

Dosis de radiación absorbida por Endodoncistas con el uso de rayos x portátil y su efecto en la glándula tiroides

Margie Amaya González, Pabla Arguello Ramírez y Eduard Castillo Arenas

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Endodoncia

Director

Marcela Moreno Munera

Maestría en Ciencias Odontológicas

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en endodoncia extensión Bogotá

2023

Contenido

Dosis de radiación absorbida por Endodoncistas con el uso de rayos x portátil y su efecto en la glándula tiroides	9
1. Introducción.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Justificación	16
2. Marco Teórico	19
2.1 Rayos X	19
2.2 Descubrimiento	20
2.3 Sensores de rayos X digitales	21
2.4 Sistemas de estado sólido. Tecnología CCD.	22
2.5 Sistemas de almacenamiento de placas de fósforo	23
2.6 Efectos de la radiación ionizante	24
2.7 Órganos radiosensibles.....	27
3. Objetivos	30
3.1 Objetivo general.....	30
3.2 Objetivos específicos.....	30
4. Método	31
4.1 Tipo de estudio.....	31
4.2 Selección y Descripción de participantes población.....	31
4.2.1 Muestra y Tipo de Muestreo	31
4.2.2 Criterios de Selección	31
4.3 Variable	32
4.4 Instrumento	33

4.5 Procedimiento	33
4.6 Toma de muestra de sangre	34
4.6.1 Cuidados y recomendaciones	34
4.6.2 Técnica de recolección.....	35
4.6.3 Equipo	35
4.6.4 Transporte	35
4.6.5 Dosímetro y evaluación de radiación dispersa	36
4.6.6 Encuesta	36
4.7 Análisis estadístico.....	36
4.8 Implicaciones bioéticas	37
5. Resultados	37
6. Discusión.....	46
7. Conclusión	51
Referencias.....	54
Apéndices.....	59

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Valores de perfil hormonas perfil tiroideo</i>	29
Tabla 2. <i>Variables</i>	32
Tabla 3. <i>Valores THS y T4L</i>	36
Tabla 4. <i>Resultados dosímetro personal</i>	38
Tabla 5. <i>Identificación de las instalaciones</i>	39
Tabla 6. <i>Carga de trabajo</i>	40
Tabla 7. <i>Diferencia porcentual THS y T4L</i>	41
Tabla 8. <i>Correlación de variables cambio porcentual T4L y numero de radiografías tomadas</i> ...	45

Lista de figuras

Figura 1. <i>Registros de TSH y T4L agosto</i>	42
Figura 2. <i>Cambio porcentual en pruebas T4L y THS con base al número de radiografías tomadas</i>	43
Figura 3. <i>Relación entre la cantidad de radiografías y los cambios porcentuales en las variables medidas en agosto</i>	44
Figura 4. <i>Correlación lineal entre cambio porcentual de T4L numero de radiografías</i>	45
Figura 5. <i>Influencia del ángulo de estabilización del rayo X portátil. uso del disco de retrodispersión.</i>	48
Figura 6. <i>Equipo rayos x portátil Carry X</i>	49

Lista de apéndices

Apéndice A. *Instrumento* 59

Apéndice B. *Consentimiento informado* 61

Resumen

Problema: la radiografía dental desempeña un papel vital en el campo de la odontología, ayudando en el diagnóstico y la planificación del tratamiento. Es necesario abordar los posibles riesgos para la salud asociados con la exposición a la radiación, especialmente para endodoncistas. Este estudio evalúa la exposición a la radiación en los endodoncistas y su impacto en la glándula tiroides. La exposición prolongada a dosis bajas de radiación se ha relacionado con riesgo de enfermedades tiroideas, como el hipotiroidismo y el cáncer de tiroides. **Objetivo:** Determinar la dosis de radiación absorbida por un grupo de endodoncistas expuestos al uso continuo de equipos de rayos X portátiles durante 3 meses de exposición y describir los posibles cambios de la glándula tiroides a través de la evaluación de un perfil funcional. **Método:** se monitoreó a un grupo de 10 endodoncistas que utilizan rayos X portátiles. Se realizaron pruebas de sangre iniciales para medir los niveles de hormona estimulante de la tiroides (TSH) y tiroxina libre (T4L). Además, se proporcionaron dosímetros personales y pruebas de radiación dispersa, con el fin de medir la exposición acumulativa a la radiación durante el estudio. **Resultados:** se evidenció una variabilidad significativa en la exposición a la radiación entre los participantes, con un individuo que mostró dosis notablemente más altas. Este participante, que utilizaba una máquina de rayos X específica sin emplear protección radiológica, presentó la exposición más alta. Los hallazgos también destacaron una relación entre el aumento de la exposición a la radiación y cambios en los niveles de T4L. **Conclusión:** la exposición a la radiación en los endodoncistas puede variar debido a factores como el tipo de equipo, la técnica radiográfica y la falta de medidas de protección. La ausencia de elementos de protección radiológica puede llevar a una exposición mayor.

Palabras clave: radiación, glándula tiroides, rayos x portátil, Endodoncistas

Abstract

Problem: Dental radiography plays a vital role in the field of dentistry, assisting in diagnosis and treatment planning. The potential health risks associated with radiation exposure need to be addressed, especially for endodontists. This study evaluates radiation exposure in endodontists and its impact on the thyroid gland. Long-term exposure to low doses of radiation has been linked to the risk of thyroid diseases, such as hypothyroidism and thyroid cancer. **Objective:** Determine the radiation dose absorbed by a group of endodontists exposed to the continuous use of portable X-ray equipment during 3 months of exposure and describe the possible changes of the thyroid gland through the evaluation of a functional profile. **Method:** a group of 10 endodontists using portable X-rays were monitored. Baseline blood tests were performed to measure thyroid-stimulating hormone (TSH) and free thyroxine levels (T4L). Additionally, personal dosimeters and scatter radiation testing were provided to measure cumulative radiation exposure during the study. **Results:** Significant variability in radiation exposure was evident among participants, with one individual showing notably higher doses. This participant, who used a specific X-ray machine without using radiation protection, had the highest exposure. The findings also highlighted a relationship between increased radiation exposure and changes in FT4 levels. **Conclusion:** Radiation exposure in endodontists can vary due to factors such as type of equipment, radiographic technique, and lack of protective measures. The absence of radiological protection elements can lead to greater exposure.

Keywords: radiation, thyroid gland, portable x-ray, endodontists

Dosis de radiación absorbida por Endodoncistas con el uso de rayos x portátil y su efecto en la glándula tiroides

1. Introducción

En el campo de la odontología el uso de rayos X ha sido fundamental para la visualización de estructuras dentales y la planificación de los tratamientos. Sin embargo, con el avance de la tecnología es importante considerar los posibles riesgos asociados con la exposición a la radiación, especialmente para los profesionales de la salud dental, como son los endodoncistas (Basrani, 2012).

En las últimas décadas, los rayos X en el campo dental han evolucionado de forma significativa la radiografía digital y con ello han desarrollado equipos de rayos X portátiles y así, se han reemplazado paulatinamente las técnicas de imagenología convencionales. Estas tecnologías permiten una visualización más precisa y detallada de las estructuras dentales, lo cual es esencial para un diagnóstico y tratamiento precisos (Machado, 2023).

La reducción en la dosis de radiación a menudo ha sido señalada como una de las mayores ventajas de la radiografía digital, sin embargo, es cuestionable si esta tecnología realmente aporta este beneficio con respecto a las imágenes intraorales y extraorales de tipo análogo, ya que la reducción en la dosis de radiación para las radiografías digitales depende de un factor fundamental el cual sólo es posible cuando el odontólogo selecciona la exposición más baja para obtener una imagen óptima (Berkhout, et al., 2015).

(Brenner, et al., como se citó en Miller, 1995), observaron un aumento del riesgo carcinogénico cuando la dosis de exposición a la radiación aguda alcanza entre los 10 a 50 mSv (miliSievert), mientras que el riesgo carcinogénico de exposición a la radiación a largo plazo ocurre a una dosis acumulada mayor a 100 mSv. Agregado a ello, según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en sus recomendaciones de 2007 señala que el límite máximo

permitido para el profesional expuesto debe estar por debajo de los 100 mSv en cinco años oficiales de trabajo, siendo máximo 50 mSv en cualquiera de los años de exposición, con lo cual se busca no exceder la dosis anual de 20 mSv, esto con el propósito de evitar los efectos relacionados con el azar de la situación.

Cuando se habla de los aspectos deletéreos de los rayos X sobre la materia, se debe remitir en primera instancia a la función endocrinológica de la glándula tiroides. Las radiaciones ionizantes provenientes de los equipos de rayos X adquieren importancia por las patologías que pueden desarrollar a nivel de esta glándula. (Memon, et al, 2010).

La glándula tiroides es particularmente susceptible a la radiación debido a su alta capacidad para absorber y concentrar yodo radioactivo. Según se ha visto, los estudios sugieren que la exposición prolongada a dosis bajas de radiación puede aumentar el riesgo de enfermedades tiroideas, tales como el hipotiroidismo (Reiners & Yamashita, 2020) y el cáncer de tiroides (Memon, et al., 2010). Dado que la glándula tiroides se encuentra en las proximidades de la cabeza y el cuello, es importante investigar cómo la radiación absorbida por el endodoncista durante su ejercicio clínico puede alterar el funcionamiento de esta glándula. (Berkhout, et al., 2004).

Las exposiciones a radiación ionizante por procedimientos dentales se han relacionado específicamente con meningiomas, leucemia, tumores de glándulas salivales, tumores de tiroides e hipotiroidismo. (Memon, et al., 2010). Siendo este último un tema de estudio constante y controversial, ya que su aparición es un efecto determinístico pues depende del umbral y la dosis recibida, esto genera incertidumbre ya que los profesionales de la salud deben irradiarse con frecuencia debido a que la toma de radiografías es un método diagnóstico irremplazable antes, durante y después del tratamiento endodóntico.

Según la Organización Mundial de la Salud en su comunicado de 2023, “*Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes*” la radiación intermitente a largo plazo a la que están expuestos los

profesionales de la salud como los endodoncistas es el ejemplo clásico de cómo una exposición frecuente a bajas dosis puede causar necrosis de diversos tejidos alterando su funcionamiento. Por tanto, los profesionales de la salud están clasificados por categorías de la siguiente manera:

Categoría A: profesionales que por su labor desempeñada pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año.

Categoría B: profesionales que por su labor desempeñada no reciben dosis superiores a seis mSv por año (CSN, 2009).

Según el Artículo 18 de la Ley 31 de 1995 de prevención de riesgos laborales, los profesionales en salud actualmente clasifican como trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, ya que por la función que desempeñan están sometidos diariamente a radiaciones por el uso masivo de equipos radiológicos según el servicio en el que se encuentren; en este caso los odontólogos se clasifican en la categoría A, ya que es muy probable que reciban dosis que superen los seis mSv/por año.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la dosis de radiación absorbida por un grupo de endodoncistas expuestos al uso continuo de equipos de rayos X portátiles empleados junto con dispositivos de captura digital de imágenes durante 3 meses de exposición y describir los posibles cambios de la glándula tiroides a través de la evaluación de un perfil funcional.

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad el uso de radiografías como ayuda diagnóstica es indispensable para el endodoncista debido a que la mayoría de las lesiones osteolíticas en los maxilares resultan de cambios patológicos que ocurren en el tejido perirradicular como consecuencia de infecciones pulpares y necrosis, las cuales pueden ser observadas con técnicas radiográficas. Se puede decir que, para el endodoncista el uso de radiografías es de vital importancia ya que con ellas se definen

características importantes tales como: anatomía radicular, número de raíces, localización, forma y número de conductos radiculares, fracturas radiculares por trauma, entre otros. En cuanto a los aspectos técnicos incluyen: confirmar la longitud de trabajo de los conductos radiculares, determinar la posición de los instrumentos durante el procedimiento y de los conos maestros en la etapa de obturación. La evaluación de la calidad de la obturación endodóntica se basa principalmente en su aspecto radiográfico, así como la evaluación del resultado del tratamiento durante las visitas de control que se hacen después. No se puede concebir el tratamiento endodóntico sin la ayuda de las imágenes radiográficas. (Basrani, 2012).

