detectores pequeños (píxeles), pero con una sensibilidad y velocidad del detector limitadas Sin colimación en el lado del detector, lo que conlleva altos niveles de dispersión	Los detectores y elementos detectores de alta velocidad son más grandes Existe la posibilidad de reducir la dispersión a lo largo del eje longitudinal aplicando la colimación entre filas adyacentes de detectores
Exposición	El control automático de la exposición no se usa de forma habitual Tiempo de exploración relativamente largo (habitualmente entre 10 y 20 s) Generalmente, ajustes bajos de corriente del tubo (≤ 10 mA)	La modulación de la corriente del tubo, tanto angular como longitudinal, está prácticamente generalizada Los equipos modernos pueden efectuar exploraciones en menos de un segundo
Reconstrucción	Se suele basar en la retroproyección filtrada	Habitualmente se emplean técnicas de reconstrucción iterativa para reducir la dosis y mejorar la calidad de la imagen

CUADRO 2. VISIÓN GENERAL DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS ACTUALES DE TC DE HAZ CÓNICO Y DE TC MULTIDETECTOR (cont.)

	TC de haz cónico	TC multidetector
Calidad de la imagen	Imágenes con un ruido relativamente alto, con contraste limitado en el intervalo de densidad de las partes blandas No hay una conversión fiable entre los valores de la escala de grises y la atenuación o densidad (es decir, las unidades Hounsfield no son aplicables)	Permite obtener un contraste elevado entre el hueso y las partes blandas; el ruido es generalmente menor que en la TC de haz cónico, incluso en el caso de núcleos de reconstrucción nítidos Los valores de la escala de grises se calibran en unidades Hounsfield en función de la atenuación de los rayos X
Otros	Costo relativamente bajo y menor huella física	Costo relativamente alto; se necesita una sala más grande y medidas de protección radiológica más estrictas

Nota: TC de haz cónico: tomografía computarizada de haz cónico; TC multidetector: tomografía computarizada multidetector.

3. MARCO PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA DENTAL

3.1. RIESGO RADIOLÓGICO

La radiación tiene dos efectos biológicos principales: los efectos estocásticos, que se refieren a la posibilidad de que los tejidos y el cuerpo sufran daños en el futuro, y las reacciones tisulares (efectos deterministas), cuya gravedad guarda una relación más directa con la dosis a partir de determinado umbral [8].

Los efectos estocásticos somáticos se refieren a la posibilidad de que se desarrolle cáncer, y deben su nombre a la naturaleza aleatoria (estocástica) de la interacción entre la radiación y la materia. Además de los efectos somáticos, la radiación ionizante puede causar efectos estocásticos de otro tipo, denominados efectos genéticos (“anomalías hereditarias”). No obstante, esos efectos todavía no se han observado en los seres humanos, aunque se han documentado en

especies no humanas. En el ámbito de la radiología dental pueden producirse efectos estocásticos somáticos. Se considera que no existe un umbral de dosis para que se produzcan efectos estocásticos (teoría lineal sin umbral). En teoría, una sola mutación del ADN podría causar un efecto cancerígeno. Sin embargo, es importante entender que puede ocurrir que muchas células sufran mutaciones y, sin embargo, no se desarrolle un cáncer. En realidad, los mecanismos de reparación celular reducen enormemente esta posibilidad. No obstante, se considera que la probabilidad de que se produzcan efectos estocásticos es proporcional a la dosis impartida, por muy baja que esta sea. La probabilidad de que se produzcan efectos estocásticos, que se considera acumulativa, es proporcional a la dosis, mientras que la gravedad del cáncer no depende de la cantidad de dosis impartida.

Las reacciones tisulares se producen cuando la dosis supera cierto umbral. La formación de cataratas, la caída del cabello o las lesiones cutáneas son ejemplos de reacciones tisulares. La gravedad de las reacciones tisulares, y no tanto la probabilidad de que se produzcan, es proporcional a la dosis que recibe el tejido. En el ámbito de la radiología dental, es muy poco probable que se produzcan reacciones tisulares, salvo en situaciones concretas, por ejemplo, relacionadas con accidentes debidos a un mal funcionamiento del equipo o un error del personal, o la posible formación de cataratas debida a exposiciones a dosis altas.

Los efectos que produce la radiación en el feto en desarrollo dependen de la etapa del embarazo y la cantidad de dosis absorbida [9]. Los riesgos radiológicos son más importantes durante la organogénesis y el desarrollo fetal temprano, algo menores en el segundo trimestre y aún menores en el tercer trimestre [9]. El desenlace más probable de una exposición relativamente alta durante las dos semanas siguientes a la concepción es la imposibilidad de que el feto se implante o un aborto espontáneo no detectable; las malformaciones son improbables o muy raras. Durante el período de mayor organogénesis, a partir de la tercera semana después de la concepción, las dosis superiores a determinado umbral podrían causar reacciones tisulares (por ejemplo, trastornos del desarrollo intelectual o malformación de órganos), especialmente en los órganos que se están desarrollando en el momento de la exposición; la máxima radiosensibilidad del sistema nervioso central se presenta durante las semanas 8 a 15. Se considera que este umbral es mayor que el que se alcanza en la mayoría de los procedimientos de imagenología de diagnóstico con rayos X [9].

3.2. DOSIS DE RADIACIÓN

Con fines de protección radiológica, se han establecido magnitudes dosimétricas especiales.

3.2.1. Magnitudes fundamentales relacionadas con la dosis

Las magnitudes fundamentales para fines de protección radiológica, recomendadas por la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (ICRU) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y adoptadas en las publicaciones del OIEA, son las siguientes:

- a) dosis absorbida, D , cuya unidad es el gray (Gy);
- b) kerma, K , cuya unidad es el gray;
- c) dosis equivalente en un órgano o tejido, cuya unidad es el sievert (Sv), y
- d) dosis efectiva, cuya unidad es el sievert.

Las definiciones y explicaciones adicionales que figuran en el apéndice I se basan en las referencias [8 y 10 a 13].

3.2.2. Magnitudes específicas para la estimación de la dosis que se administra al paciente

Es esencial disponer de un método bien definido, exacto y fácil de usar para estimar la dosis que se administra al paciente. Para la imagenología en radiología dental se utilizan equipos de rayos X de distintos tipos. Cada uno de esos sistemas cuenta con diferentes modos de funcionamiento y medios de generación de imágenes. Como consecuencia, hay que utilizar distintas magnitudes dosimétricas para medir la dosis que se administra al paciente. La magnitud que se utilice en la práctica dependerá de la modalidad de imagenología (cuadro 3). Las definiciones y explicaciones de las magnitudes que figuran en el cuadro 3 se pueden consultar en el apéndice I [11, 14, 15].

3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En esta sección se ofrece un breve resumen de los principios básicos de la protección radiológica, tal y como los definen la ICRP [8] y el OIEA (en las publicaciones SF-1 [16] y GSR Part 3 [4] de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*) y como se detalla en relación con el uso médico de la radiación ionizante, en las referencias [17 y 18] y en la publicación SSG-46 [5].

CUADRO 3. VISION GENERAL DE LAS MAGNITUDES ESPECÍFICAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DOSIS QUE SE ADMINISTRA AL PACIENTE EN RADIOLOGÍA DENTAL

Magnitud relacionada con la dosis	Modalidad	Símbolo	Abreviatura común	Unidad
Kerma incidente en aire	Radiografía intraoral	K_i	IAK	mGy
Kerma en aire en la superficie de entrada	Radiografía intraoral	K_e	ESAK, ESD	mGy
Producto kerma en aire-área	Radiografía panorámica, radiografía cefalométrica, TC de haz cónico	P_{KA}	KAP, DAP	mGy·cm ²
Producto kerma en aire-longitud ^a	TC, radiografía panorámica	P_{KL}	DLP	mGy·mm
Índice de kerma en aire de la TC	TC, TC de haz cónico	C	CTDI	mGy

^a Denominado también “producto dosis-ancho” en el ámbito de la radiografía dental panorámica.

Nota: TC: tomografía computarizada.

Los tres principios generales de la protección radiológica son la justificación, la optimización y la aplicación de límites de dosis. La aplicación de los principios de protección radiológica y los requisitos de protección y seguridad radiológicas varían según la categoría de exposición, por lo que es importante clasificar correctamente la exposición de las personas.

Según se define en la publicación GSR Part 3 [4], los usos médicos de la radiación ionizante implican estas tres categorías de exposición:

- a) Exposición médica: “[e]xposición a que se somete a pacientes con fines de diagnóstico o tratamiento médico o dental; a cuidadores y confortadores; y a voluntarios sometidos a exposición como parte de un programa de investigación biomédica”.

- b) Exposición ocupacional: “[e]xposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo”.
- c) Exposición del público: exposición sufrida por miembros del público, por ejemplo, en una sala de espera de una instalación radiológica.

Por ejemplo, se consideraría que ha habido exposición ocupacional en el caso de un dentista que realiza una radiografía dental, pero no así si se trata de un dentista u otro miembro del personal que trabaja en la misma clínica dental, pero no participa en la realización de radiografías; en esos casos, se consideraría que ha habido exposición del público.

El término “cuidadores y confortadores” se define en la publicación GSR Part 3 [4] como las “[p]ersonas que libre y voluntariamente prestan asistencia (salvo en el ejercicio de su profesión) para el cuidado, apoyo y bienestar de los pacientes sometidos a procedimientos radiológicos con fines de diagnóstico o tratamiento médicos”. Los cuidadores y confortadores están sometidos a exposición médica —por ejemplo, un progenitor que acompaña a su hijo durante una radiografía dental—, mientras que una persona que acompaña a un paciente pero espera fuera de la sala de rayos X se consideraría un miembro del público y, por lo tanto, sometida a exposición del público.

3.3.1. Justificación

La justificación de los usos médicos de la radiación ionizante implica la toma en consideración de las tres categorías de exposición: exposición médica, exposición ocupacional y exposición del público.

El párrafo 2.10 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“La práctica debería estar justificada desde la perspectiva de la exposición ocupacional y del público. Este aspecto de la justificación consiste en determinar si cabe esperar que el uso de un procedimiento radiológico dado redunde, para las personas que se sometan a él y para la sociedad, en beneficios que superen el daño (incluido el detrimento por la radiación) que pueda derivarse de él. En casi todos los casos, las consideraciones relativas a la justificación de la exposición ocupacional y del público son eclipsadas por la justificación de la exposición médica (véase el párr. 2.11). Pero, aun cuando un procedimiento radiológico médico prometa generar más beneficios que daños para el paciente, debería tenerse en cuenta el detrimento por la radiación que pueda ocasionar la exposición del personal de la instalación de irradiación médica y de otras personas”.

A menudo, la comparación de los detrimentos y los beneficios va más allá de la toma en consideración de la protección y la seguridad, e implica factores económicos, sociales y ambientales. En el caso de la exposición médica, la justificación se rige por un enfoque especial que tiene en cuenta que las personas (principalmente, los pacientes) se ven deliberada, directa y conscientemente expuestas a la radiación para beneficiarse de sus efectos.

El párrafo 2.11 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“La aplicación del principio de la justificación a la exposición médica requiere un enfoque especial que comprende tres niveles (el enfoque en tres niveles). Como justificación global de la exposición médica, se acepta que el uso correcto de la radiación en la medicina genera más beneficios que daños (nivel 1). En el nivel siguiente (nivel 2), la autoridad sanitaria debe elaborar, junto con los órganos profesionales pertinentes, una justificación genérica de cada procedimiento radiológico particular. Esto se aplica a las tecnologías y técnicas ya existentes y a las nuevas que se desarrollan. Las decisiones deberían revisarse de cuando en cuando, a medida que se dispone de más información sobre los riesgos y la eficacia de los procedimientos ya existentes y de los nuevos que van apareciendo. Los procedimientos radiológicos que ya no se justifiquen se eliminarán de la práctica médica. En el nivel 2 debería examinarse también la posibilidad de exposición accidental o involuntaria. El último nivel de la justificación (nivel 3) consiste en analizar la aplicación del procedimiento radiológico a un paciente dado. Para ello deben tenerse en cuenta los objetivos específicos de la exposición, las circunstancias clínicas y las características de la persona, y utilizarse las directrices nacionales o internacionales para la remisión de pacientes elaboradas por los órganos profesionales junto con las autoridades sanitarias (GSR Part 3 [3], párr. 3.158) [...]”.

En la sección 4 se ofrecen orientaciones concretas sobre la aplicación del principio de justificación en odontología.

3.3.2. Optimización

En el párrafo 1.15 de la publicación GSR Part 3 [4] se exige lo siguiente:

“La optimización de la protección y la seguridad, cuando se aplica a la exposición de los trabajadores y los miembros del público, así como de los cuidadores y acompañantes de los pacientes sometidos a procedimientos radiológicos, es un proceso destinado a asegurar que la probabilidad y la magnitud de las exposiciones y el número de personas expuestas sean

tan bajos como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos, sociales y ambientales. Esto significa que el nivel de protección sería el mejor posible en las circunstancias existentes. La optimización es un proceso prospectivo e iterativo que exige la adopción de criterios tanto cualitativos como cuantitativos”.

Según se define en la publicación GSR Part 3 [4], “[e]n el caso de las exposiciones médicas de los pacientes, la optimización de la protección y la seguridad es la gestión de la dosis de radiación administrada al paciente en proporción con los fines médicos”. En cuanto a la exposición médica con fines de diagnóstico, esto implica que “la exposición del paciente se mantendrá en el mínimo necesario para lograr el objetivo de diagnóstico [...] deseado” [5].

Según el párrafo 1.16 de la publicación GSR Part 3 [4], “[u]na dosis de radiación demasiado baja podría ser tan perjudicial como una dosis demasiado alta, en el sentido de que la consecuencia podría ser que [...] las imágenes obtenidas no sean de la calidad adecuada para el diagnóstico”.

En la sección 5 se ofrecen orientaciones concretas sobre la optimización en radiología dental en cuanto a la exposición médica, y en la sección 6, en cuanto a la exposición ocupacional y del público.

3.3.3. Límites de dosis

Un límite de dosis se define como el “[v]alor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos en situaciones de exposición planificadas que no se debe rebasar” [4]. Los límites de dosis se aplican a la exposición ocupacional y la exposición del público. En la sección 6 se ofrecen más detalles. Los límites de dosis no se aplican a la exposición médica (es decir, la exposición de pacientes, cuidadores o confortadores, así como voluntarios que formen parte de un programa de investigación biomédica).

3.4. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Las funciones y responsabilidades relativas al tratamiento de la protección radiológica en radiología dental se estructuran en varios niveles, comenzando por el que corresponde al gobierno y terminando por el de los usuarios finales y los pacientes. En la publicación SSG-46 [5] se ofrecen orientaciones más detalladas acerca de las funciones y responsabilidades de las distintas partes interesadas, sobre la base de los requisitos establecidos en la publicación GSR Part 3 [4].

La información que figura en esta publicación resume los principales puntos aplicables a la radiología dental.

3.4.1. Gobierno

El párrafo 2.30 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“El gobierno tiene la responsabilidad de facilitar y garantizar la comunicación y la cooperación entre la autoridad sanitaria, los órganos profesionales pertinentes y el órgano regulador de la protección radiológica en los trabajos encaminados a establecer la infraestructura necesaria para la protección y la seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante”.

3.4.2. Autoridad sanitaria

Las funciones y responsabilidades de la autoridad sanitaria en lo que atañe a la protección radiológica se indican en los párrafos 2.52 y 2.53 de la publicación SSG-46 [5]:

“Todos los centros médicos deberían contar con una autorización otorgada por la autoridad sanitaria para garantizar el cumplimiento de los requisitos aplicables en relación con la calidad de los servicios médicos prestados. Cuando el centro médico utilice radiación ionizante, la autoridad sanitaria solo debería conceder la autorización para las prácticas médicas y la atención de salud si se cumplen los requisitos de seguridad radiológica [...]. La coordinación y colaboración entre la autoridad sanitaria y el órgano regulador de la protección radiológica deberían garantizar esa protección y la seguridad global del centro médico”.

“La protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante deberían garantizarse mediante la debida especialización de los profesionales sanitarios, en el sentido de que solo aquellos que tengan las competencias apropiadas puedan cumplir funciones que incluyan responsabilidades específicas en materia de protección y seguridad radiológicas. La autoridad sanitaria tiene la responsabilidad de establecer políticas y orientaciones con respecto a las especialidades y subespecialidades en el campo de la salud, incluidos los respectivos ámbitos de acción y las competencias requeridas para ejercerlas”.

La autoridad sanitaria desempeña una función especial en la aplicación de los requisitos de protección radiológica para la justificación. Los párrafos 2.59 y 2.60 de la publicación SSG-46 [5] dicen lo siguiente:

“Las directrices nacionales e internacionales para la remisión de pacientes deberían ser una herramienta importante en la aplicación del proceso de justificación de la exposición médica de un paciente en particular. La autoridad sanitaria debería apoyar a los órganos profesionales pertinentes en la elaboración y aplicación de directrices para la remisión que se basen en datos comprobados”.

“La autoridad sanitaria debería asimismo alentar la elaboración de directrices y normas técnicas sobre el ejercicio de la profesión por parte de los distintos órganos profesionales, y promover su aplicación”.

Estas cuestiones relacionadas con la radiología dental se analizan con más detalle en la sección 4.

3.4.3. Órgano regulador

Entre las funciones reguladoras del órgano regulador cabe citar el establecimiento de requisitos y directrices, la autorización e inspección de instalaciones y actividades, y el control del cumplimiento de las disposiciones legislativas y reglamentarias. El requisito 6 de la publicación GSR Part 3 [4], relativo al enfoque graduado, reviste especial importancia para las instalaciones de irradiación médica debido a las grandes diferencias que existen en la complejidad de estas. En el párrafo 2.71 de la publicación SSG-46 [5] se incluye la siguiente recomendación: “Los órganos reguladores deberían determinar la forma de autorización adecuada para cada tipo de instalación”. De conformidad con los requisitos de la publicación GSR Part 3 [4], la autorización se puede conceder, o bien mediante una inscripción en registro, es decir, una “[f]orma de autorización de prácticas de riesgo bajo o moderado en virtud de la cual la persona o entidad responsable de la práctica, si procede, ha efectuado una evaluación de la seguridad de las instalaciones y el equipo y la ha presentado al órgano regulador”, o bien mediante una licencia, es decir, un “[d]ocumento jurídico que expide el órgano regulador por el cual se concede la autorización para realizar determinadas actividades relacionadas con una instalación o actividad” [4].

Además, en la publicación SSG-46 [5] se establecen las prácticas que se prestan normalmente para el registro y se recomienda que, para las instalaciones que practican la radiografía odontológica (sin TC de haz cónico), podría ser

aceptable la autorización mediante el registro, sin necesidad de obtener una licencia. Según el párrafo 2.73 de la publicación SSG-46 [5]:

“Sea cual sea la forma de autorización empleada para una instalación de irradiación médica, un paso crucial que debe cumplir el órgano regulador antes de conceder la autorización es la comprobación de las credenciales del personal clave en materia de protección y seguridad radiológicas, como los profesionales a cargo de los procedimientos radiológicos [médicos especialistas en radiología], los tecnólogos radiológicos, los físicos médicos y los oficiales de protección radiológica. Este paso es absolutamente esencial, ya que todos los aspectos de la protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante dependen fundamentalmente de la competencia del personal interesado”⁵.

3.4.4. Órganos profesionales

En el caso de la radiología dental, algunos ejemplos de órganos profesionales que podrían desempeñar un papel en la protección radiológica son los dentistas, los radiólogos dentales, los físicos médicos y los tecnólogos radiológicos.

El párrafo 2.62 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“... los órganos profesionales representan el conocimiento colectivo de una determinada profesión sanitaria y, como tales, deberían contribuir también a la protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante. Eso incluye el establecimiento de normas para la formación, capacitación, cualificación y competencia en una determinada especialidad, así como la elaboración de normas técnicas y la orientación sobre el ejercicio de la profesión”.

Además, el párrafo 2.65 de la publicación SSG-46 [5] incluye la siguiente recomendación:

“Los órganos profesionales deberían dirigir la elaboración de directrices para la remisión de pacientes (denominadas también criterios de idoneidad, en algunos Estados) que puedan utilizarse en la justificación de la exposición médica de un paciente en particular [...]. No todos los Estados

⁵ Un oficial de protección radiológica es una persona técnicamente competente en cuestiones de protección radiológica pertinentes en relación con un tipo de práctica dado y que es designada por el titular registrado, el titular de la licencia o el empleador para supervisar la aplicación de los requisitos reglamentarios [4].

podrán elaborar sus propias directrices a ese respecto. La importante labor realizada por una serie de órganos profesionales de todo el mundo puede ser aprovechada por muchos otros Estados mediante su adopción o adaptación por los órganos profesionales locales”.

Además, los órganos profesionales, en colaboración con la autoridad sanitaria y el organismo regulador de la protección radiológica, desempeñan un papel en relación con el establecimiento de programas amplios de garantía de la calidad en la exposición médica (véanse las secciones 3.6 y 5.2) y de niveles de referencia de diagnóstico (NRD) (véase la sección 5.3). También cumplen una función de difusión de información sobre las normas y orientaciones relativas a la protección y la seguridad radiológicas en radiología dental [4, 5].

3.4.5. Instalación de irradiación médica

Según se define en la publicación GSR Part 3 [4], una instalación de irradiación médica es una “[i]nstalación médica en que se realizan procedimientos radiológicos”. Este término abarca todos los posibles contextos en los que se utiliza la radiación ionizante con fines médicos, incluidos los centros odontológicos.

Los párrafos 2.89 y 2.90 de la publicación SSG-46 [5] dicen lo siguiente:

“En los usos médicos de la radiación ionizante, la responsabilidad primordial de la protección y la seguridad radiológicas recae en la persona u organización encargada de la instalación de irradiación médica, que normalmente es el titular registrado o el titular de la licencia. Casi todos los requisitos de la publicación GSR Part 3 [...] aplicables a una instalación de irradiación médica y destinados a garantizar la protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante asignan la responsabilidad al titular de la licencia (y al empleador, en el caso de la protección radiológica ocupacional)”.

“Sin embargo, los usos médicos de la radiación ionizante requieren el trabajo de un grupo multidisciplinario dirigido por un profesional de la salud que con frecuencia no es el titular registrado ni el titular de la licencia de la instalación de irradiación médica autorizada. Debido al entorno médico en que ocurre esta exposición, la responsabilidad primordial de la protección y seguridad radiológicas de los pacientes recae en el profesional sanitario encargado de los procedimientos radiológicos, que en la publicación GSR Part 3 [...] se denomina ‘médico realizador de procedimientos radiológicos’ y en la presente guía de seguridad, ‘profesional a cargo de los procedimientos

radiológicos' [médico especialista en radiología]. Estos términos son la forma genérica de referirse a un profesional sanitario con formación y capacitación especializadas en los usos médicos de la radiación y con competencia para ejecutar por su cuenta o para supervisar procedimientos que entrañen la exposición médica en una determinada especialidad”.

Un dentista u otro profesional de la salud dental, como un higienista bucodental o un práctico facultativo de tratamientos dentales, podría desempeñar la función de médico especialista en radiología procedimientos radiológicos, siempre y cuando disponga de la capacitación y las competencias necesarias. Otros especialistas con funciones específicas de protección radiológica son los tecnólogos radiológicos y los físicos médicos. En la sección 3.5 y la referencia [5] se ofrecen más orientaciones al respecto.

3.4.6. Suministradores de equipo y programas informáticos, organizaciones de mantenimiento y revisión

Los suministradores de equipo radiológico dental y los desarrolladores de programas informáticos que pueden influir en la administración de la exposición médica tienen responsabilidades con respecto al diseño y al funcionamiento. El mantenimiento y las revisiones del equipo radiológico dental corren normalmente a cargo de un ingeniero o técnico empleado ya sea por una empresa que ofrece esos servicios (que puede ser también el fabricante o el suministrador) o por el propio centro médico (por ejemplo, en su servicio técnico, de ingeniería biomédica o clínica, o de mantenimiento).

En la referencia [5] se proporcionan más orientaciones al respecto.

3.4.7. Pacientes

El párrafo 2.117 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“Los pacientes están participando cada vez más en los procesos de adopción de decisiones sobre la atención de su propia salud, y esto incluye los usos médicos de la radiación ionizante. En virtud del párrafo 3.151 d) de la publicación GSR Part 3 [...], el titular registrado o el titular de la licencia de la instalación de irradiación médica velará por que el paciente sea informado, según corresponda, tanto sobre los posibles beneficios del procedimiento radiológico como sobre los riesgos que entrañe. La información debería proporcionarse en un formato comprensible (oralmente o mediante folletos, carteles y sitios web) y en tiempo oportuno. El grado de información debería ser acorde con la complejidad, la dosis y los riesgos de la situación, y para

algunos procedimientos radiológicos podrá requerirse el consentimiento informado, ya sea oral o escrito. Las pacientes que estén en edad reproductiva deberían ser informadas del riesgo que los procedimientos radiológicos de diagnóstico o tratamiento puedan suponer para el embrión o el feto”.

3.4.8. Sistema de gestión de la protección y la seguridad radiológicas

El uso de la imagenología por rayos X es solo uno de los aspectos de la práctica odontológica, y el riesgo radiológico es solo uno de los riesgos para los pacientes y el personal que se deben tener en cuenta en la planificación, la ejecución y la gestión de centros odontológicos y, en particular, de centros de radiología dental. Según se recomienda en los párrafos 2.138 y 2.139 de la publicación SSG-46 [5], “[l]a aplicación de los requisitos de protección y seguridad radiológicas establecidos en la publicación GSR Part 3 [...] debería ser un complemento del conjunto más amplio de requisitos que garantizan la buena práctica médica”, y debería contar con una “integración efectiva [...] en el sistema general de gestión de las organizaciones interesadas”. En las publicaciones GSR Part 2 [19] y GSR Part 3 [4] de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA* se establecen requisitos detallados con respecto a los elementos de protección y seguridad del sistema de gestión, la promoción de una cultura de la seguridad y la consideración de los factores humanos. En la publicación SSG-46 [5] se insiste en que “la gestión eficaz de la protección y la seguridad radiológicas exige el compromiso de la administración de la instalación de irradiación médica en sus más altos niveles, incluida la asignación de todos los recursos requeridos”. Esto se aplica también a la práctica odontológica.

