



Revisión de la literatura

## Seguridad y protección radiológica con el uso de rayos X portátiles. Revisión de literatura

Francisco Javier Marichi-Rodríguez<sup>1</sup>, Janeth Serrano-Bello<sup>2</sup>,  
Marine Ortiz-Magdaleno<sup>3</sup>, Febe Carolina Vázquez-Vázquez<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, Facultad de Odontología, DEPeI, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Laboratorio de Ciencias Básicas, Facultad de Estomatología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>4</sup> Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales y Biomateriales, Facultad de Odontología, DEPeI, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Autor de correspondencia:**

Febe Carolina Vázquez Vázquez

E-mail: fcarolina.vazquez@gmail.com

**Recibido:** junio 2024

**Aceptado:** junio 2024

**Citar como:**

Marichi-Rodríguez FJ, Serrano-Bello J, Ortiz-Magdaleno M, Vázquez-Vázquez FC. Seguridad y protección radiológica con el uso de rayos X portátiles. Revisión de literatura. *Rev Odont Mex.* 2024; 28(1): 3-12. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2024.28.1.89973

### Resumen

**Introducción:** los equipos de rayos X portátiles ofrecen varios beneficios para el operador. Sin embargo, la seguridad y protección para el operador y el paciente durante la toma de radiografías dentales intraorales es prioridad. **Objetivo:** sintetizar los hallazgos existentes del estado del arte, de la información y los datos publicados por artículos científicos acerca de la seguridad y protección en el uso de rayos X portátiles en odontología. **Material y métodos:** se llevó a cabo

una revisión del estado del arte referente a la información y los datos publicados por artículos científicos acerca de la seguridad y protección en el uso de rayos X portátiles en odontología. La búsqueda de información se realizó en las bases de datos *PubMed*, *Scopus* y *Web of Science*. **Resultados:** los equipos de rayos X portátiles no suplirán completamente a los equipos fijos y móviles. Sus dimensiones pequeñas, su facilidad de operar y las imágenes radiológicas con la misma calidad que un equipo fijo son algunas de las ventajas que ofrecen. La dosis de radiación ionizante generada por el equipo portátil es inferior a  $0.6 \text{ mSv y}^{-1}$ ; por lo tanto, cumple con las normas de seguridad y protección. Estudios recomiendan que el uso de equipos portátiles esté siempre justificado ante el uso de un equipo fijo, y revisar que el equipo portátil esté certificado por la *Food and Drug Administration* (FDA). Es imperativo que el operador esté capacitado para el uso del equipo portátil, que conozca su funcionamiento, utilice chaleco, guantes y lentes de protección. **Conclusión:** los equipos portátiles de rayos X son una alternativa al uso de equipos fijos y móviles, debido a que la radiación a la que está expuesto el operador es menor a la dosis límite permitida. Es necesario mantener el control estricto del área de trabajo, asegurar el uso y el funcionamiento correcto del equipo.

**Palabras claves:** rayos X portátil, protección radiológica, odontología, seguridad, radiación, dosis.

## INTRODUCCIÓN

La continua innovación tecnológica aplicada en el desarrollo de equipos y dispositivos médicos para servicios de imagenología y radiología ha crecido exponencialmente. Los estudios radiológicos son una herramienta de diagnóstico que se han convertido en procedimientos convencionales y de rutina en la atención médica y odontológica previos a la realización de un diagnóstico definitivo y ofrecer un tratamiento<sup>1,2</sup>.

En hospitales, consultorios y centros de estudios de radiología, normalmente se encuentran equipos de rayos X, bien los equipos fijos adosados a una superficie o bien los equipos móviles montados a una base con ruedas. Por otro lado, las necesidades de los pacientes cambian, por lo que los equipos portátiles de rayos X han aportado valiosas aplicaciones desde una perspectiva clínica y tecnológica<sup>3,4</sup>. Los equipos portátiles de rayos X han estado disponibles comercialmente desde hace años. Inicialmente el uso de los equipos portátiles era limitado. Se empleaban en desastres humanitarios y militares, situaciones que involucraban que de manera urgente posterior a un trauma fuese necesario tomar radiografías. Después su uso se amplió para inspecciones de control de drogas, en ciencias forenses y para uso por veterinarios<sup>5</sup>. En el área de la salud su empleo estaba enfocado en pacientes discapacitados, que debido a su condición médica no les era posible acudir a un hospital; inclusive durante la pandemia por COVID-19 el uso de equipos portátiles se incrementó por el alto riesgo de transmisión del virus, de tal manera que el paciente evitaba la necesidad de salir de casa y exponerse para acudir al hospital o al centro de radiología<sup>4</sup>.