Por otro lado, desde el descubrimiento de los rayos X hasta el día de hoy, se han evidenciado grandes avances tecnológicos, uno de ellos es el uso de sensores de rayos X digitales, los cuales fueron introducidos en la odontología a mediados de la década de 1980 por Francis Mouyen. Estos sistemas han evolucionado considerablemente desde entonces y hoy en día son una tecnología útil y bien aceptada para el diagnóstico dental (Basrani, 2012).

La reducción de dosis a menudo ha sido señalada como una de las mayores ventajas de la radiografía digital. Sin embargo, es cuestionable si esta radiografía realmente brinda este beneficio con respecto a las imágenes intraorales y extraorales de tipo análogo. Debido a que se cuenta con los sistemas de placas de fósforo los cuales tienen amplios rangos de exposición, esto implica que una imagen sobreexpuesta puede tener características adecuadas incluso si el paciente ha recibido una dosis más alta de la necesaria. Los sensores CCD (dispositivos de carga acoplada) por otro lado, tienen un rango de exposición pequeño. Las imágenes sobreexpuestas muestran áreas negras completamente saturadas, lo que indica claramente al clínico que se debe reducir el tiempo de exposición. Se debe tener en cuenta que la reducción de dosis para radiografía digital depende de un factor fundamental y esta solo es posible cuando el odontólogo selecciona la exposición más baja con la cual puede obtener una imagen óptima (Berkhout, et al., 2015).

Los riesgos relacionados con la exposición a la radiación fueron poco entendidos y dosis altas de radiación fueron utilizadas hasta varios años después de los bombardeos atómicos de Hiroshima y (Nagasaki, 1945 como se citó en Miller, 1995). Por lo anterior, los estudios que investigaron específicamente los efectos de la radiación ionizante entre los radiólogos y profesionales de la salud fueron limitados en sus inicios. Para los radiólogos británicos que trabajaron más de 40 años en la primera mitad del siglo XX, la tasa de mortalidad por cáncer fue un 40% más alta en comparación con la de otros médicos. De datos como estos, surge la hipótesis de la exposición a la radiación ionizante.

En la investigación de (Brenner, et al., como se citó en Miller, 1995), informaron que se observa un aumento del riesgo carcinogénico cuando la dosis de exposición a la radiación aguda alcanza entre los 10 a 50 mSv (miliSievert), mientras que el riesgo carcinogénico de exposición a la radiación a largo plazo ocurre a una dosis acumulada mayor a 100 mSv". Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en sus recomendaciones de 2007, dicen que el límite máximo permitido personal profesionalmente expuesto debe estar por debajo de los 100 mSv en cinco años oficiales trabajados, debiendo ser de máximo 50 mSv en cualquiera de los años de exposición, buscando no exceder la dosis anual de 20 mSv, con el propósito de evitar los efectos determinísticos conocidos y los estocásticos aún con un alto nivel de incertidumbre.

En la actualidad hay dos tipos de equipos radiográficos con los cuales se realiza la toma de radiografías a nivel odontológico; los equipos de rayos X portátiles y los equipos fijos (convencionales). Los sistemas de rayos X fijos requieren una infraestructura adecuada con un equipo que difícilmente puede trasladarse para la comodidad del paciente y el odontólogo. Este es uno de los motivos por los cuales muchos endodoncistas han decidido cambiarse al uso de equipos de rayos X portátiles (Berkhout, et al., 2015). Otras razones por las cuales actualmente el profesional en endodoncia elige estos equipos son:

1. Inmediatez: estos equipos brindan la posibilidad de tener las imágenes para el diagnóstico justo después de realizar el procedimiento con los rayos X. Así, los especialistas pueden tener la radiografía digital en la pantalla del dispositivo para emitir el respectivo dictamen.
2. Comodidad: debido a que tienen un ligero peso y lo pueden transportar a cualquier consultorio.
3. Mejor calidad de imagen: las imágenes de los rayos X digitales proveen una mejor claridad y nitidez en comparación con los equipos convencionales. Además, en las pantallas de los sistemas portátiles los profesionales tienen la opción de resaltar y agrandar partes de la imagen para una mejor visualización.
4. Eliminación del uso de materiales contaminantes como lo son las películas radiográficas y los químicos empleados para el revelado y la fijación de las radiografías (Zapata & Hidalgo, 2021).

Es por esto que en la actualidad un gran número de endodoncistas están empleando en su práctica diaria los equipos de rayos X portátiles, sin embargo, no se ha tenido en cuenta el riesgo a la salud que puede estar ocasionando el uso continuo y la falta de control de estos equipos específicamente.

Cuando se habla de los aspectos deletéreos de los rayos X sobre la materia, se debe remitir en primera instancia a la función endocrinológica de la glándula tiroides. Las radiaciones ionizantes provenientes de los equipos de rayos X adquieren importancia por las patologías que pueden desarrollar a nivel de esta glándula. La función de la glándula tiroides según la organización mundial de la salud en el año 2016 es producir, almacenar y liberar en la sangre las hormonas tiroideas: T3 (triyodotironina), T4 (tiroxina) y calcitonina. Para ello precisa del Yodo, que se aporta a través de la dieta. Estas hormonas son vitales porque intervienen en el desarrollo del sistema nervioso, regulan el metabolismo y son necesarias para controlar las funciones de todos los órganos del cuerpo como: controlar la frecuencia cardiaca, concentración del colesterol, uso de la glucosa, mantenimiento de la temperatura corporal, la fuerza muscular, entre otros (Berkhout, et al., 2015).

Así mismo, la enfermedad de la glándula tiroides ocurre cuando esta no funciona adecuadamente, ya sea porque está secretando demasiada hormona T4 (hipertiroidismo) o porque no está secretando lo suficiente (hipotiroidismo). La tiroides también podría desarrollar un bulto o nódulo, en cuyo caso se podrían considerar los tumores de tipo benigno o maligno en el tejido glandular. El cáncer de tiroides es considerado la enfermedad de origen endocrino más común, y su incidencia se ha incrementado de manera continua en las últimas tres décadas, casi tres veces en los Estados Unidos y en muchos países alrededor del mundo (Berkhout, et al., 2004).

En el estudio realizado por Lee, et al., en el (2018) el cual examinó a diferentes profesionales de la salud, se evidenció que hay un riesgo de desarrollar cáncer de tiroides por la exposición ocupacional a la radiación entre los trabajadores expuestos, estando en este grupo los odontólogos; con una dosis acumulativa anual en hombres de 3.01 msv y en mujeres de 2.80 mSv Estos hallazgos proporcionan una evidencia de la magnitud del riesgo potencial de cáncer considerando los actuales niveles de exposición ocupacional a la radiación.

Los datos disponibles en Sudamérica son escasos y dispersos, en países como Colombia no existe una cobertura poblacional que asegure la obtención de datos confiables y completos de registros de cáncer, o alteraciones de la glándula tiroides relacionada con el uso continuo de los equipos de rayos X portátiles (Berkhout, et al., 2004).

Debido a la falta de información sobre la utilización adecuada de equipos de rayos X portátiles, el daño que puede ocasionar a corto o largo plazo, los efectos que puede causar en el funcionamiento de la glándula tiroides de los endodoncistas y la ausencia de protocolos de autocuidado en el momento de su uso, se considera conveniente realizar un estudio para evaluar la posible relación entre la exposición ocupacional a la radiación ionizante y los posibles cambios de la glándula tiroides reflejados en el perfil funcional de los odontólogos endodoncistas, que utilizan equipos de rayos X portátiles y tecnologías digitales de obtención de imagen como lo es el

radiovisiografo, con el fin de brindar parámetros de uso seguro a los profesionales, así mismo comunicar a la comunidad odontológica acerca del posible riesgo ocupacional que generan estos equipos.

Teniendo en cuenta lo anterior la pregunta de investigación es la siguiente:

¿Cuál es la dosis de radiación absorbida y cuál es su posible efecto en los cambios de la glándula tiroides evaluados a través de un perfil funcional tiroideo en endodoncistas que utilizan las nuevas tecnologías en la radiología dental durante un año de exposición?

1.2. Justificación

Los rayos X dentales a los cuales los endodoncistas están expuestos son tradicionalmente dispositivos fijos montados en la pared. Estos equipos permiten que el operador se ubique a una distancia razonablemente segura del paciente, o detrás de una pared o estructura que proporciona protección durante la exposición a los rayos X. En los últimos años, se han puesto a disposición equipos portátiles de rayos X dentales junto con dispositivos digitales de captura de imágenes, donde el operador sostiene el equipo mientras se realiza la exposición de rayos X (Berkhout, et al., 2015).

El uso de estos equipos genera algunas preocupaciones acerca de la seguridad del operador al estar expuesto a varias tomas al día, en algunas situaciones, su uso puede ofrecer beneficios potenciales sobre los dispositivos de rayos X dentales convencionales como lo son la reducción en el tiempo de exposición obteniendo imágenes de mayor nitidez, esto fue observado en el estudio realizado por (Bhaskaran, 2005, como se citó en Barbieri 2006) en el cual se afirmó que hay una reducción del 50% de la dosis de rayos X empleada en los dispositivos digitales en comparación con los convencionales, eliminando el proceso químico en el revelado de la película, fácil almacenamiento, revelado eficiente, reutilizable y amable con el medio ambiente y una obtención rápida de la imagen que optimiza el tiempo en la consulta.

Los rayos X portátiles consisten en un conjunto de tubos de rayos X con el interruptor de irradiación directamente en el cuerpo del dispositivo. La forma física del dispositivo generalmente se asemeja a una gran cámara de mano y el dispositivo puede incluir un escudo protector en el extremo del cono dental destinado a reducir la radiación de retrodispersión hacia el operador. Este escudo de retrodispersión puede retirarse o fijarse de forma permanente. Para su uso se requiere que el operador se encuentre al lado del paciente durante la exposición a los rayos X. Sin embargo, esta proximidad del operador con el paciente y el dispositivo que emite la radiación plantea preocupaciones sobre posibles aumentos de la dosis de radiación absorbida por el operador en comparación con los dispositivos de rayos X dentales convencionales que no necesitan de un operador presente durante la generación de la radiación. (Stelt, 2005)

Para proceder a un tratamiento endodóntico habitualmente son esenciales cinco radiografías periapicales:

Radiografía inicial (diagnóstico).

Conductimetría (determinar la longitud radicular del diente).

Conometría (comprobar el selle del ápice radicular con el cono principal).

Control de obturación

Radiografía final.

Existe una sexta radiografía opcional para el control tardío, dependiendo de la patología tratada, sobre todo en lesiones periapicales para comprobar una evolución favorable de esta. Se suele realizar entre los seis y doce meses si se trata de una pulpitis y entre un año a tres años si es una periodontitis (Canalda C, 2014).

En el estudio realizado por Richard Smith, et al. (2019) en el cual analizan las dosis de radiación de cinco equipos de rayos X portátiles comparados con los rayos X convencionales, en el cual midieron los valores de kerma en el aire de la radiación, siendo esta unidad de medida la

transferencia de energía cinemática a través de los fotones de los rayos X a los electrones en una masa, concluyeron que las exposiciones anuales estimadas del operador utilizando rayos X portátiles son mayores que las de los dispositivos convencionales o portátiles activados desde un área protegida (a distancia o detrás de un blindaje) (Andisco, 2014) . Por lo tanto, solo deben usarse cuando la accesibilidad del paciente hace necesario su uso y un dispositivo montado en la pared no es factible. Este enfoque mantendría las exposiciones ocupacionales a la radiación de los odontólogos tan bajas como sea razonablemente posible (Smith, et al., 2019).