3.5. ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN

El uso seguro de la radiación ionizante en odontología depende en gran medida de las habilidades y la competencia técnica de los profesionales sanitarios interesados, ya que el paciente es expuesto necesariamente, y de forma deliberada, a la radiación. Por lo tanto, la enseñanza, la capacitación, la cualificación y la competencia de los profesionales sanitarios interesados revisten la máxima importancia en este sentido. En el párrafo 2.21 de la publicación GSR Part 3 [4] se indica que “[e]l gobierno asegurará que se establezcan requisitos en relación con: [...] la educación, capacitación, cualificación y competencia en materia de protección y seguridad de todas las personas que participen en actividades relacionadas con la protección y la seguridad”. Seguidamente, en el párrafo 2.22 de la publicación GSR Part 3 [4] se establece que “[e]l gobierno asegurará que se disponga lo necesario para prestar los servicios de educación y capacitación

necesarios para crear y mantener la competencia de personas y organizaciones con responsabilidades relativas a la protección y la seguridad”.

En la publicación GSR Part 3 se requiere que los profesionales sanitarios que intervienen en la exposición médica hayan recibido enseñanza y capacitación especializadas en la disciplina concreta (así como en materia de protección y seguridad radiológicas), y que mediante una evaluación se haya determinado su competencia para desempeñar esa función concreta (véanse las descripciones completas en las definiciones de la publicación GSR Part 3 [4]). El Estado suele evaluar el nivel de competencia de una persona mediante un mecanismo oficial para el registro, la acreditación o la certificación del profesional sanitario especializado en cuestión. La participación del órgano regulador en la acreditación y revisión de los programas de capacitación para dentistas y otros profesionales de la salud dental inculcaría las buenas prácticas en materia de protección radiológica durante el período de capacitación, momento en el que es más probable que tengan un efecto duradero.

3.5.1. Médicos prescriptores remitentes

Se define al médico prescriptor remitente como un “[p]rofesional sanitario que, de conformidad con los requisitos nacionales, puede remitir a personas a un médico realizador de procedimientos radiológicos [médico especialista en radiología] para que se sometan a exposición médica” [4]. En odontología, un dentista u otro profesional de la salud dental, como un higienista bucodental o un práctico facultativo de tratamientos dentales, podría desempeñar la función de médico prescriptor remitente si remite a un paciente a un centro de imagenología independiente o al departamento de radiología de un hospital para que se someta a una exploración por rayos X.

El médico prescriptor remitente interviene en el proceso de justificación de la solicitud del procedimiento radiológico para un paciente dado, y debe conocer los riesgos radiológicos. Esto se puede lograr fomentando la enseñanza y capacitación en materia de protección y seguridad radiológicas como parte del plan de estudios general, o como parte del programa de enseñanza y capacitación de la especialidad correspondiente [5].

3.5.2. Médico especialista en radiología

La expresión “médico realizador de procedimientos radiológicos” es el término que se utiliza en la publicación GSR Part 3 para referirse a un “[p]rofesional sanitario, que ha recibido enseñanza y capacitación especializadas en los usos médicos de las radiaciones, competente para realizar de forma independiente o supervisar procedimientos radiológicos en una especialidad

dada” [4]. En odontología, un dentista u otro profesional de la salud dental, como un higienista bucodental o un práctico facultativo de tratamientos dentales, podría desempeñar la función de médico especialista en radiología, siempre y cuando disponga de la capacitación y competencias necesarias.

Según se describe en el párrafo 2.124 de la publicación SSG-46 [5]:

“En los Estados que tienen procesos bien establecidos de formación, capacitación, cualificación y evaluación de la competencia en esas especialidades, estos procesos incluyen materias no solo de la propia especialidad sino también de protección radiológica (del paciente y ocupacional). Los profesionales a cargo de procedimientos radiológicos [médicos especialistas en radiología] se inscriben normalmente en la junta nacional de registro de médicos u odontólogos (u otro órgano con una función parecida), y su competencia en la especialidad debería incluir competencias en materia de protección y seguridad radiológicas. El órgano regulador y el órgano profesional pertinente deberían revisar periódicamente los aspectos de protección y seguridad radiológicas de la formación y capacitación para verificar que sigan siendo válidos y pertinentes. En el caso de los Estados que carezcan de infraestructura para la formación y capacitación en estas especialidades, el futuro profesional a cargo de procedimientos radiológicos [médico especialista en radiología] deberá adquirir la formación, capacitación y cualificación requeridas en otro país, con respecto a la especialidad misma y a la protección y seguridad radiológicas. La competencia de los profesionales a cargo de procedimientos radiológicos [médicos especialistas en radiología] que se hayan capacitado fuera del Estado debería ser evaluada. En estas situaciones, el órgano regulador debería solicitar asesoramiento a la autoridad sanitaria y al órgano profesional pertinente (si existe), con respecto a la idoneidad de la especialización de la persona, y puede tener que evaluar él mismo la competencia del interesado en materia de protección y seguridad radiológicas. Con el tiempo, este enfoque debería convertirse en un proceso normalizado para la evaluación de las competencias”.

3.5.3. Tecnólogos radiológicos

En la publicación GSR Part 3 se define al “tecnólogo radiológico” como el “[p]rofesional sanitario, que ha recibido enseñanza y capacitación especializadas en tecnología de irradiación médica, competente para realizar procedimientos radiológicos, con facultades delegadas por el médico realizador de procedimientos radiológicos [médico especialista en radiología]” [4]. En esta definición se incluye a los tecnólogos radiológicos que realizan procedimientos de radiología dental.

En el párrafo 2.92 de la publicación SSG-46 se explica con más detalle:

“La expresión [...] se emplea [...] para hacer referencia a un [...] grupo de profesionales sanitarios que en distintas partes del mundo se conocen con diferentes títulos, como radiografista, tecnólogo de medicina nuclear o radioterapeuta. El tecnólogo radiológico es normalmente la persona que media entre el profesional a cargo del procedimiento radiológico [médico especialista en radiología] y el paciente, y en muchas modalidades su habilidad y cuidado en la elección de las técnicas y los parámetros determinan en gran medida, en la práctica, la optimización de la protección y seguridad radiológicas en la exposición del paciente”.

Conforme a los párrafos 2.126 y 2.127 de la publicación SSG-46 [5]:

“El programa de formación y capacitación en radiotecnología médica suele tener importantes componentes de protección radiológica (del paciente y ocupacional). Una vez cursado el programa, el tecnólogo radiológico se inscribirá normalmente en la junta de registro nacional (o un órgano con una función parecida), y su competencia en radiotecnología médica debería incluir competencias en protección y seguridad radiológicas”.

“Los tecnólogos radiológicos pueden estar especializados en diversos campos y subcampos. El enfoque de las especialidades y subespecialidades varía considerablemente de un Estado a otro”.

3.5.4. Físicos médicos

El párrafo 2.93 de la publicación SSG-46 [5] establece lo siguiente:

“El físico médico es un profesional sanitario que ha recibido enseñanza y capacitación especializadas en los conceptos y técnicas de la aplicación de la física a la medicina y que es competente para ejercer la profesión de manera independiente en uno o más de los subcampos (especialidades) de la física médica (como la radiología diagnóstica, la radioterapia y la medicina nuclear). El físico médico aporta conocimientos especializados con respecto a la protección radiológica del paciente, y tiene responsabilidades en la optimización de la protección y seguridad radiológicas en las exposiciones médicas, por ejemplo en la calibración de las fuentes, la dosimetría clínica, la evaluación de la calidad de la imagen y de la dosis administrada al paciente, y los aspectos físicos del programa de garantía de calidad, incluidas la aceptación y la puesta en servicio del equipo radiológico médico. El físico

médico tendrá también probablemente la responsabilidad de impartir capacitación en protección y seguridad radiológicas a otros profesionales sanitarios. Además, puede desempeñarse como oficial de protección radiológica, cuyas funciones se concentran principalmente en la protección radiológica ocupacional y del público”.

En las referencias [5, 20 a 24] se pueden consultar más detalles sobre la enseñanza, la capacitación, la cualificación y la competencia de los físicos médicos.

3.5.5. Suministradores y personal de instalación, mantenimiento y revisión

El párrafo 2.135 de la publicación SSG-46 [5] establece lo siguiente:

“Las personas que trabajan como ingenieros o técnicos en el suministro, la instalación, el mantenimiento y la revisión de equipo y programas informáticos de radiología médica deberían estar cualificadas y ser competentes en esa labor. En muchos casos, habrán sido capacitadas por el empleador para el desempeño de esta función específica. Otro aspecto de su capacitación debería ser el de la protección y seguridad radiológicas, y no solo para la protección radiológica ocupacional propia y del personal de la instalación de irradiación médica en que trabajen; también deberían tener un buen conocimiento práctico de la protección radiológica del paciente en relación con los tipos de equipo y programas informáticos de radiología médica de que se ocupen. Esto último comprende, en particular, el conocimiento de lo que implican, para la protección y seguridad radiológicas, las diferentes características del equipo o programa informático, y de cómo cambia la situación cuando esas características se ajustan o revisan. El control reglamentario de los ingenieros y técnicos de mantenimiento varía según los países. En algunos Estados, se requiere una licencia para ejercer como tal, y uno de los requisitos para obtenerla debería ser que el ingeniero o técnico haya cursado la debida capacitación en protección y seguridad radiológicas”.

En la referencia [5] se proporcionan más orientaciones al respecto.

3.5.6. Consideraciones aplicables a la radiología dental

En odontología, las funciones de los profesionales implicados definidas anteriormente no están especificadas con tanta claridad. El dentista o el profesional de la salud dental pueden desempeñar la función de un médico especialista en

radiología, pero también pueden desempeñarse como médicos prescriptores remitentes o, en algunos casos, como operadores del equipo de rayos X.

La capacitación y la enseñanza deben ser las adecuadas para esas funciones. Varias autoridades han elaborado orientaciones sobre los contenidos de la enseñanza y capacitación de los dentistas y profesionales de la salud dental, y han planteado propuestas sobre el número de horas de capacitación [25 a 28]. Estas orientaciones se pueden utilizar con arreglo a los requisitos nacionales. Habida cuenta de la creciente disponibilidad y utilización de la TC de haz cónico, los Estados Miembros podrían contemplar la posibilidad de aumentar aún más el número de horas de capacitación que se sugieren en la referencia [25].

En el apéndice II se ofrece un resumen de los objetivos de enseñanza y capacitación para las tres funciones que atañen a la odontología. El OIEA, en colaboración con la Federación Dental Internacional (FDI), la Alianza Image Gently, la Asociación Internacional de Radiología Dentomaxilofacial, la Organización Internacional de Física Médica y la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha elaborado material de capacitación sobre la protección radiológica en radiología dental⁶. El OIEA también ofrece un curso en línea, disponible en varios idiomas, sobre protección radiológica para dentistas y otros profesionales odontológicos⁷.

3.6. GARANTÍA DE LA CALIDAD Y AUDITORÍA DE LA CALIDAD

3.6.1. Garantía de la calidad

En la publicación GSR Part 3 [4] se define la garantía de la calidad como la “[f]unción de un sistema de gestión que proporciona la confianza de que se cumplirán los requisitos especificados”. El párrafo 3.170 de la publicación GSR Part 3 [4] dice lo siguiente:

“Los titulares registrados y los titulares de licencias, al aplicar los requisitos de las presentes Normas relativos a los sistemas de gestión, establecerán un amplio programa de garantía de calidad en las exposiciones médicas con la participación activa de físicos médicos, médicos realizadores de procedimientos radiológicos [médicos especialistas en radiología], tecnólogos radiológicos y, en las instalaciones de medicina nuclear complejas,

⁶ Puede consultarse en la siguiente dirección: <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/recursos/material-de-capacitacion>

⁷ Puede consultarse en la siguiente dirección: <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/recursos/capacitacion-en-linea>

de radiofarmacéuticos y radioquímicos, y junto con otros profesionales sanitarios, según corresponda. Se tendrán en cuenta los principios establecidos por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y los órganos profesionales competentes”.

Conforme lo define la OMS [29], un programa de garantía de la calidad en radiología diagnóstica es “un esfuerzo organizado por parte del personal de una instalación para conseguir con seguridad que las imágenes diagnósticas producidas por dicha instalación tengan una calidad suficientemente elevada para que den en todos los casos una información diagnóstica adecuada, al menor costo posible y con la mínima exposición del paciente a las radiaciones”.

Los programas de garantía de la calidad en radiología dental incluyen los siguientes elementos, que se indican en el párrafo 3.171 de la publicación GSR Part 3 [4]:

“Los titulares registrados y los titulares de licencias asegurarán que los programas de garantía de calidad en las exposiciones médicas incluyan, en función de la instalación de irradiación médica:

- a) mediciones de los parámetros físicos del equipo radiológico médico hechas por un físico médico o bajo su supervisión:
 - i) en el momento de la aceptación y la puesta en servicio del equipo antes de su uso clínico en los pacientes;
 - ii) periódicamente en lo sucesivo;
 - iii) tras todo procedimiento importante de mantenimiento que pueda afectar a la protección y seguridad de los pacientes;
 - iv) tras toda instalación de nuevos programas informáticos o modificación de los ya existentes que pueda afectar a la protección y seguridad de los pacientes;
- b) la aplicación de medidas correctoras si los valores medidos de los parámetros físicos mencionados en el apartado a) *supra* rebasan los límites de tolerancia establecidos;
- c) la verificación de los factores físicos y clínicos apropiados utilizados en los procedimientos radiológicos;
- d) el mantenimiento de registros de los procedimientos y resultados pertinentes;
- e) comprobaciones periódicas de la calibración y las condiciones de funcionamiento del equipo de dosimetría y el equipo de monitorización”.

La complejidad del programa de garantía de la calidad dependerá del tipo de instalación. El programa de una clínica odontológica que realice únicamente radiografías intraorales será más sencillo que el de una instalación que ofrezca

todas las modalidades de imagenología dental. No obstante, la mayoría de los elementos del programa son comunes, y las diferencias residen principalmente en el grado de aplicación. Para comprobar periódicamente el funcionamiento de los equipos se suelen observar, entre otros aspectos, el funcionamiento del tubo y el generador de rayos X, el funcionamiento del receptor de imágenes (con película o digital), la calidad de la imagen (por medio de una evaluación cuantitativa), el funcionamiento del sistema de visualización y la evaluación de la dosis que se administra al paciente. Además, el programa de garantía de la calidad incluye la evaluación clínica de la calidad de las imágenes. El personal debe mantener un registro escrito de estas pruebas a fin de garantizar el cumplimiento del programa y fomentar el reconocimiento de su importancia entre los miembros del personal.

3.6.2. Auditorías de la calidad

En la publicación GSR Part 3 [4] se exige que “se efectúen periódicamente exámenes en la esfera radiológica en instalaciones de irradiación médica y que se mantengan registros”. Los exámenes en la esfera radiológica podrían formar parte de la auditoría clínica más amplia que se describe en la referencia [30]:

“Las auditorías clínicas son concebidas como una evaluación independiente de cómo la práctica clínica real se compara con la buena práctica y en qué medida los sistemas que se utilizan alcanzan las normas de calidad establecidas, con el objetivo fundamental de mejorar la atención al paciente”.

Además, en la referencia [30] se describe del siguiente modo el alcance de la auditoría clínica, que se aplica también a la radiología dental:

“Una auditoría clínica completa de las prácticas de radiología diagnóstica consiste en una revisión y evaluación de la calidad de todos los elementos que intervienen en las prácticas, comprendidos el personal, el equipo y los procedimientos, la protección y seguridad de los pacientes y el rendimiento general del servicio de radiología diagnóstica, así como su interacción con cuantos prestan servicios externos. Deben identificarse todas las deficiencias de la tecnología, los recursos humanos y los procedimientos, de modo que la institución pueda planificar su mejora”.

En la referencia [30] se afirma lo siguiente:

“La auditoría clínica implica la evaluación de datos, documentos y recursos para comparar el rendimiento con las normas. Es fundamentalmente un proceso de investigación e interpretación y, como tal, constituye un

instrumento eficiente para mejorar la calidad. En términos generales, la finalidad de una auditoría clínica pluridisciplinaria puede resumirse así:

- Mejorar la calidad de la atención al paciente;
- Fomentar el uso efectivo de los recursos;
- Reforzar la prestación y la organización de los servicios clínicos;
- Perfeccionar la instrucción y la capacitación profesionales”.

4. DIRECTRICES RELATIVAS A LA JUSTIFICACIÓN Y LA IMAGENOLÓGÍA

Según la información publicada que se analiza en la sección 1.1, los exámenes odontológicos son el tipo de procedimiento radiológico más frecuente. Generalmente, la dosis de radiación procedente de las radiografías dentales bidimensionales es muy baja [1, 2]. Las dosis procedentes del uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos suelen ser mayores: la mediana de las dosis efectivas se sitúa en el orden de 100 μ Sv para exploraciones tridimensionales de gran tamaño, aunque presenta una enorme variación en ambos sentidos [31]. Otro factor importante en la radiografía dental es la mayor proporción de pacientes de pediatría que se ven expuestos a ella [1, 2, 32]. La fracción de pacientes que se ven expuestos a radiografías dentales antes de cumplir los 15 años podría oscilar entre el 6 % y el 21 % [1, 32]. En vista del aumento de la dosis media procedente de la radiología dental debido al uso cada vez mayor de la TC de haz cónico, su frecuencia generalmente elevada y el grupo de edad relativamente joven en que se suelen adquirir estas imágenes, es evidente que existe una necesidad clara de disponer de criterios de justificación exhaustivos. Esto reviste especial importancia, ya que en muchos países es el dentista quien realiza los procedimientos radiológicos a los pacientes como resultado de una justificación basada en su propia evaluación clínica, lo que se denomina generalmente “autorremisión” [5]. Aunque la odontología se ha citado como un ejemplo de “prácticas de autorremisión aceptables” [5], la autorremisión conlleva posibles deficiencias en el proceso de justificación debido a una falta de objetividad, que podría obedecer también a consideraciones de carácter económico. En concreto, la compra de equipos de alto costo (por ejemplo, máquinas de TC de haz cónico) podría acrecentar la presión para utilizar en exceso esos equipos a fin de amortizar los costos.

Los cuadros clínicos que conducen al uso de la radiografía dental muy rara vez son potencialmente mortales. Muchos procedimientos (por ejemplo,

implantología, endodontología o procedimientos de reconstrucción) son de carácter voluntario. Además, en odontología el beneficio que aporta la información radiográfica suele ser menor que en muchos otros procedimientos médicos.

La justificación de las radiografías dentales suele venir determinada por la necesidad de obtener información específica que no se puede consultar en otras fuentes [33]. La responsabilidad última de la justificación se establece en los reglamentos nacionales.

4.1. ENFOQUES GENERALES RELATIVOS A LA JUSTIFICACIÓN DE LA RADIOGRAFÍA DENTAL

En el párrafo 3.157 de la publicación GSR Part 3 [4] se requiere que la justificación de la exposición médica de un paciente tenga en cuenta varios factores, incluidas las características del paciente y la información pertinente de los procedimientos radiológicos anteriores del paciente.

En lo que respecta a la justificación de la radiografía dental, en la referencia [34] se recomienda lo siguiente:

Para que el proceso de justificación se realice correctamente, es fundamental que la selección de las radiografías dentales se base en la historia clínica del paciente y en una exploración clínica. Es inaceptable usar los rayos X de forma rutinaria para el diagnóstico siguiendo un enfoque generalizado en vez de una prescripción individual. Una exploración rutinaria (o de cribado) es aquella en la que se realiza una radiografía con independencia de la presencia o ausencia de síntomas y signos clínicos.

En la publicación GSR Part 3 [4] se requiere que, en la justificación de la exposición médica de un paciente, se tengan en cuenta las directrices nacionales o internacionales pertinentes sobre la remisión de pacientes. Según se define en la referencia [35], las directrices son recomendaciones desarrolladas de forma sistemática para ayudar a los médicos y a los pacientes en la toma de decisiones sobre la atención sanitaria adecuada para circunstancias clínicas específicas.

Además, en la referencia [34] se explica que, en radiología, las directrices facilitan el proceso de selección del procedimiento de imagenología adecuado. Ese tipo de directrices, denominadas “criterios de selección” o “criterios de remisión”, existen tanto para la imagenología médica como para la dental. Los criterios de remisión radiográficos se definen en la referencia [36] como descripciones de los cuadros clínicos elaboradas a partir de los signos clínicos, los síntomas y el historial clínico del paciente, que permiten identificar a aquellos pacientes que podrían beneficiarse del uso de una determinada técnica radiográfica.

En la práctica odontológica, la autorremisión es muy habitual. No obstante, en algunos casos es posible que un profesional de la salud dental remita a un paciente a otro colega, un centro de imagenología o el departamento de rayos X de un hospital, por ejemplo, para que se le realice una radiografía panorámica o una TC de haz cónico.

En consonancia con los requisitos que se establecen en la publicación GSR Part 3, en la referencia [34] se aconseja que, cuando se remita a un paciente, se garantice que la persona que se va a encargar de la exposición reciba información clínica adecuada y una historia clínica del paciente suficientemente completa. Por ejemplo, una solicitud en la que figure “Realizar TC de haz cónico, por favor” no se consideraría información clínica adecuada.

Los enfoques generales relativos a la justificación se pueden resumir como sigue:

- a) Asegurarse de que no se seleccione ninguna técnica de imagenología por rayos X a menos que se haya elaborado la historia clínica y se haya realizado una exploración.
- b) Seleccionar las radiografías de cada paciente sobre la base de sus necesidades clínicas particulares y no siguiendo prácticas rutinarias.
- c) Tener siempre en cuenta al seleccionar las radiografías las implicaciones de la dosis de radiación.
- d) Consultar las directrices profesionales disponibles a fin de facilitar la selección de las exploraciones radiológicas.
- e) Tener en cuenta al seleccionar las exploraciones radiológicas las distintas necesidades de los pacientes de pediatría en materia de imagenología, así como los riesgos radiológicos a los que se exponen.
- f) Utilizar la TC de haz cónico cuando resulte adecuado, y no solo porque el equipo esté disponible.

4.2. LA JUSTIFICACIÓN EN LA RADIOGRAFÍA DENTAL BIDIMENSIONAL

4.2.1. Radiografías intraorales

Las radiografías intraorales se utilizan, por ejemplo, para detectar lesiones de caries o las consecuencias de traumatismos y patologías periapicales; para las evaluaciones periodontales y la planificación de tratamientos endodóncicos y de implantes, así como para la revisión posterior al tratamiento, y para otras actividades relacionadas con patologías del tejido duro del diente o del cuerpo de la mandíbula y el maxilar superior.

4.2.1.1. *Radiografías interproximales*

Las radiografías interproximales para la detección de la caries de aparición temprana representan una situación especial en la radiografía dental, ya que los pacientes de pediatría podrían verse sometidos a múltiples exploraciones interproximales durante su infancia y adolescencia. La prescripción de radiografías interproximales para el diagnóstico de caries debe basarse en una evaluación del riesgo de caries [34 a 39]. La evaluación del riesgo se basa en la exploración clínica, la historia clínica del paciente y los factores de riesgo de orden social y conductual [34 a 40]. Los intervalos entre las radiografías interproximales posteriores deben basarse en la situación de riesgo existente en el momento, que se deberá volver a evaluar periódicamente [34, 36 y 41].

4.2.1.2. *Radiografías periapicales*

Las radiografías periapicales se prescriben principalmente para la evaluación de la raíz dental o del hueso alveolar circundante. Para representar toda la dentadura por medio de radiografías intraorales, se necesitaría una serie bucal completa, compuesta por varias (más de diez) radiografías periapicales. Sin embargo, las series bucales completas ya no se suelen prescribir [36], puesto que existen otras técnicas que conllevan menores dosis de radiación (por ejemplo, la radiografía panorámica).

4.2.1.3. *Radiografías oclusales*

Las radiografías oclusales tienen algunas ventajas, como servir de complemento a otras radiografías (por ejemplo, las radiografías panorámicas) en la localización de estructuras de interés (por ejemplo, dientes o cuerpos extraños). Este uso podría estar justificado en casos en que la localización tridimensional por medio de técnicas tridimensionales (por ejemplo, TC o TC de haz cónico) no parezca apropiada debido, por ejemplo, a consideraciones relativas a la dosis o a las afecciones del paciente. Las radiografías oclusales mandibulares se pueden utilizar para visualizar fracturas en el plano axial o diagnosticar sialolitos radiopacos, en casos en que la técnica de ecografía no es suficiente o no está disponible.

4.2.2. **Radiografías panorámicas**

La radiografía panorámica es una técnica de imagenología que permite obtener una visión general de la dentadura completa, así como de la mandíbula y el maxilar superior, además de las estructuras anatómicas adyacentes (por ejemplo,

el seno maxilar o las cavidades nasales). Las radiografías panorámicas ofrecen una resolución espacial menor que las radiografías intraorales. Además, son propensas a presentar características específicas de magnificación no uniforme y distorsión. En la literatura médica se indica que las radiografías panorámicas ofrecen generalmente menor exactitud diagnóstica que las radiografías intraorales para las tareas habituales de diagnóstico radiográfico dental (por ejemplo, diagnóstico de caries o diagnóstico periapical) [34, 36, 38 y 42]. Se utilizan generalmente para las evaluaciones ortodóncicas, el diagnóstico de inclusiones dentarias o dientes supernumerarios y traumatismos, antes de la extirpación quirúrgica de las muelas del juicio inferiores y superiores, y para la adquisición de una visión general básica de la parte inferior del seno maxilar o de la articulación temporomandibular y la rama ascendente de la mandíbula. Las radiografías panorámicas se utilizan para la planificación del tratamiento (por ejemplo, en implantología dental, para la planificación de prótesis dentales, para la extirpación quirúrgica de raíces retenidas o para procedimientos ortodóncicos). Las radiografías panorámicas también se utilizan frecuentemente para el examen posterior al tratamiento en situaciones en que dicho examen puede ser beneficioso para el paciente. Los dispositivos de radiografía panorámica modernos permiten realizar radiografías panorámicas colimadas de partes de la dentadura, que son de utilidad cuando solo se necesita información local (por ejemplo, para los terceros molares).