En los últimos años se ha observado un aumento de ventas de equipos portátiles para consultorios dentales y facultades de odontología, en éstas últimas es importante considerar que la afluencia de pacientes es mayor, por lo que es necesaria la incorporación de nuevos retos de seguridad, que deben ser abordados por el personal calificado, y así garantizar que no exista ningún riesgo adicional para el operador, el paciente o terceros<sup>6,7</sup>. Por lo tanto, el objetivo de

este artículo de revisión es sintetizar los hallazgos existentes del estado del arte, de la información y los datos publicados por artículos científicos acerca de la seguridad y protección del uso de rayos X portátiles en odontología.

## USO DE LOS EQUIPOS PORTÁTILES

En la odontología conservadora y moderna, el uso de radiografías dentales intraorales influye significativamente en la calidad del diagnóstico y el tratamiento. En consecuencia, el diagnóstico dental por imagen es uno de los procedimientos radiológicos más frecuentes en todo el mundo. Por otro lado, no está claro si los equipos portátiles de rayos X para radiografías intraorales deben de reemplazar a los equipos fijos en la consulta dental<sup>6,8-10</sup>.

El uso correcto del servicio de los equipos portátiles de rayos X depende de una serie de factores importantes a considerar, como las normas de seguridad y los parámetros operacionales. Existen numerosos beneficios en cuanto al uso de los equipos portátiles, ya que son compactos por lo que ocupan poco espacio, son ligeros, su batería es recargable y pueden funcionar sin una fuente de alimentación continua; son fáciles de trasladar de un lugar a otro y su empleo es sencillo. En la Tabla 1 se describen los beneficios del uso de equipos portátiles de rayos X<sup>11</sup>. Por otro lado, la controversia del riesgo inherente al uso de la radiación ionizante de los equipos portátiles de rayos X es una constante, debido a que el operador debe de estar muy cerca del equipo para su uso y no detrás de una barrera física de protección como cuando se utilizan los equipos de rayos X fijos<sup>12</sup>. Así mismo, aún existe el debate en cuanto a los efectos nocivos de la radiación ionizante liberada por los equipos portátiles en comparación con los equipos fijos<sup>13</sup>. Actualmente, no existe una norma que describa cuándo se debe de utilizar un equipo portátil de rayos X. Estudios han descrito situaciones específicas en las cuales se justifica el uso de un equipo portátil como: quirófanos en los que el paciente está bajo anestesia general o sedación, en situaciones que el paciente se encuentre inmóvil o tenga una discapacidad que comprometa su salud y le sea imposible acudir al hospital, centros de detención, en operaciones militares, zonas de desastre humanitario, y comunidades rurales que están alejadas de un centro de atención de salud<sup>7,8</sup>.

**Tabla 1. Ventajas del uso de equipos de rayos X portátiles basado en Martins et al.<sup>5</sup> (2023)**

Función de actualización por USB.
Sistema completamente independiente y funciona con baterías recargables.
Exposición menos rigurosa a la radiación.
Facilidad de trasladar el equipo de un lugar a otro, es ligero e inalámbrico.
Reduce el riesgo de infecciones intrahospitalarias, debido a que no es necesario que el paciente acuda al hospital o a la clínica dental.
Puede acoplarse y desacoplarse a una base móvil.
Calidad en las imágenes radiográficas.
El operador puede permanecer con el paciente durante los procedimientos de rayos X.
Se pueden tomar radiografías el doble de rápido que con los equipos de rayos X fijos.
No es necesario seguir angulaciones precisas. Normalmente el equipo se mantiene a 90° o perpendicular al sensor.
Se adquieren cientos de imágenes de calidad diagnóstica con una sola carga de batería.
Es ideal para clínicas móviles y los equipos no son costosos.

Antes de adquirir un equipo portátil es necesario tomar en cuenta la radiación hacia el operador, el paciente y la calidad de la radiografía. Por esta razón se han implementado normas reglamentarias para regular el uso seguro de equipos de rayos X portátiles, que garanticen la seguridad y la eficacia, contribuyendo en la atención al paciente y la calidad del tratamiento<sup>10,14</sup>.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS RAYOS X PORTÁTILES