Ante el creciente número de endodoncistas que utilizan rayos X portátiles, placa de fosforo y/o radiovisiografo y por la falta de conocimiento sobre las posibles afectaciones en salud con su uso recurrente, es de vital importancia conocer cuáles son los riesgos a los que el endodoncista se está enfrentando al hacer uso de estas nuevas tecnologías. Según la asociación Americana de Tiroides, el órgano susceptible ante las radiaciones ionizantes es la glándula tiroides, debido a que este órgano absorbe o capta el yodo disponible del torrente sanguíneo. Esta glándula no puede distinguir entre el yodo estable o regular del yodo radioactivo y va a absorber todo lo que le sea posible (Stelt, 2005).

La presente investigación surge de la necesidad de estudiar si las nuevas tecnologías de imagenología dental generan algún cambio en el funcionamiento de la glándula tiroides órgano que se caracteriza por ser mitóticamente activo y por su síntesis de hormonas ya que el reacciona a ciertos estímulos y las secreta en órganos asociados a la glándula, característica propia de un órgano diana, (se considera órgano diana a los tejidos del cuerpo humano que tienen la capacidad de reaccionar a un estímulo interno o externo, específico como lo es, en este caso las radiaciones ionizantes) con el propósito de identificar si el tiempo de uso, la dosis absorbida y el número de exposiciones diarias afectan la salud del endodoncista. Con este propósito se realizarán estudios dosimétricos de cada profesional y pruebas funcionales de la glándula como lo son los perfiles de

TSH, T4 Y T3 y así establecer si evidentemente hay cambios en el funcionamiento de la glándula, de tal manera que se pueda establecer un protocolo de prevención y autocuidado frente al uso seguro de este tipo de dispositivos.

El presente trabajo tiene como utilidad generar conocimiento acerca de un órgano indispensable en el funcionamiento del organismo como lo es la glándula tiroides, la cual a diario se ve afectada por las múltiples radiaciones a las que está expuesta en los profesionales de la salud. Metodológicamente puede ser utilizado en futuras investigaciones, siendo una base para realizar análisis, comparaciones entre profesionales de la salud de diferentes especialidades, poblaciones y periodos temporales, con o sin población control, teniendo en cuenta que no solo la tiroides es considerada un órgano diana, también es posible estudiar órganos como el útero, cerebro o los pulmones. Adicionalmente es interesante generar con base a los resultados obtenidos de la investigación un protocolo de prevención y autocuidado adoptados a los endodoncistas, especificando que ellos son los más expuestos a la radiación por su uso diario de radiografías en su oficio.

2. Marco Teórico

2.1. Rayos X

Los rayos X son una radiación electromagnética ionizante, invisible para el ojo humano, capaz de atravesar cuerpos opacos y de imprimir las películas fotográficas. Su capacidad de penetrar materia es mayor cuanto mayor es el voltaje, cuanto más baja es la densidad de la materia y cuanto menor es el número atómico medio de dicha materia atravesada. Los actuales sistemas digitales permiten la obtención y visualización de la imagen radiográfica directamente en una computadora sin necesidad de imprimirla. (Drenth, 1999).

Los rayos X son una radiación corpuscular de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Por tanto, los rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones) (Drenth, 1999).

2.2. Descubrimiento

La historia de los rayos X comienza con los experimentos del científico británico William Crookes, que investigó en el siglo XIX los efectos de ciertos gases al aplicarles descargas de energía. Estos experimentos se desarrollaban en un tubo vacío, y electrodos para generar corrientes de alto voltaje, a lo que él lo llamó tubo de Crookes. Este tubo, al estar cerca de placas fotográficas, generaba en las mismas algunas imágenes borrosas. El ingeniero Nikola Tesla, en 1887, comenzó a estudiar este efecto creado por medio de los tubos de Crookes. Una de las consecuencias de su investigación fue advertir a la comunidad científica el peligro para los organismos biológicos que supone la exposición a estas radiaciones (Vergero, 2008).

El físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen descubrió los rayos X en 1895, mientras experimentaba con los tubos de Hittorff-Crookes y la bobina de Ruhmkorff para investigar la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos. Tras cubrir el tubo con un cartón negro para eliminar la luz visible, observó un débil resplandor amarillo-verdoso proveniente de una pantalla con una capa de platino-cianuro de bario, que desaparecía al apagar el tubo.

Conrad, determinó que los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible, que atravesaba grandes espesores de papel e incluso metales poco densos. Usó placas fotográficas para demostrar que los objetos eran más o menos transparentes a los rayos X dependiendo de su espesor y realizó la primera radiografía humana, usando la mano de su mujer. Los llamó "rayos incógnita", o "rayos X" porque no sabía qué eran, solo que eran generados por los rayos catódicos al chocar con ciertos materiales. Pese a los descubrimientos posteriores sobre la naturaleza del fenómeno, se decidió que conservaran ese nombre. (Vergero, 2008).

Otto Walkhoff, un dentista alemán, hizo la primera radiografía dental 14 días después del descubrimiento de Roetgen. Colocó una placa fotográfica de vidrio envuelta en papel negro y hule dentro de su boca y se expuso por 25 minutos a los rayos X. Ese mismo año, en 1896, William J. Morton, un médico de Nueva York, hizo la primera radiografía en los Estados Unidos usando un cráneo y también tomó la primera radiografía del cuerpo entero. C. Edmund Kells, hizo la primera radiografía intraoral en un paciente en 1896, y tres años después usó los rayos X para determinar la longitud del diente durante una terapia de conductos radiculares. (Cullity, 1956).

2.3 Sensores de rayos X digitales

Los primeros sensores de rayos X digitales para uso en odontología fueron introducidos a mediados de la década de 1980 por Francis Mouyen (RVG, Trophy Radiologie, Croissy Beaubourg, Francia [ahora Trophy, A Kodak Company, Rochester, NY]). El primer sistema dental digital solo era capaz de adquirir una imagen radiográfica; la imagen no se podía almacenar en el disco, sino que se tenía que imprimir. Por muy simple que pareciera ser, marcó el comienzo de una nueva era. Poco tiempo después, Per Nelvig y sus colegas desarrollaron otro sistema (Sens-A-Ray, Regam Medical Systems, Sundsvall, Suecia), y en una década muchos más fabricantes ingresaron al mercado digital (Lehmann, et al., 2002).

Desde entonces, los sistemas han mejorado considerablemente y ahora son una tecnología útil y bien aceptada en el diagnóstico dental. La reducción de dosis a menudo se ha enfatizado como una de las mayores ventajas de la radiografía digital. Sin embargo, existe otra razón por la cual la radiografía digital se adhiere al principio ALARA, (acrónimo del inglés "As Low As Reasonably Practicable") de manera importante, ya que la información registrada en la imagen radiográfica puede ponerse a disposición del observador más fácilmente cuando la imagen está en formato digital que cuando está en formato analógico. También, las ventajas más significativas de las imágenes digitales son la interpretación y mejora de imágenes asistidas por computadora, además de las opciones obvias de archivo y recuperación de imágenes estandarizadas. Las imágenes radiográficas digitales se pueden producir de diferentes formas, algunas sencillas; los escáneres planos con un adaptador de transparencias, los escáneres de diapositivas y las cámaras digitales se pueden usar para convertir una radiografía analógica existente en una imagen digital. Estos enfoques no requieren una gran inversión, ya que las imágenes producidas a través de esta técnica generalmente se denominan "radiografías digitales indirectas".

Existen dos tecnologías más avanzadas que crean imágenes digitales sin un precursor analógico, imágenes digitales "directas" e imágenes digitales "semidirectas". Las imágenes digitales directas se adquieren utilizando un sensor de estado sólido el cual se basa en dispositivos CCD o chips basados en semiconductores de óxido metálico complementario (CMOS). Las imágenes semidirectas se obtienen utilizando un sistema de placas de fósforo.

2.4 Sistemas de estado sólido. Tecnología CCD.

La mayoría de los sensores de estado sólido en radiografía dental digital se basan en tecnología CCD, la cual consiste en un diseño del chip electrónico que se utiliza para capturar la imagen radiográfica. Este chip convierte en una señal electrónica la energía de los fotones de rayos

X que golpean el sensor y para aumentar la eficiencia de esta conversión, se coloca una capa de centelleo encima del CCD. Después, la capa de centelleo convierte los fotones de rayos X en fotones de luz, que luego son absorbidos por el chip CCD y convertidos en la señal electrónica. Dicha señal se envía a la computadora por medio de un cable entre el sensor y la computadora, utilizando la tecnología CMOS (Stelt, 2005). Algunos sensores de estado sólido utilizan tecnología CMOS, la cual no es diferente de la tecnología CCD en principio, pero difiere en términos de microarquitectura de chip. Es decir, en un chip CMOS, la mayoría de los componentes electrónicos que controlan la conversión de la energía fotónica en la señal electrónica se incorporan al propio chip. Esto simplifica el proceso de fabricación y, por tanto, reduce los costes de producción. "Esta arquitectura le dio a CMOS una ventaja sobre CCD durante algún tiempo. Sin embargo, la mayoría de las cámaras digitales del mercado de consumo se basan en tecnología CCD, puesto que la calidad y los costos de producción de los chips CCD se han beneficiado de esta ventaja de escala y, en la actualidad, los niveles de calidad de imagen de los sistemas de sensores basados en CCD y CMOS son comparables" (Stelt, 2005).

2.5 Sistemas de almacenamiento de placas de fósforo

Sistemas que utilizan fósforo fotoestimulable (PSP), a veces también denominado "placa de fósforo de almacenamiento" utilizan una placa cubierta con cristales de fósforo. Esta capa de fósforo es capaz de almacenar la energía de los fotones de rayos X durante algún tiempo y requieren un escáner para "leer" la información de la imagen de la placa, lo que hace escaneando la placa con un rayo láser de longitudes de onda cercanas al rojo. Así mismo, la energía se libera de la capa de fósforo, se detecta mediante un intensificador de imágenes y posteriormente se convierte en información de imagen digital. Esta imagen latente permanecerá en la placa de fósforo antes de la fase de escaneado durante minutos u horas, según el entorno en el que se almacenen las placas. No

deben exponerse a la luz brillante o al calor porque esto liberará la energía antes de que el escáner la lea. Después de escanear las placas, se exponen a una luz brillante que borra toda la energía restante y las placas se pueden utilizar de nuevo (Stelt, 2005).

En las últimas décadas ha habido avances en la tecnología de imágenes, incluida la resolución de los detectores y el software de reconstrucción que muestra los resultados anatómicos. Como consecuencia, existe un aumento sustancial en el uso de imágenes para una amplia variedad de condiciones clínicas. Si bien existen claros beneficios para la salud derivados de estas exposiciones, hay una serie de problemas sin resolver, incluidos los costos sociales para realizar estas exposiciones, la optimización de la utilidad de estos exámenes en términos de sobreutilización potencial y los riesgos desconocidos asociados con la exposición a la radiación ionizante.

2.6 Efectos de la radiación ionizante

Los efectos de la radiación se clasifican ampliamente como deterministas o estocásticos. Los efectos deterministas resultan de matar células, un ejemplo común es la mucositis oral asociada con la radioterapia en la cavidad oral. Estos efectos normalmente requieren una dosis alta y existe un nivel de dosis umbral por debajo del cual no se observan cambios clínicos. Por ende, las imágenes dentales convencionales nunca causan efectos deterministas. Por otro lado, los efectos estocásticos resultan de dañar el ADN algunos ejemplos de efectos estocásticos son el cáncer, la leucemia y, en mucha menor medida, el daño genético (hereditario). Estos efectos pueden resultar de exposiciones muy bajas y no hay evidencia de una dosis umbral. Las exposiciones dentales conllevan el riesgo de causar cáncer y leucemia. (Council., 2006).