4.2.3. Radiografías cefalométricas

Las radiografías cefalométricas se utilizan mucho en el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóncico para determinar ángulos y distancias específicos entre puntos de referencia bien definidos (“cefalometría”). Las radiografías cefalométricas laterales se utilizan principalmente para evaluar distancias y ángulos en la dimensión sagital. No obstante, el cefalograma posteroanterior también se utiliza a veces para evaluar dimensiones en el plano transversal, especialmente en casos de asimetría facial acusada.

4.2.4. Otras radiografías de proyección extraorales

Las radiografías de proyección extraorales rara vez se realizan en consultorios odontológicos, sino que se circunscriben sobre todo a entornos especializados, como los hospitales. Es probable que su uso disminuya a medida que aumenta la disponibilidad de la imagenología tridimensional (por ejemplo, la TC o la TC de haz cónico). Podrían seguir prescribiéndose en circunstancias especiales, ya que su dosis de radiación es muy baja en comparación con la de

estas técnicas tridimensionales. La dosis acumulada total procedente de dichas radiografías se considera insignificante.

En el cuadro 4 se resumen las indicaciones típicas de los procedimientos radiográficos dentales habituales, según la información que figura en las referencias [34, 36 y 43].

CUADRO 4. INDICACIONES TÍPICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS RADIOGRÁFICOS DENTALES HABITUALES [34, 36 y 43]

Procedimiento de imagenología dental	Indicaciones típicas
Radiografías intraorales	
Radiografías interproximales	Detección de caries, especialmente lesiones de caries proximales Evaluación de niveles óseos periodontales Observación de la integridad marginal o deficiencias marginales en restauraciones
Radiografías periapicales	Evaluación de traumatismos dentoalveolares Observación de la anatomía del conducto radicular en endodoncia Evaluación de patologías pulpares (esclerosis, reabsorción interna) Evaluación del nivel óseo periodontal Evaluación del desarrollo dental Evaluación de patologías óseas periapicales y alveolares
Radiografías oclusales	<p><i>Del maxilar superior</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Detección de anomalías en la bóveda del paladar — Localización de dientes ectópicos en la bóveda del paladar — Evaluación de traumatismos dentoalveolares <p><i>De la mandíbula</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Traumatismos (fracturas dentoalveolares y fracturas completas de mandíbula) — Localización de dientes ectópicos — Evaluación de patologías óseas — Detección de sialolitos radiopacos en el piso de la boca

CUADRO 4. INDICACIONES TÍPICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS RADIOGRÁFICOS DENTALES HABITUALES [34, 36 y 43] (cont.)

Procedimiento de imagenología dental	Indicaciones típicas
Radiografías panorámicas	Evaluación de patologías óseas en el maxilar superior y la mandíbula Reconocimiento de dientes supernumerarios y faltantes Reconocimiento de la dentadura en desarrollo Evaluación de la altura y la calidad del hueso durante la planificación de implantes Evaluación preoperatoria para la cirugía maxilofacial o la extracción dental Evaluación de traumatismos dentoalveolares y faciales Localización de cuerpos extraños (radiopacos) Evaluación de una dentadura muy descuidada antes de múltiples extracciones Evaluación de las estructuras óseas en la articulación temporomandibular Visión general básica de la parte inferior del seno maxilar
Radiografías cefalométricas	
Radiografías cefalométricas laterales (evaluación del plano sagital)	Evaluación del crecimiento del maxilar superior y la mandíbula Evaluación del patrón esquelético y la inclinación del segmento labial Evaluación de inclusiones dentarias Planificación de implantes (combinadas con radiografías periapicales o panorámicas)
Radiografías cefalométricas posteroanteriores (evaluación del plano frontal)	Evaluación de la asimetría facial

4.3. JUSTIFICACIÓN DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL TRIDIMENSIONAL

Las siguientes consideraciones se refieren principalmente al uso de la TC de haz cónico, aunque es posible que algunos odontólogos tengan acceso también a la TC. Además, estas consideraciones solo atañen a la adquisición de imágenes de corte de alto contraste sin el uso de agentes de contraste intravenoso.

El uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos se ha adoptado de la radioterapia, ámbito en el que se utilizó inicialmente para guiar la terapia. Los primeros dispositivos de TC de haz cónico hicieron su aparición en 1996, y el uso generalizado de este tipo de equipos se observa sobre todo en los países industrializados, donde los dispositivos de TC de haz cónico son cada vez más asequibles.

Debido a su dosis relativamente alta, la justificación de una exploración por TC de haz cónico debe basarse en pruebas obtenidas por medios científicos. El beneficio de la información complementaria que proporciona la TC de haz cónico debe ser mayor que el detrimento por la radiación. Distintas sociedades científicas han elaborado numerosas directrices y documentos de posición sobre el uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos [44 a 46].

Actualmente, el uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos se destina principalmente a la evaluación de la apófisis alveolar y la porción alveolar en el maxilar superior y la mandíbula, respectivamente, antes de la colocación de un implante. Además de la medición de las dimensiones óseas, que es la aplicación que se solicita con mayor frecuencia, es posible detectar cualquier patología ósea en el marco de las capacidades de la imagenología de alto contraste. También se utiliza habitualmente para aplicaciones endodóncicas. Además, se puede utilizar para la evaluación pre- y postoperatoria de tumores de los maxilares; para la evaluación de la osteomielitis o alteraciones óseas similares; antes de la extracción o el desplazamiento de dientes ectópicos y supernumerarios, especialmente en los pacientes de pediatría; para la evaluación de la periodontitis, sobre todo en relación con los molares del maxilar superior, y para la evaluación de patologías en los senos maxilares. Además, es una herramienta adecuada para la evaluación preoperatoria de traumatismos mesofaciales cuando se han descartado los síntomas neurológicos. Se utiliza para la planificación preoperatoria de pacientes con labio leporino o fisura palatina o de otros pacientes con alteraciones comparables, así como para la planificación preoperatoria en cirugía ortognática.

En el cuadro 5 se ofrece una visión general de las situaciones en las que podría justificarse la utilización de la TC de haz cónico para diversas estructuras anatómicas. La TC de haz cónico podría ser apropiada para situaciones en las que las radiografías convencionales no pueden dar una respuesta adecuada a la pregunta diagnóstica, y cuando la TC de haz cónico ofrezca una mayor eficiencia diagnóstica. La decisión de tomar imágenes radiográficas de los pacientes se adopta cuando hay perspectivas de que los resultados influyan en el abordaje o el pronóstico del paciente.

CUADRO 5. EJEMPLOS EN LOS QUE SE PODRÍA CONSIDERAR JUSTIFICADO EL USO DE LA TC DE HAZ CÓNICO

Dientes individuales ^a	<p><i>Traumatismos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Detección de fracturas en la raíz <p><i>Tratamiento endodóncico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Entre los ejemplos se incluyen la anatomía anómala o compleja del conducto radicular; la sospecha de perforaciones; la localización de conductos extensamente obliterados; la endodoncia guiada por imagen, y la evaluación de reabsorciones internas o externas
Maxilares y apófisis y porción alveolares	<p><i>Traumatismos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Traumatismos en la dentadura y los huesos maxilares cuando las técnicas de imagenología convencionales no ofrecen un nivel de detalle adecuado
Maxilares y apófisis y porción alveolares (cont.)	<p><i>Inflamación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Inflamación periodontal y periapical cuando las técnicas de imagenología convencionales no ofrecen información adecuada — Evaluación de la osteomielitis <p><i>Tumores en los huesos maxilares</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Sospecha de neoplasias — Lesiones que se manifiestan con el crecimiento de la mandíbula <p><i>Otros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Trastornos congénitos, labio leporino y fisura palatina — Evaluación preoperatoria antes de la cirugía ortognática — Localización de dientes ectópicos y retenidos <p><i>Otros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Orientación de las raíces próxima al conducto alveolar inferior — Localización de cuerpos extraños — Planificación de implantes y aumento del hueso
Articulación temporomandibular	<p><i>Traumatismos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Sospecha de artritis <p><i>Anquilosis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Tumefacciones y enfermedad neoplásica
Región mesofacial	<p><i>Traumatismos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Tumefacciones y enfermedad neoplásica (benigna) <p><i>Planificación de la inserción de implantes zigomáticos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Evaluación preoperatoria para la navegación quirúrgica

CUADRO 5. EJEMPLOS EN LOS QUE SE PODRÍA CONSIDERAR JUSTIFICADO EL USO DE LA TC DE HAZ CÓNICO (cont.)

Senos paranasales	— Inflamación y retención de líquidos — Evaluación del complejo osteomeatal — Tumefacciones y enfermedad neoplásica (benigna) — Localización de cuerpos extraños — Planificación de la elevación del seno
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

^a El empleo de la TC de haz cónico para dientes individuales, especialmente en endodoncia, requiere una mayor resolución espacial y un campo de visión pequeño.

Nota: TC de haz cónico: tomografía computarizada de haz cónico.

Aparte de esta gran cantidad de posibles indicaciones, existen algunas patologías para las que la TC de haz cónico podría ser útil, por ejemplo, la evaluación de las partes blandas de la faringe y de la porción superior de la laringe en casos de apnea del sueño. Además, aunque la adquisición de imágenes mediante TC de haz cónico se realiza de manera casi rutinaria como parte de la planificación ortodóncica, no hay estudios sobre los posibles beneficios para el paciente. Más concretamente, no procede adquirir una imagen de TC de haz cónico con el único fin de sintetizar una vista panorámica o cefalométrica.

4.4. JUSTIFICACIÓN EN PACIENTES DE PEDIATRÍA

La radiología dental es única en lo que respecta a su elevada frecuencia de uso en pacientes de pediatría, entre los que se incluyen lactantes, niños y adolescentes [1 y 32]. Esto obedece a la mayor prevalencia en niños de la caries dental, las anomalías de desarrollo de los dientes y maxilares que requieren intervención ortodóncica y los traumatismos dentales. Además, es posible que los pacientes de pediatría se sometan a múltiples exploraciones radiológicas dentales como parte de la atención continua. Dado que el riesgo de los efectos estocásticos de la radiación es inversamente proporcional a la edad, los riesgos que la radiología dental conlleva para los niños a nivel de población son mayores de lo que podría deducirse de los niveles de dosis individuales asociados a la mayoría de las exploraciones radiológicas dentales [47 y 48]. Por lo tanto, se debe prestar especial atención al proceso de justificación de las exploraciones en pediatría [4, 5 y 49].

Al igual que ocurre con los pacientes adultos, la mayoría de las radiografías dentales en niños se realizan en el ámbito de la atención dental primaria. En este ámbito, la autorremisión por parte del odontólogo es la práctica habitual, y este

se encarga tanto de la remisión como del procedimiento radiológico. Además, en algunos casos los odontólogos trabajan como profesionales sanitarios independientes, sin el apoyo directo de colegas. En el ámbito de la atención primaria, los odontólogos no cuentan con el apoyo de una plantilla de radiólogos, radiógrafos y físicos médicos especializados, y generalmente no disponen de una estructura sólida de gobernanza clínica.

Debido a los posibles problemas que conlleva la autorremisión, en odontología las directrices de imagenología (es decir, los criterios de selección, remisión e indicación) desempeñan una función especialmente importante en el diagnóstico por imagen de niños. Esos criterios han sido elaborados a nivel nacional e internacional por organismos profesionales o a través de proyectos específicos, algunos de los cuales se centran concretamente en el grupo de edad pediátrico [36, 43, 44 y 50 a 55].

Es importante implicar a los pacientes de pediatría en el proceso de justificación, en la medida en que sea adecuado para su edad, de forma que el proceso se convierta en una colaboración entre el paciente, el progenitor (o adulto responsable) y el odontólogo. El odontólogo debe estar preparado para responder a posibles preguntas sobre una exploración radiográfica propuesta, y se debe animar al progenitor (o adulto responsable) y al paciente a que formulen esas preguntas. Puede ser útil que el odontólogo ofrezca información mediante folletos o carteles, acompañada de enlaces a los sitios web disponibles, como el creado por la Alianza para la Seguridad Radiológica en Imagenología Pediátrica (la Alianza Image Gently)⁸ o el sitio web de Protección radiológica de los pacientes, del OIEA⁹. En la referencia [56] se ofrecen recomendaciones sobre la comunicación del riesgo radiológico en la imagenología pediátrica.

A veces se emplea la radiografía dental en niños para la detección precoz de enfermedades, aunque no sea en el marco de un programa de cribado aprobado, por ejemplo, en el caso de la detección de caries dentales o como parte de una evaluación del desarrollo dental. La autoridad sanitaria, junto con los organismos profesionales pertinentes, tiene la función de proporcionar orientaciones sobre la aplicabilidad e idoneidad de ese tipo de procedimientos [5]. En muchos casos, los odontólogos son profesionales sanitarios independientes cuya colaboración con terceros es escasa o nula, por lo que las directrices de las asociaciones profesionales desempeñan un papel importante en la justificación.

A menudo, la realización de radiografías a niños en el ámbito de la odontología se limita a radiografías intraorales y panorámicas. La TC de haz cónico generalmente conlleva una dosis de radiación mayor que las radiografías intraorales y panorámicas, y su justificación requiere especial atención. La TC

⁸ Véase <https://www.imagegently.org/Procedures/Dental>

⁹ Véase <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes>

de haz cónico se debe seleccionar con arreglo a criterios específicos, y no puede tratarse como una exploración rutinaria [45 a 47 y 57]. Los protocolos de baja dosis serán más apropiados si ofrecen una calidad de imagen adecuada para los fines diagnósticos (véase la sección 5).

4.5. JUSTIFICACIÓN EN PACIENTES EMBARAZADAS

En las exposiciones dentales de pacientes embarazadas, las dosis de radiación que recibe el feto son bajas debido a la distancia relativamente grande que hay entre la fuente de radiación dispersa (es decir, la cabeza de la paciente) y el feto. Hay pocos estudios sobre la dosis que recibe el feto durante las exposiciones dentales; en el cuadro 6 [58 a 61] se ofrece un resumen de las dosis uterinas registradas en ausencia de blindaje. Las dosis que recibe el feto son equiparables a la dosis de un día o menos de radiación de fondo. Por lo tanto, si la exploración mediante radiografías dentales está justificada, no hace falta posponerla hasta después del embarazo. No obstante, los profesionales clínicos deben ser sensibles a las inquietudes de las pacientes. Dado que la mayoría de las radiografías dentales no revisten urgencia, a menudo las exploraciones se pueden retrasar si la paciente así lo prefiere.

4.6. DIRECTRICES SOBRE EL USO DE LA IMAGENOLÓGÍA EN ODONTOLOGÍA

En las referencias [42 y 62] se presentan revisiones de reciente publicación sobre directrices que incluyen criterios de remisión para las exploraciones radiológicas en odontología. La elaboración de criterios de remisión queda fuera del alcance de la presente publicación. A modo de ejemplo, el anexo contiene una selección no exhaustiva de indicaciones clínicas de la imagenología radiológica dental, derivadas de las directrices profesionales existentes.

4.7. JUSTIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN MÉDICA DE CUIDADORES Y CONFORTADORES

Algunos procedimientos de rayos X se pueden realizar mejor con la ayuda de un cuidador o confortador, por ejemplo, un familiar en el caso de un paciente de pediatría o un familiar o amigo en el caso de un paciente discapacitado, muy anciano o muy enfermo. En esas situaciones, el cuidador o confortador estará expuesto, por lo general a una dosis baja.

CUADRO 6. DOSIS ABSORBIDA EN EL ÚTERO AL REALIZAR UNA RADIOGRAFÍA DENTAL

Modalidad de imagenología	Dosis absorbida en el útero (μGy)	Referencias
Intraoral	0,009-2,66	[58 y 59]
Panorámica	0,11-7,97	[58 y 59]
TC de haz cónico	0,05-6,93	[59 a 61]

Nota: TC de haz cónico: tomografía computarizada de haz cónico.

En lo que respecta a la radiología dental, se aplican las siguientes orientaciones, que figuran en el párrafo 3.153 de la publicación SSG-46 [5]:

“El enfoque de la justificación en tres niveles no se aplica a los cuidadores y confortadores. En lugar de ello rige el requisito, establecido en el párrafo 3.155 de la publicación GSR Part 3 [...], de que la exposición tenga algún beneficio neto, por ejemplo la correcta ejecución de un procedimiento diagnóstico en un niño. El componente crucial de la justificación de la exposición médica de los cuidadores y confortadores es que estas personas conozcan y comprendan los conceptos de la protección radiológica y los riesgos radiológicos asociados con el procedimiento de que se trate. A tal fin, el profesional a cargo del procedimiento radiológico [médico especialista en radiología] o el tecnólogo radiológico que deban realizar el procedimiento tendrán la responsabilidad de cerciorarse, antes de su ejecución, de que el cuidador o confortador esté correctamente informado sobre la protección radiológica y los riesgos radiológicos existentes, entienda esta información [...].”

5. OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS SOMETIDAS A EXPOSICIÓN MÉDICA

5.1. SELECCIÓN DEL EQUIPO

5.1.1. Consideraciones generales

En radiología dental, la selección del equipo puede tener un efecto considerable sobre la protección de los pacientes, los trabajadores y el público. Para cada una de las modalidades de imagenología de uso habitual en imagenología dental se deben tener en cuenta varios factores específicos. Si el equipo se va a utilizar en niños, es posible que se requieran características de diseño especiales que, por un lado, faciliten la realización satisfactoria de los procedimientos radiológicos en pacientes que podrían no cooperar y, por el otro, resulten adecuadas para la adquisición de imágenes en pacientes muy pequeños (véase también la sección 5.5).

El párrafo 3.40 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“Todo el equipo de radiología médica digital debería permitir también:

- a) la visualización de la dosis en tiempo real y la producción de un informe dosimétrico final (informe estructurado de la dosis de radiación, objeto DICOM), con la exportación de los parámetros de dosis a los efectos de los NRD y el cálculo de dosis del paciente en cuestión;
- b) la conectividad con el SIR y el PACS”¹⁰.

5.1.2. Radiografías intraorales

5.1.2.1. Unidades de radiografía intraoral

Conforme al párrafo 3.35 de la publicación SSG-46 [5], se debería utilizar un potencial mínimo del tubo de 60 kV, producido por un generador de corriente continua o de corriente alterna.

En las unidades de radiografía intraoral actuales, los valores nominales del punto focal oscilan entre 0,4 y 0,7. Los puntos focales más pequeños aumentan la nitidez de la imagen debido a su menor zona de penumbra. La distancia focal

¹⁰ DICOM: imagenología digital y comunicaciones en medicina; SIR: sistema de información radiológica; PACS: sistema de archivo y comunicación de imágenes.

(distancia foco-piel) debe ser de al menos 20 cm [5 y 63], aunque es preferible utilizar distancias mayores (por ejemplo, 30 cm). Cuanto mayor sea la distancia focal, menores serán la dosis absorbida local en la piel y la zona de penumbra causada por el punto focal. No obstante, el encuadre correcto del blanco será cada vez más difícil si la distancia focal se aumenta más de lo razonable (por ejemplo, 30 cm).

La filtración total debe ser tal que garantice que la capa hemirreductora medida sea igual o mayor que 1,5 mm de aluminio para las unidades que funcionan a 70 kV o menos, y que 2,1 mm de aluminio para las que funcionan a 71 kV o más [63]. Si la filtración es insuficiente, las dosis en la piel serán relativamente altas.

La corriente del tubo suele ser de entre 3,5 y 8 mA, y el tiempo de exposición se puede ajustar en función del receptor de imagen, la edad del paciente y la región anatómica. Los tiempos de exposición que se pueden seleccionar en las unidades de radiografía intraoral fijas o móviles contemporáneas van desde los 0,01 s hasta los 4 s, aunque actualmente es normal que los tiempos de exposición se sitúen por debajo de un segundo. El producto corriente-tiempo de exposición que se necesita para adquirir una imagen diagnóstica se verá afectado por la elección del receptor de imagen.

Los colimadores de haces de rayos X que se utilizan en los tubos intraorales pueden ser circulares o rectangulares. Hay una clara preferencia por el uso de la colimación rectangular, ya que resulta en una dosis de radiación mucho menor para el paciente, al tiempo que puede mejorar la calidad de las imágenes debido a la menor dispersión de los rayos X. Las dimensiones del haz de rayos X en el extremo del colimador no deben superar los 4 cm × 5 cm si es un colimador rectangular, o los 6 cm de diámetro si es cilíndrico [5 y 63].

Las especificaciones técnicas de las unidades intraorales portátiles son muy similares a las de las unidades fijas y móviles, aunque las unidades portátiles normalmente funcionan con tiempos de exposición más largos debido a sus valores de corriente del tubo relativamente bajos. Las unidades de radiografía intraoral portátiles solo se deben seleccionar en determinadas situaciones [64 a 66], y se debe prestar especial atención a que cumplan las mismas normas de calidad y seguridad que las unidades fijas (esta cuestión se examina en más detalle en la sección 6).

5.1.2.2. *Receptores de imágenes intraorales*

En la sección 2.1.2 se ofrece una breve descripción de las películas, los receptores de fósforo fotoestimulable y los receptores CCD y CMOS que se utilizan en la imagenología intraoral. Si bien con la película se consigue la mayor resolución espacial, se considera que la calidad de la imagen de diagnóstico es

similar para los distintos receptores [67 a 69]. Por lo tanto, la elección vendrá determinada por otros factores, entre los que se incluyen la versatilidad y comodidad de la obtención de imágenes digitales en cuanto a la latitud de la exposición, la lectura de la imagen, el posprocesamiento y el almacenamiento. Si se utiliza una película, se dará preferencia a las películas de velocidad E/F frente a las obsoletas películas de velocidad D [65 y 70].

5.1.3. Radiografías panorámicas y cefalométricas

En lo que se refiere a las especificaciones del tubo de rayos X y la visualización de la dosis, se aplican las mismas consideraciones que en el caso de la imagenología intraoral. Aunque actualmente se utilizan los mismos receptores de imagen que en las radiografías intraorales, se desaconseja el uso de receptores de fósforo fotoestimulable debido a la menor calidad de su imagen [71]. Para los pacientes de pediatría se debe disponer de un modo de adquisición de alta velocidad, así como de una opción de área colimada pequeña, tanto para el modo panorámico como para el cefalométrico. Si la máquina se va a utilizar para la evaluación específica de regiones aisladas (por ejemplo, terceros molares o articulaciones temporomandibulares), se debe disponer de un modo colimado que no exponga las estructuras que se encuentran fuera de esas regiones.

5.1.4. Tomografía computarizada de haz cónico

5.1.4.1. Opciones relativas al campo de visión

Un aspecto importante al elegir una unidad de TC de haz cónico es el conjunto de opciones disponibles relativas al campo de visión. El tamaño del campo de visión es uno de los principales factores determinantes de la dosis del paciente [72] y está vinculado también a la calidad de la imagen por su efecto en la dispersión de los rayos X y su relación con el tamaño de vóxel (véase la sección 5.4.5). El campo de visión debe adaptarse a la indicación clínica, de forma de garantizar que la región de interés se puede abarcar con un margen de error razonable sin exponer zonas que no se necesitan para el diagnóstico [45]. Habida cuenta de que la mayoría de las aplicaciones clínicas de la TC de haz cónico están relacionadas con una región de interés de tamaño pequeño (por ejemplo, la ubicación de un implante individual o un diente aislado que requiere tratamiento endodóncico), las unidades de TC de haz cónico deben ofrecer al menos una opción de campo de visión pequeño (no mayor que 6 cm × 6 cm), pero no tienen por qué contar con una opción de campo de visión grande.

Conforme al párrafo 3.159 de la publicación SSG-46 [5], para lograr distintos tamaños del campo de visión se debería emplear únicamente la colimación física

en el lado del tubo; recortar el campo de visión mediante programas informáticos después de la exposición no se considera una buena práctica.

En el caso de los campos de visión pequeños, un dispositivo de encuadre adecuado, como un haz de láser combinado con la posibilidad de consultar imágenes piloto en el propio dispositivo, puede ayudar a evitar repeticiones de la exposición debidas a blancos incorrectos o expuestos solo en parte.

5.1.4.2. *Especificaciones técnicas*

En cuanto a las especificaciones técnicas del tubo de rayos X, las unidades de TC de haz cónico presentan un amplio abanico de valores de voltaje del tubo (habitualmente de 70 a 120 kV) y del producto corriente del tubo-tiempo de exposición (generalmente de 10 a 150 mA·s), mientras que el tamaño nominal del punto focal suele ser de 0,5 mm (intervalo: de 0,3 a 0,6 mm) [73]. Algunos escáneres de TC de haz cónico pueden funcionar con voltajes del tubo inferiores a 70 kV, pero esos voltajes del tubo tan bajos no son adecuados para la exploración clínica desde el punto de vista de la protección radiológica. Aunque no es posible especificar valores o intervalos adecuados para estos parámetros, porque la calidad de imagen y la dosis del paciente vienen determinadas por muchos otros factores, es importante que las unidades ofrezcan al menos algunas opciones relativas al producto corriente-tiempo de exposición, mientras que el potencial del tubo podría ser fijo o variable.

En concreto, se debe poder ajustar un valor alto, medio o bajo de la corriente del tubo para optimizar las exploraciones de pacientes con distintos tamaños de cabeza [74]. Esto se puede lograr seleccionando manualmente la corriente del tubo, aunque se debe disponer de valores predeterminados para hombres y mujeres adultos, así como adolescentes, de complejión normal y grande, y para niños. El usuario debe poder modificar los valores predeterminados.