Los equipos portátiles tienen dimensiones aproximadamente de 30 × 26 × 14 cm y pesan alrededor de 3.5 Kg. Existen dos diseños de equipos portátiles, con mango y gatillo, y otro con forma de cámara fotográfica. Constan de un tubo de rayos X de ánodo fijo muy similar a un equipo fijo convencional que debe tener un blindaje interno plomado; la longitud de este tubo o cilindro puede variar, de acuerdo con el modelo del equipo portátil, entre 6 cm y 14 cm. El diámetro de colimación del cilindro se encuentra en un rango entre 60 y 65 mm. El punto focal es el área del blanco donde inciden los electrones y desde donde se emiten los rayos X; en los equipos portátiles varía de 0.1 a 0.8 mm. El dispositivo de disparo está en el mismo equipo portátil. Tienen una batería de litio de 11.1 V; el KV es de 50 y 70 KV, y el mA está entre 0.1 y 3 mA<sup>7,15,16</sup>. De acuerdo con los requisitos establecidos por la *Food and Drug Administration* (FDA), el equipo portátil debe tener una pantalla de acrílico, también conocida como disco o escudo de retrodispersión, con un espesor de plomo mínimo de 0.25 mm y diámetro de 15.2 cm, y estar ubicado a un cm del extremo del cilindro para proteger al operador de la radiación secundaria y que ésta quede lo suficientemente bloqueada<sup>16</sup>. Con el uso del disco de retrodispersión existe una disminución de dosis recibida en las manos del operador hasta del 32%, y una disminución de hasta 37% a nivel de pecho y cintura del operador<sup>17</sup>. Sin embargo, la forma y el tamaño de esta zona de seguridad varían dependiendo de la altura del operador, la longitud de los brazos (distancia del equipo portátil al operador) y la angulación en el manejo del equipo. Un estudio más concluyó que la mayor exposición es recibida en las manos del operador; es por esto que se recomienda el uso de guantes plomados, ya que su uso puede disminuir la dosis en manos hasta en un 31%<sup>18</sup>.

De acuerdo con las especificaciones de cada fabricante es posible adquirir 100 imágenes cuando la batería del equipo portátil está totalmente cargada. La calidad de imagen de las radiografías es equivalente a la producida con equipos de rayos X fijos; sin embargo, el uso rutinario del equipo portátil genera una disminución de la carga de la batería, lo que puede ocasionar una disminución de la calidad de la imagen; se recomienda en lo posible mantener la batería cargada continuamente<sup>19,20</sup>. El equipo portátil tiene un haz de luz integrado con colimadores ajustables, junto con la selección y visualización de los parámetros técnicos en el panel de control. También es posible ajustar el equipo portátil a un soporte y mantenerlo en una posición estable y fija<sup>15</sup>.

## DOSIS DE RADIACIÓN

Es necesario considerar las diferentes características entre un equipo fijo y uno portátil para la protección a la exposición de radiación. En un equipo fijo, el operador está alejado del cilindro y en un equipo portátil el equipo está a unos cuantos centímetros del cuerpo del operador<sup>21</sup>. La American Dental Association y el Departamento de Salud Pública de Inglaterra, establecen en sus normas que los equipos de rayos X portátiles no representan un mayor riesgo de radiación que los equipos fijos, tanto para el paciente como para el operador<sup>22-24</sup>. Al momento de realizar

una radiografía dental, la radiación ionizante pasa a través de los tejidos y una pequeña parte de dosis efectiva es absorbida por los tejidos. Estudios han reportado que la emisión de radiación de los equipos portátiles es muy baja, permitiendo ser considerados uno de los equipos más seguros en el mercado médico y radiológico<sup>16,25,26</sup>.

Existen diferentes datos reportados en cuanto a la dosis de radiación ionizante liberada por equipos de rayos X portátiles. Se ha descrito que la dosis para un operador de un equipo portátil es inferior a  $0.6 \text{ mSv y}^{-1}$ , siguiendo las recomendaciones del fabricante<sup>27</sup>. La dosis equivalente en la cabeza y las extremidades del operador del equipo portátil no excede  $0.6 \text{ mSv/año}$  y  $20 \text{ mSv/año}$  respectivamente, estos datos están dentro de los límites considerados aceptables por la Comisión Internacional de Protección Radiológica<sup>5,9</sup>.