Los efectos producidos por una exposición a la radiación ionizante en organismos vivos también varían de acuerdo con la intensidad, tipo de radiación y tiempo de exposición a la fuente de emisión. La cantidad de radiación que recibe un organismo es conocida en el campo de la

protección radiológica como dosis absorbida, la cual está definida como la cantidad de energía que la radiación ionizante deposita en el volumen de una cierta cantidad de materia. Para cuantificar la dosis se utiliza la unidad llamada gray (Gy), unidad que se define como un Joule por kilogramo (Bushong, 2011).

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule/Kg} = 100 \text{ Rads}$$

Hay una gran cantidad de literatura que relaciona la radiación con la formación de cáncer (tanto tumores sólidos como leucemias), tanto en humanos como en animales de investigación. Los estudios epidemiológicos humanos incluyen aquellos expuestos como sobrevivientes de los bombardeos atómicos en Hiroshima y Nagasaki, en el curso de radiología de diagnóstico, múltiples fluoroscopias o radioterapia, ocupacional o ambiental. (Council, 2006) (Cancio P., 2011). El análisis de esta literatura ha llevado al desarrollo de la hipótesis lineal sin umbral (LNT). Esta hipótesis sostiene que existe una relación lineal entre la dosis y el riesgo de inducir un nuevo cáncer. Además, en esta hipótesis no existe un umbral o una "dosis segura" por debajo de la cual no haya un riesgo añadido.

Debe reconocerse que la LNT es una hipótesis que ha sido ampliamente aceptada para establecer políticas en seguridad y protección radiológica. No es un hecho científico demostrado, aunque existen estudios que demuestran un mayor riesgo de tumores en personas expuestas a más de 100 mGy. (Brenner, 2009) (Kellerer, 2000). Sin embargo, hay relativamente pocas evidencias que muestren un riesgo a dosis más bajas, es decir, en el rango de diagnóstico. En este rango de dosis bajas, la LNT no ha sido verificada de manera consistente. Una de las mayores dificultades en tales estudios es que a dosis inferiores a 100 mGy, los estudios requieren tamaños de muestra tan grandes que resultan poco prácticos. Por lo tanto, la validez del modelo es incierta y no se espera que esta situación cambie en un futuro cercano (White SC, 2012).

A pesar de sus incertidumbres en el rango de dosis bajas, existen varias razones para usar el LNT para estimar el riesgo de las exposiciones diagnósticas. En primer lugar, debe haber una política para establecer límites de exposición para las personas expuestas en el rango de dosis bajas, incluidos los radiólogos de diagnóstico, los trabajadores de las plantas de energía nuclear y otras industrias, las personas en vuelos largos de líneas aéreas y otras exposiciones. En segundo lugar, hay varias líneas de evidencia que respaldan la LNT. La relación dosis-respuesta a dosis superiores a 100 mGy es lineal. Además, el daño complejo al ADN, la base de la formación del cáncer puede ocurrir incluso con un fotón de rayos X.

Si bien existen mecanismos sofisticados de reparación del ADN, algunos tipos de daños complejos al ADN están más allá de la reparación enzimática. Y finalmente, muchos datos epidemiológicos son consistentes y no excluyen un riesgo a dosis muy bajas. En consecuencia, la mayoría de las organizaciones de protección radiológica creen que es prudente suponer que el riesgo es proporcional a la dosis, incluso para exposiciones diagnósticas, y que no existe un umbral seguro. Si bien la LNT es la opinión consensuada de la mayoría de los grupos de seguridad radiológica de todo el mundo, existe controversia sobre si realmente existe un riesgo. Algunos argumentan que no existe un riesgo demostrado por debajo de 100 mGy y, en general, es posible que los pacientes no obtengan todos los beneficios del diagnóstico si evitan el diagnóstico por imágenes debido a un miedo inapropiado. De hecho, si el riesgo real es menor que el predicho por el LNT, entonces existe el riesgo de que los pacientes sufran daños por hacer muy pocas exposiciones. (Jeggo, 2009). Alternativamente, si el riesgo real es mayor que el estimado por el LNT, entonces los pacientes sufren más daño de lo que estimamos actualmente.

2.7 Órganos radiosensibles

La radiación puede generar alteraciones en órganos radiosensibles por exposiciones repetitivas donde se incluyen las glándulas como la tiroides y salivales, médula ósea y el cerebro. Las exposiciones a radiación ionizante por procedimientos dentales se han relacionado específicamente con meningiomas, leucemia, tumores de glándulas salivales, tumores de tiroides e hipotiroidismo. (Memon, et al., 2010). Siendo este último un tema de estudio constante y controversial, ya que su aparición es un efecto determinista pues depende del umbral y la dosis recibida, el cual genera incertidumbre pues los profesionales de la salud deben irradiarse a diario al tomar radiografías siendo este un medio diagnóstico irremplazable en la consulta.

En un estudio prospectivo realizado en Alemania se afirma que es necesaria una dosis mayor a los 50 Gy para generar un cambio en la tiroides ya que rara vez se presenta en pacientes expuestos a menos de 10 Gy, pero si estos están expuestos repetitivamente a pequeñas dosis los niveles de TSH, aumentarán después de los seis meses y muy posiblemente se instaurará el hipotiroidismo en los cinco primeros años.

La glándula tiroides es un órgano esencial en la homeostasis del organismo, por su localización es considerado un órgano altamente expuesto a la radiación, razón por la cual se sospecha que la frecuencia y la cantidad de radiación absorbida afecta su producción de hormonas, generando alteraciones en su funcionamiento y facilitando la instauración de patologías como lo es el hipotiroidismo (Santiago, 2020).

Esta glándula se ubica en la zona anterior del cuello, consta de dos lóbulos a lado y lado de la tráquea y la laringe, microscópicamente, se pueden observar folículos revestidos de células epiteliales y una sustancia coloide rica en tiroglobulina que actúa como activador de las hormonas tiroideas. Esta glándula se caracteriza por la síntesis, regulación y metabolismo de las hormonas tiroideas en su célula folicular gracias al aporte de yodo y una proteína llamada tiroglobulina. Las

hormonas generadas T3 Y T4 son liberadas al torrente sanguíneo y transportadas por las siguientes proteínas:

- Albumina.
- Globulina de unión a la tiroxina.
- Transtiretina.

Estas proteínas séricas aumentan las reservas de la hormona circundante, también aseguran que se encuentre libre y que su aporte sea permanente en las células diana donde son requeridas para regular su distribución en ciertas regiones y retrasan su eliminación, estas proteínas se producen en el hígado.

Además, estas hormonas penetran en las células por medio de la membrana plasmática, migran hacia el núcleo y se unen a un receptor alfa o beta que predominantemente se unen a la T3, se ubican en diferentes zonas como en el cerebro, corazón, hígado, músculos, tejido adiposo, entre otros. Gracias a estos receptores las hormonas pueden ejercer su función en casi todo el organismo ya que ellos se expresan en casi todos los tejidos (Santiago, 2020).

Las hormonas T3 y T4 se encuentran reguladas por la TSH tirotropina secretada por el hipotálamo y valorada por medio de una prueba llamada de la misma manera, la cual nos indica la función tiroidea. Sus límites se sitúan entre 0,4 – 4,2 mU/L y por medio de un análisis dializado o ultrafiltrado de suero se evalúa la concentración de la T4 (Santiago, 2020) y T3. Al evaluar la función tiroidea hay que tener en cuenta que no es útil estudiarla en pacientes con patología hipotálamo – hipofisiaria, pacientes hospitalizados o que ingieren fármacos que alteran la secreción de TSH (metoclopramida, glucocorticoides, somatostatina). Los resultados de esta prueba permiten definir el tipo de patología que padece el paciente y están ilustrados en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. *Valores de perfil hormonas perfil tiroideo*

TSH Sérica	T4L sérica	T3L Sérica	Valoración
Función hipotálamo- hipofisiaria normal			
Normal	Normal	Normal	Eutiroidismo
Baja	Alta o Normal	Alta	Hipertiroidismo primario
Baja	Normal	Normal	Hipertiroidismo Subclínico
Alta	Normal	Normal	Hipotiroidismo subclínico
Alta	Baja	Baja o Normal	Resistencia a hormonas tiroideas
Alta	Alta	Alta	Resistencia a hormonas tiroideas
Función hipotálamo – hipofisiaria alterada			
Normal o Alta	Alta	Alta	Hipertiroidismo secundario (TSH dependiente)
Baja o Normal	Baja	Baja	Hipotiroidismo central

La radiación intermitente a largo plazo a la que están expuestos los profesionales de la salud en el caso de la endodoncia donde un tratamiento convencional de conductos requiere de mínimo cuatro radiografías en un solo sistema de conductos a tratar, es el ejemplo clásico de como una exposición frecuente a bajas dosis puede causar necrosis de diversos tejidos alterando su funcionamiento, según esta exposición los profesionales están clasificados por categorías:

Categoría A: profesionales que por su labor desempeñada pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año.

Categoría B: profesionales que por su labor desempeñada no reciben dosis superiores a seis mSv por año.

Correspondiente al Art.18 de la Ley 31 de 1995, los profesionales en salud actualmente clasifican como trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, ya que por la función que desempeñan están sometidos diariamente a radiaciones por el uso masivo de equipos radiológicos,

según el servicio en el que se encuentren ofertando como odontólogos están clasificados en la categoría B, donde es muy probable que reciban dosis que superen los seis mSv/ por año.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la dosis de radiación absorbida y describir los posibles cambios de la glándula tiroides a través de la evaluación de un perfil funcional de la glándula en los endodoncistas expuestos al uso continuo de equipos de rayos X portátiles junto con los dispositivos de captura digital de imágenes durante un año de exposición.

3.2. Objetivos específicos

- Establecer las características funcionales de la glándula tiroides en la primera medición por medio del perfil tiroideo (TSH y T4L).
- Identificar los cambios a nivel funcional que puedan surgir en la glándula tiroides posterior a 3 meses de exposición.
- Observar la frecuencia de exposición del endodoncista a las nuevas tecnologías en radiología en su práctica diaria.
- Desarrollar un protocolo de autocuidado que beneficie a la comunidad odontológica.

4. Método

4.1. Tipo de Estudio

Prospectivo de serie de caso.

4.2. Selección y Descripción de Participantes Población

Endodoncistas, (hombres y mujeres) de 30 a 50 años, con practica activa.

4.2.1 Muestra y Tipo de Muestreo

Muestreo por conveniencia, se elegirán 10 profesionales especialistas en endodoncia.

4.2.2 Criterios de Selección

Inclusión:

- Endodoncistas, de 30 a 50 años, con práctica clínica activa que utilicen equipo de rayos X portátil y dispositivos digitales de captura de imagen.
- Endodoncistas que no tengan enfermedad tiroidea diagnosticada.
- Endodoncistas que en prueba de sangre inicial no demuestren tener alteración en el patrón funcional de la glándula tiroides.
- Endodoncistas sistémicamente sanos.
- Endodoncistas que no consuman ningún tipo de medicamento de forma habitual.

Exclusión:

- Endodoncistas, que utilicen el equipo de rayos X portátil menos de dos días en la semana
- Endodoncistas con uso menor a seis meses del equipo de rayos X portátil.
- Antecedentes familiares de hipotiroidismo.

- Endodoncistas con antecedentes de cáncer.
- Endodoncistas con antecedentes de radio o quimioterapia
- Endodoncistas con otro tipo de afectaciones endrocrinológicas (por ejemplo, diabetes).