Si se utiliza alguna forma de control automático de la exposición, no se aplicarán las especificaciones del párrafo anterior. El sistema de control automático de la exposición debe posibilitar la adaptación continua de la corriente o disponer de al menos cinco valores distintos de corriente. Además, se debe disponer de al menos tres niveles de control automático de la exposición para satisfacer las especificaciones de alta o baja calidad de imagen. Si la corriente del tubo se asigna automáticamente a partir de la radiografía de proyección de barrido (es decir, la imagen piloto o topograma), tendrá que venir determinada por las imágenes piloto tanto lateral como frontal, ya que el uso de solo una de ellas podría dar lugar a que se sobrestimara o subestimara el valor óptimo de corriente del tubo. Además, si el valor de la corriente se determina a partir de la imagen piloto, tendrá que basarse en la parte de la imagen piloto que corresponda al campo de visión previsto de la exploración por TC de haz cónico, en caso de

que el tamaño o la posición de dicho campo de visión sea considerablemente distinto de la cobertura anatómica de la imagen piloto.

En lo referente al tiempo de exploración o exposición, se debe disponer de una opción de exploración rápida (con un tiempo de exploración de 10 s o menos, con independencia del tiempo de exposición) para pacientes que podrían moverse (como los niños pequeños o las personas ancianas), y de opciones de resolución baja, normal y alta (con tiempos de exposición corto, medio y largo y tamaños de vóxel grande, mediano y pequeño, respectivamente) para optimizar las exploraciones destinadas a aplicaciones clínicas que tengan distintas necesidades en cuanto a nitidez de la imagen (véase la sección 5.4.5).

Se aconseja a los usuarios que tengan presente que el tamaño de vóxel es uno de los muchos parámetros que determinan la nitidez de la imagen, y que no comparen unidades sobre la base de este parámetro. Si bien los tamaños de vóxel más pequeños no siempre comportan un beneficio diagnóstico [75 y 76], se propone que las unidades de TC de haz cónico tengan un modo de alta resolución con un tamaño de vóxel inferior a 0,2 mm para visualizar correctamente el hueso trabecular [77], así como otros detalles anatómicos y pequeñas anomalías [78 y 79].

En cuanto al ángulo de giro del tubo y el detector de rayos X ($180^{\circ 11}$, 360° o un valor intermedio), habida cuenta de las numerosas pruebas de la eficacia diagnóstica de los modos de exploración de 180° [80 a 84], así como del beneficio de que el tiempo de adquisición de estos modos sea menor, se aconseja que las unidades de TC de haz cónico cuenten al menos con un modo de giro de 180° opcional. El uso de una geometría con el detector desplazado respecto al eje, en la que solo una parte del campo de visión (aproximadamente entre el 55 % y el 60 %) está expuesta al haz de rayos X en cualquier momento de la exploración, tiene poca importancia, aunque cabe señalar que las geometrías con desplazamiento respecto al eje no permiten utilizar modos de exploración de 180° .

5.1.4.3. *Inmovilización del paciente*

Habida cuenta del tiempo de adquisición relativamente largo de la TC de haz cónico, se debe garantizar una inmovilización adecuada de la cabeza del paciente para evitar las imágenes excesivamente borrosas o con artefactos a causa del movimiento [85]. Como mínimo, se puede colocar un apoyo para la región temporal a fin de evitar el giro y la inclinación lateral de la cabeza. En el caso de las unidades de TC de haz cónico en las que el paciente está sentado o de pie, se puede utilizar además un apoyo para la frente o la parte posterior de la cabeza

¹¹ En realidad, el arco de giro mínimo en la TC de haz cónico es ligeramente superior a 180° y depende del ángulo del haz.

para evitar la inclinación hacia delante o hacia atrás. Al no existir una conexión rígida entre la mandíbula y el resto del cráneo, se puede utilizar una mentonera para evitar los micromovimientos del maxilar inferior. Se puede utilizar un bloque de mordida si es necesario separar los dientes superiores e inferiores con fines radiológicos, aunque podría no ser óptimo en cuanto a la inmovilización del maxilar inferior debido a los temblores musculares.

En el caso de las unidades de TC de haz cónico en las que el paciente está en decúbito supino, la utilización de un apoyo meramente provisional podría ofrecer un grado de inmovilización suficiente, aunque es posible que se tenga que contemplar una inmovilización adicional en el caso de los niños, pacientes con trastornos físicos o mentales que causen movimientos involuntarios (por ejemplo, la enfermedad de Parkinson) y cualquier otro paciente que pueda presentar riesgo de movimiento.

Es importante asegurarse de que los mecanismos de inmovilización se puedan aplicar tanto a niños pequeños (como mínimo, de tres años) como a adultos.

5.1.4.4. Calibración de unidades Hounsfield

Actualmente, no se recomienda utilizar unidades de TC de haz cónico para estimar densidades absolutas o relativas a partir de los valores de gris debido a la considerable inestabilidad de dichos valores entre unidades de TC de haz cónico, entre distintos protocolos de una unidad de TC de haz cónico dada y dentro del campo de visión de una determinada imagen de TC de haz cónico [72]. Dicho de otro modo, la TC de haz cónico no proporciona unidades Hounsfield (UH) ni cabe esperar que lo haga. A falta de criterios específicos sobre la estabilidad de los valores de gris en la TC de haz cónico, los fabricantes no pueden afirmar que su producto proporciona unidades Hounsfield, salvo que se pueda demostrar que la estabilidad de las unidades Hounsfield es igual a la establecida por las normas de aseguramiento de la calidad de la TC multidetector (véase la sección 5.2).

5.1.4.5. Reducción de artefactos metálicos

Debido a las escasas pruebas disponibles sobre la eficacia de los algoritmos de reducción de artefactos metálicos que se emplean en las unidades de TC de haz cónico actuales [75, 86 a 90], en estos momentos la presencia o ausencia de una opción de reducción de los artefactos metálicos no constituye un criterio para la selección del equipo.

5.1.4.6. *Programas informáticos de visualización propios y de terceros*

Los visores que se utilizan para la elaboración de informes radiológicos deben mostrar la imagen de la TC de haz cónico con su resolución original y disponer al menos de una vista de reconstrucción multiplanar. Los lados derecho e izquierdo del paciente deben estar inequívocamente indicados en los cortes axiales y frontales, preferiblemente mediante el uso de indicaciones I/D, en vez de diagramas. Se recomienda cumplir el atributo “patient position” (colocación del paciente) del estándar DICOM PS 3.3. La disponibilidad de la reconstrucción curva (“panorámica”) no es esencial, pero se recomienda.

Los usuarios deben tener la posibilidad de adaptar la visualización de la imagen ajustando la ventana o el nivel. Los fabricantes deben garantizar que la visualización inicial de la imagen reconstruida ya sea adecuada para la evaluación radiológica de los tejidos duros, aplicando automáticamente valores de ventana o nivel predeterminados o adaptativos tras la reconstrucción de la imagen, sin dejar de recordar expresamente a los usuarios que los valores de ventana o nivel siempre se deben ajustar con precisión antes de la visualización radiológica.

Los visores deben ser capaces de representar imágenes de TC de haz cónico con una relación mínima de 1:1 entre los vóxeles de la imagen y los píxeles del monitor. Se propone la posibilidad de ampliar la imagen hasta un 400 % o más, sobre todo cuando se utilizan monitores relativamente pequeños, vóxeles de pequeño tamaño o campos de visión grandes. Además, sería preferible contar con un modo de “reconstrucción ampliada”, que permita reconstruir con un tamaño de vóxel menor un pequeño subvolumen de un campo de visión grande. Sin embargo, la existencia de un modo de reconstrucción ampliada de ese tipo no debe conllevar el uso rutinario de campos de visión grandes; se deben tener en cuenta las consideraciones relativas a la colimación física frente a la colimación mediante programas informáticos (véase la sección 5.4.5) y la selección del campo de visión basada en la indicación (véase la sección 5.1.4.1).

Se deben poder realizar mediciones lineales, angulares, de superficie y de volumen, y se debe garantizar la exactitud de esas mediciones (véase la sección 5.2). Si existe la posibilidad de medir valores de gris (ya sea de vóxeles individuales o dentro de una región de interés lineal, bidimensional o tridimensional), no se hará referencia a esos valores como unidades Hounsfield, a menos que la unidad de TC de haz cónico cumpla las estipulaciones que figuran en la sección 5.2.4.2.3.

Debe existir la posibilidad de exportar imágenes de TC de haz cónico a visores de terceros en forma de serie axial con la resolución y la profundidad de bits originales, de conformidad con el estándar DICOM PS 3.6, a fin de evitar la pérdida de calidad durante la reconstrucción frontal o sagital [91].

5.1.5. Condiciones de visualización de las imágenes

Las condiciones de visualización de las imágenes, incluidos los monitores, los negatoscopios y la iluminación ambiental, influyen en gran medida en la exactitud con que se interpretan las imágenes. Lo ideal es que las imágenes se interpreten en una sala específica con un bajo nivel de iluminación ambiental [5]. No obstante, es raro que esas condiciones óptimas se den en un consultorio odontológico. En lo que respecta a las radiografías intraorales en película, la ampliación mejora el rendimiento diagnóstico. Los monitores empleados para la visualización de radiografías digitales deberían cumplir las normas aplicables [44, 63 y 92].

5.2. CONTROL DE LA CALIDAD

5.2.1. Principios básicos

El control de la calidad se ocupa del funcionamiento del equipo después de la instalación. La existencia de un programa adecuado de control de la calidad es fundamental para garantizar que los pacientes no reciban una dosis de radiación excesiva y para verificar que el funcionamiento de la unidad de radiografía cumpla las especificaciones del fabricante y los requisitos reglamentarios. Los programas de control de la calidad siguen un calendario establecido que consiste en una comprobación del funcionamiento antes del uso clínico (aceptación), la determinación de parámetros comparativos de referencia (puesta en servicio) y las pruebas rutinarias o periódicas. Por lo general, en la realización de los procedimientos de control de la calidad interviene un experto en física médica.

En las siguientes subsecciones se ofrece un resumen de las especificaciones de control de la calidad vigentes. Los usuarios del presente informe de seguridad, los físicos médicos y los responsables de la formulación de políticas deberán consultar siempre los reglamentos y las directrices locales, si los hay.

5.2.2. Control de la calidad en la radiografía intraoral

Para el control de la calidad en la radiología intraoral se pueden realizar las siguientes pruebas. En las referencias [70, 93 y 94] se pueden consultar más detalles sobre estas pruebas, los criterios de aceptación, los niveles de acción y los procedimientos prácticos:

- a) estabilidad del cabezal del tubo una vez que lo haya soltado el operario;

- b) inspección visual de la carcasa del tubo y medición de la radiación de fuga si se sospecha la existencia de daños en el blindaje del tubo;
- c) el tamaño del campo de rayos X (es decir, la colimación) y la distancia foco-piel deben ajustarse a las reglamentaciones y las recomendaciones pertinentes;
- d) dimensiones del punto focal;
- e) calidad del haz por medio de la capa hemirreductora;
- f) kilovoltaje y tiempo de exposición: correspondencia con el valor nominal;
- g) reproducibilidad de la exposición;
- h) linealidad de la corriente del tubo o del producto corriente-tiempo de exposición;
- i) control de la calidad del cuarto oscuro o las procesadoras de películas (si se utiliza película) para evitar que las películas se velen por la exposición a la luz;
- j) control de la calidad del procesamiento de la película (si se utiliza película);
- k) evaluación de la uniformidad, la resolución espacial y la resolución de contraste (si se utilizan receptores de imágenes digitales). Aparte de las pruebas periódicas de control de la calidad, se evaluará el funcionamiento del receptor si se sospecha la existencia de daños (por ejemplo, debidos a la caída del sensor). Se dispone de distintos maniqués específicos para tal fin;
- l) evaluación de la pantalla que se utiliza para evaluar las imágenes (si se utilizan receptores de imágenes digitales o películas digitalizadas) [95 y 96];
- m) dosis de entrada en superficie (igual al kerma en aire en la superficie de entrada) comparada con los NRD disponibles y las dosis que se pueden alcanzar, y
- n) radiación dispersa (durante la prueba de aceptación).

5.2.3. Control de la calidad en la radiografía extraoral (incluida la radiografía panorámica)

Las pruebas relativas a las fugas del tubo, la exactitud del potencial del tubo, la reproducibilidad, el control de la calidad del cuarto oscuro y el control de la calidad del receptor digital se pueden realizar utilizando los procedimientos aplicados en el control de la calidad de la radiografía intraoral. En lo que respecta a las mediciones de la calidad del haz, los valores especificados para la capa hemirreductora podrían ser diferentes de los de la radiografía intraoral (en función del potencial del tubo). Además, se aplican distintas metodologías de medición de los NRD y distintos NRD (véase la sección 5.3).

Una prueba específica para la radiografía panorámica y la radiografía cefalométrica basada en el barrido consiste en medir las dimensiones vertical y horizontal del haz de rayos X para asegurarse de que este coincida con la rendija del receptor de imagen. En el caso de la radiografía cefalométrica de haz ancho,

se debe verificar el tamaño del campo de rayos X y se debe comparar con los valores nominales, así como con los campos luminosos [70].

5.2.4. Control de la calidad en la tomografía computarizada de haz cónico

En el momento de redactar el presente texto, las directrices específicas más recientes sobre control de la calidad en el uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos son las publicadas por la Comisión Europea (conocidas también como directrices SEDENTEXCT) [44] y por la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido [92], así como las normas DIN 6868-161 [97] y DIN 6868-15 [98] de Alemania. Las directrices de la Asociación Americana de Físicos en Medicina relativa al uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos están en fase de elaboración¹². Además, la Federación Europea de Organizaciones de Física Médica (EFOMP), en colaboración con la Sociedad Europea de Radioterapia y Oncología (ESTRO) y el OIEA, ha elaborado un protocolo unificado para el control de la calidad en la TC de haz cónico (que no se limita únicamente a las aplicaciones dentales) [99].

5.2.4.1. Pruebas comunes

Se pueden realizar pruebas comunes (es decir, que no sean específicas de la TC de haz cónico) con arreglo a especificaciones de los fabricantes, directrices recientes o reglamentos nacionales que las sustituyan. En el protocolo de la EFOMP, la ESTRO y el OIEA [99] se pueden consultar más detalles sobre estas pruebas, los criterios de aceptación, los niveles de acción y los procedimientos prácticos. A continuación figuran algunos de los parámetros que se deben comprobar:

- a) potencial del tubo de rayos X;
- b) fugas del tubo de rayos X;
- c) filtración total o capa hemirreductora;
- d) repetibilidad de la radiación de salida;
- e) reproducibilidad de la radiación de salida;
- f) colimación del haz;
- g) espesor de corte de la imagen (o resolución espacial en el eje Z);
- h) visualización de la imagen;
- i) artefactos de imagen no contemplados en la sección 5.2.4.2 (mediante inspección visual), y
- j) protección del operador.

¹² https://www.aapm.org/org/structure/?committee_code=TG261

Si el fabricante ha indicado otras pruebas específicas, deberán verificarse durante la aceptación o la puesta en servicio y durante el control de la calidad.

5.2.4.2. *Pruebas específicas de la calidad de imagen*

5.2.4.2.1. Uniformidad

La uniformidad se refiere a la estabilidad de los valores de gris en todo el campo de visión de una imagen de un objeto homogéneo. La uniformidad no es un parámetro crucial de la calidad de imagen en el uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos, y una falta de uniformidad debida al efecto tacón, el endurecimiento del haz y el truncamiento del campo de visión puede considerarse aceptable. No obstante, una uniformidad deficiente quizás sea indicativa de problemas relacionados con el funcionamiento del detector y la reconstrucción, lo que a su vez podría indicar que se necesita mantenimiento.

La uniformidad se puede medir utilizando un maniquí cilíndrico homogéneo equivalente a una cabeza (o una sección de este), por ejemplo, un cilindro de metacrilato polimetílico de 16 cm de diámetro o un recipiente de agua algo mayor. Aunque los problemas de uniformidad se manifiestan principalmente en los cortes axiales, también se podría evaluar la uniformidad a lo largo del eje Z (es decir, entre cortes axiales).

5.2.4.2.2. Exactitud geométrica

La exactitud (o precisión) geométrica se refiere a la adecuada representación tridimensional de distintos componentes (anatómicos o de otro tipo) en la imagen. Es especialmente importante para las aplicaciones clínicas que dependen de la visualización o medición de relaciones espaciales (por ejemplo, las dimensiones óseas y la distancia al conducto dentario inferior o al piso del seno maxilar para la planificación de implantes, o la longitud del conducto radicular para la planificación del tratamiento endodóncico).

La exactitud geométrica de la TC de haz cónico puede verse afectada por el movimiento no deseado —durante la adquisición de imágenes— del brazo que une el tubo con el detector, por una calibración geométrica inadecuada o por las limitaciones inherentes a la técnica de reconstrucción de Feldkamp que se utiliza actualmente en la TC de haz cónico. La exactitud geométrica se debe comprobar con respecto tanto a los datos de proyección no procesados (lo que permite detectar movimientos mecánicos del equipo durante la adquisición de imágenes) como a los datos reconstruidos (para comprobar la exactitud de las mediciones lineales y angulares), utilizando maniqués específicos de dimensiones conocidas.

5.2.4.2.3. Estabilidad de los valores de gris

En la TC de haz cónico, los valores de gris (conocidos también como valores de intensidad de los píxeles o vóxeles) están relacionados con la atenuación y, por lo tanto, con la radiopacidad de los materiales o tejidos representados en la imagen. Si bien la capacidad de distinguir entre densidades viene determinada por la resolución de contraste (véase la sección 5.2.4.2.5), la estabilidad de los valores de gris está directamente relacionada con el contraste de la imagen. Se sabe que en la TC de haz cónico los siguientes factores afectan a la estabilidad de los valores de gris en la imagen reconstruida:

- a) La radiación dispersa que recibe el detector. Esta puede producir un aumento o disminución locales de los valores de gris en la imagen. El haz de rayos X relativamente ancho, la reducida distancia entre el paciente y el detector y la ausencia de rejillas antidifusoras u otro tipo de colimación en el lado del detector hacen que en la TC de haz cónico se detecte una gran cantidad de radiación dispersa.
- b) El endurecimiento del haz. Este efecto se debe a que los rayos X de baja energía se absorben en mayor medida que los rayos X de alta energía. Las zonas centrales del campo de visión o los objetos de alta densidad presentes en ellas se encuentran expuestos a rayos X que tienen una mayor energía media (es decir, rayos X “más duros”) que los de las zonas periféricas. Como consecuencia, es posible que las zonas centrales parezcan menos radiopacas (artefacto de copa).
- c) Los artefactos metálicos. Estos pueden producirse por la presencia de materiales de alta densidad en el campo de visión o cerca de él. Estos artefactos son muy habituales en la TC de haz cónico debido a la presencia de restauraciones de metal, implantes dentales y otros objetos. La acusada atenuación del haz de rayos X que producen estos metales se manifiesta en forma de líneas oscuras y brillantes en la imagen reconstruida.
- d) El efecto de “tomografía local” o de “exomasa”. Este efecto se debe a que parte del paciente se encuentra fuera del campo de visión. Dado que los algoritmos actuales de reconstrucción de imágenes parten de la base de que la totalidad del objeto explorado se encuentra contenida en el campo de visión, y habida cuenta de la asimetría de la cantidad, densidad y distribución de los tejidos que están fuera del campo de visión, los valores de gris del campo de visión se ven afectados por “ensombrecimiento” posteroanterior y en el eje izquierda-derecha.

Los valores de gris de las imágenes de TC se pueden calibrar como unidades Hounsfield (UH). Los valores de las UH están relacionados con el coeficiente de

atenuación lineal de un material. A los materiales se les asigna un valor en UH según la siguiente fórmula:

$$HU = 1000 \frac{\mu_x - \mu_{\text{water}}}{\mu_{\text{water}}}$$

donde μ_x es el coeficiente de atenuación lineal del material en cuestión y μ_{water} es el coeficiente de atenuación lineal del agua para un espectro de energía específico (habitualmente 120 kV). La escala de UH viene definida por el agua, que tiene un valor de $UH = 0$, y el aire, que tiene un valor de $UH = -1000$, mientras que el valor de UH para otros materiales o tejidos depende de la absorción de rayos X.

Dado que muchos fabricantes de máquinas de TC de haz cónico para uso odontológico no afirman que estas proporcionen UH, la evaluación de la estabilidad de los valores de gris de dichas máquinas se limita a una comprobación de la reproducibilidad, en la que se comparan los valores de gris de varios materiales a lo largo del tiempo, utilizando una configuración normalizada para las mediciones y aplicando niveles de actuación relativamente laxos.

Si se afirma que las máquinas de TC de haz cónico proporcionan UH, se necesitarán mediciones más específicas para garantizar que los valores de gris medidos para materiales de baja, media y alta densidad se correspondan con sus valores teóricos de UH dentro de márgenes aceptables [99 y 100]. Debido al mencionado efecto de tomografía local, la exactitud de las UH se debe verificar utilizando distintos campos de visión (si se dispone de ellos) y diferentes posiciones del maniquí.

5.2.4.2.4. Ruido

El ruido de una imagen se refiere a las variaciones de los valores de gris a nivel de cada píxel o vóxel (a diferencia de la uniformidad, que se refiere a las variaciones entre distintas zonas de píxeles de una imagen). Existen diversas fuentes de ruido, siendo las más importantes el ruido electrónico (inducido por el detector), el ruido cuántico (debido a la naturaleza estocástica de las interacciones de los rayos X) y el ruido estructural o anatómico (objetos o estructuras que interfieren con una región de interés); este último no se tiene en cuenta en los programas típicos de control de la calidad.

En la TC de haz cónico, el ruido tiende a ser relativamente alto debido, entre otros factores, al bajo producto corriente-tiempo de exposición y a la elevada razón entre la radiación dispersa y la radiación primaria de los rayos X en el detector. Habida cuenta de que la TC de haz cónico se utiliza principalmente para la visualización de estructuras de alto contraste (como huesos, dientes y cavidades aéreas), una cantidad moderada de ruido no interfiere en la calidad

de la imagen de diagnóstico. No obstante, durante el control de la calidad se deben evaluar el ruido excesivo y el aumento del ruido con el paso del tiempo. El ruido se podría medir de forma aislada utilizando un maniquí homogéneo (o una sección de este), o en combinación con el contraste, como la razón contraste-ruido (véase la sección 5.2.4.2.5).

5.2.4.2.5. Resolución de contraste

La resolución de contraste se refiere a la capacidad de distinguir diferencias en la señal (en este caso, diferencias en la radiopacidad). Tradicionalmente la resolución de contraste se ha evaluado de manera subjetiva, pero esos métodos tienden a adolecer de variabilidad debido a la subjetividad y a diversos factores (por ejemplo, la visualización de la imagen, las condiciones o el programa informático de visualización). Por ese motivo, es preferible utilizar métodos objetivos que no dependan de la interpretación visual de imágenes, aunque es fundamental evaluar por separado las condiciones de visualización [99].

El contraste está estrechamente relacionado con el ruido, y a menudo se cuantifica por medio de la razón contraste-ruido, que se define como la razón entre la diferencia de los valores de gris de objetos con distintas densidades y la desviación estándar (es decir, el ruido) de los valores de gris dentro de esos objetos. Si bien los materiales de mayor interés en el uso de la TC de haz cónico con fines odontológicos son aquellos que presentan un elevado contraste entre ellos (por ejemplo, un material equivalente al hueso frente a un material equivalente al tejido blando o el aire), también se podría medir la razón contraste-ruido en el intervalo de bajo contraste.

5.2.4.2.6. Resolución espacial

La resolución espacial (o nitidez) se refiere a la capacidad de distinguir detalles pequeños en una imagen. La TC de haz cónico ofrece una resolución espacial relativamente alta, que es esencial para múltiples aplicaciones clínicas en las que es necesario visualizar detalles anatómicos y patologías pequeños.

A menudo, la resolución espacial en la TC de haz cónico se indica, de manera errónea, mediante el tamaño de vóxel de la imagen reconstruida, que aunque está relacionado con la nitidez de la imagen, no es el único factor que la define. La resolución espacial real viene determinada por otros varios factores, como el tamaño del punto focal, el tamaño y agrupamiento de los píxeles del detector, el número de proyecciones y el filtrado durante la reconstrucción.

Para evaluar la resolución espacial en la TC de haz cónico es preferible utilizar mediciones objetivas (por ejemplo, la función de dispersión de punto o la función de transferencia de modulación) en lugar de una evaluación visual, por los motivos que se explican en la sección 5.2.4.2.5. Lo ideal es que la metodología de

medición mida la resolución espacial en cada plano; si bien los vóxeles en la TC de haz cónico son isótropos, se ha demostrado que la resolución espacial presenta variaciones en los planos axial y frontal/sagital [101]. Además, se deben tener en cuenta las posibles diferencias en la resolución espacial en función de la ubicación en el campo de visión [102], colocando el maniquí en una posición normalizada o midiendo la resolución espacial en ubicaciones centrales y periféricas y en distintos planos axiales. Dado que en las aplicaciones dentales suele ser necesario visualizar detalles pequeños, se ha sugerido una resolución espacial mínima de un par de líneas por milímetro en el modo de alta resolución [63].

5.2.4.3. *Dosis de radiación*

Según se indica en la referencia [103], la normalización de la dosimetría en la TC de haz cónico es una cuestión que sigue pendiente en gran medida. Así lo pone de manifiesto la extensa revisión de los diferentes parámetros de dosis que figura en el protocolo de la EFOMP, la ESTRO y el OIEA para el control de la calidad en la TC de haz cónico [99]. A falta de un enfoque normalizado para la dosimetría basada en maniquís en la TC de haz cónico de uso odontológico, el producto kerma en aire-área, denominado más habitualmente producto dosis-área en las aplicaciones dentales, es el parámetro de dosis más razonable para fines de control de la calidad, ya que tiene en cuenta los principales factores que afectan a la dosis administrada al paciente (es decir, el tamaño del campo de visión, la energía del haz y el producto corriente-tiempo de exposición).

Las mediciones del producto dosis-área se llevan a cabo utilizando una cámara de ionización (medidor DAP) calibrada de gran superficie, que se instala en el tubo de rayos X. Se realiza entonces una exposición (sin que haya un maniquí presente en el campo de visión) y se registra el valor del producto dosis-área, que se corrige en función de la temperatura y presión del aire.