La dosis mínima de radiación ionizante para que se presenten efectos adversos es mayor de  $100 \text{ mSv}$  y se estima que aproximadamente el 15% de la dosis de radiación absorbida por una persona al año es debido a estudios médicos de imagenología y radiología<sup>28-30</sup>. Lo anterior sugiere que las dosis para operadores debidamente capacitados de equipos de rayos X portátiles que cumplan con las normas establecidas serán inferiores a  $1.0 \text{ mSv y}^{-1}$ , lo que representa el 2% del límite de dosis ocupacional anual. La dosis recibida durante la toma de una radiografía digital es de  $0.005 \text{ mSv}$ , lo que equivale a un día de exposición en el sol en la playa. Por lo tanto, la dosis de radiación es menor cuando se toma una radiografía digital. La radiación ionizante recibida por un equipo de rayos X es comparada con la radiación de  $3 \text{ mSv}$  al año recibida por la exposición al sol, teléfonos o satélites<sup>28</sup>. Estudios han reportado que la dosis media de radiación ionizante absorbida por la población mundial debido sólo a la exposición natural al sol es de aproximadamente  $2.4 \text{ mSv/año}$ <sup>30</sup>. Esta dosis puede variar de acuerdo con la ubicación donde vive el paciente; por ejemplo, se ha descrito que en la ciudad de Ramsar en Irán la radiación logra alcanzar una media de  $10 \text{ mSv/año}$  y máximos de hasta  $260 \text{ mSv/año}$ ; mientras que en Guarapari, ciudad ubicada en Brasil, ha alcanzado valores media de  $5.5 \text{ mSv/año}$  y máximos de hasta  $35 \text{ mSv/año}$ <sup>5</sup>.

Las dosis de radiación al utilizar un equipo portátil están por debajo de los límites de dosis establecidos para el operador en un periodo de tiempo determinado, lo cual permite realizar diferentes técnicas radiográficas intraorales. Sin embargo, estudios han confirmado que la dosis recibida por el operador de un equipo portátil siempre será mayor que la dosis de radiación recibida utilizando un equipo de rayos X fijo o móvil<sup>15,31</sup>. Por esta razón, algunos estudios favorecen el uso de los equipos fijos de rayos X en odontología<sup>21,26,16</sup>.

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL USO DE EQUIPOS PORTÁTILES

Las medidas de protección sirven para eliminar o reducir la exposición secundaria a la radiación efectiva recibida por el operador del equipo de rayos X portátil y otros trabajadores del entorno. En caso de que el equipo portátil se mantenga en una base fija es recomendable que el operador se aleje a dos metros de distancia o se encuentre detrás de una barrera física de protección, de tal manera que el operador estaría totalmente protegido como cuando se utiliza un equipo fijo de rayos X (Tabla 2). Las empresas que distribuyen equipos de rayos X tienen la responsabilidad de difundir las medidas de seguridad y de instruir a los profesionales sobre las medidas de protección para el operador, el personal y el público<sup>6,16,32,33</sup>. Muchos estados de Estados Unidos de América se basan en las normas estatales sugeridas para el control de la radiación de la Conferencia de directores de Programas de Control de Radiación para regular el uso de equipos de rayos X. En Nueva York están regulados por la Ley de Salud Pública del

Estado de Nueva York, que establece que el operador del equipo de rayos X debe estar situado a una distancia mínima de 1.8 metros del generador de rayos X y no debe sujetar el generador de rayos X<sup>34</sup>.

**Tabla 2. Medidas de protección para equipos de rayos X portátiles de acuerdo con Fuente-Alba et al.<sup>3</sup> (2021) y Barba-Ramírez et al.<sup>7</sup> (2021)**

Seguir las indicaciones de uso del fabricante.
Para evitar irradiar glándulas salivales, mamarias y tiroideas, el operador debe de sostener el equipo portátil a la distancia de un antebrazo del cuerpo.
Contar con un control de calidad y de radioprotección según las normas internacionales de protección de radiología.
Utilizar un escudo de retrodispersión de plomo para evitar la radiación secundaria.
Utilizar cilindros largos y colimadores rectangulares.
El operador debe utilizar gafas protectoras y delantal de plomo.
Personal de la clínica deberá mantenerse a dos metros de distancia del paciente y del equipo portátil o detrás de una barrera física, y no situarse en dirección del colimador.
Mantener una distancia del foco del equipo portátil a la piel del paciente de 20 cm y el colimador circular debe de tener un diámetro máximo de 63 mm para reducir la exposición a radiaciones ionizantes en el paciente.
Se recomienda que el operador se coloque guantes plomados ya que así reduce de 3 a 4 veces la radiación recibida; el delantal plomado y collar tiroideo ocasiona una reducción de 300 a 600 veces.
Evitar la presencia de terceras personas en el espacio donde se utiliza el equipo portátil. En caso de estar presentes, mantener una distancia de dos metros.
Dar mantenimiento al equipo portátil cada 6 meses o lo que indique el fabricante. Este periodo de tiempo puede variar de acuerdo con la marca del equipo.
Utilizar un apagado automático posterior al uso del equipo. Apagar el equipo evita exposiciones a la radiación ionizante.
Uso de un trípode para que el operador se mantenga una distancia de al menos dos metros del colimador o detrás de una pared plomada para activarlo con un disparador a distancia.
Mantener el equipo portátil lejos del cuerpo con una angulación horizontal de cero grados.
Tener un entrenamiento que incluya la capacitación para el uso seguro de fuentes de radiación y las medidas de protección radiológica a utilizar.
Advertir que se realizará la toma de una radiografía para evitar la entrada de terceras personas de forma inadvertida.
Limitar el espacio del uso del equipo portátil de rayos X para que terceras personas no se expongan a la radiación ionizante.
Tener en cuenta que suelen utilizarse tiempos de exposición superiores a un segundo en pacientes.
Realizar una evaluación de riesgos para identificar la configuración más adecuada para la protección radiológica del operador, el personal y el público en general.
Sólo el personal autorizado puede hacer uso del equipo portátil y cuidar por la seguridad y el almacenamiento seguro del equipo.
Es recomendable tener un dosímetro, a pesar de que está demostrado que los equipos portátiles no exceden la dosis de radiación.