4.3. Variable

Tabla 2. *Variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Años cumplidos de los participantes en el momento de realizar el estudio	Cuantitativa	Razón	Numero proporcionar por el participante
Sexo	Genero de los participantes	Hombre-mujer	Cualitativa	Nominal	Dato proporcionad o por el participante
Años utilizando el equipo	Tiempo de uso del equipo de rayos x portátiles en la practica	Duración del participante utilizando el equipo en su consulta	Cuantitativa	Ordinal	Numero proporcionar por el participante
Número de pacientes atendidos diarios	Cantidad de pacientes que se les realiza procedimientos por día	Cantidad de pacientes referida por el endodoncista que atendió en una jornada laboral	Cuantitativa	Ordinal	Numero proporcionar por el participante
Número de radiografías tomadas por paciente	Cantidad de radiografías tomadas con cada paciente	Cantidad de frecuencia de exposición a los rayos x por paciente referido por	Cuantitativa	Ordinal	Numero proporcionar por el participante

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
		el endodoncista			
THS (inicial-final)	Análisis de sangre que mide la hormona estimulante de la tiroides	0,37 y 4,7 mUI/L,	Cuantitativa	Razón	Numero proporcionar por el resultado del examen
T4 (inicial-final)	Prueba de tiroxina en sangre que ayuda a diagnosticar enfermedades de la tiroides	60 y 150 nmol/L	Cuantitativa	Razón	Numero proporcionado por el resultado del examen

4.4. Instrumento

El instrumento que se va a utilizar es un cuestionario realizado en Microsoft Word, el cual constara de cuatro partes:

1. La primera parte serán los datos básicos del profesional (nombre completo, edad, sexo) y se documentara el tiempo que ha estado utilizando los equipos de rayos X.
2. En la segunda parte se colocarán los resultados de las pruebas de laboratorio de los perfiles tiroideos.
3. En la tercera parte se recolectará información diariamente de frecuencia del uso del equipo de rayos X, número de pacientes atendidos y numero de tomas de radiografías por paciente
4. En la cuarta parte se tendrán los resultados de recolectados por el dosímetro a los tres y seis meses.

4.5. Procedimiento

El listado de los profesionales se obtendrá de base de datos de profesionales en endodoncia

Se contactará con cada uno de los participantes vía telefónica y se hará firmar un consentimiento informado.

Con el fin de garantizar los criterios de inclusión de los participantes del estudio se indagará sobre la historia clínica, como antecedentes médicos relevantes, y antecedentes epigenéticos. Una vez seleccionados los participantes del estudio, a cada participante se le va a tomar una prueba de perfil tiroideo. Para este análisis, un profesional en bacteriología le extraerá una muestra de sangre del brazo a cada participante en el laboratorio clínico ubicado en la CRA 23 -67.

4.6. Toma de muestra de sangre

4.6.1 Cuidados y recomendaciones

- Realizar lavado de manos quirúrgico.
- Mantener técnica aséptica durante todo el procedimiento.
- Utilizar campo estéril para evitar tener contacto con áreas circundantes que ofrezca el riesgo de contaminación.
- Realizar antisepsia de la zona a puncionar; no palpe la vena sin guantes estériles una vez preparada la piel.
- No cambiar la aguja para envasar la sangre en los frascos colectores.
- Se debe mantener una dilución en las botellas de hemocultivos de 1:10 para pacientes adultos de acuerdo con la recomendación del fabricante.
- Colocar la muestra en botella con rótulo específico

4.6.2 Técnica de recolección

- Limpiar el tapón del frasco colector con alcohol al 70% antes de puncionar para envasar la muestra.
- Obtener 8 a 10 cc de sangre para cada frasco en pacientes adultos.

4.6.3 Equipo

- Bata y campos estériles.
- Gorro y mascarilla con protección ocular.
- Guantes estériles.
- Equipo de asepsia (antiséptico, gasas y guantes estériles).
- Frascos para hemocultivos.
- Jeringas estériles.

4.6.4 Transporte

- Se recomienda en los primeros 15 minutos de la recolección a temperatura ambiente.
- Envío de muestras a laboratorio clínico para ser procesada y analizadas.
- La sangre debe mantenerse refrigerada hasta su procesamiento (centrifugado y separado del plasma/suero).
- Los resultados de las pruebas se recolectarán y serán evaluadas y diagnosticadas por un especialista en endocrinología, lo visto por el especialista se anexará a la encuesta de cada participante. Los valores de referencia se muestran en la siguiente tabla 2:

Tabla 3. *Valores THS y T4L*

Hormona	Valor Mínimo	Valor Máximo
TSH	0,4 mU/L	4,5 mU/L
T4L	0.9 ng/dL	2.3 ng/dL

4.6.5 Dosímetro y evaluación de radiación dispersa

A cada participante se le entregara un dosímetro de la empresa DOSIMETRIA PERSONAL calibrado por el mismo proveedor, el cual debe utilizar únicamente en su práctica diaria durante el tiempo del estudio. Trimestralmente se hará la lectura de dichos dosímetros con tecnología de Dosimetría termoluminiscente (TLD). En total se harán las lecturas de dosímetros a los 3 meses

4.6.6 Encuesta

Durante el tiempo del estudio a los participantes reclutados se les realizara una encuesta donde el profesional diariamente de manera escrita va a recopilar: cuantos pacientes vio en el día y cuantas radiografías le tomo a cada paciente. Se llamará al final del día a los profesionales con el fin de confirmar la recolección de los datos. Esta encuesta se recolectará mensual, durante los meses del estudio. Al finalizar el estudio se recopilarán los datos y se sacarán totales.

Al finalizar el tiempo del estudio a los participantes se les tomara un segundo perfil tiroideo y se diagnosticaran apoyados en el mismo profesional que hizo el diagnóstico inicial y la prueba se realizara en el mismo laboratorio. Se harán comparaciones entre la primera prueba y la final, con el fin de observar posibles cambios en el órgano de estudio.

4.7. Análisis estadístico

Los resultados serán analizados por medio de estadística descriptiva utilizando T de student y correlación lineal de pearson.

4.8. Implicaciones bioéticas

- Este estudio se contempla en el marco de la ley 23 de 1981. La ley de ética medica
- Normatividad colombiana establecida por la 8430 de 1993 por las que se establecen las normas científicas técnicas y administrativas para la investigación en salud y para este caso en particular, la protección de datos clínicos derivados de la historia clínica reglamentada por la resolución de 1995 de 1999 y la ley estatutaria de HABEAS data 1581 de 2012 por la cual se dictan las disposiciones generales para la protección de datos personales sancionada mediante la ley de 1581 de 2012 y reglamentada por el decreto de 1377 de 2013 que regula el manejo de datos sensibles.
- El proyecto describe una investigación científica en sujetos humanos con un riesgo mínimo que estará sujeto a las disposiciones vigentes presentes en la resolución 008430 de 1993 del ministerio de salud de Colombia.

5. Resultados

En el estudio participaron en total 10 odontólogos especialistas en endodoncia, de los cuales 7 fueron mujeres y 3 hombres, el promedio de edad de los participantes fue de 37,3 años. En cuanto al uso de protección radiológica de los 10 profesionales; los participantes 1,2,4,5,8,10 utilizan chaleco plomado, participantes 3,6,7 a veces utilizan chaleco plomado o collar de tiroides y participante 9 no utiliza en ningún momento protección radiológica de ningún tipo. El promedio mensual de pacientes atendidos en el mes de mayo fue de 51, para el mes de junio fue de 45 y por último el promedio para el mes de julio fue de 49, lo que nos da un promedio total durante los 3 meses de 48 pacientes atendidos.

En cuanto al número de radiografías tomadas, el promedio diario fue de 8; el promedio fue de 142 radiografías para el mes de mayo, 132 para el mes de junio y para el mes de julio 138 radiografías, para un promedio total durante los 3 meses de 137 radiografías tomadas.

De los datos recibidos en el dosímetro personal, 7 participantes obtuvieron lecturas de 0 o ND (no detectable) 3 de los participantes obtuvieron lecturas diferentes a 0 o no detectable (ND) (Una dosis reportada como ND, significa que la lectura está entre cero y el nivel mínimo de detección para TLD (0.01 mSv), para película (0.1mSv)). El participante 3 tuvo un resultado de dosis acumulada desde el ingreso de 0.40, el participante 7 tuvo una dosis de 0.03 y el participante 9 tuvo un resultado de 0.41, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados dosímetro personal

Género	Fecha de ingreso al servicio MM-AA	Periodo uso Dosímetro		Periodo recambio	Ubicación del Dosímetro	Tipo de radicación de la exposición	Dosis del periodo(mSv)	Dosis del periodo (mSv)	Dosis del periodo (mSv)	Dosis acumulada desde el ingreso (sMv)	Dosis acumulada último año (sMv)	
		Primer día	Ultimo día									
F	5-2023	1	31	V-VI-VII	TORAX	X	0,40	0,42	HP(10)	HP(3)	HP(10)	31/12/2022 HP(10)
M	5-2023	1	31	V-VI-VII	TORAX	X	0,03	0,04	HP(0.7)	0,030	0,03	
F	5-2023	1	31	V-VI-VII	TORAX	X	0,41	0,42	HP(3)	0,42	0,41	

Nota: resultado de pruebas de los dosímetros de participantes 3, 7, 9, diferentes a 0

Una vez identificados a estos participantes se realizó un nuevo estudio de las medidas de radiación absorbida con ayuda de un ingeniero radiofísico cuyo objetivo era obtener datos y elementos de juicio adicionales para explicar los resultados diferentes a cero, los resultados incluyeron: el equipo usado por cada participante; el participante 3, utiliza un rayos x portátil Marca Microray, (60KV 2mA, filtración 1,5 mm Al; SN 631), participante 9 tiene un rayos x portátil Marca Carry X y por último el participante 7 utiliza un rayos x portátil Marca ARIBEX (Nomad examiner 60KV 2.3 mA, filtración 2,2 mm Al). En cuanto al resultado de funcionalidad los 3 equipos

funcionan correctamente. En cuanto a los elementos de protección, el participante 3 utiliza Un delantal con cuello incorporado grado odontológico de 0,3 mm Pb, el participante 7 utiliza Un delantal grado odontológico de 0,3 mm Pb y un collar de 0.3 mm Pb y el participante 9 no utiliza ningún elemento de protección. En cuanto a la carga de trabajo (exposiciones por semana) el participante 3 presenta 45 exposiciones por semana, el participante 9 presenta 60 y el participante 7 tuvo 15 exposiciones por semana. Por todo lo anterior el resultado de nivel de afectación para el participante 3 y 7 fue bajo, mientras que el del participante 9 fue alto. Los datos anteriores se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. *Identificación de las instalaciones*

<i>Equipo usado</i>	<i>Resultado de pruebas de funcionalidad</i>	<i>Elementos de proteccion</i>	<i>Estado</i>	<i>Carga de trabajo exposiciones semana</i>	<i>Nivel de afectacion</i>
<i>Marca Microray 60KV 2Ma, filtración 1,5 mm Al; SN 631</i>	<i>Bueno</i>	<i>Un delantal con cuello incorporado grado odontológico de 0,3mm pb</i>	<i>Bueno</i>	<i>45</i>	<i>Bajo</i>
<i>Marca Carry X, Especificaciones no disponibles</i>	<i>Bueno</i>	<i>No hay</i>		<i>60</i>	<i>Alto</i>
<i>Marca ARIBEX Nomad examiner 60KV 2.3 Ma, filtración 2,2 mmAl</i>	<i>Bueno</i>	<i>Un delantal grado odontológico de 0,3 mm pb y un collar de 0,3 mm pb</i>	<i>Bueno</i>	<i>15</i>	<i>bajo</i>

Nota: equipo utilizado, resultados de funcionalidad, elementos de protección utilizados, estado de equipos, carga de trabajo del profesional y el nivel de afectación.

Tabla 6. *Carga de trabajo*

<i>participante</i>	<i>Carga de trabajo en mA min/semana</i>	<i>mAs por radiografía</i>	<i>Texp Segundo</i>	<i>Dosis medida en diente por exposición mR</i>	<i>Tasa a 2m de distancia de la fuente (equipo) uSv/hora</i>	<i>Tasa bajo delantal uSv/hora</i>	<i>Tasa en cuello con protección uSv/hora</i>	<i>Tasa semanal uSv/hora</i>
3	0,68	0,9	0,45	60	0,43	1,56	1,15	51,75
9	0,2	0,2	0,1	60	2,72	No medida*	No medida*	163,2
7	0,06	0,24	0,12	60	2,11	1,32	1,32	19,8

Nota: medidas en: mA min/ semana mAs por radiografía Texp segundos dosis medida en diente por exposición mR ,Tasa a 2m de distancia de la fuente (equipo) uSv/ hora , Tasa bajo delantal uSv/ hora , Tasa en cuello con protección uSv/ hora , Tasa semanal Usv/ hora.