Si, en lugar de realizar una medición directa del producto dosis-área, se lleva a cabo una medición puntual en el isocentro o en el detector (con arreglo a la norma alemana DIN 6868-161 [97]), se recomienda encarecidamente calcular el producto dosis-área a partir de esta medición, sobre la base de la superficie nominal o medida del haz, y retirar los apoyos para la cabeza u otros elementos de la unidad que absorban radiación.

Si la unidad de TC de haz cónico utiliza un sistema de control automático de la exposición, los parámetros de exposición se deberán introducir manualmente cuando se realice la dosimetría sin maniquí.

5.2.4.4. *Evaluación clínica de la calidad de las imágenes*

Además de las comprobaciones técnicas, la garantía de la calidad comprende también la evaluación clínica de la calidad de las imágenes, que puede llevarse a cabo de tres maneras. En primer lugar, se puede realizar una comparativa con imágenes de referencia normalizadas (que pueden ser específicas para cada tipo de equipo y para distintas tareas de diagnóstico). En segundo lugar, se puede efectuar un análisis de rechazos, llevando un registro de las exploraciones que se rechazaron, junto con el motivo del rechazo. La Comisión Europea ha propuesto que no más del 10 % de las radiografías pueda presentar una calidad inaceptable [36]; en lo que respecta a la TC de haz cónico, ha adoptado la máxima tasa de rechazo de la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido, que es del 5 % [44 y 92]. Cabe esperar que la proporción de imágenes inaceptables se reduzca cada vez que se realice una nueva auditoría. El tercer enfoque consiste en efectuar una auditoría sobre la base de criterios clínicos establecidos relativos a la calidad de la imagen, mediante la valoración visual de características anatómicas.

5.2.5. Pruebas de aceptación y control de la calidad de la vestimenta de protección

Toda la vestimenta de protección que se utilice (ya sea por pacientes o trabajadores) para las radiografías dentales se debe someter a pruebas. Antes del primer uso, se debe evaluar la equivalencia en plomo y se debe comparar con las especificaciones del fabricante, aplicando un margen de tolerancia del 5 % [104 y 105]. Toda la vestimenta de protección debe verificarse en busca de defectos antes del primer uso y a intervalos periódicos mediante inspección visual, palpación y evaluación radiográfica o fluoroscópica de las zonas sospechosas.

5.3. DOSIMETRÍA DE LOS PACIENTES Y NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO

En la publicación GSR Part 3 [4] se requiere el establecimiento de niveles de referencia de diagnóstico (NRD) y su utilización como instrumento para optimizar la exposición médica, y la realización en las instalaciones de rayos X de evaluaciones locales periódicas de las dosis típicas administradas a los pacientes, en aquellos procedimientos en que se hayan establecido NRD. Este requisito se aplica también

a todas las instalaciones de radiología dental. En el párrafo 2.19 de la publicación SSG-46 [5] se describe la utilización de los NRD y la evaluación local:

“Cuando la comparación con los NRD establecidos indique que las dosis o actividades típicas recibidas por los pacientes son anormalmente elevadas o anormalmente bajas, deberá realizarse un examen local para determinar si se han optimizado la protección y la seguridad y si se requiere alguna medida correctora. Los NRD no son límites de dosis”.

5.3.1. Establecimiento y uso de los niveles de referencia de diagnóstico

En la publicación GSR Part 3 [4] se atribuye al gobierno la responsabilidad de establecer NRD mediante consultas celebradas entre la autoridad sanitaria, los órganos profesionales competentes y el órgano regulador. Es fundamental que los órganos profesionales odontológicos contribuyan a definir los estudios radiológicos dentales, teniendo en cuenta las indicaciones clínicas para las que deban establecerse NRD. En los párrafos 2.34 a 2.45 y 3.224 a 3.231 de la publicación SSG-46 [5], así como en las referencias [106 a 108], se ofrecen consejos pertinentes sobre el establecimiento, uso y examen periódico de los NRD.

5.3.2. Niveles de referencia de diagnóstico en radiografía dental

5.3.2.1. Radiografía bidimensional

En la sección 3.2 se ofrecen descripciones detalladas de los parámetros de dosis utilizados para establecer NRD en radiografía dental. Los NRD propuestos para la radiografía intraoral que se han publicado después de 2004 se muestran en el cuadro 7 [109 a 118], en el que figuran NRD basados en las magnitudes relacionadas con la dosis kerma en aire en la superficie de entrada (dosis) y producto kerma en aire-área (que en las unidades dentales se muestra a menudo como “PDA”). Los NRD para la radiografía cefalométrica lateral, basados en el producto kerma en aire-área, figuran en el cuadro 8 [111, 115, 118 y 119]. Los NRD para la radiografía panorámica que se han publicado después de 2000 se muestran en el cuadro 9, donde los valores se basan en las magnitudes kerma en aire en la superficie de entrada, producto kerma en aire-área y producto kerma en aire-anchura [109, 111, 115, 116, 118 y 120 a 124].

CUADRO 7. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA INTRAORAL

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Producto kerma en aire-área, mGy·cm ²	Alemania	Molar superior	61,5	[110]
		Premolar superior	44,1	
		Colmillo superior	36,2	
		Incisivo superior	37,9	
		Molar inferior	41,2	
		Premolar inferior	31,8	
		Colmillo inferior	31,8	
		Incisivo inferior	26,2	
		Interproximal (anterior)	46,1	
		Interproximal (posterior)	47,3	
		Oclusal (maxilar superior)	87	
		Oclusal (maxilar inferior)	71,2	
		República de Corea	Molar superior	55,5
Premolar superior	46			
Incisivo superior	36,5			
Molar inferior	87,4		[112]	

CUADRO 7. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA INTRAORAL (cont.)

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Kerma en aire en la superficie de entrada, mGy	Grecia	Molar superior	1,2 (digital)	[113]
	Grecia	Molar superior	3,7 (película)	
		Incisivo	0,65 (digital)	
		Incisivo	2,35 (película)	
	Irlanda	Incisivo	2,3 (propuesto 2,5)	[114]
		Molar inferior	2,4	[115]
	República de Corea	Molar inferior	3,1	[116]
	España	Molar superior	2,8	[117]
	Reino Unido	Molar inferior, adultos	1,2	[118]
		Molar inferior, niños	0,7	
EE. UU.	Interproximal/periapical	1,6	[109]	

CUADRO 8. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA CEFALOMÉTRICA LATERAL

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Producto kerma en aire-área, mGy·cm ²	Alemania	Adultos	33	[119] ^a
		Niños	26	

CUADRO 8. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA CEFALOMÉTRICA LATERAL
(cont.)

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
	República de Corea	Adultos	146	[115]
		Niños	121	[111]
	Reino Unido	Adultos	35	[118]
		Niños	24	

^a Adoptado por los EE. UU. [109].

CUADRO 9. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA PANORÁMICA

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Receptor de imagen	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Kerma en aire en la superficie de entrada, mGy	Grecia	Adultos	Todos	4,1	[120]
		Adultos pequeños/ mujeres	Radiografía digital	3,5	
		Niños	Radiografía computarizada	4,2	
			Película	3,7	
			Todos	3,3	
			Todos	2,2	
		España		Todos	0,66

CUADRO 9. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA RADIOGRAFÍA PANORÁMICA (cont.)

Índice de dosis, unidad	País	Protocolo	Receptor de imagen	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Producto kerma en aire-anchura, mGy·mm	Irlanda	Adultos	N/A	60	[115]
			Todos	60,1	[122]
	República de Corea	Niños	Todos	95,9	[116]
		Adultos	Todos	120,3	[111]
	Grecia	Hombres	Todos	117	[123]
			Mujeres	Todos	97
			Niños	Todos	77
	Reino Unido	Adultos	Todos	81	[118]
		Niños	Todos	60	
	Alemania	Adultos grandes	Todos	101	[124]
		Hombres adultos	Todos	87	
		Mujeres adultas	Todos	84	
		Niños	Todos	75	
	EE. UU.		Todos	100	[109]

5.3.2.2. *Tomografía computarizada de haz cónico*

En el momento de redactar el presente texto se dispone de los NRD nacionales para la TC de haz cónico establecidos por Finlandia y el Reino Unido [118 y 125], que figuran en el cuadro 10.

Dadas las diversas indicaciones clínicas, todas ellas con sus propias especificaciones en cuanto a la calidad de la imagen de diagnóstico y la cobertura del campo de visión, es fundamental que se determinen NRD para la TC de haz cónico específicos para cada aplicación clínica (común), incluidas las indicaciones que figuran en el cuadro 11.

CUADRO 10. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO PROPUESTOS PARA LA TC DE HAZ CÓNICO DE ADULTOS

Índice de dosis, unidad	País	Indicación clínica	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
Producto kerma en aire-área, mGy·cm ²	Finlandia	Imagenología preoperatoria para tratamientos con implantes (un diente)	360	[125]
		Evaluación de la relación entre la muela del juicio y el conducto dentario inferior	380	
		Evaluación de la zona periapical del diente y de la morfología del conducto radicular	550	
		Imagenología de los senos paranasales (excepto la imagenología de traumatismos)	1150	
	Reino Unido	Adultos (imagenología previa a la colocación del implante de un molar superior)	265	[118]

CUADRO 10. NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO
PROPUESTOS PARA LA TC DE HAZ CÓNICO DE ADULTOS (cont.)

Índice de dosis, unidad	País	Indicación clínica	Nivel de referencia de diagnóstico	Referencia
		Niños (imagenología del colmillo superior retenido de un niño de 12 años)	170	

CUADRO 11. VISIÓN GENERAL DE LAS INDICACIONES CLÍNICAS
QUE REQUIEREN NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO EN
LA TC DE HAZ CÓNICO

	Necesidades de calidad de imagen	Campo de visión ^a		
		Pequeño	Mediano	Grande
Adultos	Bajas	Dientes ectópicos Implante individual Múltiples implantes Patología periapical Patología ósea Evaluación sinusal	Análisis de las vías respiratorias	Traumatismo facial Cirugía ortognática
	Altas	Endodoncia Traumatismo dental		
Pacientes de pediatría	Bajas	Dientes ectópicos Patología periapical Cirugía de labio leporino o fisura palatina ^b Patología ósea		Cirugía ortognática

CUADRO 11. VISIÓN GENERAL DE LAS INDICACIONES CLÍNICAS QUE REQUIEREN NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNÓSTICO EN LA TC DE HAZ CÓNICO (cont.)

Necesidades de calidad de imagen	Campo de visión ^a		
	Pequeño	Mediano	Grande
Altas	Endodoncia Traumatismo dental (dientes permanentes)		

^a Pequeño: menos de 10 cm de altura; mediano: de 10 a 15 cm de altura; grande: más de 15 cm de altura [13].

^b Se podría utilizar la dosis típica local a un nivel más alto si está prevista la segmentación de los datos y se necesita un bajo nivel de ruido.

5.4. ASPECTOS DE PROCEDIMIENTO

5.4.1. Recomendaciones y consideraciones generales

Los procedimientos radiológicos dentales, una vez justificados, se deben llevar a cabo de manera que se optimice la protección de los pacientes. El nivel de calidad de imagen que es suficiente para el diagnóstico viene determinado por el médico especialista en radiología (que en el caso de la radiología dental es el odontólogo) y está basado en la pregunta clínica planteada y en las estructuras anatómicas exploradas.

Los siguientes puntos del párrafo 3.157 de la publicación SSG-46 [5] se aplican a todos los tipos de equipos de rayos X utilizados en odontología:

- “a) Debe existir un sistema eficaz de identificación correcta de los pacientes, con al menos dos, y de preferencia tres, formas de verificación, por ejemplo el nombre, la fecha de nacimiento, la dirección y el número de la historia clínica.
- b) Los detalles del paciente, como la edad, el sexo, la masa corporal [...], deben estar correctamente registrados.
- c) Debe revisarse la historia clínica del paciente”.

A continuación figuran algunas otras consideraciones relativas a la optimización, adaptadas de los párrafos 3.158 a 3.164 de la publicación SSG-46 [5]:

- a) El primer paso en las consideraciones operacionales para la optimización consiste en seleccionar el equipo radiológico dental apropiado. Esta cuestión se trata ampliamente en la sección 5.1.
- b) El volumen o superficie del paciente que se exponga debe limitarse estrictamente a la región de interés clínico. Esto es muy importante en la TC de haz cónico, por lo que siempre se debe seleccionar con gran cautela un campo de visión adecuado.
- c) Para obtener una imagen de calidad diagnóstica debería conseguirse la cooperación del paciente, algo especialmente importante cuando se trata de niños. Una buena comunicación ayuda a obtener esa cooperación. El tecnólogo radiológico o el profesional a cargo del procedimiento radiológico pueden interactuar verbalmente con el paciente antes, durante y después del procedimiento.
- d) En el caso de una mujer que se someta a un procedimiento radiológico dental durante el embarazo, la optimización de la protección debe tener en cuenta a la mujer y al embrión o feto. En la sección 5.6 se ofrecen más detalles y orientaciones al respecto.
- e) El blindaje de órganos radiosensibles, como las gónadas, el cristalino, las mamas y la glándula tiroidea, se utilizará cuando proceda y de conformidad con los reglamentos nacionales, prestando atención a su colocación anatómica, a las repercusiones del blindaje en la calidad de la imagen (artefactos) y al uso de dispositivos de control automático de la exposición y sus consecuencias en la dosis recibida por el paciente. Según se establece en la referencia [126], no hay justificación para el empleo rutinario de delantales de protección en pacientes que se sometan a cualquier tipo de radiografía dental o exploración dental mediante TC de haz cónico, ya que el haz principal de rayos X nunca debería dirigirse hacia el abdomen; por lo que las dosis recibidas por el paciente o el feto como consecuencia de la radiación dispersa y las fugas serán insignificantes, al igual que el riesgo conexo. La Academia Estadounidense de Radiología Oral y Maxilofacial [127] señala que el valor de los delantales plomados es ínfimo en comparación con los beneficios que conlleva el uso de películas de velocidad E/F (o receptores de imagen digitales) y de la colimación rectangular. Por último, en la referencia [36] se indica que no hay pruebas que justifiquen el uso rutinario de protección plomada abdominal (gonadal) en la radiografía dental. En lo que respecta a la glándula tiroidea, en las referencias [36 y 44] se afirma que se debe utilizar un blindaje plomado del órgano en cuestión en aquellos casos en que la tiroidea está alineada

con el haz primario o muy cerca de él (por ejemplo, radiografías oclusales maxilares, radiografías cefalométricas laterales o exploraciones del maxilar inferior mediante TC de haz cónico). La Alianza Image Gently recomienda utilizar siempre collarines tiroideos en el caso de los niños, mientras que la Asociación Americana del Tiroides propone que también se utilicen sistemáticamente en el caso de los adultos [128]. En el informe 177 [129] del Consejo Nacional de Protección y Medidas Radiológicas de los Estados Unidos se indica que deberán utilizarse collarines tiroideos cuando no interfieran con la exploración. En las orientaciones consensuadas del Reino Unido [130] se aboga por el uso de equipo, factores de exposición, técnica y colimación adecuados como criterio principal para reducir la dosis que recibe la glándula tiroidea, y se indica que el blindaje tiroideo podría ser beneficioso en procedimientos concretos. Dado que actualmente no existe consenso sobre el uso del blindaje como parte de la protección de los pacientes, se recomienda encarecidamente que se siga investigando sobre este asunto.

- f) Se elaborarán, adoptarán y aplicarán protocolos escritos que establezcan los parámetros de funcionamiento que se utilizarán en cada instalación radiológica. Esos protocolos, en forma de tablas de técnicas, deberían colocarse junto a todos los generadores de rayos X y ser específicos para cada equipo. Para elaborar los protocolos, se seguirán directrices de organismos profesionales nacionales o internacionales, a fin de que reflejen las mejores prácticas actuales. En los equipos digitales modernos, muchos de los factores se automatizan mediante el menú de selección de opciones que se muestra en la consola. No obstante, al configurar esas opciones existe un amplio margen para optimizar la protección mediante una selección adecuada de valores de los diversos parámetros técnicos, lo que en la práctica crea una tabla de técnicas electrónica.
- g) Se elaborarán protocolos escritos para niños de distintos tamaños, que incluyan otras consideraciones operacionales. En la sección 5.5 se ofrecen más detalles y orientaciones al respecto.

5.4.2. Radiografía intraoral

En el párrafo 3.187 de la publicación SSG-46 [5] se recomienda lo siguiente en relación con la radiología intraoral:

“En la elaboración de protocolos para la radiografía intrabucal convencional, los factores que pueden influir en la calidad de la imagen y en la dosis administrada al paciente comprenden: el potencial del tubo; la corriente; el tiempo de exposición; la colimación; la distancia del foco a la piel; y,

en los sistemas analógicos, la velocidad de la película, y el tiempo y la temperatura del revelado”.

En las directrices sobre protección radiológica en radiología dental publicadas por la Comisión Europea [36] y el Reino Unido [126] se ofrece información detallada sobre la selección adecuada de esos factores.

5.4.3. Radiografía panorámica

Además de los factores mencionados, al elaborar protocolos específicos para la imagenología panorámica se tendrán en cuenta la colocación del paciente (por ejemplo, mandíbula abierta o cerrada) y la colimación (por ejemplo, al realizar exploraciones de los terceros molares, solo se incluirán esas zonas). Según se indica en la referencia [36], en la radiografía panorámica se limitará el tamaño del campo a la zona necesaria para el diagnóstico, si existe esa posibilidad. En el caso de los sistemas analógicos, también habrá que tener en cuenta la velocidad de la película o de la pantalla, y el tiempo y la temperatura del revelado. Las directrices europeas y británicas indicadas en el párrafo anterior ofrecen orientaciones detalladas para facilitar la elaboración de protocolos para la radiografía panorámica.

5.4.4. Radiografía cefalométrica

Si bien la radiografía cefalométrica se utiliza tradicionalmente para producir imágenes de toda la cabeza y de gran parte de la columna cervical, la zona de interés para los ortodoncistas se puede limitar por abajo al nivel de la base del cráneo, aunque algunos ortodoncistas prefieren ver la parte superior de la columna cervical. Por este motivo, y con objeto de optimizar la dosis de radiación, en la referencia [36] se indica que, siempre que sea posible, los cefalogramas laterales se pueden colimar para limitar el campo a la zona necesaria para el diagnóstico. Además, en el informe se propone que los fabricantes integren esta característica en el diseño del equipo.

5.4.5. Tomografía computarizada de haz cónico

El factor más importante en la optimización de la TC de haz cónico es la selección de un campo de visión adecuado atendiendo a la indicación clínica. Se podrían incorporar medios técnicos apropiados para garantizar un correcto encuadre del campo de visión seleccionado y evitar así repeticiones. Además, la salida del tubo se podría adaptar en función de las especificaciones de calidad de imagen aplicables a la tarea de diagnóstico (por ejemplo, modos de alta o

baja resolución) y el tamaño del paciente. Cuando se necesita una alta calidad de imagen, resulta preferible aumentar la corriente en lugar de aumentar de forma proporcional el tiempo de exposición, ya que esto último podría generar falta de nitidez debida al movimiento o los artefactos. Se aconseja que el usuario no se base exclusivamente en los ajustes de exposición predeterminados por el fabricante, sino que examine activamente el uso de protocolos de baja dosis [131 a 133]. En el cuadro 11 se ofrece una descripción genérica del campo de visión y la resolución propuestos para una lista de indicaciones clínicas.

Según se indica en la sección 5.1.4, se recomienda el uso de algoritmos de corrección del movimiento y de elementos adecuados de inmovilización del paciente. Los algoritmos de reducción de artefactos metálicos deben utilizarse con cautela, ya que podrían causar el oscurecimiento de zonas de interés diagnóstico.

Se puede recomendar el uso de blindajes tiroideos, sobre todo cuando el límite inferior del campo de visión se sitúa por debajo del borde inferior de la mandíbula, ya que, según se describe en la literatura médica [132 y 134 a 136], consiguen reducir entre un 35 % y un 44 % la dosis que recibe la glándula tiroides. En una nueva publicación en la que se revisaba la literatura médica más reciente, se proponía el uso sistemático del blindaje tiroideo en niños que se sometieran a una exploración mediante TC de haz cónico y su uso facultativo en adultos de hasta 50 años. También se recomendaba utilizar un collarín con un espesor equivalente en plomo de al menos 0,25 mm, ceñido al cuello por debajo del mentón. No se utilizará el blindaje tiroideo cuando sea necesario visualizar tejidos situados por debajo o ligeramente por encima del plano axial de la parte superior del blindaje [137].

En la literatura médica sobre el uso de blindajes de protección ocular se describe una reducción de la dosis que recibe el cristalino [136], aunque no se producen reacciones tisulares por exposiciones dentales (véase la sección 3.1). En lugar del blindaje, la colimación del campo de visión podría considerarse el principal mecanismo de reducción de la dosis. Se ha demostrado que el blindaje de la zona mamaria en mujeres reduce considerablemente la dosis de entrada en la piel en esta zona sensible a la radiación [138].

Se debe garantizar que la calidad de imagen no se vea afectada por el uso de blindajes. En los equipos que utilizan un sistema de control automático de la exposición basado en una radiografía piloto, el blindaje se colocará después de haber realizado la radiografía piloto. Si se utiliza la modulación de la corriente del tubo (es decir, se adapta la corriente del tubo durante la exploración sobre la base de información obtenida en tiempo real a partir de los datos de proyección), el uso de blindajes está contraindicado [137].

Los objetos metálicos se retirarán siempre que sea posible (por ejemplo, pendientes o audífonos). Si hay objetos metálicos en el campo de visión o fuera de él, la cabeza del paciente se orientará de forma que se minimice la intrusión

de los artefactos causados por esos objetos metálicos en la región de interés (por ejemplo, alineando el plano oclusal con el plano axial de la exploración para minimizar la dispersión de los artefactos causados por coronas y puentes).

5.5. PACIENTES DE PEDIATRÍA

5.5.1. Consideraciones generales

Se calcula que, en los países desarrollados, el 12 % de las radiografías intraorales y panorámicas se realizan en niños de hasta 15 años [1]. Los reconocimientos dentales son, por tanto, especialmente frecuentes en la población pediátrica, incluidas las exploraciones interproximales periódicas en niños con alto riesgo de caries, las radiografías cefalométricas antes y durante el tratamiento ortodóncico, y las exploraciones mediante TC de haz cónico y TC para la planificación quirúrgica (por ejemplo, en caso de traumatismo o para el tratamiento de la fisura palatina).

Las exposiciones de los pacientes de pediatría requieren especial atención por tres motivos:

- a) la mayor sensibilidad a la radiación como consecuencia de una proliferación tisular más activa;
- b) la mayor esperanza de vida, que conlleva una mayor probabilidad de manifestación (tardía) de cánceres inducidos por la radiación, y
- c) una dosis efectiva mayor que en los adultos para un mismo conjunto de parámetros de exposición, debido al menor tamaño.

La justificación de las exposiciones dentales de los pacientes de pediatría se trata en la sección 4, siendo los aspectos relativos a la optimización especialmente importantes en el caso de los niños [4]. Conforme al párrafo 3.164 de la publicación SSG-46 [5], “[d]eberían elaborarse protocolos escritos para niños de distintos tamaños, desde neonatos hasta adolescentes, que incluyan también otras consideraciones operacionales”.

Todas las consideraciones relativas a la selección del equipo, la garantía de la calidad y el control de la calidad conciernen a las exposiciones de pacientes tanto adultos como de pediatría. Según se indica en la sección 5.3, se establecerán niveles de referencia de diagnóstico específicos para los pacientes de pediatría. El blindaje personal (véase la sección 5.4) se tendrá más en cuenta en el caso de los niños que en el de los adultos. Debido a la fuerte dependencia de la edad que presenta el riesgo de cáncer de la glándula tiroides inducido por la radiación, el

blindaje tiroideo se utilizará siempre, salvo en las condiciones que se indican en la sección 5.4.1.

5.5.2. Consideraciones específicas de la radiografía dental

5.5.2.1. Radiografía intraoral

Normalmente se utilizan películas o receptores digitales de menor tamaño para los niños, pero en la actualidad esto obedece únicamente a razones de carácter práctico (cavidad bucal más pequeña), puesto que en la radiografía intraoral no es posible adaptar la colimación del haz de rayos X al tamaño del receptor de imagen. Este tipo de sobreexposición constante es exclusivo de la radiografía intraoral, y contraviene frontalmente el principio de optimización. Los fabricantes de unidades de radiografía intraoral deben contemplar la posibilidad de equipar sus productos con capacidades de colimación adaptativa del haz. Además, al igual que en el caso de los adultos, se recomienda encarecidamente el uso de la colimación rectangular.

Si bien el tiempo de exposición viene determinado por la región que se somete a exposición y por el receptor de imagen utilizado, se debe garantizar que los tiempos de exposición empleados en niños sean menores que los correspondientes a los adultos. Aunque una corriente menor tenga un efecto equivalente, en el caso de los niños es preferible utilizar un tiempo de exposición más corto, ya que son más propensos que los adultos a moverse durante la exposición.

5.5.2.2. Radiografía panorámica y cefalométrica

Las radiografías panorámicas en niños se llevarán a cabo adaptando la superficie expuesta mediante el uso de un modo de adquisición colimado para pacientes de pediatría (cuando exista) y utilizando un modo de exposición de alta velocidad (habitualmente, con un tiempo de adquisición <10 s). La corriente se puede adaptar, o bien manualmente, o bien mediante el uso de valores predeterminados (que se pueden modificar).

Se recomienda realizar las radiografías cefalométricas utilizando una superficie más pequeña, adaptada convenientemente para los niños. Se usará un modo de alta velocidad cuando proceda, y la corriente se adaptará al tamaño del paciente.