Entre la comunidad científica y los organismos reguladores de protección radiológica continúa la controversia respecto a la exposición de dosis bajas de radiación ionizante del personal médico. A niveles muy bajos, la radiación de transferencia lineal de energía produce daños en el material genético, como son las roturas simples de hélice o cambios puntuales en bases nitrogenadas o pentosas<sup>35-37</sup>. El modelo lineal sin umbral describe que en teoría existe una relación lineal entre la dosis absorbida de radiación ionizante y el riesgo de desarrollar neoplasias malignas, sin que exista un umbral de exposición por debajo del cual dicho efecto desaparezca,

es decir, que durante nuestra vida estamos expuestos a radiación ionizante de manera natural, por lo que de manera cotidiana tenemos un riesgo inherente de cáncer radioinducido. En otras palabras, significa que cada incremento de dosis de radiación, por pequeño que sea, constituye un mayor riesgo de cáncer para los seres humanos; este efecto es conocido como estocástico<sup>36</sup>. Esta teoría sirve de base filosófica y práctica para la evaluación de riesgos y la gestión de las exposiciones en el medio ambiente y en el lugar de trabajo. Suárez Fernández<sup>38</sup> concluye que el modelo lineal sin umbral sobrestima el riesgo de cáncer a bajas dosis de radiación ionizante, por lo que su uso no debería justificarse más. La aceptación de esta teoría implica que el riesgo potencial derivado de la exposición a radiación de origen médico se esté intentando minimizar desde múltiples perspectivas y contextos. Aquí aplicamos la frase *"as low as reasonably achievable"* (tan bajo como sea razonablemente posible), que promueve la concientización y la disminución de la exposición por la radiación<sup>38</sup>.

Sin embargo, y aunque es extremadamente bajo, el riesgo atribuible a la exposición de radiación de origen médico sí existe. En consecuencia, la mayoría de las organizaciones de protección radiológica coinciden en que es prudente asumir que el riesgo es proporcional a la dosis, incluso en el caso de la exposición por razones de diagnóstico médico<sup>5,13</sup>. Es imperativa la protección de los trabajadores y de la población frente a la exposición a radiaciones ionizantes; por lo tanto, se requiere una política para establecer límites de exposición para las personas que se encuentran en el rango de dosis bajas, incluidas las que se someten a procedimientos de diagnóstico por imagenología y por exposición ocupacional<sup>35</sup>.

El personal a cargo de equipos portátiles de rayos X deberá acreditar que ha recibido formación sobre el uso seguro de fuentes de radiación, de modo que comprenda los riesgos que involucra el uso del equipo portátil y el uso de las medidas obligatorias de protección radiológica que se deben adoptar, por lo que al tener el conocimiento y capacitación previa se convertirá en un personal experimentado en el uso de equipos de rayos X portátiles<sup>1,9,13</sup>. La FDA recomienda específicamente que, antes de adquirir equipos portátiles de rayos X, se compruebe que el equipo tenga visibles la certificación y las etiquetas de advertencia adecuadas, así como que la FDA ha autorizado el equipo y que esta autorización puede verificarse en la base de datos<sup>39</sup>.