En la Tabla 6 se evidencia la carga de trabajo en mA min /semana; el participante numero 3 presentó un resultado mayor con un valor de 0.68, seguido por el participante 9 que presentó 0.2 y el participante 7 tuvo 0.06. En cuanto a los Amperes por segundo (mAs) por radiografía el participante 3 obtuvo un resultado mayor con un 0,9, seguido del participante 7 con un valor de 0.24 y por último participante 9 tuvo 0.2. En cuanto al tiempo de exposición en segundos el participante 3 tuvo el resultado mayor con un total de 0.45, seguido por el participante 7 el cual tuvo 0.7 y finalmente el participante 9 con 0.1. Con respecto a la dosis medida en diente por exposición, (medida en mR) los tres participantes obtuvieron 60mR. La Tasa a 2m de distancia de la fuente (equipo) μ Sv/hora del participante 9 fue de 2.72, mayor que la del participante 7 que fue de 2,11 y del participante 3 que tuvo una medición de 0.43. La tasa bajo el delantal medida en μ Sv/hora y Tasa en cuello con protección μ Sv/hora no pudo ser medida para el participante 9, para el participante 3 fue de 1,56 y 1.15 respectivamente y para el participante 7 fue de 1.32 para las dos mediciones. Por último, la tasa semanal medida en milisievert /hora para el participante 9 fue de 163.3 mucho mayor que para el participante 3 fue de 51.75 y para el participante 7 fue de 19.8.

Para este análisis se tuvo en cuenta lo que establece la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en sus recomendaciones de 2007, que el límite máximo permitido para personal profesionalmente expuesto debe estar por debajo de los 100 mSv en cinco años oficiales trabajados, debiendo ser de máximo 50 mSv en cualquiera de los años de exposición, buscando no exceder la dosis anual de 20 mSv, y considerando un año con 46 semanas restando dos de vacaciones; se toma 1,2 μ Sv/hora por exposición como referencia para condiciones de trabajo normales (utilizando los elementos de protección disponibles en el mercado y demás recomendaciones de manera adecuada) y que funcionan dentro del rango de tiempo de exposición ajustable. Dando como resultados que el Estimado de equivalente de dosis absorbida en 46 semanas continuas μ Sv/año serío para el participante 3, 119,02 = 0,119 mSv /año, participante 7 45,54 = 0,0455 mSv/año y participante 9 375,36 = 0,3753 mSv/año.

Tabla 7. Diferencia porcentual THS y T4L

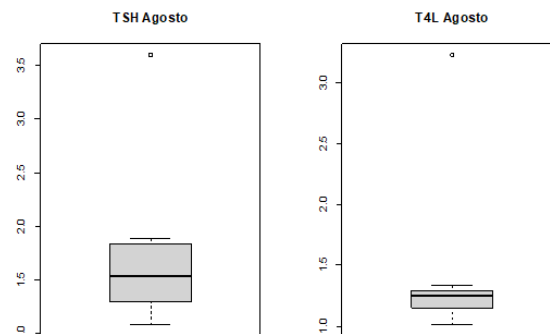
d2	I	TSH,M	THS,AG	TSH_	T4L,M	T4L,AG	T4L_p
	AYO	OSTO	porc	AYO	OSTO	orc	
1	P	1,18	1,08	8,474576	0,93	1,01	8,6021 505
2	P	1,52	1,5	1,315789	1,25	1,33	6,4
3	P	1,33	1,84	38,34	1,29	1,17	- 9,3023256
4	P	1,102	1,3	5865	1,1	1,29	17,272 7273
5	P	2,73	1,88	7332	1,12	1,11	- 0,8928571
6	P	1,54	1,6	31,135531	1,29	1,15	3,896 10,8527132
7	P	2,38	1,37	104	1,23	1,25	1,6260 163
8	P	2,17	1,57	42,436975	1,31	1,27	- 3,0534351
9	P	3,51	3,6	27,64977	1,3	3,23	2,564 148,46 15385
10	P	1,94	1,24	103	1,36	1,25	- 8,0882353

Nota: Tabla de resultados de sangre hormona THS y T4L con diferencia porcentual de los 10 participantes mes de mayo y de agosto.

En cuanto a las pruebas de TSH Y T4L, en la tabla 7 se puede observar los valores del mes de mayo, de agosto y el valor porcentual de diferencia entre estas hormonas de los 10 participantes, se observa una peculiaridad en el participante 9 que presenta una diferencia de 148% en su prueba de T4L de mayo frente a la del mes de agosto. Los rangos normales de T4L están entre 0.93-1.7ng/dl; el participante 9 en su prueba de agosto presenta un valor de 3.23ng/dl, superando los valores normales, los demás participantes a pesar de que los datos varían ya sea aumentando a disminuyendo, ninguno se sale del rango de la normalidad de TSH ni de T4L.

Se realizaron pruebas estadísticas donde se evidencio un registro atípico, el cual corresponde al participante 9, pues sus registros de las variables de T4L y TSH de los meses de agosto se encuentran por encima de los demás participantes. (Ver Figura 1):

Figura 1. Registros de TSH y T4L agosto



Nota: registros de TSH y T4L mes de agosto, donde se identifica un valor atípico.

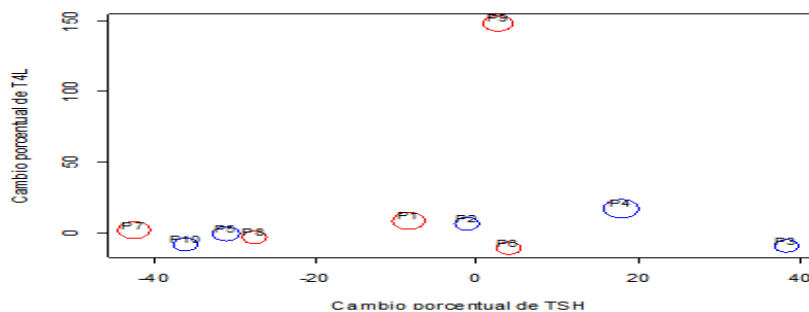
Además, fue el único paciente que respondió no usar protección para la toma de radiografías lo que da aún mucho más indicios de que es un participante atípico con una condición diferente a la de los demás. La forma como se realizó el cálculo del cambio porcentual que se calculó a cada sujeto de observación se basó en las mediciones realizadas en el mes de mayo (como línea de base del

estado metabólico), y el valor obtenido al realizar el primer seguimiento en el mes de agosto, teniendo en cuenta la siguiente fórmula tanto para la THS como para T4L:

$$\text{Cambio}(\%) = 100 * \frac{\text{THS}_{\text{Agosto}} - \text{THS}_{\text{Mayo}}}{\text{THS}_{\text{Mayo}}}$$

Al comparar los cambios porcentuales de las mediciones (inicial y primer seguimiento) se tuvo en cuenta la utilización de elementos de protección personal al momento de accionar el equipo de rayos x. Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas diarias realizadas, los participantes que respondieron que utilizaban siempre los elementos de protección, el resultado de la hormona TSH tiende a aumentar mientras el T4L permanece sin ningún cambio; Para los participantes que respondieron que a veces usan protección, se evidencia el aumento en ambas variables cuando la cantidad de radiografías proporcionalmente aumenta; participante 1 presentó un aumento de THS -8.4 y T4L 8.6, el participante 6 THS 3.8 y T4L -10.8, participante 7 THS -42.4 y T4L 1.6 y el participante 8 THS -27.6 y T4L de -3.05, situación que tiene mucho sentido porque estaríamos hablando de una exposición mayor.

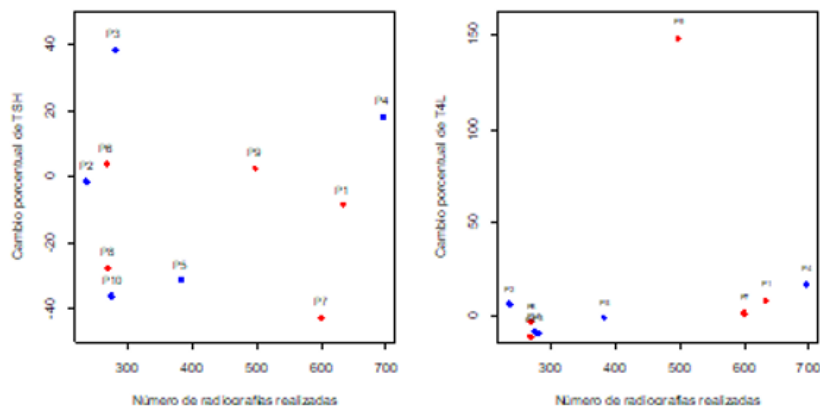
Figura 2. Cambio porcentual en pruebas T4L y THS con base al número de radiografías tomadas



Nota: se tuvo en cuenta el uso de elementos de protección personal *azul: denota los participantes que manifestaron el uso de elementos * rojo: denota participantes que no usaron elementos. *azul los que siempre usan protección a la hora de realizar las radiografías. El tamaño de la circunferencia se relaciona con la cantidad de radiografías diarias tomadas.

En la grafica 2 es interesante observar el comportamiento del participante 9, porque a pesar de ser un participante atípico sigue la tendencia de los demas participantes en cuanto a la correlacion porcentual de THS y T4L.

Figura 3. *Relación entre la cantidad de radiografías y los cambios porcentuales en las variables medidas en agosto*



Nota: relación entre la cantidad de radiografías y los cambios porcentuales en las variables medidas en agosto (TSH Y T4L).

Al analizar la relación entre la cantidad de radiografías y los cambios porcentuales en las variables medidas en agosto (TSH y T4L), se puede observar en todos los participantes que, aunque haya un aumento en la cantidad de radiografías no necesariamente explica un aumento en la variable TSH, a diferencia de la variable T4L que sí muestra que a medida que aumenta la exposición (# de radiografías) se ve una tendencia de aumento en la variable T4L (figura 3).

En cuanto al número de radiografías realizadas en el tiempo de observación como la exposición de cada uno de los participantes, es de interés revisar si existe una correlación entre el número de radiografías realizadas y el cambio porcentual en los exámenes después de la exposición. Para esto se presenta la siguiente tabla (Tabla 8).

Al calcular coeficiente de correlación de Pearson entre cada una de las variables de interés, se puede establecer que la correlación entre el cambio porcentual de T4L y el número total de radiografías es de 0,3 con un p-valor de 0.3998, por lo tanto, bajo una significancia del 5% no hay evidencia estadística para decir que la correlación entre las dos variables es significativa.

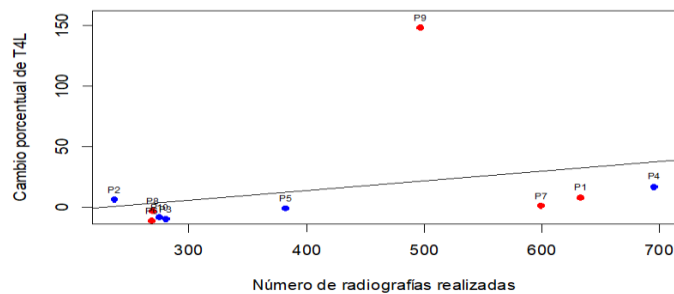
Tabla 8. Correlación de variables cambio porcentual T4L y numero de radiografías tomadas

	Número total de radiografías	Cambio porcentual T4L	Cambio porcentual TSH
Número total de radiografías	1,00	0,30	0,00
Cambio porcentual T4L	0,30	1,00	0,16
Cambio porcentual TSH	0,00	0,16	1,00

Nota: correlación entre el número de radiografías realizadas y el cambio porcentual en los exámenes después de la exposición

Con la finalidad de poder ver cómo afecta la cantidad de radiografías realizadas a los cambios porcentuales en la variable T4L se presentará un modelo de regresión lineal (Figura 4) donde se busca la relación de T4L con el número de radiografías tomadas.