5.5.2.3. *Tomografía computarizada de haz cónico*

El campo de visión se colimará para cubrir la región de interés diagnóstico. En el caso de los niños pequeños, se aplicarán criterios específicos relativos al tamaño del campo de visión, teniendo en cuenta la diferencia en la cobertura anatómica relativa de un campo de visión dado (véase el cuadro 11). Por ejemplo, una exploración de la zona dentoalveolar de los maxilares superior e inferior se puede llevar a cabo con un campo de visión de unos 10 cm × 8 cm en el caso de un varón adulto, mientras que la misma región de interés se puede cubrir con un campo de visión de unos 8 cm × 6 cm en el caso de un niño (los valores son meramente ilustrativos).

Se recomienda utilizar los modos de exploración de alta velocidad y 180°. Se evitará el uso de tiempos de exploración superiores a 20 s, salvo que los criterios de calidad de la imagen de diagnóstico sean especialmente exigentes y no se pueda conseguir la calidad de imagen necesaria adaptando otros parámetros de exploración.

La salida del tubo se adaptará al tamaño de la cabeza. Aunque los datos han demostrado que, en el caso de las exposiciones de pacientes de pediatría a la TC de haz cónico, una reducción de la corriente es más eficiente en términos de dosis que una reducción del potencial del tubo [74], es necesario confirmar esta conclusión. Investigaciones previas han señalado que, en el caso de la TC de haz cónico, la corriente se puede reducir hasta en un 50 % para los pacientes de pediatría [77 y 132].

5.6. PACIENTES EMBARAZADAS

En caso de exposición de una paciente embarazada, se puede utilizar un blindaje plomado para reducir aún más la dosis administrada al feto. Aunque la reducción de la dosis absoluta sea insignificante, el uso del blindaje no está contraindicado, siempre que se tengan en cuenta las consideraciones de la sección 5.4 (es decir, evitar tanto el solapamiento del blindaje y la región de interés diagnóstico como el efecto del blindaje en el sistema de control automático de la exposición). En el caso de la TC de haz cónico y la radiografía panorámica, el uso de un delantal de plomo redujo sistemáticamente —entre un 61 % y un 72 %— la dosis fetal. En el caso de la radiografía intraoral, el uso de un blindaje tiroideo redujo la dosis fetal en un 96 % en las exploraciones oclusales superiores (la incorporación de un delantal de plomo resultó en una reducción de la dosis algo mayor), y entre un 39 % y un 57 % en otras exploraciones. En lo que respecta a la radiografía cefalométrica, se observó que el uso de un delantal de plomo produjo una reducción de la dosis de tan solo un 3 % [59].

5.7. CUIDADORES Y CONFORTADORES, Y VOLUNTARIOS EN INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

En el caso de los cuidadores y confortadores, así como de los voluntarios que participan en programas de investigación biomédica, la optimización de la protección se consigue aplicando restricciones de dosis y medidas de optimización adecuadas [4 y 5]. En la publicación GSR Part 3 [4] se determina que los programas de investigación biomédica en los que participen voluntarios deben ser aprobados por un comité de ética, de conformidad con lo establecido en las directrices internacionales y nacionales [139 a 141]. La función del comité de ética se describe en el párrafo 2.99 de la publicación SSG-46 [5].

5.7.1. Restricciones de dosis

Según se define en la publicación GSR Part 3 [4]: “la restricción de dosis es un valor relativo a la fuente que se utiliza en la optimización de la protección de los cuidadores y confortadores de los pacientes sometidos a procedimientos radiológicos, y de la protección de los voluntarios sometidos a exposición como parte de un programa de investigación biomédica”. De conformidad con los párrafos 3.149 y 3.173 de la publicación GSR Part 3 [4], el gobierno es responsable de asegurar que se establezcan restricciones de dosis como resultado de las consultas celebradas entre la autoridad sanitaria, los órganos profesionales competentes y el órgano regulador, y los titulares registrados y los titulares de licencias son responsables de asegurar que las restricciones de dosis establecidas se utilicen en la práctica. Además, en lo que respecta a los voluntarios sometidos a exposición en el marco de un programa de investigación biomédica, en la publicación GSR Part 3 (nota 40) [4] figura también el siguiente requisito: “[l]a selección de las restricciones para los cuidadores y confortadores es un proceso complejo en que deben tenerse en cuenta varios factores, como la edad de la persona y, en el caso de la mujer, la posibilidad de que esté embarazada”.

En los párrafos 2.46 a 2.50 de la publicación SSG-46 [5] se ofrecen más orientaciones sobre las restricciones de dosis.

5.7.2. Optimización de la protección

En lo que respecta a los cuidadores y confortadores, se aplican consideraciones similares a las relativas a la protección ocupacional y del público (véase la sección 6). En concreto, se garantizarán una distancia y un blindaje (de la sala y personal) adecuados, teniendo en cuenta la situación específica y la función del cuidador o confortador a la hora de velar por la cooperación del paciente. En el caso particular de las exposiciones asociadas a la TC de haz

cónico, se puede realizar primero un simulacro (es decir, una rotación del tubo y el detector sin exposición a los rayos X) para que el paciente se familiarice con el proceso de exploración y para evaluar la necesidad de que el cuidador o confortador esté (muy) cerca del paciente durante la exposición.

En lo que respecta a los voluntarios en investigaciones biomédicas, se aplican consideraciones similares a las relativas a la optimización de la protección de los pacientes (véase la sección 5.4). Se garantizará que la dosis de radiación administrada al voluntario sea tan baja como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta la información y calidad de la imagen que se necesitan para el estudio de investigación en cuestión.

5.8. EXPOSICIONES MÉDICAS INVOLUNTARIAS Y ACCIDENTALES

Se pueden producir exposiciones médicas involuntarias y accidentales en cualquier procedimiento de imagenología, incluidos los dentales; en la publicación GSR Part 3 [4] se establecen los requisitos para prevenir e investigar dichas exposiciones. En radiología dental, las exposiciones médicas involuntarias y accidentales pueden producirse, por ejemplo, por la exposición de un paciente equivocado o la realización de la exploración incorrecta, por cualquier fallo del equipo de radiología dental durante el funcionamiento, por fallos y errores en el programa informático que controla o condiciona la administración de la radiación, o como consecuencia de errores humanos.

En la publicación SSG-46 [5] se recomienda que las estrategias generales para abordar estos problemas incluyan el mantenimiento periódico del equipo y los programas informáticos, la aplicación de un programa amplio de garantía de calidad, la formación y capacitación continuas del personal y la promoción de una cultura de la seguridad. Se deben establecer procedimientos que comprendan varios métodos independientes de identificación del paciente, y una verificación de la solicitud del examen y la orientación del paciente. Se debe investigar toda exposición médica involuntaria y accidental y se deben conservar registros de ella.

En la referencia [5] se ofrecen más orientaciones sobre la prevención, la investigación y la notificación de las exposiciones médicas involuntarias.

6. PROTECCIÓN OCUPACIONAL Y DEL PÚBLICO

En los procedimientos de imagenología dental, las personas sometidas a exposición ocupacional suelen ser tecnólogos radiológicos, médicos especialistas en radiología, como los odontólogos o los radiólogos dentales, físicos médicos, ingenieros biomédicos, clínicos o de mantenimiento, y algunos contratistas, dependiendo de su función.

6.1. LÍMITES DE DOSIS

Los límites de dosis para la exposición ocupacional y del público los establece y actualiza la ICRP, y se incorporan posteriormente a la legislación nacional. En el cuadro 12 se indican los límites de dosis que figuran en la publicación GSR Part 3 [4].

CUADRO 12. LÍMITES DE DOSIS PARA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL Y DEL PÚBLICO, SEGÚN LA PUBLICACIÓN GSR PART 3 [4]

Tipo de límite	Ocupacional	Del público
Dosis efectiva anual	20 mSv ^{a, b}	1 mSv ^c
Dosis equivalente anual en:		
El cristalino	20 mSv ^a	15 mSv
La piel ^d	500 mSv	50 mSv
Las manos y los pies	500 mSv	—

^a Promediada durante cinco años consecutivos (100 mSv en cinco años), sin superar los 50 mSv ningún año.

^b Se aplican restricciones adicionales en el caso de las mujeres embarazadas.

^c De manera similar a lo que ocurre con la dosis ocupacional, en circunstancias especiales, podría permitirse una dosis anual mayor en un solo año, siempre que el promedio durante cinco años consecutivos no exceda de 1 mSv por año.

^d Promediada sobre 1 cm², con independencia de la superficie expuesta.

6.2. CLASIFICACIÓN DE ZONAS

En un consultorio odontológico, los equipos de rayos X pueden encontrarse en las zonas de tratamiento y en zonas que sean exclusivas para radiología. Conforme al párrafo 3.56 de la publicación SSG-46 [5], estas salas, o las zonas situadas dentro de ellas, deberían clasificarse como zonas controladas o zonas supervisadas. La clasificación se puede llevar a cabo en función de la tasa de dosis estimada. Todas las demás salas y zonas se considerarán de dominio público y deberían tener niveles de radiación suficientemente bajos para cumplir los límites de dosis aplicables a la exposición del público. Sin embargo, en odontología también se usan equipos portátiles, lo que complica la situación. En los siguientes párrafos se ofrecen orientaciones generales al respecto, pero las decisiones finales deberían basarse en el asesoramiento especializado del físico médico, de un experto cualificado en protección radiológica o del oficial de protección radiológica. Deberán cumplirse los requisitos reglamentarios nacionales.

6.2.1. Zonas controladas

Conforme al párrafo 3.57 de la publicación SSG-46 [5], todas las salas de rayos X deberían clasificarse y marcarse como zonas controladas. Las salas donde se empleen unidades de radiografía intraoral móviles o portátiles, incluidos los locales externos, como los centros de asistencia o los domicilios privados de los pacientes, también se pueden categorizar como zonas controladas mientras se estén ejecutando los procedimientos radiológicos. Las zonas sin paredes interiores, donde se utilizan cortinas o elementos similares para crear cubículos, con unidades de rayos X ya sea fijas, móviles o portátiles, también se pueden clasificar como zonas controladas durante el período de tiempo en que se estén ejecutando procedimientos radiológicos. Para evitar las incertidumbres con respecto a la extensión de las zonas controladas, los límites deberían estar dados, en lo posible, por las paredes y las puertas.

6.2.2. Zonas supervisadas

Las zonas supervisadas pueden comprender las zonas circundantes a las salas de rayos X. El párrafo 3.59 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“La consola de control puede encontrarse dentro de la sala de rayos X, separada por un blindaje estructural, o fuera de ella, en la zona del personal, con control visual de la sala de rayos X y comunicación con el paciente. El acceso de personas no autorizadas a las zonas de las consolas de control debería restringirse para evitar la distracción del operador, que

puede conducir a exposiciones repetidas o innecesarias. Las zonas de los cuadros de mandos no están abiertas al público y, por lo tanto, deberían estar clasificadas ya sea como zonas controladas o como zonas supervisadas”.

6.3. DISEÑO DE LA SALA DE RAYOS X

En lo que respecta al diseño de los centros odontológicos, y dado que en la imagenología dental se utilizan diversas máquinas de rayos X, el párrafo 3.9 de la publicación SSG-46 [5] dice que “[a]l seleccionar la ubicación y la distribución en planta deberían tenerse en cuenta los tipos de procedimiento radiológico que se realizarán, la carga de trabajo y el flujo de pacientes”. Asimismo, se deberían tener en cuenta las zonas ocupadas adyacentes, como las viviendas, los centros médicos y los comercios.

Conforme al párrafo 3.10 de la publicación SSG-46 [5], el diseño debería combinar los tres factores que contribuyen a reducir la dosis (el tiempo, la distancia y el blindaje) a fin de optimizar la protección radiológica ocupacional y del público. Además, el párrafo 3.11 de la publicación SSG-46 [5] dice lo siguiente:

“El blindaje exigido debería adaptarse de modo que cumpla tanto los requisitos nacionales como los requisitos de la práctica, sobre la base de la carga de pacientes prevista y de los tipos de exámenes que se realizarán. Cuando cambie el uso previsto de una sala, se modernice el equipo de rayos X, se modifiquen los procedimientos básicos o la carga de pacientes o se altere la ocupación de las salas circundantes, deberán realizarse nuevas evaluaciones”.

Las siguientes orientaciones, adaptadas de los párrafos 3.12 a 3.15 de la publicación SSG-46 [5], se aplican a la radiología dental. Las puertas, así como las ventanas de las paredes y puertas, deberían tener una equivalencia en plomo igual o superior a las especificaciones mínimas de blindaje exigidas para la pared o barrera blindada en que estén instaladas. Cuando las salas situadas inmediatamente debajo o encima de la instalación de radiología estén ocupadas, habrá que prestar la debida atención al blindaje del suelo y el techo, respectivamente. Todas las penetraciones y uniones del blindaje deberían estar hechas de modo que no reduzcan la eficacia de la protección contra la radiación.

Las características de seguridad generales comprenden lo siguiente:

- a) La consola de control debería tener una barrera que proteja al personal en medida suficiente para que no necesite llevar ropa protectora cuando esté ante ella.
- b) En el diseño de la sala se deberían tener en cuenta todas las direcciones posibles del haz de rayos X, de modo que este haz no pueda ser dirigido hacia ninguna zona que no esté blindada y no pueda dar lugar a que se reciban dosis potencialmente inaceptables en esas zonas.
- c) Las puertas deberían ofrecer un blindaje protector contra la radiación secundaria y estar cerradas cuando se esté emitiendo el haz de rayos X.
- d) El operador debería poder observar claramente al paciente y comunicarse con él en todo momento durante el procedimiento diagnóstico por rayos X.

En las entradas de las zonas controladas y de las zonas supervisadas debería haber señales y luces de advertencia, situadas de preferencia al nivel de la vista, para evitar un ingreso accidental. Las señales deberían ser claras y fáciles de comprender. Las luces de advertencia, que pueden ser permanentes o intermitentes, según proceda, deberían activarse cuando se esté generando radiación dentro de la zona controlada o la zona supervisada. Los sistemas de enclavamiento de las puertas no son adecuados en el caso de los procedimientos radiológicos de diagnóstico por rayos X, porque si el haz se interrumpe puede tener que repetirse el procedimiento médico.

El suministro de energía eléctrica debería ser estable. Deberían instalarse sistemas ininterrumpibles de energía eléctrica o de baterías de respaldo que permitan captar la información activa en el momento del apagón y cerrar todos los programas informáticos de manera controlada. Los servidores deberían estar programados de modo que se cierren automáticamente cuando se interrumpa la corriente eléctrica.

6.4. PROTECCIÓN DE LAS ZONAS ADYACENTES

Según se indica expresamente en la referencia [129], el blindaje de las salas de rayos X no tiene que ser necesariamente un revestimiento de plomo. Es posible que en la mayoría de los casos baste con los materiales de construcción normales. No obstante, se debe implicar a un experto cualificado antes de acometer la construcción de cualquier centro odontológico nuevo o remodelado [5 y 142]. Si una estructura de edificación convencional no ofrece un blindaje adecuado, este se puede lograr aumentando el espesor del material de construcción o añadiendo plomo, paneles de yeso u otro material apropiado.

En las referencias [143 y 144] se indican dos métodos ampliamente utilizados para los cálculos del blindaje. También existen y se utilizan otros métodos (véanse las referencias [145 a 148]). En los párrafos 3.18 a 3.24 de la publicación SSG-46 [5] se ofrecen más recomendaciones relativas al blindaje.

6.5. REGLAS Y PROCEDIMIENTOS LOCALES

6.5.1. Consideraciones generales

Según lo establecido en el párrafo 3.94 de la publicación GSR Part 3 [4], se establecerán por escrito reglas y procedimientos locales en todas las instalaciones de radiología, incluidas las dentales. Su propósito es garantizar la protección y seguridad de los trabajadores y de otras personas.

En el párrafo 3.60 de la publicación SSG-46 [5] se ofrecen las siguientes orientaciones:

“Esas reglas y procedimientos locales deberían incluir medidas que reduzcan al mínimo la exposición radiológica ocupacional, tanto durante el trabajo normal como en caso de sucesos inusuales. Además, las reglas y procedimientos locales deberían abarcar el uso de dosímetros personales y su manipulación y almacenamiento, y especificar los niveles que activarán una investigación y las medidas de seguimiento correspondientes”.

Dado que todo el personal que interviene en el uso de la radiación en una instalación de radiología dental debe conocer y aplicar las reglas y procedimientos locales, la elaboración y el examen de esas reglas y procedimientos deberían realizarse junto con un experto cualificado y representantes de todos los profesionales sanitarios que trabajen en los procedimientos de radiología dental.

El equipo dental (tanto el *hardware* como el *software*) debería utilizarse de un modo que garantice su funcionamiento satisfactorio en todo momento, en lo que concierne tanto a las tareas que se deben cumplir como a la protección y la seguridad radiológicas. El manual de funcionamiento del fabricante es un recurso importante a este respecto, pero es probable que se necesiten procedimientos adicionales. El conjunto final de procedimientos operacionales documentados debería ser aprobado por el titular de la licencia de la instalación de radiología e incorporado en el sistema de gestión de la instalación, tal como se exige en las publicaciones GSR Part 2 y GSR Part 3 [5 y 19].

El personal de la instalación de radiología debería comprender los procedimientos documentados referentes a su trabajo con la radiación y al

funcionamiento del equipo que utilice, incluidas las características de seguridad, y debería recibir capacitación, con cursos periódicos de actualización, sobre la manera correcta de actuar si falla algo. Cuando se introduzca el uso de nuevo equipo radiológico médico en la instalación, debería impartirse capacitación adicional.

Muchas reglas y procedimientos locales se relacionan con algún aspecto de la protección radiológica ocupacional, del paciente y del público, o con todos ellos, ya sea directa o indirectamente, además de propiciar el éxito del procedimiento de radiología dental.

En los procedimientos radiológicos en que no sea necesario que el personal permanezca en la sala durante la exposición, todo el personal presente debería resguardarse en las zonas debidamente blindadas.

En general, no debería ser preciso que un miembro del personal sometido a exposición ocupacional sujete al paciente o mantenga un contacto estrecho con él durante el procedimiento radiológico dental. Cuando esto sea realmente necesario, la persona que cumpla esa función debería ser considerada como un cuidador o confortador del paciente, y recibir la protección radiológica apropiada.

Los dispositivos de inmovilización, como los que se usan, por ejemplo, en la TC de haz cónico, deberían utilizarse en todos los casos en que sea posible, y en la medida en que reduzcan la exposición del paciente, el personal o el cuidador o confortador. La inmovilización de los pacientes no debería ser realizada por un miembro del personal y, en lo posible, tampoco por ninguna otra persona. Si es imprescindible que intervenga alguien, debería ser un pariente u otra persona cercana al paciente que haya aceptado actuar como cuidador o confortador y reciba la protección radiológica correspondiente.

6.5.2. Centros odontológicos con equipo de radiografía intraoral y panorámica

En el párrafo 3.75 de la publicación SSG-46 [5] se recomiendan las siguientes medidas concretas para los centros odontológicos con equipo de radiografía intraoral y panorámica:

“En los centros odontológicos con equipo de radiografía intrabucal y panorámica deberían aplicarse las medidas siguientes:

- a) Por lo general no se necesitará equipo de protección personal. La protección radiológica se logra mediante la distancia del paciente. Normalmente se recomienda mantener una distancia de por lo menos 2 m.

- b) El operador no debería sujetar el receptor de imagen durante la exposición.
- c) El equipo portátil de mano para la radiografía intrabucal debería utilizarse solo para los casos en que no sea posible o médicamente aceptable trasladar al paciente a una instalación fija o utilizar una unidad móvil (por ejemplo, en residencias de ancianos, establecimientos de asistencia residencial u hogares para personas con discapacidad; en odontología forense; o en operaciones militares en el extranjero, donde no existan centros de odontología)".

En aquellas situaciones en que el operador del equipo de radiografía intraoral tenga que estar en la sala durante la exposición, se mantendrá una distancia mínima de 2 m (preferiblemente 3 m) y una posición adecuada con respecto a la fuente de rayos X, generalmente formando un ángulo de entre 90° y 135° con el rayo X central [129].

Cuando esté justificado el uso de una unidad portátil de mano de rayos X, es preferible utilizar dispositivos dotados de un blindaje integrado de la radiación dispersa para proteger al operador [129]. Se adoptarán medidas para que el dispositivo solo lo utilicen personas autorizadas y debidamente capacitadas.

6.5.3. Centros odontológicos con equipo de tomografía computarizada de haz cónico

En el párrafo 3.76 de la publicación SSG-46 [5] se recomienda que, cuando en un centro odontológico se utilice la TC de haz cónico, el equipo "debería colocarse en una sala diseñada y blindada para ese fin. Durante la exposición, el personal debería encontrarse detrás de la barrera protectora de la consola de control".

6.6. MONITORIZACIÓN RADIOLÓGICA INDIVIDUAL Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

Se deberían cumplir los requisitos establecidos por el órgano regulador nacional en lo que respecta a la evaluación de la exposición ocupacional y la monitorización radiológica individual. La dosimetría personal rutinaria no es obligatoria en todos los Estados [39 y 142].

La monitorización y la evaluación de la dosis tienen por objeto, entre otras cosas, proporcionar información sobre la exposición de los trabajadores y

confirmar la buena praxis profesional y el cumplimiento de la reglamentación. Conforme al párrafo 3.100 de la publicación GSR Part 3 [4]:

“En el caso de cualquier trabajador que normalmente trabaje en una zona controlada, o que trabaje ocasionalmente en una zona controlada y que pueda recibir una dosis importante debida a la exposición ocupacional, se procederá a la monitorización individual siempre que sea apropiado, adecuado y viable”.

Para garantizar el cumplimiento de esto, es conveniente solicitar el asesoramiento de un experto cualificado. A fin de evitar actividades de monitorización innecesarias, la monitorización radiológica ocupacional seguirá un enfoque basado en el riesgo [4, 5, 141 y 142]. En el caso de la TC de haz cónico, debido a los mayores niveles de dosis de radiación, se analizará exhaustivamente la necesidad de aplicar la monitorización individual [149].

Si la conclusión del análisis es que la dosimetría personal es necesaria, se puede utilizar uno de los métodos ampliamente aceptados de monitorización individual, como los dosímetros de película fotográfica, los dosímetros termoluminiscentes, las placas de luminiscencia de estimulación óptica u otros dispositivos apropiados.

Para aquellos casos en que la dosimetría personal sea necesaria, el párrafo 3.106 de la publicación SSG-46 [5] ofrece recomendaciones que también se aplican a la radiología dental:

“Cada dosímetro debería emplearse para monitorizar solo a la persona a la que haya sido asignado, durante el trabajo realizado en la instalación de radiología de que se trate, y no ser trasladado a otras instalaciones en que la misma persona pueda también trabajar. Por ejemplo, si una persona recibe un dosímetro en el hospital A, debería llevarlo consigo solo dentro de ese hospital y no en cualquier otro hospital o centro médico en que también preste sus servicios. De este modo, los resultados de la monitorización podrán interpretarse para el trabajo de la persona en una instalación de radiología determinada, lo que permitirá examinar debidamente la eficacia de la optimización de la protección y seguridad de esa persona en esa instalación. Sin embargo, los requisitos reglamentarios nacionales pueden diferir de esta orientación, y, cuando así sea, deberán acatarse en las jurisdicciones en que se apliquen (véanse también los párrs. 3.123 a 3.125)”.

Conforme al párrafo 3.107 de la publicación SSG-46 [5], el período de monitorización (período de despliegue del dosímetro) especificado por los órganos reguladores de la mayoría de los Estados suele ser de entre uno y

tres meses. En el caso de la radiología dental, podría aplicarse un período de monitorización más largo (de dos o tres meses), ya que el personal suele estar expuesto a dosis menores. De este modo (utilizando un ciclo de monitorización más largo), aumenta la probabilidad de obtener una medición. Los dosímetros deberían enviarse prontamente de la instalación de radiología al proveedor de servicios de dosimetría, que los procesará y enviará de vuelta los informes dosimétricos con la mayor brevedad. Algunos órganos reguladores especifican un criterio para la pronta presentación de esos informes.

En las referencias [5 y 142] se ofrece más orientación sobre la evaluación de la exposición ocupacional.

Apéndice I

MAGNITUDES RELACIONADAS CON LA DOSIS DE RADIACIÓN APLICABLES A LA RADIOLOGÍA DENTAL

En este apéndice se presenta un resumen de las magnitudes fundamentales utilizadas para la evaluación de dosis procedentes de exposiciones a la radiación, y las magnitudes específicas que se emplean en radiología diagnóstica para la estimación de la dosis administrada al paciente, según las recomendaciones de la ICRP y la ICRU [8 y 10]. Los métodos recomendados para su estimación se indican en las referencias [11 y 15].

I.1. MAGNITUDES FUNDAMENTALES RELACIONADAS CON LA DOSIS

La dosis absorbida, D , es la magnitud dosimétrica fundamental que se utiliza normalmente para todos los tipos de radiación ionizante. D se define como la energía media por unidad de masa que imparte la radiación ionizante a la materia. La unidad de D en el SI es el gray, que equivale a un julio por kilogramo.

El kerma, K , se puede describir como la suma de las energías cinéticas iniciales de todas las partículas cargadas liberadas por partículas neutras (p. ej., fotones de rayos X) por unidad de masa. El valor de kerma en el medio aéreo se denomina “kerma en aire”. El kerma en aire y la dosis absorbida en el aire son numéricamente iguales en el intervalo de energías de los fotones de rayos X que se emplean en radiología dental. A esto se debe que, en muchas circunstancias, se utilice el término “dosis” en vez de “kerma en aire”, que es más correcto.

La dosis equivalente en un órgano o tejido, H_T , se define del siguiente modo:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

donde $D_{T,R}$ es la dosis absorbida debida a la radiación de tipo R, promediada sobre un tejido u órgano T, y w_R es el factor de ponderación de la radiación para la radiación de tipo R [8]. El factor de ponderación de la radiación w_R varía entre 1 para la radiación de fotones y 20 para las partículas pesadas, para expresar la eficacia biológica relativa de la radiación en la inducción de efectos estocásticos a dosis bajas. La unidad de la dosis equivalente en el SI es el sievert, que se define como un julio por kilogramo. Dado que el valor de w_R para la radiación de rayos X

es 1, en radiología dental, una dosis absorbida de 1 Gy corresponde siempre a una dosis equivalente de 1 Sv en un órgano o tejido.