## LIMITACIONES DEL USO DE EQUIPOS PORTÁTILES

Los profesionales en odontología deben ser conscientes de la existencia de equipos de rayos X inseguros y utilizar únicamente los equipos autorizados por la FDA para protegerse a sí mismos y a sus pacientes<sup>39</sup>. En ocasiones, una de las limitaciones de estos equipos portátiles es la radiofrecuencia que se utiliza para producir las derivaciones de rayos X, la cual puede perturbar otros equipos digitales. Es importante aclarar que estudios previos han descrito que la preparación del operador en el uso de equipos portátiles influye en la calidad de la toma de radiografías, por lo que preparar al operador previo al uso del equipo portátil mejorará el perfeccionamiento de la técnica<sup>8,40</sup>.

En la actualidad, es muy difícil opinar sobre el uso masivo de los equipos portátiles de rayos X, sin embargo, teniendo en cuenta sus consideraciones técnicas y su calidad de imagen, su futuro parece prometedor en el campo de la medicina y la odontología<sup>5</sup>. Estudios previos enfatizan en el uso justificado de los equipos de rayos X portátiles como, por ejemplo, en residencias de ancianos o para personas con discapacidades que comprometan su movilidad o su salud general y que, por lo tanto, no puedan acudir a un hospital o consultorio<sup>41</sup>. En contraste, otros estudios reportan que los equipos portátiles de rayos X pueden utilizarse perfectamente en la

práctica clínica habitual como alternativa a los dispositivos montados en la pared, siguiendo las estrictas normas de protección radiológicas. Por lo tanto, no existe una conclusión generalizada por la comunidad científica y médica del uso de equipos portátiles de rayos X en lugares específicos laborales<sup>42</sup>.

## CONCLUSIÓN

Los operadores de equipos de rayos X portátiles deben contar con la capacitación necesaria para el uso del equipo, y cumplir estrictamente con las normas de seguridad y protección para minimizar la exposición a la radiación secundaria. Los resultados indican que la dosis para un operador de este equipo será inferior a 0.6 mSv y<sup>-1</sup> si el dispositivo se utiliza según las recomendaciones del fabricante. Esto sugiere que las dosis para operadores debidamente capacitados de unidades de rayos X dentales portátiles serán inferiores a 1.0 mSv y<sup>-1</sup> (2% del límite de dosis ocupacional anual). Este nivel de dosis anual es similar al reportado por el personal dental típico que utiliza unidades fijas de rayos X, lo cual es aceptable para esta clase de dosis ocupacional. En consecuencia, no debería haber preocupación por el uso de este sistema de rayos X portátiles.

El uso correcto de los equipos portátiles ha permitido que estos dispositivos sean considerados como una alternativa en la radiología dental ya que son muy útiles en situaciones clínicas específicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Berkhout WER, Suomalainen A, Brüllmann D, Jacobs R, Horner K, Stamatakis HC. 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.* 2015; 44(6): 20140343. DOI: 10.1259/dmfr.20140343
2. Jomezai U, Riches T, Townsend D, Abercrombie C. Introduction of a Nomad Pro hand held dental x-ray unit for radiography in a special care setting. *Journal of Disability and Oral Health.* 2016; 17(2): 78-84. DOI: 10.443/JDOH/Jomezai\_14 [https://www.stephenhancocks.com/view.php?article\\_id=1634&journal\\_id=186](https://www.stephenhancocks.com/view.php?article_id=1634&journal_id=186)
3. Zapata Fuente-Alba K, Hidalgo Rivas A. Equipos radiográficos dentales portátiles: revisión de la literatura. *Av Odontoestomatol.* 2021; 37(4): 160-168. DOI: 10.4321/s0213-12852021000400003
4. Iwawaki A, Otaka Y, Asami R, Ozawa T, Izawa M, Saka H. The study of protection of operators and surrounding workers at the time of using portable intraoral X-ray unit. *Leg Med (Tokyo).* 2018; 33: 66-71. DOI: 10.1016/j.legalmed.2018.05.007
5. Martins GC, Rocha TG, de Lima Azeredo T, de Castro Domingos A, Visconti MA, Villoria EM. Hand-held dental X-ray device: Attention to correct use. *Imaging Sci Dent.* 2023; 53(3): 265-266. DOI: 10.5624/isd.20230137
6. Iwawaki A, Otaka Y, Asami R, Ishii T, Kito S, Tamatsu Y, et al. Comparison of air dose and operator exposure from portable X-ray units. *Leg Med (Tokyo).* 2020; 47: 101787. DOI: 10.1016/j.legalmed.2020.101787
7. Barba-Ramírez L, Cascante-Sequeira D. Update on Hand-Held X-Ray Devices in Dentistry: a Literature Review. *odovtos-Int. J. Dental Sc.* 2021; 24(2): 26-33. DOI: 10.15517/ijds.2021.45846
8. Swati J, Basavaraj P, Sowmya AR, Ashish S, Shilpi S, Hansa K, et al. Portable dental radiographic machines- A systematic review. *J Orofacial Health Sci.* 2013; 4(2): 56-60. DOI: 10.5958/j.2229-3264.4.2.001