Figura 4. Correlación lineal entre cambio porcentual de T4L numero de radiografías



Nota: correlación lineal. Se evidencia aun aumento positivo entre el cambio porcentual de T4L y el número de radiografías.

La cantidad de radiografías varían de 236 a 696. Por tanto, para mejor claridad en la interpretación del modelo, es mejor ver cómo sería el cambio porcentual esperado si aumentamos el número de radiografías a 100.

Por medio de un análisis de regresión lineal que buscó establecer la relación de los cambios porcentuales de T4L con el número de radiografías tomadas, se puede decir que al aumentar el número de radiografías en 100 se espera un aumento en promedio de 8.095% en el cambio porcentual para la variable T4L. Considerando todos estos datos, y además que el p valor de la variable número de radiografías es 0.3 se puede concluir que no existe una relación positiva entre el incremento en la cantidad de radiografías (exposición) y el cambio porcentual en la variable T4L con respecto a las mediciones iniciales en los pacientes observados.

6. Discusión

En el presente estudio, se llevaron a cabo evaluaciones físicas y hormonales para determinar la exposición a la dosis de radiación de 10 endodoncistas con una distribución de género en la que predominaron las mujeres. La edad promedio de los participantes fue de 37,3 años durante un período de 3 meses, Así como en el estudio realizado por Jayan, B et al. en 2021 en cual estudiaron la exposición a dosis de radiación por medio de un cuestionario y dosímetros personales de 30 profesionales odontológicos con un promedio de edad de 30 años por un periodo de 20 meses.

En Los resultados de los dosímetros personales de 7 de los participantes mostraron una medida de dosis de radiación por periodo igual a cero o no detectable (ND), esto puede ser debido a una operación segura del equipo y al uso de elementos de protección, tal como lo afirma Jayan, B et al. en en su estudio multicéntrico realizado en 2021, donde demostró que un adecuado protocolo de protección radiológica, una distancia segura de la fuente de radiación y protección personal con

el uso de delantales de plomo y collares tiroideos durante la radiología dental, pueden limitar las dosis absorbidas a niveles extremadamente bajos.

Los participantes 3, 7, y 9 mostraron en la medición del dosímetro valores diferentes a cero, (participante 3 =0,119 mSv /año y para el participante 7=0,0455 mSv/año) estos resultados pueden ser debido a las características físicas de los endodoncistas (entre más aumente el índice de masa corporal, la dosis de radiación aumenta), la práctica del timing (buen uso del tiempo de exposición), la experiencia en el uso del equipo y la práctica del distanciamiento. Por tal razón, es importante mejorar el estilo de vida saludable del endodoncista, hacer un uso correcto del tiempo de exposición, tener un distanciamiento adecuado y aumentar la experiencia usando los equipos de rayos X. (Alemayehu, 2023).

Para el participante número 9, quien fue el que presento niveles más altos de dosis absorbida (0.3753 μ Sv año), uno de los factores que pudo haber influenciado es la falta de elementos de protección radiológica (chaleco de plomo, guante de plomo y/o collar de tiroides) durante su práctica. Según Duran et al. En su estudio Protección radiológica en cardiología intervencionista realizado en 2015 afirma que existen métodos simples para minimizar la dosis de radiación en el profesional de la salud expuesto, como el uso de elementos de protección radiológica ya que evita radiolesiones y efectos adversos. También hace énfasis en la importancia del conocimiento acerca de la protección.

Es de gran importancia el uso de elementos de protección como lo es el chaleco plomado, el guante de plomo y el collar tiroideo, debido al efecto de dispersión de radiación incidente (efecto Compton) que generan los rayos X portátiles, ya que en un dispositivo de rayos X con un voltaje entre 60 a 90kV, los ángulos de dispersión se pueden distribuir simétricamente alrededor del espacio por lo que una parte importante de esta radiación dispersada puede regresar en la dirección del operador. (Barba y Sequeira, 2021).

Si el participante 9 utilizara elementos de protección la tasa semanal sería menos de 50% a la actual y por consiguiente el nivel anual sería de solo la mitad a la actual (0,1656 μ Sv año en lugar de 0,3753). Tal como lo demuestra Ahn, et Al. En su estudio de 2013 en Corea donde midió la exposición a la radiación del cuello y tórax de 3 cirujanos de columna vertebral por un periodo de 3 meses durante el tiempo quirúrgico, demostró los efectos protectores de un collar y delantal de plomo el cual reducían la dosis de radiación en un 96,9% en la región tiroidea y en un 94,2% en la región mamaria.

Aparte de los elementos de protección es conveniente mencionar la importancia que tiene el equipo de rayos x portátil que usa el profesional para este caso, nos vamos a centrar en el dispositivo que utiliza el participante número 9, rayos X portátil - CARRY X. Es un dispositivo compacto que se puede manejar con una sola mano, lo cual dificulta la manipulación, hace que el operador pierda noción de una posición segura, generando que el clínico reciba una radiación directa (por estar delante del equipo), esto puede ser debido a dos circunstancias: la primera porque posiblemente no utilizan posicionador para la toma de radiografías y en vez de eso utilizan su mano sin la protección de un guante de plomo y porque al querer tomar una buena radiografía no tienen en cuenta su posición.

Figura 5. Influencia del ángulo de estabilización del rayo X portátil. uso del disco de retrodispersión.



Nota: A. uso correcto del disco de retrodispersión con el cilindro localizador paralelo al piso. B. con el cilindro apuntando hacia el piso (incorrecto). C. cilindro apuntando hacia el techo (incorrecto).

Rottke, et al. en su estudio publicado en el (2018), afirma que es fundamental que el operador se posicione detrás del plano del punto focal del dispositivo y que accione el dispositivo de acuerdo con las instrucciones del fabricante para no estar expuesto a fugas de radiación o radiación dispersa y así no aumentar la dosis absorbida (Figura 5).

Al continuar analizando el equipo Carry X, se observa que no cuenta con disco de retrodispersión para protección (figura 6), este disco de retrodispersión disminuye la dosis en manos de hasta 32%, y de hasta 37% a nivel de pecho y cintura del operador. Sin embargo, la forma y el tamaño de esta zona de seguridad varían según las características del operador, y la angulación que se le dé al equipo (Rottke, 2018), el cual debe mantenerse tan pequeño como sea posible con el fin de alcanzar un efecto protector detrás del escudo de radiación dispersa del equipo. (Barba Ramírez & Sequeira, 2021).

Figura 6. *Equipo rayos x portátil Carry X*



Nota: una muestra de un equipo rayos x portátil.

En cuanto al tamaño del tubo del equipo, de los 10 equipos de este estudio, el rayo X portátil de la participante 9 era el que presentaba el cono más corto con 10cm de longitud. En el protocolo de *garantía de la calidad de la imagen* publicado por la Universidad Nacional en el año 2012, dicen que los tipos de cono cortos de 20 cm o menos, producen mayor divergencia de rayos X y más exposición del paciente y del operador; por lo que se puede decir que el tamaño del tubo si podría influir en la exposición a los rayos x del operador.

Uno de los factores que influyen en la técnica radiológica es el tiempo de exposición, el cual es el único que el operador en el momento de utilizar el equipo puede cambiar según el diente que vaya a tratar (Daza, 2013). Los sensores CCD, (dispositivo de carga acoplada) o radiovisiografo, que son los utilizados por participantes de este estudio, tienen un rango de exposición pequeño. Las imágenes sobreexpuestas muestran áreas negras completamente saturadas, lo que indica claramente al clínico que se debe reducir el tiempo de exposición. Se debe tener en cuenta que la reducción de dosis para radiografía digital depende de un factor fundamental y esta solo es posible cuando el odontólogo selecciona la exposición más baja con la cual puede obtener una imagen óptima (Berkhout, et al., 2015).

En cuanto a los resultados de las pruebas de sangre, se pudo evidenciar que entre más radiografías tome el endodoncista el valor de la hormona T4L va a aumentar, en concordancia con el estudio de ElBenhawy et. al, donde afirma que La exposición ocupacional a la radiación ionizante afecta el panel de hormonas tiroideas, aumentando el nivel de T3L, lo cual aumenta el riesgo de enfermedad tiroidea autoinmune, incluso en dosis bajas. Mientras que en el estudio de Guo, Q et al de 2021, se evidencio que los niveles de T3 y T4 de los participantes disminuyeron leve pero significativamente durante los años de seguimiento, sin embargo, la Ilustración 3. Equipo rayos x portátil Carry X secreción de hormona tiroidea se vio afectada por la exposición crónica.

En la gráfica de regresión lineal se puede observar una tendencia positiva de la hormona tiroxina (la cual es medida por el examen de T4L) con el número de radiografías tomadas, aunque no sea concluyente es un resultado interesante, ya que si no se toman medidas preventivas la hormona T4L puede aumentar y llegar a niveles más altos de los normales (0.93-1.7ng/dl), lo cual puede llegar a producir en los endodoncistas con el tiempo, hipertiroidismo, tiroiditis, bocio toxico, bocio nodular toxico o un tumor no canceroso. (Biblioteca Nacional de Medicina, 2023) En el caso del participante 9 en la muestra de sangre de T4L del mes de agosto se evidencia un resultado alto

de 3.23ng/dl, el cual se sale del rango de normalidad, sin embargo, es necesario realizar más pruebas como el T3 para determinar algún tipo de enfermedad; esta prueba suele ser útil para diagnosticar hipertiroidismo y determinar su severidad (ATA, 2023). El nivel de THS de dicho participante se encuentra dentro de los valores normales con un valor de 3.6ng/dl y según Liliana M. Bergoglio en la Guía de consenso para el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad tiroidea de 2006, el valor de la TSH dentro del margen de normalidad sugiere eutiroidismo, por lo cual se recomienda que el participante continúe en exámenes para evaluar su estado de salud.

En cumplimiento a nuestro último objetivo se propone el siguiente protocolo de autocuidado, basados en nuestros resultados:

1. Estudio y evaluación de las instalaciones con espacios que permitan el adecuado desplazamiento del operador a la hora de posicionar el dispositivo.
2. Uso de chaleco, guante y collar tiroideo de 0,3 mm pb.
3. Elección de un adecuado equipo de Rayos x, que cuente con el disco de retrodispersión y recubrimiento plomado.
4. Calibración de los equipos.
5. Contar con un curso de protección radiológica.
6. Toma de hemograma para el operador del equipo para descartar efectos relacionados al accionar el mismo. (Barba y Sequeira, 2021).

7. Conclusión

En conclusión, en el estudio se evidenció que la exposición a la radiación de los endodoncistas varía significativamente, y la falta de uso de elementos de protección radiológica puede conducir a dosis más altas, aunque en ninguno de los participantes se evidenció algún daño

concluyente en la función de la glándula tiroides, es de vital importancia la elección del equipo de rayos X, la técnica radiológica, la posición del operador, la configuración específica del equipo y las prácticas de protección utilizadas, ya que son factores que influyen en la exposición del operador a los rayos x. Se destaca la importancia de una formación adecuada y el uso de medidas de protección para minimizar la exposición a la radiación ionizante.

A pesar de que la correlación del número de radiografías no es significativa para explicar el cambio porcentual de T4L se puede ver en la gráfica de regresión lineal, que hay una tendencia positiva, por lo cual sería pertinente analizar en siguientes estudios este hecho.

Esta investigación subraya la necesidad de concientizar a los profesionales como los endodoncistas sobre los riesgos de la exposición a la radiación y la importancia de utilizar medidas de protección para garantizar la seguridad y la salud de los pacientes, además de la de los profesionales que trabajan con radiografías dentales.