Para evaluar la probabilidad de que los efectos estocásticos debidos a la radiación ionizante causen perjuicios para la salud, se introduce la magnitud “dosis efectiva”, E , que se define como la suma ponderada de las dosis equivalentes en los tejidos, como sigue:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

donde w_T es el factor de ponderación del tejido para el tejido u órgano T. La unidad de la dosis efectiva es el sievert. El sumatorio comprende todos los órganos o tejidos que se consideran sensibles a la inducción de efectos estocásticos, compuestos por el cáncer y los efectos hereditarios. Los valores de w_T se seleccionan de modo que representen las contribuciones de los distintos órganos y tejidos al detrimento global por la radiación debido a los efectos estocásticos (cuadro 13). Sus valores, así como la lista de órganos y tejidos, se definieron en la referencia. [12] y se revisaron en la referencia [8]. Cabe mencionar que, debido a la reciente inclusión de la glándula salival, la mucosa oral, el músculo, los nódulos linfáticos y las vías respiratorias extratorácicas en la lista de tejidos radiosensibles que figura en la referencia [8], las dosis efectivas en radiología dental han aumentado de forma considerable [13].

CUADRO 13. FACTORES DE PONDERACIÓN DE LOS TEJIDOS

Tejido	w_T	Σw_T
Médula ósea (roja), colon, pulmón, estómago, mama, tejidos restantes ^a	0,12	0,72
Gónadas	0,08	0,08
Vejiga, esófago, hígado, tiroides	0,04	0,16
Superficie ósea, cerebro, glándulas salivales, piel	0,01	0,04
Total		1,00

^a Tejidos restantes: glándulas suprarrenales, región extratorácica, vesícula biliar, corazón, riñones, nódulos linfáticos, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo y útero/cuello uterino.

I.2. MAGNITUDES ESPECÍFICAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DOSIS ADMINISTRADA AL PACIENTE

I.2.1. Kerma incidente en aire

El kerma incidente en aire, K_i , es el kerma en aire procedente de un haz incidente de rayos X medido en el eje central del haz en la posición de la superficie del paciente o maniquí. Solamente se incluye la radiación que incide en el paciente o maniquí, y no la radiación retrodispersada [11 y 14].

I.2.2. Kerma en aire en la superficie de entrada

El kerma en aire en la superficie de entrada, K_e , es el kerma en aire medido en el eje central del haz en la posición de la superficie del paciente o maniquí. Se incluye tanto la radiación que incide en el paciente o maniquí como la radiación retrodispersada. La unidad del kerma en aire en la superficie de entrada es el gray, y en radiología dental los niveles de dosis suelen ser del orden de miligrays o micrograys. El kerma en aire en la superficie de entrada se puede calcular multiplicando el kerma en aire incidente por el factor de retrodispersión [11 y 14]. En radiología dental, el kerma en aire en la superficie de entrada se denomina con frecuencia “dosis de entrada en superficie”.

I.2.3. Producto kerma en aire-área

El producto kerma en aire-área, P_{KA} , es la integral del kerma en aire sobre la superficie del haz de rayos X en un plano perpendicular al eje del haz. Es aproximadamente invariable en relación con la distancia al foco del tubo de rayos X, siempre que los planos de medición y cálculo estén lo suficientemente alejados del paciente o maniquí para evitar una contribución considerable de la radiación retrodispersada. La unidad del producto kerma en aire-área es $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$. El producto kerma en aire-área se indica frecuentemente como PDA en las unidades de rayos X dentales.

I.2.4. Producto kerma en aire-longitud

El producto kerma en aire-longitud, P_{KL} , es la integral del kerma en aire a lo largo de una línea de longitud L , y su unidad es $\text{mGy}\cdot\text{cm}$. En TC, el producto kerma en aire-longitud se define como el índice de kerma en aire de la TC multiplicado por la longitud de exploración. Esta magnitud es análoga al producto dosis longitud, aceptado por la ICRU [15]. En la dosimetría panorámica dental, esta magnitud se denomina producto dosis-ancho [11 y 14].

I.2.5. Índice de kerma en aire de la tomografía computarizada

El índice de kerma en aire de la TC, $C_{a,100}$, medido en el aire para una única rotación de un escáner de TC, es la integral del kerma a lo largo de una línea paralela al eje de rotación del escáner sobre una longitud de 100 mm, dividida por el espesor nominal de corte. Se corresponde con el término “índice de dosis en tomografía computarizada”, aceptado por la ICRU y utilizado con frecuencia en los informes de dosis [15]. El índice de kerma en aire de la TC se expresa en miligrays.

El índice de dosis ponderado de la tomografía computarizada, C_w , que también se mide en miligrays, es el índice de dosis de la tomografía computarizada calculado a partir de mediciones realizadas en el centro y en la periferia de un maniquí estándar de cabeza o cuerpo de metacrilato polimetílico.

El índice de dosis en tomografía computarizada por volumen, C_{vol} , es igual al índice de dosis ponderado de la tomografía computarizada dividido por el paso del escáner de TC helicoidal [11].

Apéndice II

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN QUE ATAÑEN A LA ODONTOLOGÍA

En el cuadro 14 figura un resumen de los objetivos de enseñanza y capacitación para las tres funciones que atañen a la odontología: el médico prescriptor remitente, el médico especialista en radiología y el operador del equipo de rayos X, cuyas funciones se describen en la sección 3.5. Dependiendo de su función, los profesionales sanitarios deberían poseer suficientes conocimientos, habilidades y competencias sobre protección radiológica, adquiridos a través de la enseñanza y capacitación.

CUADRO 14. OBJETIVOS DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN PARA LOS PRINCIPALES PROFESIONALES SANITARIOS QUE INTERVIENEN EN LA RADIOLOGÍA DENTAL

	Conocimiento y comprensión	Habilidades y capacidades	Competencias
Médico prescriptor remitente	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis de radiación y riesgo conexo • Principios de protección radiológica • Criterios de selección de la imagenología por rayos X en odontología • Métodos de diagnóstico alternativos que no usan la radiación ionizante • Aspectos de la optimización que atañen a la remisión • Información necesaria para una remisión adecuada • Anatomía radiológica • Interpretación radiológica de patologías 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de preparar un volante de remisión adecuado • Capacidad de analizar las estructuras anatómicas normales de los dientes, los maxilares y los huesos de la cara en las radiografías dentales • Capacidad de reconocer la anatomía y las patologías de los dientes y sus estructuras de soporte en las radiografías dentales • Capacidad de buscar y determinar las publicaciones científicas adecuadas • Capacidad de elaborar un informe radiológico • Capacidad de entender un informe radiológico procedente de otro facultativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Esforzarse por que los pacientes reciban la mínima dosis de radiación • Referir casos por motivos razonables y probablemente justificados • Responsabilizarse del desarrollo de las competencias propias en el ámbito de la radiología dental y maxilofacial

CUADRO 14. OBJETIVOS DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN PARA LOS PRINCIPALES PROFESIONALES SANITARIOS QUE INTERVIENEN EN LA RADIOLOGÍA DENTAL (cont.)

	Conocimiento y comprensión	Habilidades y capacidades	Competencias
Médico especialista en radiología	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis de radiación y riesgo conexo • Principios de protección radiológica • Criterios de selección de la imagenología por rayos X en odontología • Métodos de diagnóstico alternativos que no usan la radiación ionizante • Conocimiento y comprensión del funcionamiento del equipo de rayos X • Aspectos teóricos y prácticos de la optimización • Anatomía radiológica • Interpretación radiológica de patologías 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de reconocer problemas de funcionamiento del equipo de radiología dental • Capacidad de aplicar un programa de control de la calidad para el equipo de radiología dental • Destrezas en la utilización práctica de programas informáticos y otras herramientas • Capacidad de diferenciar entre los signos indicativos de estructuras anatómicas normales y los indicativos de patologías de dientes, maxilares y huesos de la cara • Capacidad de analizar patologías y elaborar un informe de radiografías dentales • Capacidad de determinar las publicaciones científicas adecuadas y de examinarlas con espíritu crítico 	<ul style="list-style-type: none"> • Esforzarse por que los pacientes y el personal reciban la mínima dosis de radiación • Responsabilizarse del desarrollo de las competencias propias en el ámbito de la radiología dental y maxilofacial • Responsabilizarse del perfeccionamiento del personal en el ámbito de la radiología dental y maxilofacial • Saber cuándo se debe derivar un caso para obtener una segunda opinión

CUADRO 14. OBJETIVOS DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN PARA LOS PRINCIPALES PROFESIONALES SANITARIOS QUE INTERVIENEN EN LA RADIOLOGÍA DENTAL (cont.)

	Conocimiento y comprensión	Habilidades y capacidades	Competencias
Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis de radiación y riesgo conexo • Principios de protección radiológica • Criterios de selección de la imagenología por rayos X en odontología • Aspectos prácticos de la optimización • Comprensión de la información necesaria para una remisión adecuada • Anatomía radiológica • Protección ocupacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de reconocer problemas de funcionamiento del equipo de radiología dental • Capacidad de aplicar un programa de control de la calidad para el equipo de radiología dental • Destrezas en la utilización práctica de programas informáticos y otras herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> • Esforzarse por que los pacientes y el personal reciban la mínima dosis de radiación • Responsabilizarse del desarrollo de las competencias propias en el ámbito de la radiología dental y maxilofacial

REFERENCIAS

- [1] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 1, UN, New York (2010).
- [2] EUROPEAN COMMISSION, Medical Radiation Exposure of the European Population, Radiation Protection No. 180, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2015).
- [3] FARRIS, K., SPELIC, D., “Nationwide evaluation of x-ray trends: highlights of the 2014–15 NEXT dental survey”, Proc. 47th Natl Conf. Radiat. Control, CRCPD Publication E-15-4, Conference of Radiation Control Program Directors, Frankfort, KY (2015).
- [4] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN EUROPEA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.
- [5] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, *Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSG-46, OIEA, Viena, 2022.
- [6] ROEDER, F., VON RECHENBERG, I., D’HOEDT, B., SCHULZE, R., Spatial relation between a rigid (digital) intraoral X-ray receptor and longitudinal axes of maxillary teeth, *Clin. Oral Investig.* **15** (2011) 715–719.
- [7] FELDKAMP, L.A., DAVIS, L.C., KRESS, J. W., Practical cone-beam algorithm, *J. Opt. Soc. Am. A*, **1** (1984) 612–619.
- [8] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación 103, Senda Editorial S.A., Madrid, 2008.
- [9] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Embarazo e irradiación médica*, Publicación ICRP 84, SEPR y SAR, Madrid, 2002.
- [10] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, ICRU Report 85a — (Revised), ICRU Publications, Bethesda, MD (2011).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457, IAEA, Vienna (2007).

- [12] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica 1990*, Publicación ICRP 60, Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), EDICOMPLET, S.A., Madrid, 1995.
- [13] LUDLOW, J.B., IVANOVIC, M., Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* **106** (2008) 106–114.
- [14] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Patient Dosimetry for X Rays used in Medical Imaging, ICRU Report 74, ICRU, Bethesda, MD (2006).
- [15] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Radiation Dosimetry and Image Quality Assessment in Computed Tomography, ICRU Report 87, ICRU Publications, Bethesda, MD (2013).
- [16] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR (OCDE), COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1*, OIEA, Viena, 2007.
- [17] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection and Safety in Medicine, ICRP Publication 73, Ann. ICRP 26(2), Pergamon Press, Oxford and New York (1996).
- [18] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Protección radiológica en medicina*, Publicación ICRP 105, Sociedad Argentina de Radioprotección, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2011.
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Liderazgo y gestión en pro de la seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 2*, OIEA, Viena, 2017.
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Funciones y responsabilidades y requisitos de enseñanza y capacitación para los físicos médicos clínicamente cualificados, Colección de Salud Humana del OIEA N° 25*, OIEA, Viena, 2014.
- [21] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS, The Medical Physicist: Role and Responsibilities, IOMP Policy Statement No. 1, IOMP, York (2010).
- [22] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS, Basic Requirements for Education and Training of Medical Physicists, IOMP Policy Statement No. 2, IOMP, York (2010).
- [23] EUROPEAN COMMISSION, European Guidelines on Medical Physics Expert, Radiation Protection No. 174, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2014).

- [24] EVANS, S., CHRISTOFIDES, S., BRAMBILLA, M., The European Federation of Organisations for Medical Physics. Policy Statement No. 7.1: the roles, responsibilities and status of the medical physicist including the criteria for the staffing levels in a Medical Physics Department approved by EFOMP Council on 5th February 2016, *Phys. Med.* **32** (2016) 533–540.
- [25] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Capacitación y entrenamiento en protección radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas*, Publicación 113, Sociedad Argentina de Radioprotección, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2015.
- [26] EUROPEAN COMMISSION, Guidelines on Radiation Protection Education and Training of Medical Professionals in the European Union, Radiation Protection No. 175, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2014).
- [27] INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DENTOMAXILLOFACIAL RADIOLOGY, IADMFR EDUCATION STANDARDS COMMITTEE, Undergraduate dental education in dental and maxillofacial radiology, *Dentomaxillofac. Radiol.* **36** (2007) 443–450.
- [28] BROWN, J., et al., Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology, *Dentomaxillofac. Radiol.* **43** (2014) 20130291.
- [29] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Garantía de la calidad en radiodiagnóstico*. Una Guía preparada como consecuencia del Taller celebrado en Neuherberg, República Federal de Alemania, del 20 al 24 de octubre de 1980, y organizado conjuntamente por el Instituto de Higiene de las Radiaciones, la Oficina Federal de Salud, Neuherberg, República Federal de Alemania; la Sociedad de Investigaciones Radiológicas y Ambientales, Neuherberg, República Federal de Alemania, y la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, 1984.
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica: Un instrumento para mejorar la calidad*, Colección de Salud Humana del OIEA N° 4, OIEA, Viena, 2011.
- [31] LUDLOW, J.B., et al., Effective dose of dental CBCT — a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20140197.
- [32] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly, Vol. II, Scientific Annex B, Effects of Radiation Exposure of Children, UN, New York (2013).
- [33] COLLEGE OF DENTAL SURGEONS OF BRITISH COLUMBIA, *Dental Radiography: Standards and Guidelines*, CDSBC, Vancouver (2015).
- [34] HORNER, K., EATON, K.A. (Eds), *Selection Criteria for Dental Radiography*, 3rd edn (updated 2018), Faculty of General Dental Practice (UK), London (2018).
- [35] FIELD, M.J., LOHR, K.N. (Eds), *Clinical Practice Guidelines: Directions for a New Program*, National Academies Press, Washington, DC (1990).

- [36] EUROPEAN COMMISSION, European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology, Radiation Protection No. 136, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2004).
- [37] PITTS, N.B., KIDD, E.A., The prescription and timing of bitewing radiography in the diagnosis and management of dental caries: contemporary recommendations, *Br. Dent. J.* **172** (1992) 225–227.
- [38] JENSON, L., et al., Clinical protocols for caries management by risk assessment, *J. Calif. Dent. Assoc.* **35** (2007) 714–723.
- [39] SCOTTISH DENTAL CLINICAL EFFECTIVENESS PROGRAMME, Oral Health Assessment and Review — Dental Clinical Guidance, Scottish Dental Clinical Effectiveness Programme, Dundee (2012).
- [40] PETERSEN, P.E., Sociobehavioural risk factors in dental caries — international perspectives, *Community Dent. Oral Epidemiol.* **33** (2005) 274–279.
- [41] GOODWIN, T.L., et al., Guidelines on the timing and frequency of bitewing radiography: a systematic review, *Br. Dent. J.* **222** (2017) 519–526.
- [42] HORNER, K., “Dental radiology — the forgotten problem?”, *Justification of Medical Exposure in Diagnostic Imaging: Proceedings of an International Workshop Held in Brussels, Belgium, 2–4 September 2009, Vienna, IAEA* (2011) 139–147.
- [43] AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Dental Radiograph Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure, ADA, FDA (2012).
- [44] EUROPEAN COMMISSION, Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology (Evidence-based Guidelines), Radiation Protection No. 172, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2012).
- [45] AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY, Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics — Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **116** (2013) 238–257; erratum: **116** (2013) 661.
- [46] HORNER, K., O’MALLEY, L., TAYLOR, K., GLENNY, A.M., Guidelines for clinical use of CBCT: a review, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20140225.
- [47] NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2, The National Academies Press, Washington, DC (2006).
- [48] HALL, E.J., BRENNER, D.J., Cancer risks from diagnostic radiology, *Br. J. Radiol.* **81** (2008) 362–378.
- [49] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection in Paediatric Radiology, Safety Reports Series No. 71, IAEA, Vienna (2012).
- [50] KÜHNISCH, J., et al. Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: an EAPD policy document, *Eur. Arch. Paediatr. Dent.* **21** (2020) 375–386.
- [51] MEJÀRE, I., Bitewing examination to detect caries in children and adolescents — when and how often? *Dent. Update* **32** (2005) 588–590.

- [52] ORAL HEALTH CLINICAL ADVISORY NETWORK. Clinical Guidelines for Child and Adolescent Oral Health: Bitewing Dental Radiography, OHCAN (2019), http://nzohcan.org.nz/wp-content/uploads/2019/09/OHCAN_Clinical-Guidelines-for-Child-and-Adolescent-Oral-Health_2019-July_online-2-3-2.pdf
- [53] STEINER, M., BÜHLMANN, S., MENGHINI, G., IMFELD, C., IMFELD, T., Caries risks and appropriate intervals between bitewing X-ray examinations in schoolchildren, *Schweiz Monatsschr. Zahnmed.* **121** (2010) 12–24.
- [54] ISAACSON, K.G., THOM, A.R., ATACK, N.E., HORNER, K., WHAITES, E., Guidelines for the Use of Radiographs in Clinical Orthodontics, 4th edn, British Orthodontic Society, London (2015).
- [55] AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY, Guideline on prescribing dental radiographs for infants, children, adolescents, and persons with special health care needs, *Pediatr. Dent.* **38** (2016) 355–357.
- [56] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Comunicando los riesgos de la radiación en radiodiagnóstico pediátrico*, OMS, Ginebra, 2018.
- [57] ARBEITSGEMEINSCHAFT DER WISSENSCHAFTLICHEN MEDIZINISCHEN FACHGESELLSCHAFTEN (AWMF), s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie Version Nr 9 vom 5 August 2013, AWMF-Register-Nummer 083-005, AWMF, Düsseldorf (2013).
- [58] BUCH, B., FENSHAM, R., MARITZ, M.P., An assessment of the relative safety of dental x-ray equipment, *S. Afr. Dent. J.* **64** (2009) 348–350.
- [59] KELARANTA, A., EKHOLM, M., TOROI, P., KORTESNIEMI, M., Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields, *Dentomaxillofac. Radiol.* **45** (2016) 20150095.
- [60] OKANO, T., et al., Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning, *Dentomaxillofac. Radiol.* **38** (2009) 79–85.
- [61] OKANO, T., et al., Comparison of absorbed and effective dose from two dental cone beam computed tomography scanners, *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* **68** (2012) 216–225 (in Japanese).
- [62] BORNSTEIN, M.M., SCARFE, W.C., VAUGHN, V.M., JACOBS, R., Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **29** (2014) 55–77.
- [63] EUROPEAN COMMISSION, Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, Radiation Protection No. 162, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2012).
- [64] BERKHOUT, W.E., et al., Justification and good practice in using handheld portable dental X-ray equipment: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology (EADMFR), *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20140343.
- [65] GULSON, A.D., HOLROYD, J.R., Guidance on the Safe Use of Hand-held Dental X ray Equipment, PHE-CRCE-023, Public Health England, Chilton (2016).

- [66] HEADS OF THE EUROPEAN RADIOLOGICAL PROTECTION COMPETENT AUTHORITIES, Position statement on use of handheld portable dental X-ray equipment, HERCA, Vilnius (2014), <https://www.herca.org/herca-medical-applications-position-paper-on-use-of-handheld-portable-dental-x-ray-equipment/>
- [67] BORG, E., KÄLLQVIST, A., GRÖNDAHL, K., GRÖNDAHL, H.G., Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* **86** (1998) 110–114.
- [68] HINTZE, H., WENZEL, A., FRYDENBERG, M., Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs, *Dentomaxillofac. Radiol.* **31** (2002) 170–175.
- [69] PONTUAL, A.A., et al., Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries, *Dentomaxillofac. Radiol.* **39** (2010) 431–436.
- [70] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Acceptance Testing and Quality Control of Dental Imaging Equipment, The Report of AAPM Task Group 175, AAPM, Alexandria, VA (2016).
- [71] BENEDIKTSDOTTIR, I.S., HINTZE, H., PETERSEN, J.K., WENZEL, A., Image quality of two solid-state and three photostimulable phosphor plate digital panoramic systems, and treatment planning of mandibular third molar removal, *Dentomaxillofac. Radiol.* **32** (2003) 39–44.
- [72] PAUWELS, R., et al., SEDENTEXCT project consortium, Effective radiation dose and eye lens dose in dental cone beam CT: effect of field of view and angle of rotation, *Br. J. Radiol.* **87** (2014) 20130654.
- [73] KILJUNEN, T., KAASALAINEN, T., SUOMALAINEN, A., KORTESNIEMI, M., Dental cone beam CT: a review, *Phys. Med.* **31** (2015) 844–860.
- [74] PAUWELS, R., JACOBS, R., BOGAERTS, R., BOSMANS, H., PANMEKIATE, S., Determination of size-specific exposure settings in dental cone-beam CT, *Eur. Radiol.* **27** (2017) 279–285.
- [75] KAMBUROGLU, K., et al., Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode, *Dentomaxillofac. Radiol.* **42** (2013) 20130176.
- [76] UZUN, I., et al., Comparing the effect of different voxel resolutions for assessment of vertical root fracture of permanent teeth, *Iran J. Radiol.* **12** (2015) e18290.
- [77] PAUWELS, R., et al., Optimization of dental CBCT exposures through mAs reduction, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** 9 (2015) 20150108.
- [78] KOLSUZ, M.E., BAGIS, N., ORHAN, K., AVSEVER, H., DEMIRALP, K.Ö., Comparison of the influence of FOV sizes and different voxel resolutions for the assessment of periodontal defects, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20150070.
- [79] LUKAT, T.D., PERSCHBACHER, S.E., PHAROAH, M.J., LAM, E.W., The effects of voxel size on cone beam computed tomography images of the temporomandibular joints, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **119** (2015) 229–237.

- [80] IBRAHIM, N., et al., The effect of scan parameters on cone beam CT trabecular bone microstructural measurements of human mandible, *Dentomaxillofac. Radiol.* **42** (2013) 20130206.
- [81] NEVES, F.S., VASCONCELOS, T.V., CAMPOS, P.S., HAITER-NETO, F., FREITAS, D.Q., Influence of scan mode (180°/360°) of the cone beam computed tomography for preoperative dental implant measurements, *Clin. Oral Implants Res.* **25** (2014) 155–158.
- [82] COOK, V.C., TIMOCK, A.M., CROWE, J.J., WANG, M., COVELL, D.A., Jr., Accuracy of alveolar bone measurements from cone beam computed tomography acquired using varying settings, *Orthod. Craniofac. Res.* **18** (2015) 127–136.
- [83] YADAV, S., PALO, L., MAHDIAN, M., UPADHYAY, M., TADINADA, A., Diagnostic accuracy of 2 cone-beam computed tomography protocols for detecting arthritic changes in temporomandibular joints, *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* **147** (2015) 339–344.
- [84] AL-NUAIMI, N., PATEL, S., FOSCHI, F., MANNOCCI, F., The detection of simulated periapical lesions in human dry mandibles with cone-beam computed tomography: a dose reduction study, *Int. Endod.* **49** (2016) 1095–1104.
- [85] SPIN-NETO, R., WENZEL, A., Patient movement and motion artefacts in cone-beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **121** (2016) 425–433.
- [86] HELVACIOGLU-YIGIT, D., DEMIRTURK KOCASARAC, H., BECHARA, B., NOUJEIM, M., Evaluation and reduction of artifacts generated by 4 different root end filling materials by using multiple cone-beam computed tomography imaging settings, *J. Endod.* **42** (2016) 307–314.
- [87] DEMIRTURK KOCASARAC, H., HELVACIOGLU YIGIT, D., BECHARA, B., SINANOGLU, A., NOUJEIM, M., Contrast-to-noise ratio with different settings in a CBCT machine in presence of different root-end filling materials: an in vitro study, *Dentomaxillofac. Radiol.* **45** (2016) 20160012.
- [88] BEZERRA, I.S., NEVES, F.S., VASCONCELOS, T.V., AMBROSANO, G.M., FREITAS, D.Q., Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio CBCT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2013) 20140428.
- [89] BECHARA, B, et al., Cone beam CT scans with and without artefact reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth, *Dentomaxillofac. Radiol.* **42** (2013) 20120245.
- [90] PARSA, A., IBRAHIM, N., HASSAN, B., SYRIOPOULOS, K., VAN DER STELT, P., Assessment of metal artefact reduction around dental titanium implants in cone beam CT, *Dentomaxillofac. Radiol.* **43** (2014) 20140019.
- [91] NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, Digital Imaging and Communication in Medicine, DICOM PS3.6 2021d — Data Dictionary, NEMA (2021), <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/part06.html>
- [92] HEALTH PROTECTION AGENCY, Guidance on the safe use of dental cone beam CT equipment, HPA-CRCE-010, Health Protection Agency, Chilton (2010).