9. Leadbeatter J, Diffey J. Evaluation of radiation exposure to operators of portable hand-held dental X-ray units. *Phys Eng Sci Med*. 2021; 44(2): 377-385. DOI: 10.1007/s13246-021-00985-5
10. Otaka Y, Harata Y, Izawa M, Iwawaki A, Asami R, Saka H, *et al*. Efficacy of shields against the backscatter radiation of portable X-ray units. *Radiat Saf Manag*. 2018; 17: 1-12. DOI: 10.12950/rsm.171016
11. Lurie AG, Kantor ML. Contemporary radiation protection in dentistry: Recommendations of National Council on Radiation Protection and Measurements Report No. 177. *J Am Dent Assoc*. 2020; 151(10): 716-719. DOI: 10.1016/j.adaj.2020.05.007
12. Makdissi J, Pawar RR, Johnson B, Chong BS. The effects of device position on the operator's radiation dose when using a handheld portable X-ray device. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016; 45(3): 20150245. DOI: 10.1259/dmfr.20150245
13. Lommen J, Schorn L, Nitschke J, Sproll C, Zeller U, Kübler NR *et al*. Accuracy in positioning of dental X-ray images - A comparative study of a portable X-ray device and a wall-mounted device. *Saudi Dent J*. 2021; 33(8): 884-889. DOI: 10.1016/j.sdentj.2021.09.018
14. Legislative Service Bureau. Legal Division, Statutory Compiling and Law Publications Unit. 2018 *Michigan Public Acts Table*. PA No. 544 Health; other; use of handheld dental X-ray system; allow under certain circumstances. [Internet]. [Consultado 5 septiembre 2024]. <https://www.legislature.mi.gov/documents/2017-2018/publicacttable/pdf/2018-PAT.pdf>
15. Zenóbio EG, Zenóbio MAF, Azevedo CDB, Nogueira MDS, Almeida CD, Manzi FR. Assessment of image quality and exposure parameters of an intraoral portable X-rays device. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019; 48(3): 20180329. DOI: 10.1259/dmfr.20180329
16. Gray JE, Bailey ED, Ludlow JB. Dental staff doses with handheld dental intraoral x-ray units. *Health Phys*. 2012; 102(2): 137-142. DOI: 10.1097/HP.0b013e318230778a
17. Hoogveen RC, Ouchene S, Berkhout W. Diagnostic image quality of hand-held and wall-mounted X-ray devices in bitewing radiography: a non-inferiority clinical trial. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021; 50(5): 20200471. DOI: 10.1259/dmfr.20200471
18. Cho JY, Han WJ. The reduction methods of operator's radiation dose for portable dental X-ray machines. *Restor Dent Endod*. 2012; 37(3): 160-164. DOI: 10.5395/rde.2012.37.3.160
19. Pittayapat P, Thevissen P, Fieuws S, Jacobs R, Willems G. Forensic oral imaging quality of hand-held dental X-ray devices: Comparison of two image receptors and two devices. *Forensic Sci Int*. 2010; 194(1-3): 20-27. DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.09.024
20. Nitschke J, Schorn L, Holtmann H, Zeller U, Handschel J, Sonntag D, *et al*. Image quality of a portable X-ray device (Nomad Pro 2) compared to a wall-mounted device in intraoral radiography. *Oral Radiol*. 2021; 37(2): 224-230. DOI: 10.1007/s11282-020-00434-1
21. Smith R, Tremblay R, Wardlaw GM. Evaluation of stray radiation to the operator for five hand-held dental X-ray devices. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019; 48(5): 20180301. DOI: 10.1259/dmfr.20180301
22. Public Health England. *Guidance on the safe use of hand-held dental X-ray equipment*. Chilton, Dodcot, Oxfordshire: Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, 2016. [https://www.ukhsa-protectionservices.org.uk/cms/assets/gfx/content/resource\\_3588csc2964caac0.pdf](https://www.ukhsa-protectionservices.org.uk/cms/assets/gfx/content/resource_3588csc2964caac0.pdf)
23. American Dental Association, US Department of Health and Human Services. *Dental radiographic examinations: Recommendations for patient selection and limiting radiation exposure*. Washington, DC: ada, fda, 2012. <https://www.fda.gov/media/84818/download>
24. National Council on Radiation Protection and Measurements. *NCRP Report No. 177: Radiation protection in dentistry and oral & maxillofacial imaging*. [https://www.aapm.org/pubs/NCRP/NCRP\\_Report\\_177\\_overview.pdf](https://www.aapm.org/pubs/NCRP/NCRP_Report_177_overview.pdf)
25. Wilches-Visbal JH, Castillo Pedraza MC, Jamil Khoury H. Protección radiológica en radiología dental. *CES Odontol*. 2021; 34(1): 52-67. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-971X2021000100052&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-971X2021000100052&script=sci_arttext)

26. Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities. *Position Statement on use of handheld portable dental x-ray equipment*. Approved at the 13<sup>th</sup> HERCA board meeting, Vilnius, Lithuania, 12 June 2014. [https://www.herca.org/wp-content/uploads/uploaditems/documents/HERCA\\_position\\_statement\\_on\\_use\\_of\\_handheld\\_portable\\_dental\\_x-ray\\_equipment.pdf](https://www.herca.org/wp-content/uploads/uploaditems/documents/HERCA_position_statement_on_use_of_handheld_portable_dental_x-ray_equipment.pdf)
27. McGiff TJ, Danforth RA, Herschaft EE. Maintaining radiation exposures as low as reasonably achievable (alara) for dental personnel operating portable hand-held x-ray equipment. *Health Phys.* 2012; 103(2): S179-S185. DOI: 10.1097/HP.0b013e318259fa29
28. International Commission on Radiological Protection [ICRP]. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007; 37(2-4): 1-332. DOI: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
29. National Research Council. *Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2*. Washington, DC: The National Academies Press, 2006. DOI: 10.17226/11340
30. Puerta-Ortiz JA, Morales-Aramburo J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Rev Colomb. Cardiol.* 2020; 27(S1): 61-71. DOI: 10.1016/j.rccar.2020.01.005
31. Goren AD, Bonvento M, Biernacki J, Colosi DC. Radiation exposure with the Nomad portable X-ray system. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(2): 109-112. DOI: 10.1259/dmfr/33303181
32. Rottke D, Gohlke L, Schrödel R, Hassfeld S, Schulze D. Operator safety during the acquisition of intraoral images with a handheld and portable X-ray device. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018; 47(3): 20160410. DOI: 10.1259/dmfr.20160410
33. Hosseini Pooya SM, Hafezi L, Manafi F, Talaeipour AR. Assessment of the radiological safety of a Genoray portable dental X-ray unit. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015; 44(3): 20140255. DOI: 10.1259/dmfr.20140255
34. Department of Health. New York State. *Section 225 of the New York State Public Health Law - Public Health Council*. Albany: New York State, 2009. [https://www.health.ny.gov/regulations/public\\_health\\_law/section/225/](https://www.health.ny.gov/regulations/public_health_law/section/225/)
35. Mossman KL. The Int debate in radiation protection: Science vs. policy. *Dose Response.* 2012; 10(2): 190-202. DOI: 10.2203/dose-response.11-017.Mossman
36. Averbeck D. Does scientific evidence support a change from the Int model for low-dose radiation risk extrapolation? *Health Phys.* 2009; 97(5): 493-504. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181b08a20
37. Feinendegen LE, Pollycove M, Sondhaus CA. Responses to low doses of ionizing radiation in biological systems. *Dose Response.* 2004; 2(3): 143-171. DOI: 10.1080/15401420490507431
38. Suárez Fernández JP. El ocaso del modelo lineal sin umbral. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2020; 39(5): 303-315. DOI: 10.1016/j.remn.2020.05.006
39. U.S. Department of Health and Human Services. *Illegal sale of potentially unsafe hand-held dental X-ray units: FDA safety communication*. Silver Spring, Md : US FDA, 2012. <https://wayback.archive-it.org/7993/20170722045031/https://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationSafety/AlertsandNotices/ucm291214.htm>
40. Mahdian M, Pakchoian AJ, Dagdeviren D, Alzahrani A, Jalali E, Tadinada A, et al. Using hand-held dental x-ray devices. *J Am Dent Assoc.* 2014; 145(11): 1130-1132. DOI: 10.14219/jada.2014.85
41. Geist JR. Handheld intraoral dental x-ray devices should supplement but not replace conventional radiographic equipment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021; 132(3): 257-259. DOI: 10.1016/j.o000.2021.06.001
42. Amani T, Surenthar M, Tn U, Prethipa R, Kumar S L. Image quality assessment of digital radiographs captured by hand-held devices versus wall-mounted devices: A retrospective comparative study. *Cureus.* 2024; 16(1): e52900. DOI: 10.7759/cureus.52900