8. Recomendaciones

En próximos estudios se recomienda aumentar el tamaño de la muestra, la cual fue relativamente pequeña con un total de 10 participantes, lo que limita la capacidad de detectar efectos pequeños o sutiles y generalizar los resultados a una población más amplia. Aumentar el tiempo de observación del estudio, ya que con un corto tiempo se limita la capacidad de capturar efectos a largo plazo, teniendo en cuenta además que dichos efectos generados por la radiación ionizante se revelan a través del tiempo. A pesar de los criterios de inclusión y exclusión, podría haber factores no controlados que influyan en los resultados, como la variabilidad en la técnica de radiografía, la

ubicación del paciente durante los procedimientos radiográficos, la variabilidad hormonal natural y otros factores ambientales.

Referencias

- Ahn, Y., Kim, C. H., Lee, J. H., Lee, S. H., & Kim, J. S. (2013). Radiation exposure to the surgeon during percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a prospective study. *Spine*, 38(7), 617–625. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318275ca58>
- Alemayehu, T. G., Bogale, G. G., & Bazie, G. W. (2023). Occupational radiation exposure dose and associated factors among radiology personnel in Eastern Amhara, Ethiopia. *PloS one*, 18(5), e0286400. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286400>
- American Thyroid Association (ATA). (s.f.). *Pruebas De Función Tiroidea*. Recuperado 28 de octubre del 2023 de: <https://www.thyroid.org/las-pruebas-de-funcion-tiroidea/>
- Andisco, D, Blanco, S, & Buzzi, A.E. (2014). Dosimetría en tomografía computada. *Revista argentina de radiología*, 78(3), 156-160. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2014.07.004>
- Barba R., D. & Sequeira, C. D., (2021). Update on Hand-Held X-Ray Devices in Dentistry: a Literature Review. *Odovtos. International Journal of Dental Sciences*, 24(2), 26–33. <https://doi.org/10.15517/ijds.2021.45846>
- Barbieri P., G, Flores G., J, Escribano Bermejo, M, & Discepoli, N. (2006). Actualización en radiología dental: Radiología convencional Vs digital. *Avances en Odontoestomatología*, 22(2), 131-139. Recuperado en 05 de octubre de 2023, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852006000200005&lng=es&tlng=es.
- Basrani, B. E. (2012). *ENDODONTIC RADIOLOGY* 2nd. En: Incorporated, Ames, Wiley Blackwell. Ontario. ISBN:9780470958490.
- Berkhout W.E., Beuger D.A., Sanderink G.C., van der Stelt P.F. (2004). The dynamic range of digital radiographic systems: dose reduction or risk of overexposure? *Dentomaxillofacial Radiology*. 33(1). 1-5. doi: 10.1259/dmfr/40677472. PMID: 15140814.

Berkhout W.E., Suomalainen A., Brüllmann D., Jacobs R, Horner K, Stamatakis HC. (2015).

Justification and good practice in using handheld portable dental X-ray equipment: a position paper prepared by the European Academy of Dentomaxillofacial Radiology (EADMFR). *Dentomaxillofacial Radiology*. 44(6):20140343. 1-6. doi: 10.1259/dmfr.20140343.

Brenner D. J. (2009). Extrapolating radiation-induced cancer risks from low doses to very low doses. *Health physics*, 97(5), 505–509. <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e3181ad7f04>

Bushong, S., 2011. Manual de Radiología para técnicos

Cancio P., D. (2010). Impacto radiológico de las fuentes naturales y artificiales de radiación. El informe UNSCEAR 2008. *Nucleus*, (48), 3-9. Recuperado en 15 de noviembre de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2010000200002&lng=es&tlng=.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2010000200002&lng=es&tlng=)

Council., N. R., 2006. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation BEIR VII – Phase 2.

Cullity, B. D., 1956. Elements of X-Ray Diffraction. *Addison-Wesley Publishing Company Inc.*

Daza P., L. M., (2013). Protocolo de garantía de la imagen. Universidad nacional de Colombia. 1-58.

Drenth, J., 1999. Principles of protein x-ray crystallography

Durán, A. (2015). Protección radiológica en cardiología intervencionista. *Archivos de cardiología de México*, 85(3), 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2015.05.005>

Durán, A. (2015). Protección radiológica en cardiología intervencionista. *Archivos de cardiología de México*, 85(3), 230-237. <http://www.scielo.org.mx/pdf/acm/v85n3/v85n3a9.pdf>

ICRP. 2007. Las recomendaciones de la comisión internacional de protección radiológica. Senda editorial, España.

- Jayan, B., Krishnan, M., Saraswathy, S., Gupta, S., Agarwal, M., & Sahai, K. (2023). Multicentric evaluation of conventional dosimetry vs bio-dosimetry over a period of two years for a three-point contact. *Medical journal, Armed Forces India*, 79(4), 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2021.03.008>
- Lee, W. J., Choi, Y., Ko, S., Cha, E. S., Kim, J., Kim, Y. M., Kong, K. A., Seo, S., Bang, Y. J., & Ha, Y. W. (2018). Projected lifetime cancer risks from occupational radiation exposure among diagnostic medical radiation workers in South Korea. *BMC cancer*, 18(1), 1206. <https://doi.org/10.1186/s12885-018-5107-x>
- Lehmann, T. M., Troeltsch, E., & Spitzer, K. (2002). Image processing and enhancement provided by commercial dental software programs. *Dento maxillo facial radiology*, 31(4), 264–272. <https://doi.org/10.1038/sj.dmfr.4600707>
- Ley de prevención de riesgos laborales. (legislación consolidada, de 10 de noviembre de 1995). Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (Boletín Oficial del Estado, número 269, de 10-11-95).
- Machado Acuña, F., Salas Blanco, R., & Rivero Pons, B. (2023). Consideraciones teóricas sobre la radiografía digital como medio diagnóstico. *MEDISAN*, 27(4), e4256. Recuperado de <https://medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/4256>
- Material Didáctico Csn - Ciemat*. (2009). Consejo Internacional de protección nuclear. https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1334206567_2411200913439.pdf
- Medline. (s.f.). *Prueba de tiroxina (T4): Prueba de laboratorio de MedlinePlus*. MedlinePlus - Health Information from the National Library of Medicine. Recuperado 25 de octubre del 2023 de: <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-tiroxina-t4/>

- Memon, A., Godward, S., Williams, D., Siddique, I., & Al-Saleh, K. (2010). Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta oncológica (Stockholm, Sweden)*, 49(4), 447–453. <https://doi.org/10.3109/02841861003705778>
- Miller, R. W. (1995). Delayed Effects of External Radiation Exposure: A Brief History. *Radiation Research*, 144(2), 160–169. <https://doi.org/10.2307/3579255>
- Parikh, J.R, Harolds., J.A., Bluth, E.I., Sharon C. Dutton, Michael P. Recht, (2016). Burnout of Radiologists: Frequency, Risk Factors, and Remedies: A Report of the ACR Commission on Human Resources, *Journal of the American College of Radiology*, Volume 13, Issue 4, 2016, 411-416.
- Reiners, C., Drozd, V., & Yamashita, S. (2020). Hypothyroidism after radiation exposure: brief narrative review. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 127(11), 1455–1466. <https://doi.org/10.1007/s00702-020-02260-5>
- Rotke, D., Gohlke, L., Schrödel, R., Hassfeld, S., & Schulze, D., (2018). Operator safety during the acquisition of intraoral images with a handheld and portable X-ray device.. *Dento maxillo facial radiology*, 47(3).
- Santiago Peña, L. F., (2020). Fisiología de la glándula tiroides. Disfunción y parámetros funcionales de laboratorio en patología de tiroides. *Revista ORL*, 11(3), 253-257. Epub 11 de enero de 2021. <https://dx.doi.org/10.14201/orl.21514>
- Smith, R., Temblay, R., & Wardlaw, G. M. (2019). Evaluation of stray radiation to the operator for five hand-held dental X-ray devices. *Dento maxillo facial radiology*, 48(5), 42-48. 20180301. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180301>
- van der Stelt P. F. (2005). Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 136(10), 1379–1387. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0051>

White, S. C., & Mallya, S. M. (2012). Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Australian dental journal*, 57 Suppl 1, 2–8.
<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01665.x>

World Health Organization (WHO), 2023. *Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>

Zapata F. A., Hidalgo. A.R. (2021). Handheld dental radiographic equipment: review of literature. *Revista Avances en Odontoestomatología*, 37(4), 161-165.

Apéndices

Apéndice A. *Instrumento*

ENCUESTA- CUESTIONARIO

Nombre completo: _____

Edad: _____ Sexo: _____

¿Desde hace cuánto tiempo ha utilizado el equipo de rayos X portátiles?

1. Resultado pruebas de laboratorio

	PRUEBAS	ENE RO 2023	ABRIL 2023	JULIO	OBSERVACIONES
	THS				
	T3				
	T4				

2. Seguimiento de uso de frecuencia del equipo

2.1. En el siguiente cuadro por favor indique cuántos pacientes atendió hoy y cuántas radiografías se le tomó a cada paciente.

MES/DIA

1.	2.	3.	4.	5.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____ -Número	Pacientes: ____ -Número	Pacientes: ____ -Número	Pacientes: ____ -Número	Pacientes: ____ -Número
de tomas por paciente: ____	de tomas por paciente: ____	de tomas por paciente: ____	de tomas por paciente: ____	de tomas por paciente: ____
6.	7.	8.	9.	10.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____

-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____
11.	12.	13.	14.	15.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____
-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____
16.	17.	18.	19.	20.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____
-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____
21.	22.	23.	24.	25.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____
-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____
26.	27.	28.	29.	30.
-	-	-	-	-
Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____	Pacientes: ____
-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____	-Número de tomas por paciente: ____

TOTAL

3. Resultados de lectura de dosímetro

*Apéndice B. Consentimiento informado***CONSENTIMIENTO INFORMADO****DOSIS DE RADIACIÓN ABSORBIDA POR ENDODONCISTAS CON EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE RAYOS X Y SU EFECTO EN LA GLÁNDULA TIROIDES**

Investigador Principal: Margie Amaya G, Pabla Argúello, Eduard Castillo

Objetivo del Estudio: Determinar la dosis de radiación absorbida y describir los posibles cambios de la glándula tiroides a través de la evaluación de un perfil funcional de la glándula en los endodoncistas expuestos al uso continuo de equipos de rayos X portátiles junto con los dispositivos de captura digital de imágenes durante tres meses de exposición.

Procedimientos: Como participante en este estudio, se le pedirá que:

1. Se someta a la toma de muestras de sangre para medir los niveles de TSH y T4L, al inicio y al final del estudio.
2. Complete encuestas sobre el uso de rayos X portátil durante un período de 3 meses.

Riesgos y Beneficios:

Riesgos: Los riesgos asociados con la toma de muestras de sangre son mínimos y pueden incluir molestias o dolor temporales en el lugar de la punción.

Beneficios: Los resultados de este estudio pueden contribuir al conocimiento científico y mejorar la comprensión del uso de rayos x portátiles.

Confidencialidad: Toda la información recopilada se mantendrá confidencial. Su identidad será protegida y solo se utilizarán datos anonimizados para los análisis.

Voluntariedad: Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Puede retirarse en cualquier momento sin penalización.

Consentimiento para la Toma de Muestras de Sangre: Entiendo que se me tomarán muestras de sangre para medir los niveles de TSH y T4L. Estoy de acuerdo en participar en esta parte del estudio.

Consentimiento para el Uso de Rayos X Portátil: Entiendo que se me pedirá que complete encuestas sobre mi uso de rayos X portátil durante 3 meses. Estoy de acuerdo en participar en esta parte del estudio.

Contacto: Si tiene alguna pregunta sobre este estudio, puede comunicarse con

Margie Amaya González

Celular: 3108792240

Firma del Participante: _____

Fecha: _____

Al firmar este formulario, usted confirma que ha leído y comprendido la información proporcionada y que está de acuerdo en participar en el estudio según los términos descritos.