- [93] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Evaluation and Routine Testing in Medical Imaging Departments — Part 3–4, Acceptance Tests — Imaging Performance of Dental X-ray Equipment, IEC 61223-3-4, Edition 1.0, IEC, Geneva (2000).
- [94] INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-ray Systems, IPEM Report 91, IPEM, York (2005).
- [95] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems, AAPM On-line report No. 03, Report of the AAPM Task Group 18, Imaging Informatics Subcommittee, AAPM, College Park, MD (2005),
https://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03.pdf
- [96] EUROPEAN FEDERATION OF ORGANISATIONS FOR MEDICAL PHYSICS, Quality Controls in Digital Mammography — Protocol of the EFOMP Mammo Working Group, EFOMP (2017),
<https://www.efomp.org/index.php?r=fc&id=protocols>
- [97] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, Image Quality Assurance in X-ray Departments — Part 161: RöV Acceptance Testing of Dental Radiographic Equipment for Digital Cone Beam Computed Tomography, DIN 6868-161, Deutsches Institut für Normung, Berlin (2013).
- [98] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, Image Quality Assurance in X-ray Departments — Part 15: RöV Constancy Testing of X-ray Installations for Dental Radiographic Equipment for Digital Cone Beam Computed Tomography, DIN 6868-15, Deutsches Institut für Normung, Berlin (2015).
- [99] EUROPEAN FEDERATION OF ORGANISATIONS FOR MEDICAL PHYSICS, EUROPEAN SOCIETY FOR RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Control in Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) — EFOMP–ESTRO–IAEA protocol (2019),
https://www.efomp.org/uploads/2d23d153-b77c-4161-802c-5b8422d15e29/EFOMP_IAEA_ESTRO_%20CBCT_2019_05_27.pdf
- [100] PAUWELS, R., JACOBS, R., SINGER, S.R., MUPPARAPU, M., CBCT based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable?, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20140238.
- [101] PAUWELS, R., et al., Comparison of Spatial and Contrast Resolution for Cone Beam Computed Tomography Scanners, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **114** (2012) 127–135.
- [102] OZAKI, Y., et al., Location dependency of the spatial resolution of cone beam computed tomography for dental use, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **116** (2013) 651–655.
- [103] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT), Publication 129, SAGE (2015).

- [104] FINNERTY, M., BRENNAN, P.C., Protective aprons in imaging departments: manufacturer stated lead equivalence values require validation, *Eur. Radiol.* **15** (2005) 1477–1484.
- [105] CHRISTODOULOU, E.G., et al., Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent protective aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter, *Med. Phys.* **30** 6 (2003) 1033–1038.
- [106] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging, Publication 135, SAGE (2017).
- [107] COMISIÓN EUROPEA, *Guía sobre los niveles de referencia para diagnóstico (NRD) en las exposiciones médicas*, *Protección radiológica* N° 109, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, 1999.
- [108] INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY, ROYAL COLLEGE OF RADIOLOGISTS, NATIONAL RADIATION PROTECTION BOARD, COLLEGE OF RADIOGRAPHERS, Guidance on the Establishment and Use of Diagnostic Reference Levels for Medical X-ray Examinations, IPEM Report 88, IPEM, York (2004).
- [109] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Reference Levels and Achievable Doses in Medical and Dental Imaging: Recommendations for the United States, NCRP Report No. 172, NCRP, Bethesda, MD (2012).
- [110] POPPE, B., et al., Radiation Exposure and Dose Evaluation in Intraoral Dental Radiology, *Radiat. Prot. Dosim.* **123** (2007) 262–267.
- [111] HAN, S., et al., Dose area product measurement for diagnostic reference levels and analysis of patient dose in dental radiography, *Radiat. Prot. Dosim.* **150** (2012) 523–531.
- [112] KIM, E.K., et al., Diagnostic reference levels in intraoral dental radiography in Korea, *Imaging Sci. Dent.* **42** (2012) 237–242.
- [113] MANOUSARIDIS, G., et al., Establishment of diagnostic reference levels for dental intraoral radiography, *Radiat. Prot. Dosim.* **156** (2013) 455–457.
- [114] FANNING, B., The Establishment of a diagnostic reference level for intra-oral dental radiography in Co. Wicklow, *J. Ir. Dent. Assoc.* **54** (2008) 181–183.
- [115] WALKER, C., VAN DER PUTTEN, W., Patient dosimetry and a novel approach to establishing diagnostic reference levels in dental radiology, *Phys. Med.* **28** (2012) 7–12.
- [116] KIM, Y.H. et al., Diagnostic reference levels for panoramic and lateral cephalometric radiography of Korean children, *Health Phys.* **107** (2014) 111–116.
- [117] ALCARAZ, M., et al., Dose reference levels in Spanish intraoral dental radiology: stabilisation of the incorporation of digital systems in dental clinical practices, *Radiat. Prot. Dosim.* **172** (2016) 422–427.
- [118] PUBLIC HEALTH ENGLAND, Dose to Patients from Dental Radiographic X-ray Imaging Procedures in the UK — 2017 review, PHE-CRCE-51 (2019).

- [119] LOOE, H.K., et al., Dose–area product measurements and determination of conversion coefficients for the estimation of effective dose in dental lateral cephalometric radiology, *Radiat. Prot. Dosim.* **124** (2007) 181–186.
- [120] MANOUSARIDIS, G., et al., Establishment of diagnostic reference levels for dental panoramic radiography in Greece, *Radiat. Prot. Dosim.* **165** (2015) 111–114.
- [121] GONZÁLEZ, L., et al., Reference doses in dental radiodiagnostic facilities, *Br. J. Radiol.* **74** (2001) 153–156.
- [122] LEE, J.S., et al., Reference dose levels for dental panoramic radiography in Gwangju, South Korea, *Radiat. Prot. Dosim.* **142** (2010) 184–190.
- [123] TIERRIS, C.E., YAKOUMAKIS, E.N., BRAMIS, G.N., GEORGIU, E., Dose area product reference levels in dental panoramic radiology, *Radiat Prot Dosimetry* **111** (2004) 283–287.
- [124] POPPE, B., et al., Dose–area product measurements in panoramic dental radiology, *Radiat. Prot. Dosim.* **123** (2007) 131–134.
- [125] STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN, Reference Levels for Patient Radiation Exposure in Cone-Beam Computed Tomography Examinations of Adults’ Head Region, Decision 12/3020/2016 (2016).
- [126] PUBLIC HEALTH ENGLAND AND FACULTY OF GENERAL DENTAL PRACTICE (UK), Guidance Notes for Dental Practitioners on the Safe Use of X-ray Equipment, 2nd edn, PHE and FGDP (UK), London (2020).
- [127] WHITE, S.C., et al., Parameters of radiologic care: an official report of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* **91** (2001) 498–511.
- [128] AMERICAN THYROID ASSOCIATION, Policy Statement on Thyroid Shielding During Diagnostic Medical and Dental Radiology (2013), https://www.thyroid.org/wp-content/uploads/statements/ABS1223_policy_statement.pdf
- [129] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Radiation Protection in Dentistry and Oral & Maxillofacial Imaging, Report No. 177, NCRP, Bethesda, MD (2019).
- [130] BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY, INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, PUBLIC HEALTH ENGLAND, ROYAL COLLEGE OF RADIOLOGISTS, SOCIETY AND COLLEGE OF RADIOGRAPHERS, SOCIETY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION, Guidance on using shielding on patients for diagnostic radiology applications, BIR, London (2020).
- [131] PAUWELS, R., FARUANGSAENG, T., CHAROENKARN, T., NGONPHLOY, N., PANMEKIATE, S., Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20150078.
- [132] HIDALGO RIVAS, J.A., HORNER, K., THIRUVENKATACHARI, B., DAVIES, J., THEODORAKOU, C., Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children, *Br. J. Radiol.* **88** (2015) 20150559.

- [133] AL-OKSHI, A., THEODORAKOU, C., LINDH, C., Dose optimization for assessment of periodontal structures in cone beam CT examinations, *Dentomaxillofac. Radiol.* **46** (2017) 20160311.
- [134] QU, X.M., LI, G., SANDERINK, G.C.H., ZHANG, Z.Y., MA, X.C., Dose reduction of cone beam CT scanning for the entire oral and maxillofacial regions with thyroid collars, *Dentomaxillofac. Radiol.* **41** (2012) 373–378.
- [135] TSIKLAKIS, K., et al., Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose cone beam CT, *Eur. J. Radiol.* **56** (2005) 413–417.
- [136] GOREN, A.D., et al., Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofac. Radiol.* **42** (2013) 20120260.
- [137] PAUWELS, R., HORNER, K., VASSILEVA, J., REHANI, M.M., Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use, *Dentomaxillofac. Radiol.* **48** (2019) 20190014.
- [138] SCHULZE, R., SAZGAR, M., KARLE, H., DE LAS HERAS, H., Influence of a commercial lead apron on patient skin dose delivered during oral and maxillofacial examinations under cone beam computed tomography (CBCT), *Health Phys.* **113** (2017) 129–134.
- [139] DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA AMM, *Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*, 18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki (1964; última enmienda: 2008).
- [140] CONSEJO DE ORGANIZACIONES INTERNACIONALES DE LAS CIENCIAS MÉDICAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos*, CIOMS, Ginebra, 2002.
- [141] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Radiological Protection in Biomedical Research*, ICRP Publication 62, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
- [142] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-7*, OIEA, Viena, 2022.
- [143] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, *Structural Shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities*, NCRP Report No. 147, NCRP, Bethesda, MD (2004).
- [144] SUTTON, D.G., MARTIN, C.J., WILLIAMS, J.R., PEET, D.J., *Radiation Shielding in Diagnostic Radiology*, 2nd edn, British Institute of Radiology, London (2012).
- [145] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, *Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV — Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes*, DIN 6812:2021, DIN, Berlin (2013).
- [146] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, *Installations pour la Production et l'Utilisation de Rayonnements X*, NF C-15-160, Exigences de Radioprotection, AFNOR, Paris (2011).
- [147] RADIOLOGICAL PROTECTION INSTITUTE OF IRELAND, *The Design of Diagnostic Medical Facilities where Ionizing Radiation is Used*, RPII, Dublin (2009).

- [148] ENVIROMENTAL HEALTH DIRECTORATE, Radiation Protection in Dentistry — Recommended Safety Procedures for the Use of Dental X-ray Equipment — Safety Code 30, Environmental Health Directorate, Canada (2000).
- [149] HOLROYD, J.R., WALKER, A., Recommendations for the Design of X-ray Facilities and Quality Assurance of Dental Cone Beam CT (Computed tomography) Systems, A Report of the HPA Working Party on Dental Cone Beam CT, HPA-RPD-065, Health Protection Agency, Chilton (2010).

Anexo

INDICACIONES CLÍNICAS DE LA IMAGENOLÓGÍA RADIOLÓGICA DENTAL

En el presente anexo se ofrece una lista no exhaustiva de indicaciones clínicas (tareas clínicas) de la imagenología radiológica dental, elaborada a partir de directrices profesionales existentes [A-1 a A-13].

En el cuadro A-1 se ofrecen sugerencias para los distintos tipos de examen asociados a cada tarea clínica, y se indican además exámenes diagnósticos alternativos para los que no se utiliza la radiación ionizante, el nivel de dosis asociado a cada examen y comentarios adicionales que han de tenerse en cuenta.

Las sugerencias se estructuran en tres niveles:

- a) Indicado: normalmente, un método de imagenología preferido.
- b) Indicado solo en circunstancias específicas: limitado a situaciones clínicas concretas; se debe prestar especial cuidado a la justificación.
- c) Investigación especializada: indicado, aunque es posible que no resulte de fácil acceso para los odontólogos o que se requiera capacitación especializada.

“Indicado” no significa obligatorio. Las exploraciones radiológicas tendrán que justificarse de forma individual para cada paciente en cada ocasión. En el caso de algunas aplicaciones, varias opciones de imagenología se clasifican como “indicadas”, lo que no quiere decir que se tengan que utilizar todas ellas para el mismo paciente, sino que se debe elegir mediante un razonamiento clínico que sopesa las distintas opciones disponibles. Solo se deben realizar exploraciones radiológicas cuando sea razonable esperar que su resultado influya en la atención al paciente.

El “nivel de dosis” indica el nivel de exposición a la radiación:

- a) Ninguno: técnicas que no usan la radiación ionizante;
- b)  : dosis efectiva habitual <25 μSv ;
- c)   : dosis efectiva habitual <100 μSv , y
- d)    : dosis efectiva habitual <500 μSv .

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13]

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Diagnóstico de caries: consulta inicial	Exploración clínica	Ninguno	Indicado	La exploración clínica de las superficies dentales secas empleando una buena iluminación es fundamental como primera medida para la detección de caries
	Radiografías intraorales interproximales		Indicado	En el caso de los pacientes con riesgo de caries alto o moderado, se mejora considerablemente el rendimiento diagnóstico que ofrece la mera exploración clínica. En el caso de los pacientes con riesgo de caries bajo, las pruebas disponibles son menos sólidas
	Transiluminación por fibra óptica	Ninguno	Indicado	Resulta útil como complemento de la radiografía para la detección de lesiones interproximales

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	Métodos de fluorescencia láser	Ninguno	Investigación especializada	Complemento de la radiografía, pero con tasas considerables de resultados positivos falsos
Diagnóstico de caries: seguimiento	Exploración clínica	Ninguno	Indicado	La exploración clínica de las superficies dentales secas empleando una buena iluminación es fundamental en todas las etapas de seguimiento y revisión asociadas a la detección de caries
	Radiografías intraorales interproximales		Indicado	El intervalo entre radiografías depende del riesgo de caries determinado en la evaluación clínica
Evaluación del hueso periodontal	Exploración clínica	Ninguno	Indicado	El principal método de diagnóstico es la exploración clínica mediante una sonda periodontal, acompañada de la realización de un periodontograma completo en caso necesario

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Evaluación del hueso periodontal (cont.)	Radiografías intraorales interproximales		Indicado	Ofrecen una buena perspectiva geométrica de la fijación del hueso crestal. Es posible que ya se hayan realizado para el diagnóstico de caries. Se puede contemplar la posibilidad de realizar radiografías con la aleta de mordida en posición vertical cuando ya se haya producido pérdida ósea y esta pudiera quedar excluida de la radiografía interproximal convencional
	Radiografías intraorales periapicales		Indicado	Ofrecen una imagen del diente completo. Se debe considerar su uso en caso de pérdida ósea avanzada
	Radiografía panorámica		Indicado	Ofrece una alternativa a las radiografías intraorales múltiples, pero con menor nivel de detalle de la imagen

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	Puede ser útil para la evaluación de defectos óseos complejos si hay prevista una intervención quirúrgica, o para las lesiones endoperiodontales
Diagnóstico de patologías inflamatorias periapicales	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Mayor probabilidad de detectar lesiones inflamatorias periapicales en dientes que presentan signos o síntomas clínicos, caries visibles, restauraciones profundas, coronas o pilares de puentes, así como en dientes endodonciados
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	Hay pruebas de la mayor precisión diagnóstica de algunos sistemas de TC de haz cónico

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Tratamiento endodóncico: estimación de la longitud de trabajo	Radiografía intraoral periapical		Indicado	En el caso de los dientes multirradiculares, puede que se necesite más de una radiografía para evitar la superposición de imágenes y facilitar la localización de las raíces y los conductos mediante paralaje
	Localizador apical electrónico	Ninguno	Indicado	Normalmente es necesario confirmar la medición realizando una radiografía, aunque algunas directrices indican que, en determinados casos en que el operador confíe en el valor medido, bastaría con usar localizadores apicales

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	Si ya se dispone de una TC de haz cónico de alta resolución, tal vez se pueda utilizar para medir la longitud de trabajo, pero la TC de haz cónico no se debe usar como el método habitual de estimación de la longitud de trabajo
Tratamiento endodóncico: a mitad del proceso de obturación (punta principal)	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Dependiendo del criterio clínico, la radiografía del diente con el cono principal de gutapercha en su posición podría estar indicada
Tratamiento endodóncico: final del tratamiento	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Se necesita una radiografía al final del tratamiento para confirmar que la obturación es correcta y como referencia para futuras comparaciones entre imágenes

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Tratamiento endodóncico: revisión	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Las sugerencias que figuran en las distintas directrices sobre cuándo realizar la radiografía de revisión son incoherentes entre sí y carecen de base empírica. Hay pruebas que justifican una revisión 12 meses después de la finalización del tratamiento. Las revisiones posteriores dependen del criterio clínico
Planificación de una corona	Radiografía intraoral periapical		Indicado	La mayoría de los dientes que necesitan restauración con cobertura coronaria completa presentarán una restauración profunda u obturación radicular. Estos criterios también son buenos elementos predictivos de patologías inflamatorias periapicales

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Planificación de un puente (prótesis fija sobre dientes) que se prevé	Radiografía intraoral periapical		Indicado	En el caso de dientes que actúan como pilares y presentan una restauración profunda u obturación radicular, se aplica la misma la justificación que para la planificación de una corona. En el caso de dientes que actúan como pilares pero no han sido restaurados, o solo lo han sido mínimamente, y en los que se prevé colocar un puente adhesivo, es posible que no se necesite radiografía
Tratamiento con implantes: planificación	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Para la planificación de implantes, se pueden justificar diversas combinaciones de técnicas de imagenología, en función de la

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	Radiografía panorámica		Indicado	complejidad cínica y el criterio del cirujano. Tal vez la TC de haz cónico ofrezca una dosis más baja que la TC multidetector, aunque puede que los protocolos de baja dosis para la TC multidetector contrarresten esta situación. La TC de haz cónico suele ser ventajosa en términos de dosis frente a la TC multidetector cuando se puede usar un campo de visión pequeño. Actualmente, la imagenología por resonancia magnética para la planificación de implantes está limitada a unos pocos centros especializados.
	TC de haz cónico	 o 	Indicado	
	TC multidetector	 a  	Indicado	
	Imagenología por resonancia magnética	Ninguno	Investigación especializada	

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Tratamiento con implantes: intraoperatorio	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Puede necesitarse durante la preparación del lugar del implante
Tratamiento con implantes: finalización del tratamiento	Radiografía intraoral periapical		Indicado	En función de la situación clínica específica, será apropiado combinar radiografías intraorales o panorámicas, o de ambos tipos
	Radiografía panorámica		Indicado	
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	Indicado en aquellos casos en que se sospecha una mala colocación o la existencia de daños en estructuras adyacentes (como el conducto dentario inferior)

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Tratamiento con implantes: revisión	Radiografía intraoral periapical		Indicado	En función de la situación clínica específica, será apropiado combinar radiografías intraorales o
	Radiografía panorámica		Indicado	norámicas, o de ambos tipos. Las radiografías intraorales ofrecen un mayor nivel de detalle del hueso crestal y de la unión implante-hueso, pero la técnica puede ser difícil si hay una gran reabsorción del borde alveolar
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	Los artefactos alrededor de los implantes reducen el valor de las imágenes para el estudio de la unión implante-hueso. La TC de haz cónico es útil en ciertos casos (por ejemplo, si se sospecha una colocación incorrecta o para la evaluación de defectos óseos)

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
Traumatismos (dientes y hueso alveolar)	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Las combinaciones de radiografías intraorales con distintas perspectivas ofrecen un alto nivel de detalle y normalmente bastan para los traumatismos dentales
	Radiografía intraoral oclusal		Indicado	
	Radiografía panorámica		Indicado	Abarca una mayor superficie ósea en casos en que se sospecha una fractura dentoalveolar

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	TC de haz cónico	 o 	Indicado solo en circunstancias específicas	La TC de haz cónico localizada de alta resolución parece ofrecer una mayor precisión diagnóstica para la detección de fracturas radicales, pero solo está indicada cuando se ha demostrado que las radiografías convencionales son inadecuadas para la atención al paciente. La cooperación del paciente debe ser excelente, ya que los artefactos asociados al movimiento menoscabarán la detección de fracturas
Traumatismos (maxilofaciales)	Radiografía panorámica		Indicado	Tradicionalmente, para la detección de lesiones óseas se han utilizado combinaciones de radiografías panorámicas y del hueso facial, pero la TC de haz cónico y la TC multidetector las están sustituyendo progresivamente

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	Radiografías de la cara o el cráneo		Indicado	
	TC de haz cónico		Indicado	
		o		
				
	TC multidetector		Indicado	
		o		
				
				
Tratamiento ortodóncico	Radiografía intraoral periapical		Indicado	Se toma para determinar la presencia y la posición de inclusiones dentarias, la presencia o ausencia de enfermedad apical o la forma de la raíz. Las imágenes periapicales pueden formar parte de una técnica de paralaje para la localización de dientes

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLÓGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	Radiografía intraoral oclusal		Indicado	El uso más habitual de las imágenes oclusales es como ayuda para evaluar la posición de colmillos ectópicos y retenidos. La posición de los dientes retenidos se puede determinar utilizando conjuntamente la técnica de paralaje y una radiografía periapical o panorámica
	Radiografía panorámica		Indicado	Para confirmar la presencia, posición y morfología de los dientes retenidos cuando existen indicaciones clínicas de una perturbación del desarrollo dentario normal. El uso de radiografías rutinarias de cribado en niños no se puede justificar

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	Radiografías cefalométricas		Indicado	Para evaluar la estructura ósea y la inclinación del segmento labial. Para dar seguimiento a los efectos del tratamiento. Entre los pacientes que podrían necesitar la cefalometría lateral se encuentran los que presentan una discrepancia ósea y requieran el uso de aparatos funcionales o fijos para el movimiento labiolingual de los incisivos. Los cefalogramas posteroanteriores pueden ser útiles en pacientes con asimetría facial

CUADRO A-1. LISTA NO EXHAUSTIVA DE INDICACIONES CLÍNICAS (TAREAS CLÍNICAS) DE LA IMAGENOLOGÍA DENTAL, ELABORADA A PARTIR DE LAS DIRECTRICES PROFESIONALES EXISTENTES [A-1 a A-13] (cont.)

Tarea clínica	Tipo de examen	Nivel de dosis	Sugerencia	Observaciones
	TC de haz cónico	 o  	Indicado solo en circunstancias específicas	Para algunos casos complejos de anomalía ósea y para la planificación del tratamiento mediante cirugía ortognática. Cuando sea posible, se sustituirá por la TC de haz cónico si así se consigue una dosis de radiación más baja e imágenes adecuadas.
Desplazamiento interno de la articulación temporomandibular	Exploración clínica	Ninguno	Indicado	Suele proporcionar la información necesaria para el diagnóstico.
	Imagenología por resonancia magnética	Ninguno	Indicado solo en circunstancias específicas	Cuando exista incertidumbre sobre el origen de los síntomas, por ejemplo, posible artritis reumatoide juvenil.

Nota: TC de haz cónico: tomografía computarizada de haz cónico; TC multidetector: tomografía computarizada multidetector.

REFERENCIAS DEL ANEXO

- [A-1] AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY, Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics — Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **116** (2013) 238–257; erratum: **116** (2013) 661.
- [A-2] AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, *Dental Radiograph Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure* (2012), <https://www.fda.gov/media/84818/download>
- [A-3] BORNSTEIN, M.M., SCARFE, W.C., VAUGHN, V.M., JACOBS, R., Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **29** (2014) 55–77.
- [A-4] EUROPEAN COMMISSION, *European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology: The Safe Use of Radiographs in Dental Practice*, Radiation Protection No. 136, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2004).
- [A-5] EUROPEAN COMMISSION, *Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology (Evidence-based Guidelines)*, Radiation Protection No. 172, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2012).
- [A-6] EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY, et al., *European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics*, *Int. Endod. J.* **47** (2014) 502–504.
- [A-7] GOODWIN, T.L., et al., *Guidelines on the timing and frequency of bitewing radiography: a systematic review*, *Br. Dent. J.* **222** (2017) 519–526.
- [A-8] HARRIS, D., et al., *E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw*, *Clin. Oral Implants Res.* **23** (2012) 1243–1253.
- [A-9] HEALTH PROTECTION AGENCY, *Guidance on the Safe Use of Dental Cone Beam CT (Computed Tomography) Equipment*, HPA-CRCE-010, Chilton (2010).
- [A-10] HORNER, K., EATON, K.A. (Eds), *Selection Criteria for Dental Radiography*, 3rd edn, Faculty of General Dental Practice, London (2013).
- [A-11] HORNER, K., O'MALLEY, L., TAYLOR, K., GLENNY, A.-M., *Guidelines for clinical use of CBCT: a review*, *Dentomaxillofac. Radiol.* **44** (2015) 20140225.
- [A-12] MATZEN, L.H., BERKHOUT, E., *Cone beam CT imaging of the mandibular third molar: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology (EADMPFR)*, *Dentomaxillofac. Radiol.* **48** (2019) 20190039.
- [A-13] SCOTTISH DENTAL CLINICAL EFFECTIVENESS PROGRAMME, *Oral Health Assessment and Review — Dental Clinical Guidance*, Scottish Dental Clinical Effectiveness Programme, Dundee (2012).

LISTA DE ABREVIATURAS

CCD	dispositivo de carga acoplada
CMOS	metal-óxido-semiconductor complementario
DICOM	imagenología digital y comunicaciones en medicina
EFOMP	Federación Europea de Organizaciones de Física Médica
ESTRO	Sociedad Europea de Radioterapia y Oncología
ICRP	Comisión Internacional de Protección Radiológica
ICRU	Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas
NRD	nivel de referencia de diagnóstico
OMS	Organización Mundial de la Salud
PDA	producto dosis-área
TC	tomografía computarizada
UH	unidad Hounsfield
UNSCEAR	Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Delis, H.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Horner, K.	Universidad de Manchester (Reino Unido)
Jacobs, R.	Universidad Católica de Lovaina (Bélgica)
Parker, M.	Universidad del Cabo Occidental (Sudáfrica)
Pauwels, R.	Universidad Católica de Lovaina (Bélgica)
Pérez, M.	Organización Mundial de la Salud
Potluri, A.	Facultad de Odontología de la Universidad de Pittsburgh (Estados Unidos de América)
Schulze, D.	Digitales Diagnostikzentrum, Alemania
Schulze, R.	Universidad Johannes Gutenberg, Maguncia (Alemania)
Strauss, K.	Centro Médico del Hospital Pediátrico de Cincinnati (Estados Unidos de América)
Tabakov, S.	King's College de Londres (Reino Unido)
Tsapaki, V.	Hospital General Konstantopoulou, Grecia
Vassileva, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Reuniones de consultores

Viena (Austria): 8 a 10 de febrero de 2016, 20 a 24 de febrero de 2017

En línea: 19 de junio de 2018, 15 de mayo de 2019, 4 de octubre de 2019

